



Quinto Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII-AURPAES 2019

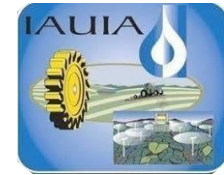
Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



AURPAES, S.C.
Asociación Estatal de Asociaciones de Usuarios de Riego
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.



Enseñar la explotación de la tierra,
no la del hombre



TRAZO DE REDES DE RIEGO MEDIANTE ALGORITMOS EVOLUTIVOS Y BIOINSPIRADOS: ALGORITMOS GENÉTICOS Y COLONIA DE HORMIGAS

EDUARDO JIMÉNEZ HERNÁNDEZ; IRINEO L. LÓPEZ CRUZ

Fecha de presentación **19/septiembre/2019**
Mazatlán, Sinaloa, México



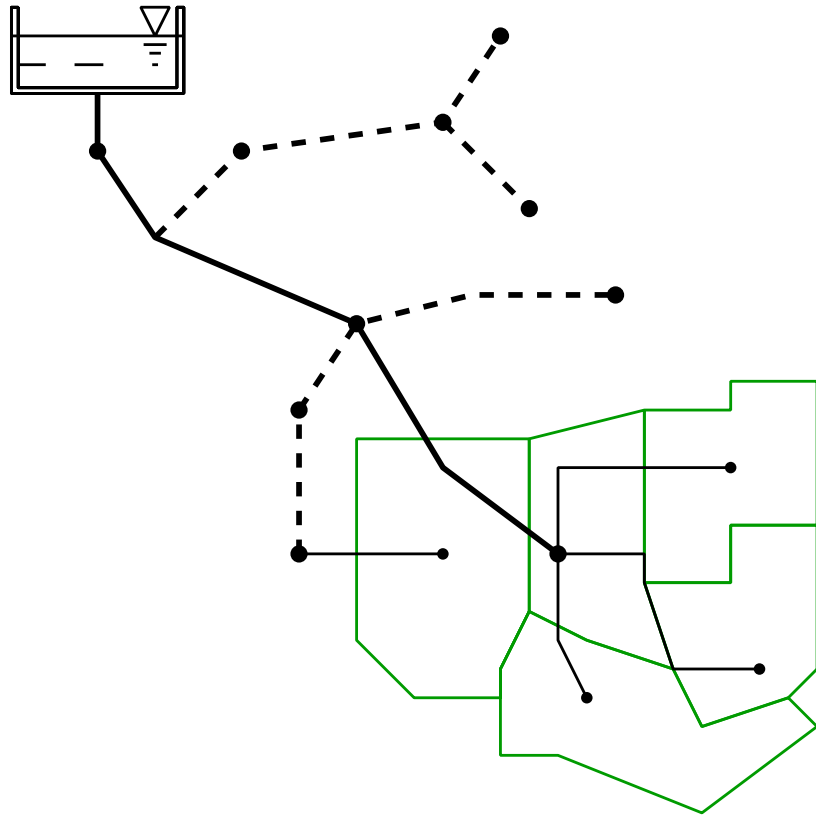


Contenido

- Introducción
- Métodos y Materiales
- Resultados y Discusión
- Conclusiones



Introducción

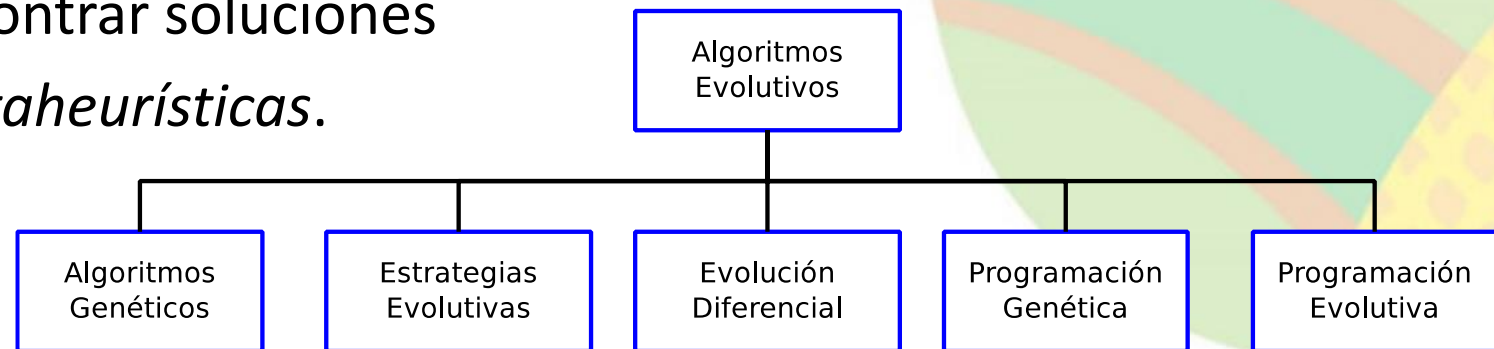
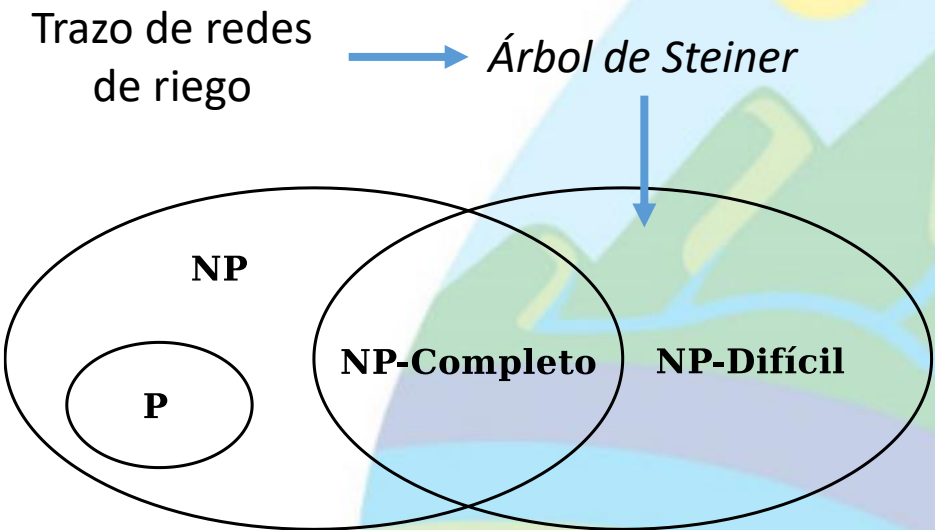


