

# Forest Optimization Algorithm

Larraondo Lamchog, Alejandro

Universidad Nacional de San Agustín

Julio 2019

## 1 Árboles y Bosques

- Dispersión de Semillas
- Mortalidad de los árboles

## 2 Forest Optimization Algorithm (FOA)

- Explicación del algoritmo
- Inicialización de Arboles
- Local Seeding
- Límite de la población
- Global Seeding
- Actualizando el mejor global

## 3 Ejemplo

- Gráfica
- Desarrollo

## 1 Árboles y Bosques

- Dispersión de Semillas
- Mortalidad de los árboles

## 2 Forest Optimization Algorithm (FOA)

- Explicación del algoritmo
- Inicialización de Arboles
- Local Seeding
- Límite de la población
- Global Seeding
- Actualizando el mejor global

## 3 Ejemplo

- Gráfica
- Desarrollo

# Árboles y Bosques

## Bosques

### Los árboles

Usan diferentes maneras de sobrevivir y continuar sus generaciones por millones de años.

### Por regla de la naturaleza

Después de algunos años la mayoría de los árboles se consideran muertos y el envejecimiento es inevitable.

## Árboles

### Los mejores árboles

Sobreviven por mucho tiempo porque están en hábitats geográficas adecuadas y también tienen las mejores condiciones de crecimiento.

### Se infiere que

Distintas especies de plantas dispersan sus semillas para colocar los propágulos en sitios seguros donde pueden crecer y sobrevivir.

## Dispersión de Semillas

### En algunos bosques

Todas las especies se agrupan o se dispersan al azar; donde el modo de dispersión afecta el agrupamiento de los árboles. Diferentes procedimientos naturales distribuyen las semillas de todos los árboles en todo el bosque.

## Dispersión de Semillas

### Local Seeding

Cuando comienza el proceso de siembra, algunas semillas caen cerca de los árboles y comienzan a brotar. Este procedimiento se denomina dispersión local de semillas <sup>1</sup>.

### Global Seeding

La interferencia de los animales y otros procesos naturales llevan las semillas a lugares lejanos. De esta manera, el territorio de varios árboles se expande en todo el bosque. Este procedimiento se denomina dispersión de semillas a larga distancia.<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Del ingles, local seed dispersal

<sup>2</sup>Del ingles, long-distance seed dispersal

## Dispersión de Semillas

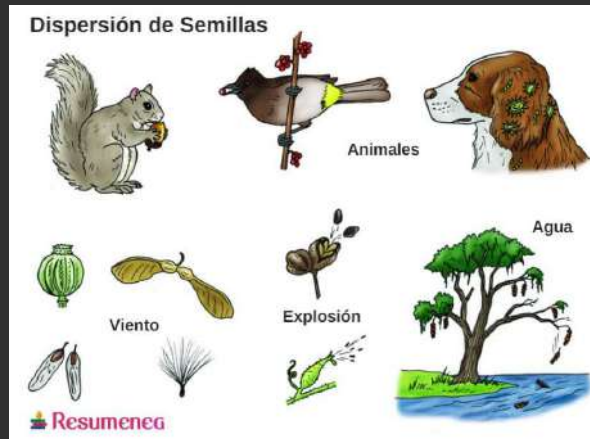


Figura: Dispersión de semillas a larga distancia

## Dispersión de Semillas

### Las semillas

Después de caer en la tierra, comienzan a brotar y pronto se convierten en árboles jóvenes. Pero no todas las semillas tienen la oportunidad de crecer y convertirse en un árbol en el bosque. Esto puede suceder debido a muchas razones.

## Mortalidad de los árboles

### Factores que afectan la muerte de árboles

- Biótico (evidencia de patógenos o insectos que matan árboles),
- Supresión
- Mecánica (evidencia de aplastamiento, chasquido o arrancamiento).

### Supresión

Muy importante debido a la regla de la "supervivencia del mejor de ajuste" o competencia.

## Mortalidad de los árboles

### Se ve en la naturaleza que

- A medida que aumenta la densidad local, también aumenta la mortalidad debida a la competencia.
- La competencia por recursos limitados eliminará a los vecinos cercanos.

## Mortalidad de los árboles

### Importancia de dispersión a larga distancia

Debido a que la mayoría de las semillas se mueven distancias cortas, con la dispersión a larga distancia, los árboles pueden colonizar hábitats vacíos y adecuados lejanos.

### Limitaciones de semillas

Aunque la mayoría de las semillas que se llevan a lugares mejores tienen una buena probabilidad de supervivencia, se deben considerar algunas limitaciones en cuanto al número de semillas completas que pueden crecer incluso durante algunos años.

## Mortalidad de los árboles



Figura: Foto por: zlikovec/iStock

## Mortalidad de los árboles



Figura: Foto por: daily.jstor.org

- 1 Árboles y Bosques
  - Dispersión de Semillas
  - Mortalidad de los árboles
- 2 Forest Optimization Algorithm (FOA)
  - Explicación del algoritmo
  - Inicialización de Árboles
  - Local Seeding
  - Límite de la población
  - Global Seeding
  - Actualizando el mejor global
- 3 Ejemplo
  - Gráfica
  - Desarrollo



## Explicación del algoritmo

### Límite de población

- Se omiten árboles (diferentes condiciones).
- Los árboles omitidos son añadidos a la población de **candidatos**.

### Global Seeding

- Se elige un porcentaje de árboles de la población de **candidatos**.
- A partir de los elegidos se crean nuevas soluciones (para evitar el óptimo local) y se añaden al bosque.

## Explicación del algoritmo

### Actualización del mejor global

- Se ordenan los árboles de acuerdo a su fitness.
- Al mejor árbol se le reinicia su edad a 0 (para evitar se eliminado del bosque)

### Criterio de detención

- Se repiten las fases hasta que se satisfaga un criterio de detención.

## Explicación del algoritmo

**Algorithm FOA (life time, LSC, GSC, transfer rate, area limit)**

Input: life time, LSC, GSC, transfer rate, area limit  
Output: near optimal solution for objective function  $f(x)$

1. Initialize forest with random trees
  - 1.1 Each tree is a  $(D+1)$ -dimensional vector  $x_i = (\text{age}, x_1, x_2, \dots, x_D)$  for a  $D$ -dimensional problem.
  - 1.2 The "age" of each tree is initially zero
2. While stop condition is not satisfied do
  - 2.1 Perform local seeding on trees with age 0
    - For  $i=1$ : "LSC"
      - Randomly choose a variable of the selected tree
      - add a small amount  $dx$  to  $x_i$  [ $-dx, dx$ ] to the randomly selected variable
      - increase the age of all trees by 1 except for new generated trees in this stage
  - 2.2 Population limiting
    - Remove the trees with age bigger than "life time" parameter and add them to the candidate population
    - Sort trees according to their fitness value
    - Remove the extra trees that exceed the "area limit" parameter from the end of forest and add them to the candidate population
  - 2.3 Global seeding
    - Choose "transfer rate" percent of the candidate population
    - For each selected tree
      - Choose "GSC" variables of the selected tree randomly
      - Change the value of each variable with other randomly generated value in the variable's range and add a new tree with age 0 to the forest
  - 2.4 Update the best so far tree
    - Sort trees according to their fitness value
    - Set the age of the best tree to 0
3. Return the best tree as the result

Figura: Pseudocódigo de FOA

## Forest Optimization Algorithm (FOA) Inicialización de Arboles

## Inicialización de Árboles

Un árbol está compuesto de:

- Edad inicial en 0.
- Soluciones aleatorias dentro del rango de función.

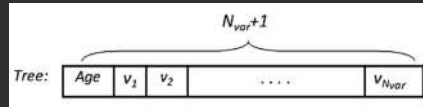


Figura: Una solución FOA

## Forest Optimization Algorithm (FOA) Local Seeding

## Local Seeding

Se aplica sobre los árboles dentro del bosque que tienen edad 0.

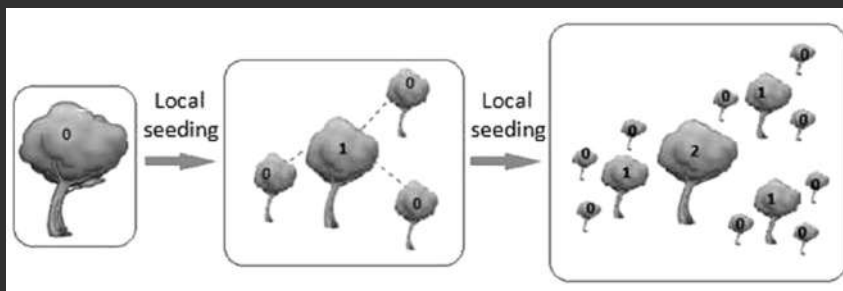


Figura: Ejemplo de local seeding en un árbol por 2 iteraciones

## Local Seeding

### Local Seeding Changes (LSC)

- Es el número de semillas que caen en la tierra cerca de los árboles y luego se convierten en árboles como vecinos.
- Representa la cantidad de árboles que se crearán.

## Local Seeding

Para cada árbol  $a$  de edad 0:

Por  $LSC$  veces:

- Se crea una copia  $h$  de  $a$ .
- Se selecciona una dimensión aleatoria  $d$  de  $h$ .
- A  $d$  se le adiciona un valor aleatorio  $r'$  en el rango de  $[-\Delta x, \Delta x]^a$ .
- Se añade  $h$  al bosque.

<sup>a</sup>Se trunca al superar el límite

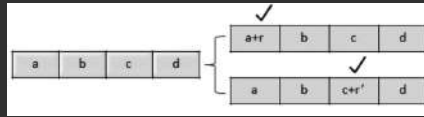


Figura: Ejemplo de local seeding con  $LSC = 2$  y dimensión 4

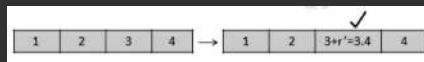


Figura: Ejemplo numérico de local seeding con  $LSC = 1$ , dimensión 4,  $r' = 0.4$

## Local Seeding

Todos los árboles envejecen

- Excepto los nuevos árboles.
- Se incrementa en 1 la edad de cada árbol.