SIMBOLOGÍA	
	Almacenamiento
	Tubería principal
	Tubería secundaria
	Tubería terciaria
	Hidrante
	Punto de riego
	Zona de riego

- Una red de tuberías para riego, se compone de un conjunto de tuberías que conducen y distribuyen agua desde fuentes de abastecimiento hasta la zona de riego.
- Se pueden clasificar en redes abiertas y cerradas.
- Eiger, Shamir, & Ben-Tal (1994) mencionan que el diseño de una red de distribución de agua consiste de tres fases:
 - a) trazo,
 - b) dimensionamiento, y
 - c) operación.

El problema de trazo de redes

- Afshar (2006) menciona que con la optimización del trazo se obtiene un mayor ahorro que con la optimización de las dimensiones (diámetros).
- Formulación sencilla, los recursos de cómputo que se requieren se incrementan con el tamaño del problema (nodos).
- En ocasiones es imposible encontrar soluciones exactas, se aproximan con *metaheurísticas*.





Métodos y Materiales

Para la optimización del trazo de redes abiertas para riego:

- Computadora con Linux 4.4
 - Procesador de 64 bits Intel® Core™ i7-4500 @ 1.80 GHz
 - 8 GB de RAM.
- Lenguaje de programación Python® 2.7.
- pyevolve 0.6rc1
- Metaheurísticas:
 1. Algoritmos genéticos
 2. Colonia de hormigas



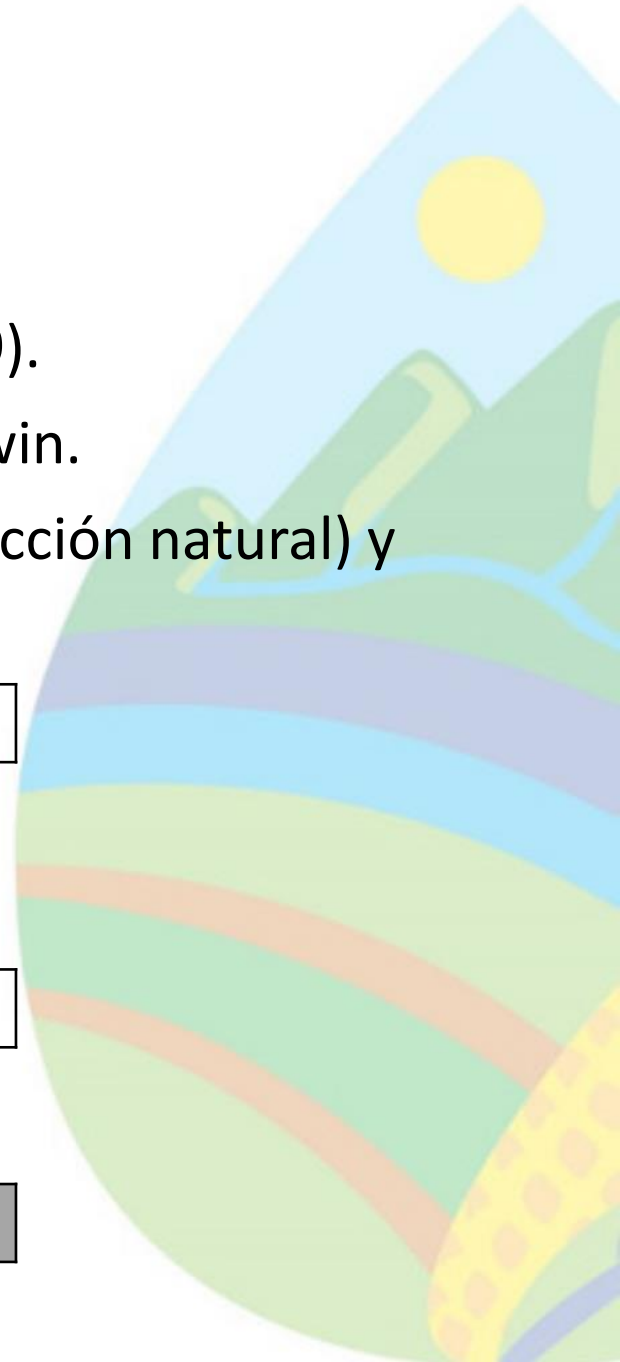
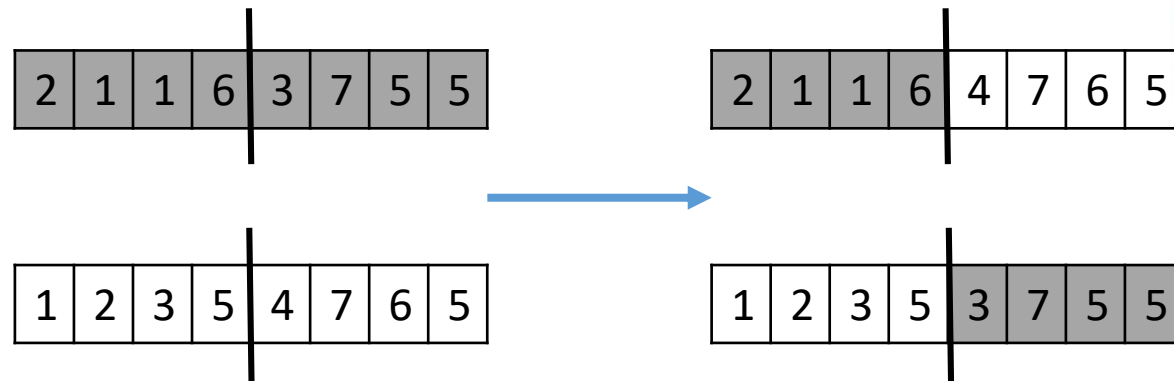
Algoritmos genéticos