## Local Seeding

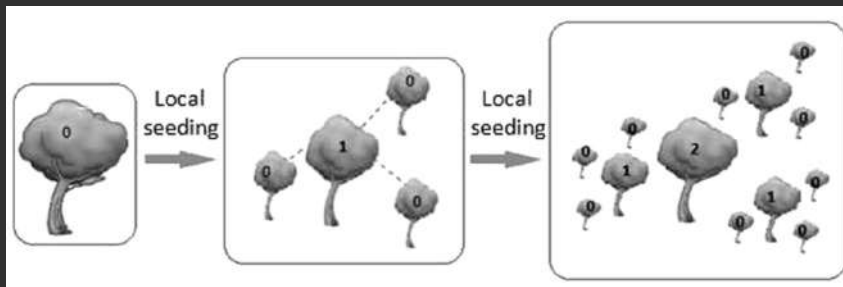


Figura: Ejemplo de local seeding en un árbol con  $LSC = 3$  por 2 iteraciones

Forest Optimization Algorithm (FOA)  
Límite de la población



## Límite de la población

Para evitar el crecimiento infinito de la población se utilizan dos filtros.

### *life time* (tiempo de vida)

- Los árboles que superan el tiempo de vida son eliminados del bosque.
- Los árboles eliminados son añadidos a la **población candidata**.

### *area limit* (límite de área)

- Se ordenan los árboles de acuerdo a su fitness.
- Se mantienen los árboles dentro del límite de área.
- Los árboles extra son añadidos a la **población candidata**.

## Forest Optimization Algorithm (FOA) Global Seeding

## Global Seeding

### *transfer rate* (ratio de transferencia)

- Se eligen *transfer rate* árboles de la población de candidatos aleatoriamente.

### *Global Seeding Changes* (GSC)

- Cantidad de dimensiones aleatorias que se modificarán.

## Global Seeding

Para cada árbol *c* candidato  
seleccionado:

- Se crea una copia *h* de *c*.

Por *GSC* veces:

- Se selecciona una dimensión aleatoria *d* de *c*.
- *d* se reemplaza por un valor aleatorio *r'* en el rango de la función
- Se añade *h* al bosque.

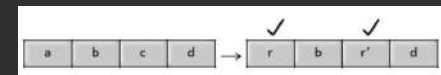


Figura: Ejemplo de global seeding en un árbol de dimensión 4



Figura: Ejemplo numérico de global seeding con  $GSC = 2$ , dimensión 4

## Forest Optimization Algorithm (FOA)

### Actualizando el mejor global

## Actualizando el mejor global

### Se ordenan los árboles de acuerdo al fitness

- El árbol de mejor fitness se establece como el mejor global.
- La edad del mejor global se establecerá en 0 para evitar el envejecimiento.
- Es posible que el mejor árbol optimice localmente su ubicación en la etapa de local seeding.

## FOA

**Algorithm FOA (life time, LSC, GSC, transfer rate, area limit)**

Input: life time, LSC, GSC, transfer rate, area limit  
Output: near optimal solution for objective function  $f(x)$

1. Initialize forest with random trees
  - 1.1 Each tree is a  $(D+1)$ -dimensional vector  $x_i = (\text{age}, x_1, x_2, \dots, x_D)$  for a  $D$ -dimensional problem.
  - 1.2 The "age" of each tree is initially zero
2. While stop condition is not satisfied do
  - 2.1 Perform local seeding on trees with age 0
    - For  $i=1$ : "LSC"
      - Randomly choose a variable of the selected tree
      - add a small amount  $dx = dx \cdot \epsilon$  to the randomly selected variable
    - increase the age of all trees by 1 except for new generated trees in this stage
  - 2.2 Population limiting
    - Remove the trees with age bigger than "life time" parameter and add them to the candidate population
    - Sort trees according to their fitness value
    - Remove the extra trees that exceed the "area limit" parameter from the end of forest and add them to the candidate population
  - 2.3 Global seeding
    - Choose "transfer rate" percent of the candidate population
    - For each selected tree
      - Choose "GSC" variables of the selected tree randomly
      - Change the value of each variable with other randomly generated value in the variable's range and add a new tree with age 0 to the forest
  - 2.4 Update the best so far tree
    - Sort trees according to their fitness value
    - Set the age of the best tree to 0
3. Return the best tree as the result

Figura: Pseudocódigo de FOA

- 1 Árboles y Bosques
  - Dispersión de Semillas
  - Mortalidad de los árboles
- 2 Forest Optimization Algorithm (FOA)
  - Explicación del algoritmo
  - Inicialización de Arboles
  - Local Seeding
  - Límite de la población
  - Global Seeding
  - Actualizando el mejor global
- 3 Ejemplo
  - Gráfica
  - Desarrollo

## Ejemplo

## Ejemplo

## Minimizar

$$f(x, y) = x \times \sin(4x) + 1.1y \times \sin(2y)$$

$$0 < x, y < 10$$

$$f(9.039, 8.668) = -18.5547$$

## Parámetros

$$lifeTime = 4, LSC = 2, GSC = 1$$

$$transferRate = 10, areaLimit = 30, forestSize = 30$$

## Gráfica

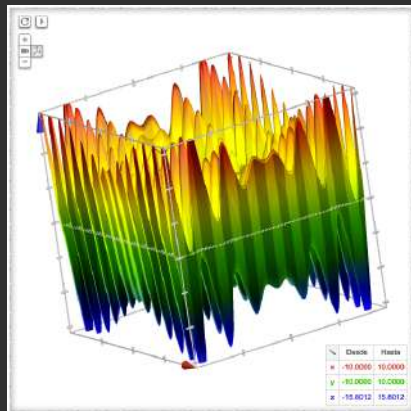


Figura: Gráfica de la función  $f(x, y) = x \times \sin(4x) + 1.1y \times \sin(2y)$

## Iteración 1 - Población Inicial

#	x1	x2	Fitness	Edad
1	0.31530204625555706	4.533485410256521	-2.011548396730133	0
2	0.525067071774019	2.830239480300096	-1.3626634430100164	0
3	2.7966454803677484	1.2545201492150948	-1.9299374564834089	0
4	9.155159360271855	2.8966748751441924	-9.556754220551085	0
5	0.9031747460529262	3.3358247135464216	0.6096853266664251	0
6	0.6221142609462904	2.9952890426682083	-0.5723427677074083	0
7	5.917801478345002	6.019605736577247	-9.210423861706097	0
8	4.100817017138448	1.5475040224942410	-2.5478811642618407	0
9	2.663686979366428	4.197021826577453	1.4401886428361065	0
10	4.18521237492405	0.404246520693311	-3.2537534628797217	0
11	0.5501126204078285	0.9895046134680665	1.443341235111446	0
12	9.570903111073506	2.6245802717181485	2.993583236830151	0
13	8.772822453272152	5.200839682576313	-9.707333214002677	0
14	1.8366873572336233	4.130378062402037	5.778115510986352	0
15	6.950229072082014	1.270554224633366	3.944834039992949	0
16	2.8602607333140364	2.701763656309563	-4.071866527207066	0
17	1.4354855888751286	0.3333672902557816	-0.5127866825734722	0
18	2.124610909244352	2.19260681838827	-0.5854647786163845	0
19	8.948173576025422	8.451721395107127	-17.098669291400427	0
20	6.1743020111256815	5.169806275400540	-7.107122697596783	0
21	2.11767567630602	8.035358362352358	-1.4297134212821103	0
22	1.9912203812589563	2.9464792805711246	0.7468694078864202	0
23	0.25641829123515283	6.386658173393796	1.654261412997238	0
24	5.857828583321451	9.953957529929173	3.7590129638762857	0
25	9.66295277098219	4.140085310683814	12.019642221590473	0
26	4.580510958954935	7.231875154951004	5.232667851744818	0
27	9.48866486771793	0.3624829469697699	2.652982653374063	0
28	2.704181724121193	4.699415735796604	-2.526936752780146	0
29	7.6747257774261515	6.350455378274546	-4.106402872225716	0
30	7.81520597455453	1.2529239959649983	-0.3895178815898737	0

## Iteración 1 - Local Seeding (Creación)

```
GENERACIÓN 1 DE 20:  
Creación de nuevos árboles  
[0.31539205 4.93248542] => 0.31539204629555706 + -0.27073766966768353 = 0.04465437658787352  
[0.31539205 4.93248542] => 4.932485419258521 + 1.2841419377803981 = 6.136627357038911  
[0.52596707 2.83021948] => 0.525967071774619 + -0.021056879557577 = -0.29580908778295804  
[0.52596707 2.83021948] => 2.830219480380089 + -1.188984352235008 = 1.649235128065001  
[2.79664541 1.25452015] => 1.2545201492150848 + 0.10369747377787442 = 1.3582176229929592  
[2.79664541 1.25452015] => 1.2545201492150848 + -0.4512203729022177 = 0.8032997763128671  
[2.79664541 1.25452015] => 2.898674881 => 2.8986748751441924 + 0.4039510490277278 = 3.3026259241719202  
[9.15515931 2.89867488] => 9.155159306271855 + 0.6628898521916421 = 9.817249158463497  
[0.98317475 3.33582471] => 0.9831747469529262 + -0.8613815345356728 = 0.12179321241725338  
[0.98317475 3.33582471] => 0.9831747469529262 + -0.15556783774718436 = 0.8276068092057418  
[0.62211426 2.98528904] => 2.9852890426602883 + -1.4013688797103931 = 1.583920162948152  
[0.62211426 2.98528904] => 0.6221142609462904 + 0.3468738577389765 = 0.969881186852669  
[5.91780148 6.01980574] => 6.019805736577247 + 0.8889354173314587 = 6.828841153908698  
[5.91780148 6.01980574] => 6.019805736577247 + -1.3319182795889552 = 4.687995456978292  
[4.10081762 1.54750402] => 1.5475040224942416 + 1.295937051712654 = 2.8434410742068956  
[4.10081762 1.54750402] => 1.5475040224942416 + -1.4863952101061643 = 0.14110881238887726  
[2.66368598 4.19702183] => 4.197021826657453 + 0.18039312995804098 = 4.37741495687494  
[2.66368598 4.19702183] => 4.197021826657453 + 0.592309945606126 = 4.789331772263579  
[4.18352124 0.40621465] => 4.1835212374782405 + -0.2586848097643097 = 3.9249161277138995  
[4.18352124 0.40621465] => 4.1835212374782405 + -1.2107804176128648 = 2.9726208198661754  
[0.55071262 0.98950461] => 0.5507126204378285 + 0.5991735866086838 = 1.14988627085123  
[0.55071262 0.98950461] => 0.9895046125690565 + 0.04212177469164402 = 1.0316263872607006  
[9.57690311 2.62458027] => 2.6245802717101485 + 1.4422990834159686 = 4.066879355126117  
[9.57690311 2.62458027] => 2.6245802717101485 + -1.1346512891211484 = 1.489928982589  
[8.77202245 5.2908306] => 8.772022453272152 + -1.4585329180838156 = 7.321489543233996  
[8.77202245 5.2908306] => 5.290830602756313 + -0.8259220814328978 = 5.264908601143415
```