- Propuestos por Holland (1975) y popularizados por Golberg (1989).
- Técnicas de optimización inspirados en la teoría evolutiva de Darwin.
- Se fundamentan en la supervivencia del individuo más apto (selección natural) y recombinación genética.

- Mutación:

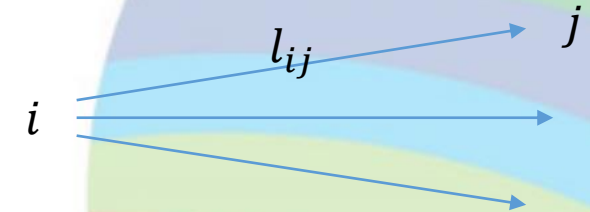
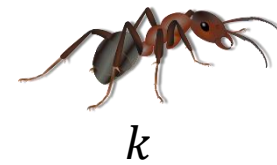
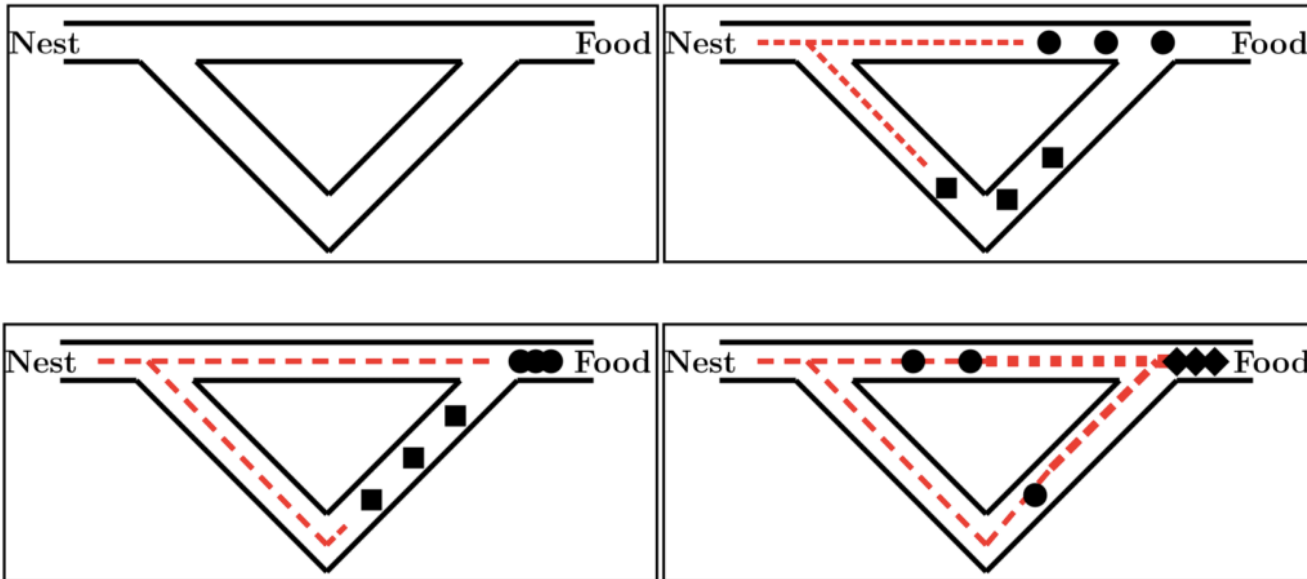


- Cruzamiento:



Optimización con Colonia de Hormigas

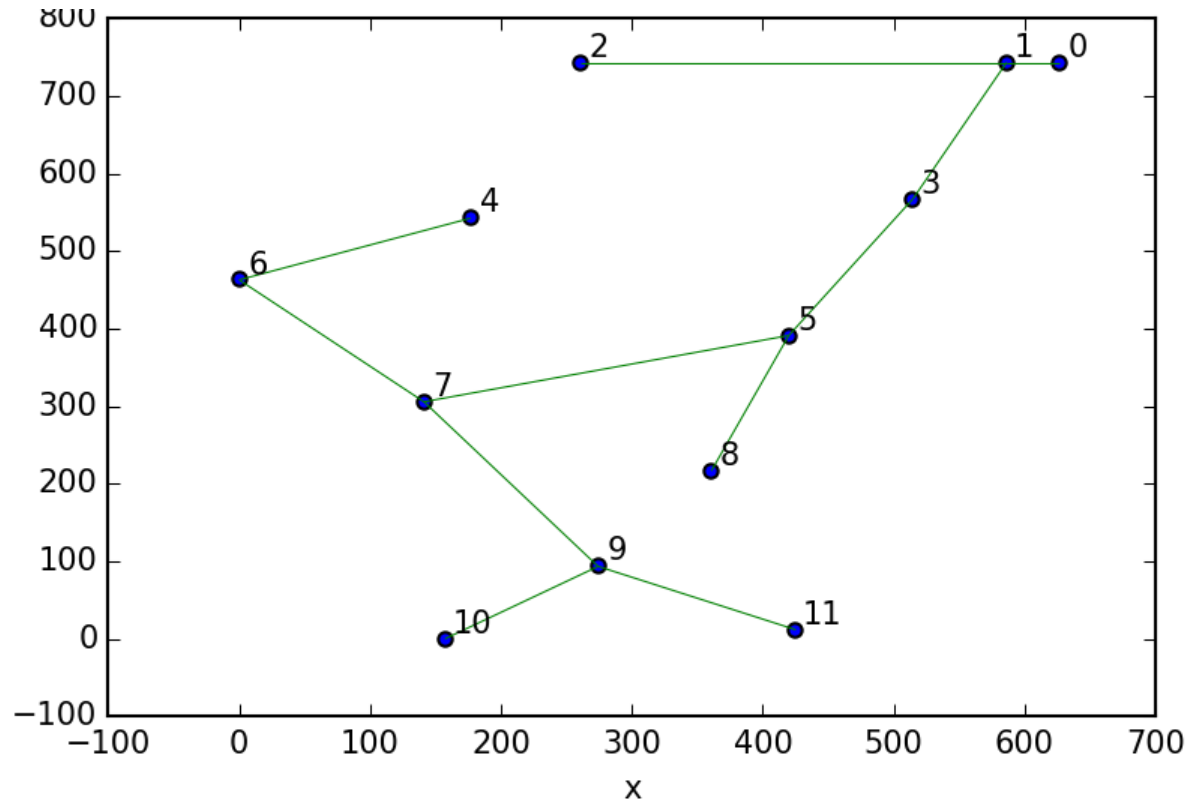
- ACO (*Ant Colony Optimization*), propuesto Marco Dorigo en 1990.
- Se inspira en la forma en la que una colonia de hormigas es capaz de encontrar la ruta más corta entre su nido y una fuente de alimento.



Regla de decisión probabilística:

$$p_{ij}(k, t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{j \in E_i} [\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}$$

Formulación del problema



- La topología de una **red abierta** se representa con una lista de adyacencia.

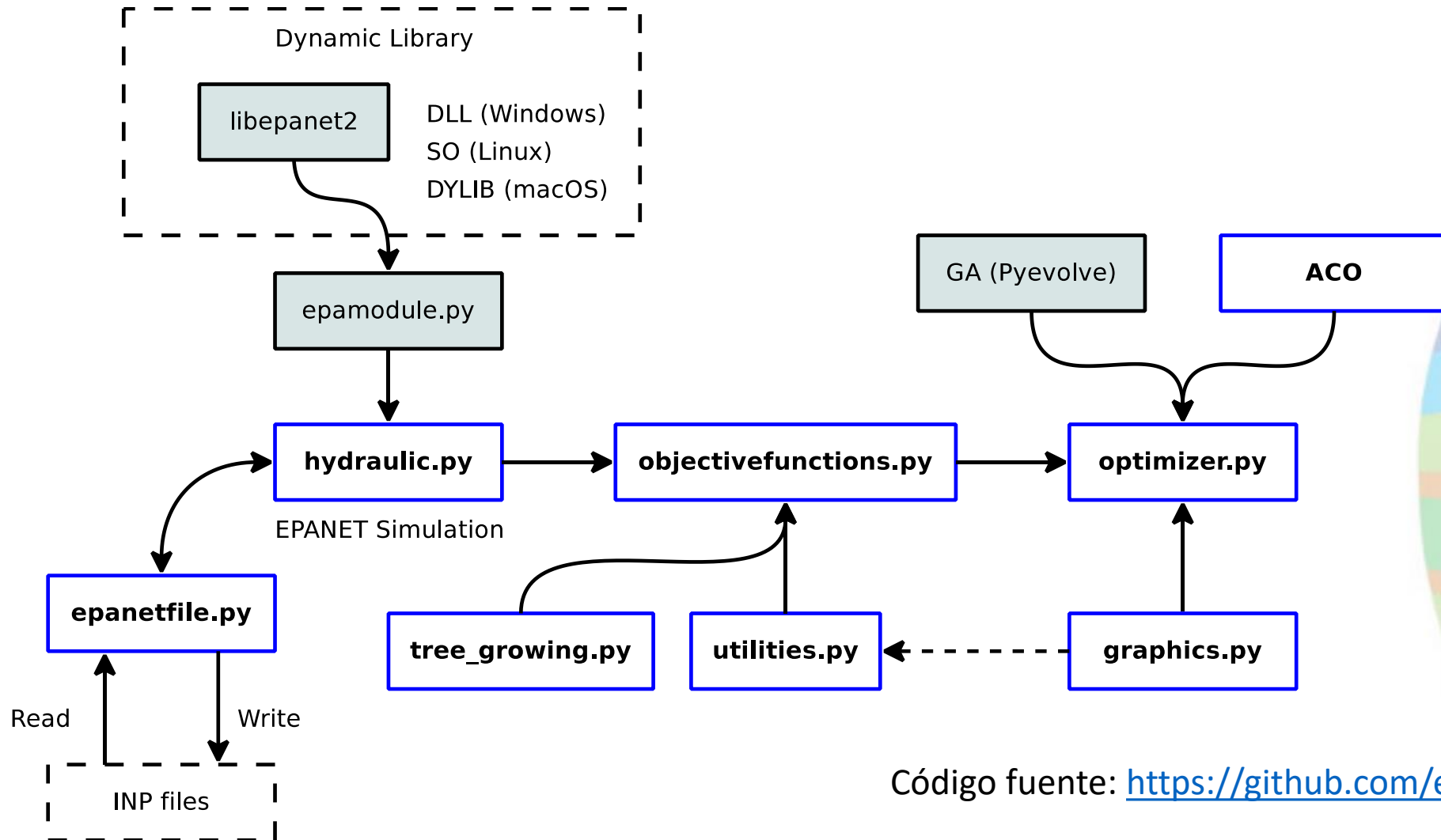
$$T_{ini} = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]$$

$$T_{fin} = [0, 1, 1, 6, 3, 7, 5, 5, 7, 9, 9]$$

- Objetivo: longitud mínima.