## Iteración 1 - Local Seeding (Envejecimiento)

Población (Local Seeding)				
#	x1	x2	Fitness	Edad
1	0.31539204629555706	4.932485419258521	-2.0115483966738133	1
2	0.525967071774619	2.830219480380089	-1.3628654400106164	1
3	2.7966454093677484	1.2545201492150848	-1.9299714564083089	1
4	0.15539306271855	2.8986748751441924	-9.556742405518085	1
5	0.9831747469529262	3.3358247135484216	0.698683266664251	1
6	0.6221142609462904	2.9952898426602883	-0.5723427677074083	1
7	5.917801478345892	6.019805736577247	-9.2104238617069097	1
8	4.100817617138448	1.5475040224942416	-2.5478013642610467	1
9	2.663686979396428	4.197021826657453	1.4491886428361065	1
10	4.1835212374782405	0.4062146523693311	-3.2537634622978717	1
11	0.5507126204978285	0.9895046125690565	1.4433421239131146	1
12	0.57690311073506	2.6245802717101485	2.993503216830151	1
13	0.772022453272152	5.290830602756313	-9.767313214092677	1
14	1.8366873572136233	4.138378862402037	5.778115510986352	1
15	6.950229072092814	1.2785554224633366	3.944834039992949	1
80	9.954480674768881	4.140885318681814	12.641256147616534	0
81	4.580510958954935	0.491801772368236	-11.242089806833934	0
82	4.580510958954935	8.8959847582574	-5.848047829979116	0
83	0.501554074675484	0.3624829469697899	4.717495676065761	0
84	9.279548262565106	0.3624829469697899	-4.82814144938344	0
85	2.497903357578051	4.699415735796604	-1.2071737363819473	0
86	1.9842296713517538	4.699415735796604	2.11528898788444	0
87	7.6747257774261515	7.522717302497226	0.0466497005768791	0
88	7.6747257774261515	6.815861127872467	-8.41524376641622	0
89	7.516087367984305	1.2529239959689983	-6.51785583399275	0
90	7.81520597455453	1.9249888905360488	-2.58495672838673	0

## Iteración 1 - Population Limiting

Población (Population Limiting)				
#	x1	x2	Fitness	Edad
1	0.948173576025422	0.451721395187127	-17.090660291486427	1
2	0.948173576025422	0.90831476884842	-14.533451289228287	0
3	7.321409341233996	5.298838602576313	-11.53481363754359	0
4	4.580510958954935	0.491801772368236	-11.242089806833934	0
5	8.772022453272152	5.298838602576313	-9.767313214092677	1
6	8.772022453272152	5.264908601143415	-9.613378801461899	0
7	9.155159306271855	2.8986748751441924	-9.556742405518085	1
8	5.917801478345892	6.019805736577247	-9.2104238617069097	1
9	7.6747257774261515	6.015861127872467	-8.41524376641622	0
10	6.1743928111256815	5.169506275408649	-7.187122697596703	1
11	9.155159306271855	3.3026259241719202	-6.91968178891221	0
12	7.516087367984305	1.2529239959689983	-6.51785583399275	0
13	0.25641829123515283	5.532830291298922	-5.852785186954217	0
14	4.580510958954935	8.09598047582574	-5.848047829979116	0
15	6.1743928111256815	5.009822818641329	-5.652107355216221	0
16	5.917801478345892	4.607995456978292	-5.63162833244982	0
17	6.1743928111256815	4.938413768963928	-4.97576831132236	0
18	2.068268733148364	2.701763656309563	-4.871866527287066	1
19	9.279548262565106	0.3624829469697899	-4.82814144938344	0
20	4.100817617138448	2.8434410742068956	-4.38359362834443	0
21	1.140885318681814	8.03589362835256	-4.282615862243615	0
22	7.6747257774261515	8.35945378274646	-4.106402072225746	1
23	1.44319788353447378	0.83581623652258	-3.841785470798035	0
24	2.663686979396428	4.789331772263579	-3.170825881243435	0
25	4.1835212374782405	0.4062146523693311	-3.2537634622978717	1
26	2.569873731500977	2.9464752885711246	-3.171593301248099	0
27	7.81520597455453	1.9249888905360488	-2.584956728386733	0
28	4.100817617138448	0.14110881238887726	-2.583844795424587	0
29	4.100817617138448	1.5475040224942416	-2.5478013642610467	1
30	2.704181724121303	4.699415735796604	-2.5269367523788146	1

## Iteración 1 - Candidatos

Población Candidatos				
#	x1	x2	Edad	
1	0.04465437658787352	4.932485419258521	0	
2	2.8602687333140364	3.185813756981633	0	
3	2.7966454093677484	1.3582176229929592	0	
4	0.31539204629555706	4.932485419258521	1	
5	2.612498428356251	0.3333672902557816	0	
6	2.7966454093677484	1.2545201492150848	1	
7	2.7966454093677484	0.8032997763128671	0	
8	0.0	2.830219480380089	0	
9	3.1033432240417125	2.9464792805711246	0	
10	0.31539204629555706	6.136627357038911	0	
11	0.9689881186892669	2.9952898426602883	0	
12	2.9728208198661754	0.4062146523693311	0	
13	2.121767507038802	8.03583623652258	1	
14	0.525967071774619	2.830219480380089	1	
15	2.497903357578051	4.699415735796604	0	
16	2.124618989244352	2.287502866676796	0	
17	8.948173576025422	7.196834727835012	0	
18	1.4354855888751286	0.0	0	
19	2.124618989244352	2.19268688338827	1	
20	0.6221142609462904	2.9952898426602883	1	
21	3.807768238953689	2.701763656309563	0	
22	1.4354855888751286	0.3333672902557816	1	
23	7.81520597455453	1.2529239959689983	1	
24	1.1498882071065123	0.9895046125690565	0	
25	7.6747257774261515	7.522717302497226	0	

## Iteración 1 - Global Seeding (Elegiendo y modificando candidatos)

Seleccionamos 6 elementos (10% del total de candidatos)

Candidatos elegidos

#	x1	x2	Edad
1	0.9831747469529262	3.3358247135464216	1
2	5.857828503321451	10.0	0
3	7.81520597455453	1.2529239959609983	1
4	9.66295277098219	4.140885310683814	1
5	0.6221142609462904	2.9952890426602083	1
6	7.674725774261515	7.522717302497226	0

Modificación de candidatos elegidos

```
[0.98317475 3.33582471] => 0.9831747469529262 => 5.388059142553086
[5.8578285 10. ] => 5.857828503321451 => 0.5830405164380614
[7.81520597 1.252924 ] => 1.2529239959609983 => 1.7445899191900949
[9.66295277 4.14088531] => 4.140885310683814 => 5.147422555767937
[0.62211426 2.99528904] => 0.6221142609462904 => 5.441623310386091
[7.67472578 7.5227173 ] => 7.674725774261515 => 0.6045718581979154
```

## Iteración 1 - Global Seeding (Añadiendo al bosque)

25	4.1835212374782405	0.4062146523693311	-3.2537634622978717	1
26	2.569873731500977	2.9464792805711246	-3.171593301240099	0
27	7.81520597455453	1.9249880985360488	-2.584956720306733	0
28	4.100817617138448	0.14110881238807726	-2.583844795142507	0
29	4.100817617138448	1.5475040224942416	-2.5478011642610467	1
30	2.704181724121393	4.699415735796604	-2.5269367523780146	1
31	5.388059142553086	3.3358247135464216	3.6795337373447854	0
32	0.5830405164380614	10.0	10.464457550917274	0
33	7.81520597455453	1.7445899191900949	-1.8609909517749417	0
34	9.66295277098219	5.147422555767937	3.547137205897781	0
35	5.441623310386091	2.9952890426602083	0.2618435042330385	0
36	0.6045718581979154	7.522717302497226	5.490194832330575	0

## Iteración 1 - Actualizando mejor global

El mejor ['No existe'] (inf) se actualiza a [8.94817358 8.4517214 ] (-17.098669291406427)  
Reiniciando la edad del mejor.

## Iteración 19 - Población y Mejor Global

#	x1	x2	Fitness	Edad
1	9.83209380295427	0.69073095624735	-18.543524878376233	1
2	9.132861166590106	0.69073095624735	-17.910183249813272	3
3	9.132861166590106	0.72223725021256	-12.96277373814883	2
4	9.83209380295427	0.878401302295342	-17.76345444441524	2
5	0.908052598021573	0.464881371004523	-16.548247587224896	1
6	0.908052598021573	0.676770036693756	-16.402634433761934	2
7	9.132861166590106	0.93897026253218	-16.30589080497825	1
8	0.863212483362822	0.69073095624735	-16.370348378181557	1
9	7.5888795627464686	0.678111421709102	-16.140823749712570	2
10	7.5888795627464686	0.69073095624735	-16.13314582362197	1
11	7.419558318831405	0.4469176762136	-15.92817699848584	1
12	7.578541800836879	0.49823212776658	-15.766511865529731	2
13	5.04714892809325	0.780900257503714	-15.370343426104875	3
14	7.302502873804232	0.4469176762136	-14.490391913107709	2
15	5.988335785866742	0.43812668280881	-14.088317513347024	3
16	9.132861166590106	0.101196370222978	-13.87869945768201	0
17	7.578541800836879	0.2745430651280723	-13.598662103831803	1
18	0.781848626840592	0.831928922425621	-12.301878422172213	2
19	0.76843129353712	0.4469176762136	-12.970637378081337	1
20	7.5888795627464686	0.805310069180926	-12.862620156321892	1
21	5.644302267771733	0.788888457669714	-12.855430881547353	3
22	4.1418417627358089	0.728673735803203	-12.684791036362816	3
23	4.121624183777795	0.877780373532474	-12.41377044015670	3
24	7.5888795627464686	0.199481544421575	-12.38969307478591	2
25	0.353514413521102	0.788888457669714	-12.188748362861897	3
26	4.121624183777795	0.555268308077744	-12.172384111480916	2
27	0.11474548152919	0.4469176762136	-12.180337869782221	0
28	0.99000391183647	2.488466475887701	-11.563676405408238	0
29	7.704674962755962	0.805310069180926	-10.583548278586694	0
30	7.828698120240325	0.69073095624735	-10.26813166618185	0
31	0.8643217801067	0.777390001091707	-8.888859213770635	0
32	0.30723047563958	0.46464041518398525	-7.89864168022545	0
33	8.88959897721395	7.198064595265316	5.92595701394581	0

El mejor [0.03209383 8.69073096] (-18.543524878376233) se mantiene  
El mejor se encuentra en el bosque, reiniciando edad.