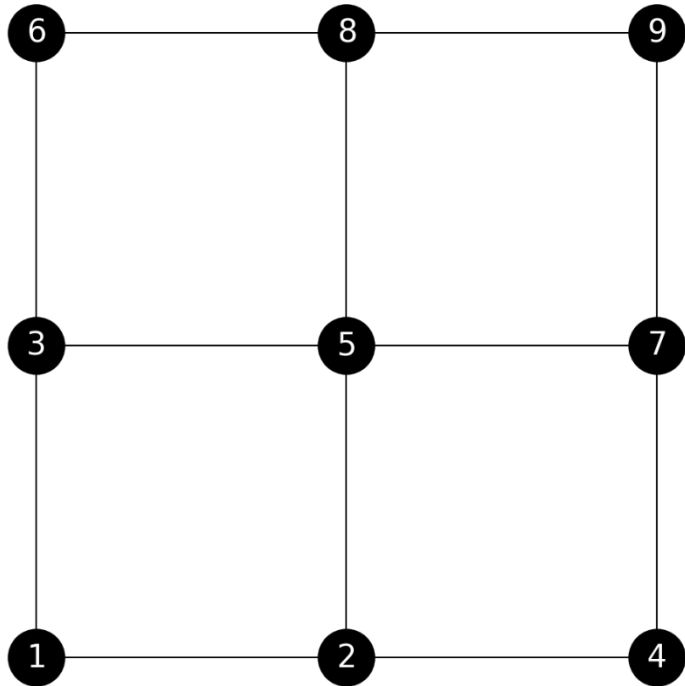


Diagrama de bloques del *framework*

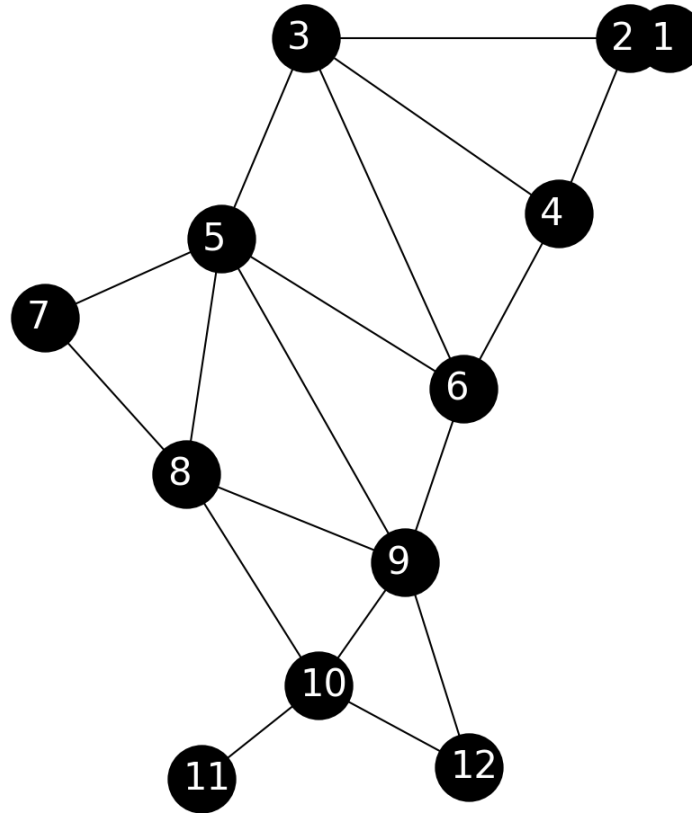


Código fuente: https://github.com/ecoslacker/networks_design

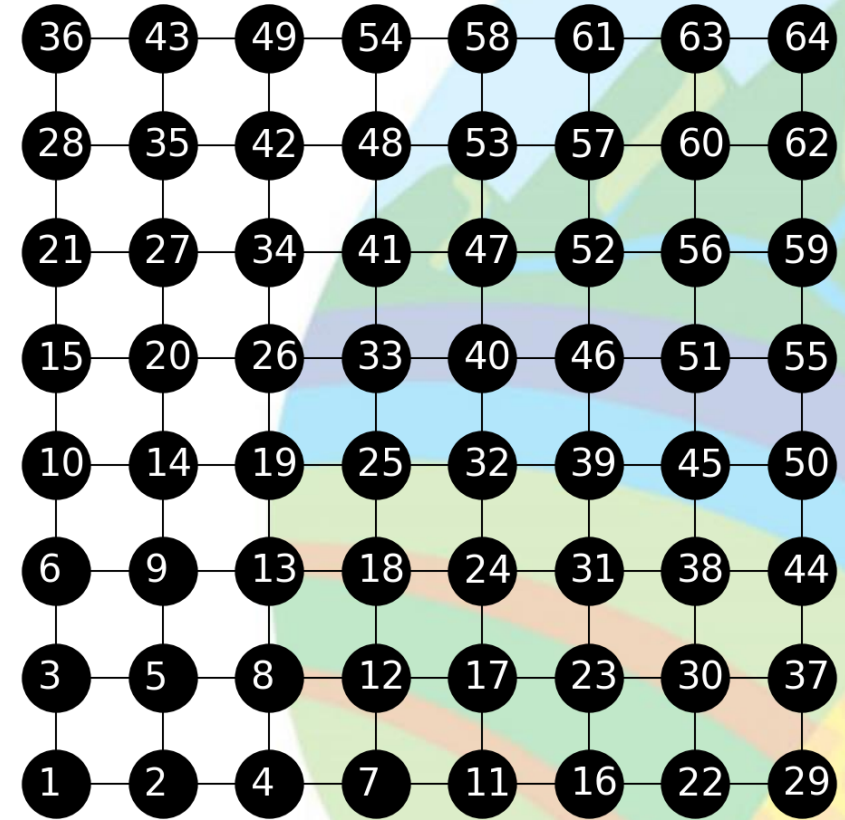
Redes de prueba (*benchmark*)



Geem, Kim, & Kim (2000)



Ángeles Montiel (2002)

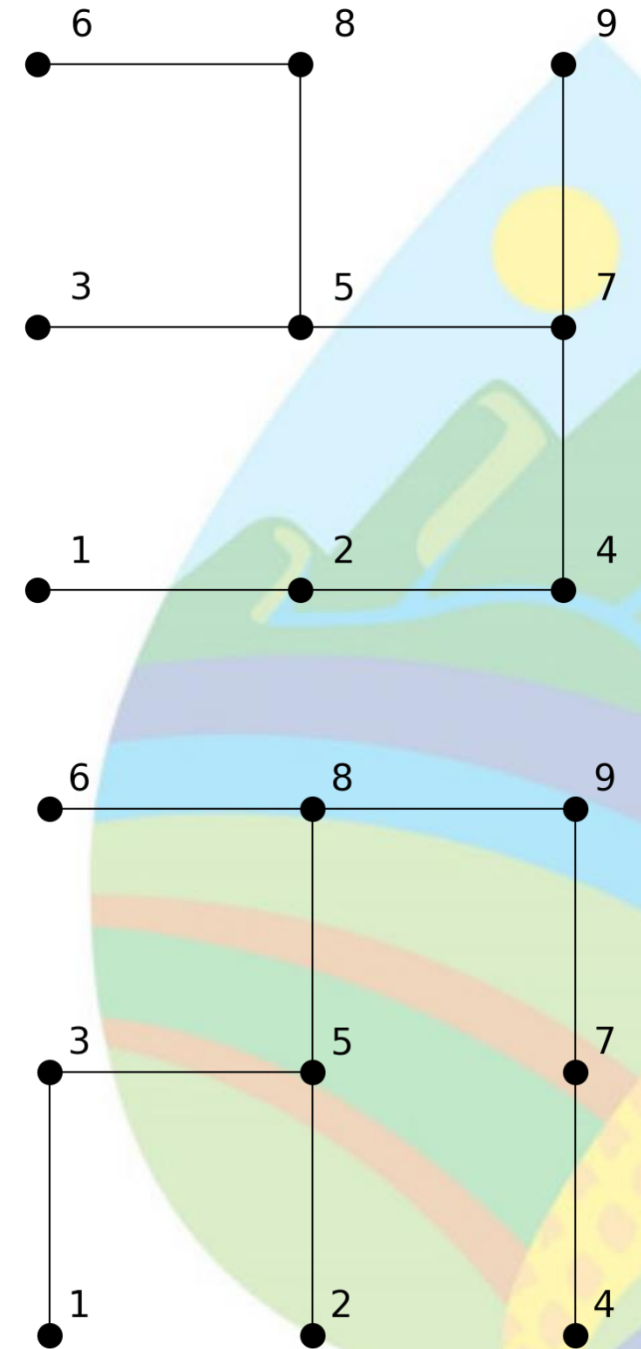


Walters & Smith (1995)