## Iteración 20 - Local Seeding (Creación)

```

*****
GENERACIÓN 20 DE 20:
Creación de nuevos árboles
[9.03209383 8.69073096] => 9.032093830295427 + -0.5558138545204911 = 8.476279975765036
[9.03209383 8.69073096] => 8.690730955624735 + 1.0251445041254973 = 9.716875459750232
[9.13286117 8.18119658] => 8.181196579322878 + -1.1276688365094212 = 7.053527742813456
[9.13286117 8.18119658] => 8.181196579322878 + 0.6626113951634767 = 8.843807974186355
[6.13147555 8.44691768] => 6.131475549315019 + 0.5572312786523685 = 6.688706827967388
[6.13147555 8.44691768] => 8.4469176702136 + -0.8304581401430091 = 7.6164595360705905
[8.99809393 2.48048668] => 2.480486675807781 + -0.6287689112526472 = 1.8517177645551337
[8.99809393 2.48048668] => 8.99809393103947 + 0.4763366109124665 = 9.475140544016414
[7.70467896 9.08631007] => 7.704678962755962 + 1.240914762567109 = 8.953593725323152
[7.70467896 9.08631007] => 9.086310069108926 + -1.1355313605249238 = 7.950778708584002
[7.82969612 8.69073096] => 7.829696120249325 + -0.09995888973138323 = 7.729737230517943
[7.82969612 8.69073096] => 7.829696120249325 + 0.8265914496977029 = 8.656387569947029
[8.86433718 9.7775098 ] => 8.864337178516697 + 0.6808944049542914 = 9.55243158347099
[8.86433718 9.7775098 ] => 8.864337178516697 + -0.23316375158906721 = 8.63117342692763
[8.38729648 0.04604084] => 0.04604083518598534 + 0.432386797792322 = 0.47842721496521756
[8.38729648 0.04604084] => 8.387296475638598 + 0.007521860821449563 = 8.394818344470048
[8.68959898 7.1960646 ] => 7.196064595266538 + -0.28355405874380628 = 6.982510536522731
[8.68959898 7.1960646 ] => 7.196064595266538 + -1.2312149203263711 = 5.964849674940167
Incrementando edad a todos los árboles antiguos

```

## Iteración 20 - Local Seeding (Envejecimiento)

Población (Local Seeding)				
#	x1	x2	Fitness	Edad
1	9.032093830295427	8.690730955624735	-18.541524878376233	1
2	0.132861166598106	8.690730955624735	-17.918182248612372	4
3	9.13286117 8.18119658	8.722237742813456	-17.4637379098083	3
4	9.032093830295427	8.870401300295342	-17.783404545441524	3
5	8.906052599021573	8.464881371604523	-16.548247587224896	2
6	8.906052599021573	8.87677083693756	-16.482634433781834	3
7	9.132861166598106	8.9509726252138	-16.3850206478251	2
8	8.861125403362832	8.690730955624735	-16.37839872030557	2
9	7.588879563746406	8.678111451709182	-16.148828740712576	3
10	7.588879563746406	8.690730955624735	-16.13145923362187	4
11	7.429593831801289	8.4469176702136	-15.92127698988354	2
12	7.576543090938079	9.49320219796588	-15.76681305520793	3
13	5.884734882089325	8.78898857569714	-15.378593426104875	4
14	7.382585873884232	8.4469176702136	-14.408291931877809	3
15	5.98833578580742	8.43012660288881	-14.088317519347824	4
34	8.476279975765036	8.690730955624735	-4.263526457153278	0
35	9.032093830295427	9.738875459750232	-3.137851574225187	0
36	0.132861166598106	7.83327742813456	-8.045388090248082	0
37	9.13286117 8.18119658	8.843807974186355	-37.52789869786217	0
38	6.68780627967388	8.4469176702136	-1.931882435430738	0
39	6.131475549315019	7.6164595360705905	0.3353396681561834	0
40	8.99809393103947	1.8517177645551337	-18.884358200654593	0
41	8.43012660288881	2.480486675807781	-6.1487782306897132	0
42	8.953593725323152	9.086310069108926	-34.776883714764272	0
43	7.704678962755962	7.950778708584002	-6.015225292838089	0
44	7.729737230517943	8.688706827967388	-13.134745388387488	0
45	6.656387569947029	8.690730955624735	-18.69877080946896	0
46	9.35243158347099	9.777509837253231	11.641972069971729	0
47	8.63117342692763	9.777509837253231	7.256841840738855	0
48	8.387296475638598	8.47842721496521756	7.525349235159885	0
49	8.394818344470048	8.46604083518598534	6.96813795363388	0
50	8.68959897721395	6.992510536522731	5.86988708089122	0
51	8.68959897721395	5.964849674940167	-5.634681559128896	0