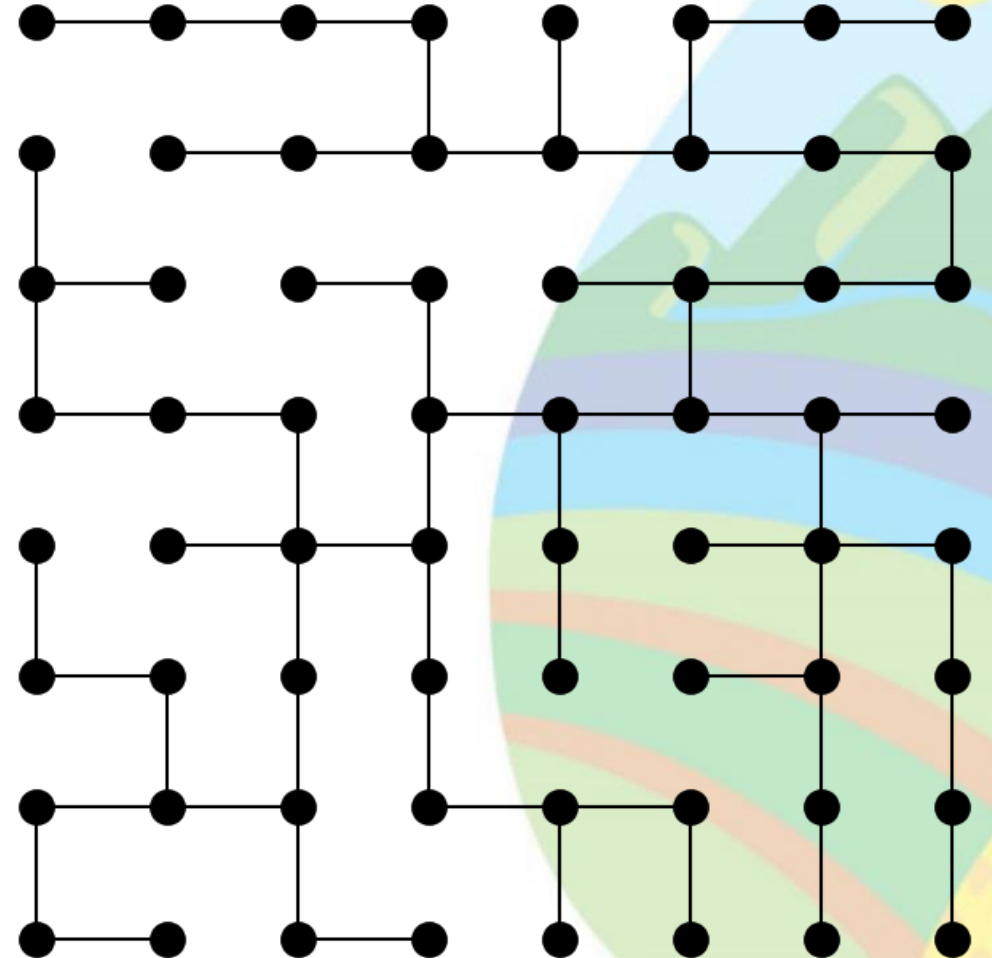
Resultados y discusión

Ejecución	GA (200 ind., 500 gen.)			ACO (m=5, 10 iter., $\rho=0.5$)		
	Mínimo (m)	Diferencia (%)	Generaciones requeridas	Mínimo (m)	Diferencia (%)	Iteraciones requeridas
1	882.84	10.36	24			3
2	800.00	0.00	51			7
3	800.00	0.00	403			5
4	800.00	0.00	304			5
5	841.42	5.18	12			5
6	800.00	0.00	35			3
7	800.00	0.00	179			4
8	841.42	5.18	67			6
9	800.00	0.00	58			3
10	841.42	5.18	16			3
11	841.42	5.18	52	800	0	4
12	841.42	5.18	32			6
13	841.42	5.18	30			4
14	841.42	5.18	23			4
15	800.00	0.00	41			5
16	800.00	0.00	63			4
17	841.42	5.18	291			3
18	841.42	5.18	40			5
19	800.00	0.00	440			5
20	800.00	0.00	54			5
Promedio:	822.78	2.85	163*	800.00	0.00	4*
Desv. Estándar:	25.05	3.13	160.27	0.00	0.00	1.15



Resultados y discusión

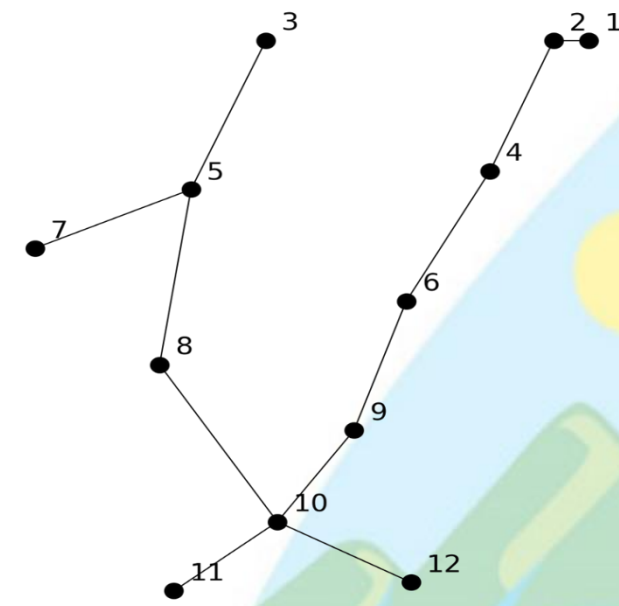
- ACO obtuvo la solución óptima en el 100% de las ejecuciones, con 15 iteraciones en promedio.
- GA fue incapaz de obtener soluciones factibles para este problema. Para ayudar al algoritmo:
 - Se redujo el espacio de búsqueda (de 2^{2016} a 2^{112} combinaciones posibles).
 - Se exploraron únicamente las soluciones factibles con un *algoritmo de crecimiento de árbol* (Walters & Smith, 1995).



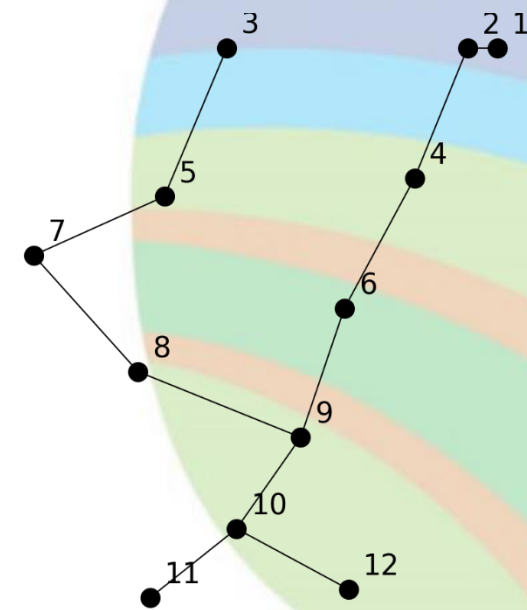


Resultados y discusión

Ejecución	GA (200 ind., 1000 gen)			ACO (m=5, 10 iter., $\rho=0.5$)		
	Mínimo (m)	Diferencia (%)	Generaciones requeridas	Mínimo (m)	Diferencia (%)	Iteraciones requeridas
1	2619.59	34.61	56	1946.04	0.00	10
2	2546.37	30.85	172	1946.04	0.00	10
3	2391.37	22.88	807	1946.04	0.00	8
4	2165.37	11.27	705	2003.03	2.93	10
5	2503.00	28.62	410	1946.04	0.00	10
6	2497.63	28.34	144	1995.51	2.54	7
7	2291.96	17.78	147	1989.42	2.23	10
8	2607.94	34.01	629	1946.04	0.00	9
9	2374.41	22.01	276	1964.43	0.95	7
10	2479.81	27.43	132	1959.66	0.70	9
11	2381.38	22.37	235	1946.04	0.00	7
12	2443.90	25.58	141	2000.65	2.81	8
13	2481.09	27.49	891	2052.50	5.47	5
14	2922.94	50.20	114	1959.66	0.70	8
15	2416.58	24.18	212	1964.43	0.95	10
16	1987.72	2.14	557	1946.04	0.00	9
17	2479.66	27.42	317	1946.04	0.00	10
18	2542.22	30.64	682	1959.66	0.70	8
19	2093.71	7.59	364	1959.66	0.70	10
20	2264.88	16.38	470	1946.04	0.00	8
Promedio:	2424.58	24.59	373*	1966.15	1.03	9*
Desv. Est.:	203.39	10.45	256.86	28.31	1.45	1.12