## Iteración 20 - Population Limiting

Población (Population Limiting)				
#	x1	x2	Fitness	Edad
1	9.032093830295427	8.690730955624735	-18.541524878376233	1
2	0.132861166598106	8.722237742813456	-17.4637379098083	3
3	9.032093830295427	8.870401300295342	-17.783404545441524	3
4	9.132861166598106	8.843807974186355	-17.918182248612372	0
5	8.906052599021573	8.464881371604523	-16.548247587224896	2
6	8.906052599021573	8.87677083693756	-16.482634433781934	3
7	9.132861166598106	8.9509726252138	-16.3850206478251	2
8	8.861125403362832	8.690730955624735	-16.37839872030557	2
9	7.588879563746406	8.678111451709182	-16.148828740712576	3
10	7.419593831801289	8.4469176702136	-15.92127698988354	2
11	7.576543090938079	9.49320219796588	-15.76681305520793	3
12	6.653593725323152	9.086310069108926	-34.776883714764272	0
13	7.382585873884232	8.4469176702136	-14.408291931877809	3
14	9.132861166598106	8.181196579322878	-17.4637379098083	1
15	7.576841099036079	8.276435864180723	-13.59086210381083	2
16	8.781849628446592	8.88192022425621	-13.381874825772213	3
17	7.729737230517943	8.690730955624735	-13.194745388387488	0
18	6.769431293353712	8.4469176702136	-12.978637137881337	2
19	7.588879563746406	9.086310069108926	-12.882628156121082	2
20	7.588879563746406	8.10481544421575	-12.36989807478591	3
21	4.226243483777755	8.25350560979744	-12.172184813748876	3
22	6.131475549315019	8.4469176702136	-12.180332780788223	1
23	8.99809393103947	2.480486675807781	-11.563876905489238	1
24	7.704678962755962	9.086310069108926	-18.59348278506894	1
25	7.829696120249325	8.690730955624735	-18.26882616619185	1
26	8.656387569947029	8.690730955624735	-10.00788039040088	0
27	6.99809393103947	1.8517177645551337	-18.884358200654593	0
28	7.704678962755962	7.950778708584002	-6.015225292838089	0
29	8.68959897721395	5.964849674940167	-5.634681559128896	0
30	8.476279975765036	8.690730955624735	-4.263526457153278	0

## Iteración 20 - Candidatos

Población Candidatos			
#	x1	x2	Edad
1	9.132861166598106	8.690730955624735	4
2	7.588879563746406	8.690730955624735	4
3	5.884734882089325	8.78898857569714	4
4	5.98833578580742	8.43012660288881	4
5	5.646702267717733	8.78898857569714	4
6	4.141843762782099	8.728627535885203	4
7	4.121624148377765	8.677788117452474	4
8	9.351514413521182	8.78898857569714	4
9	9.032093830295427	9.716875459750232	0
10	6.68780627967388	8.4469176702136	0
11	9.475149544016414	2.480486675807781	0
12	9.132861166598106	7.053527742813456	0
13	8.864337178516697	9.777509837253231	0
14	6.131475549315019	7.6164595360705905	0
15	8.68959897721395	6.992510536522731	0
16	8.68959897721395	7.196064595266538	0
17	8.394818344470048	0.04604083518598534	0
18	8.387296475638598	0.04604083518598534	1
19	8.63117342692763	9.777509837253231	0
20	8.387296475638598	0.47842721496521756	0
21	9.55243158347099	9.777509837253231	0

## Iteración 20 - Global Seeding (Eligiendo y modificando candidatos)

Seleccionamos 3 elementos (10% del total de candidatos)

Candidatos elegidos

#	x1	x2	Edad
1	8.68959897721395	7.196064595266538	1
2	8.63117342692763	9.777509803937967	0
3	4.1216241483777765	8.677788117452474	4

Modificación de candidatos elegidos

```
[8.68959898 7.1960646 ] => 7.196064595266538 => 9.941024231062986
[8.63117343 9.7775098 ] => 8.63117342692763 => 2.365554662054963
[4.12162415 8.67778812] => 8.677788117452474 => 7.506276661207627
```

## Iteración 20 - Global Seeding (Añadiendo al bosque)

25	7.829696120249325	8.690730955624735	-10.268828166619185	1
26	8.656387569947029	8.690730955624735	-10.09788039040098	0
27	8.998803933103947	1.8517177645551337	-10.004358288694593	0
28	7.704678962755962	7.950778708584002	-6.015225292093609	0
29	8.68959897721395	5.964849674940167	-5.634681559120096	0
30	8.476279975765936	8.690730955624735	-4.363526457153279	0
31	8.68959897721395	9.941024231062986	-7.6548532916732395	0
32	2.365554662054963	9.777509803937967	-6.885022990832502	0
33	4.121624148377765	7.506276661207627	-2.3958478415532833	0


## Iteración 20 - Actualizando mejor global

El mejor [9.03209383 8.69073096] (-18.541524878376233) se mantiene  
El mejor se encuentra en el bosque, reiniciando edad.

## Iteración 20 - Mejor global

El mejor es [9.03209383 8.69073096] (-18.541524878376233)

## Referencias I

 Ghaemi, M. y Feizi-Derakhshi, M.-R. Forest Optimization Algorithm. *Expert Systems with Applications* **41**, 6676-6687. ISSN: 0957-4174 (2014).