GA longitud=1,987.72



ACO longitud=1,946.04



Comparación de metaheurísticas

Soluciones para la red de riego de 12 nodos de Ángeles Montiel (2002)

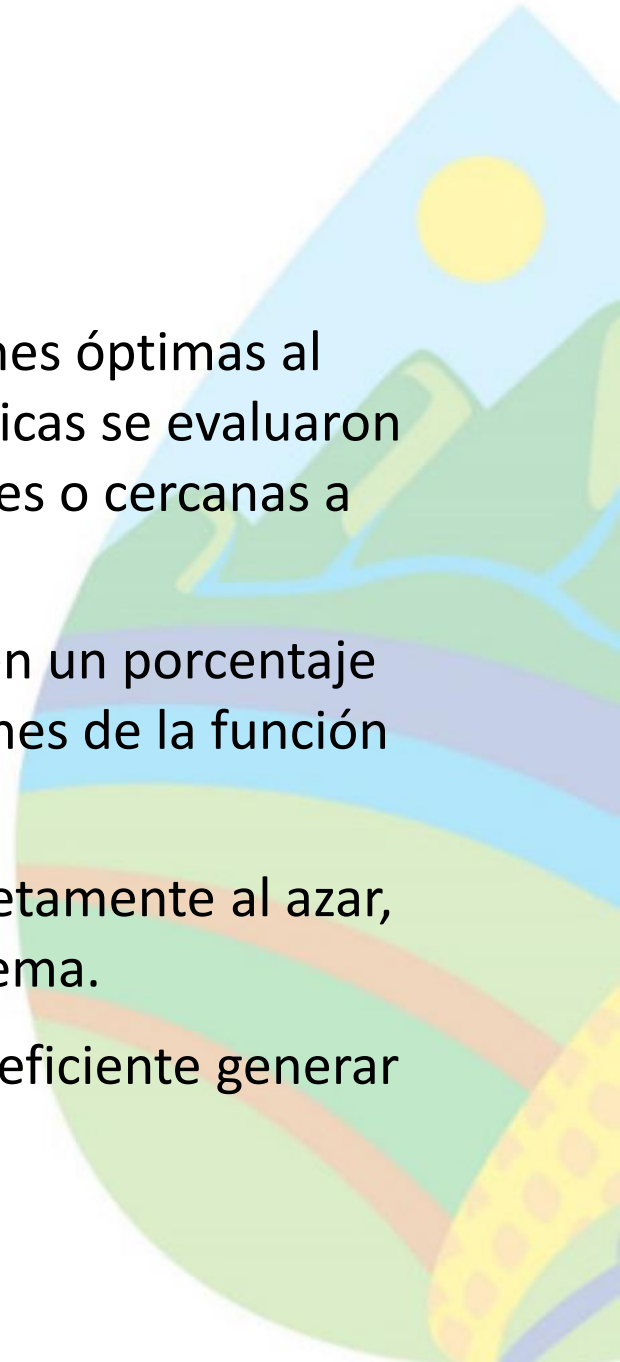
Solución	Método	Evaluaciones	Costo (Longitud, en m)
Ángeles Montiel (2002)	Programación Lineal	No reportado	2,212.00
Ponce Pacheco (2013)	Evolución Diferencial	1,100,000*	1,946.04
Ponce Pacheco (2013)	Colonia de Abejas	1,100,000*	2,113.86
Este trabajo	Kruskal, Prim	No aplica	1,946.04
Este trabajo	Algoritmos Genéticos	200,000	1,987.72
Este trabajo	Colonia de Hormigas	50	1,946.04

*No se reporta el número de evaluaciones mínimas en las que se encuentra la solución.



Conclusiones

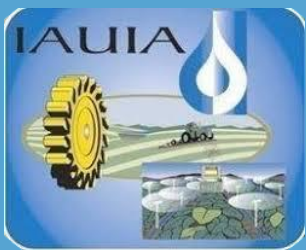
- Se desarrolló un programa en lenguaje Python[®] 2 para obtener soluciones óptimas al problema de trazo de redes de riego con ACO y GA. Ambas metaheurísticas se evaluaron con redes de prueba usadas de la literatura. Las soluciones fueron iguales o cercanas a las mejores reportadas.
- ACO tuvo un desempeño superior ya que las soluciones se obtuvieron en un porcentaje mayor de las ejecuciones, y requirió de un número menor de evaluaciones de la función objetivo.
- La aparente ventaja se podría deber a que GA genera soluciones completamente al azar, mientras que ACO toma en cuenta la información geométrica del problema.
- Lo anterior refuerza la hipótesis de que ACO es una técnica adecuada y eficiente generar soluciones subóptimas para problemas de grafos.



GRACIAS



Enseñar la explotación de la tierra,
no la del hombre



Quinto
Congreso Nacional
de Riego y Drenaje
COMII-AURPAES 2019

Septiembre 2019 | Mazatlán, Sinaloa



AURPAES, S.C.
Asociación Nacional de Ingenieros de Riego y Drenaje
Productores Agrícolas del Estado de Sinaloa S.C.

Contacto

Eduardo Jiménez Hernández

Posgrado en Ingeniería Agrícola y
Uso Integral del Agua

eduardo.jimenez.eng@gmail.com

