

# Práctica 3.b: Búsquedas por Trayectorias para el Problema del Agrupamiento con Restricciones:



# UNIVERSIDAD DE GRANADA

Luis González Romero, XXXXXXXXXX, [luisgonromero@correo.ugr.es](mailto:luisgonromero@correo.ugr.es)

Grupo 1: Miércoles 17:30-19:30

Escuela Técnica Superior de Ingeniería informática y Telecomunicaciones

25 de mayo de 2020

## Práctica 3.b: Búsquedas por Trayectorias para el Problema del Agrupamiento con Restricciones

Memoria sobre la tercera práctica de la asignatura Metaheurísticas  
cursada en la ETSIIT, UGR.

Luis González Romero, XXXXXXXXXX, luisgonromero@correo.ugr.es

Mayo de 2020

## Índice

<b>1. Descripción del problema: Problema del Agrupamiento con Restricciones</b>	<b>4</b>
<b>2. Consideraciones comunes</b>	<b>5</b>
2.1. Esquema de representación de soluciones . . . . .	5
2.2. Generación de la solución inicial . . . . .	5
<b>3. BMB: Búsqueda Multiarranque Básica</b>	<b>6</b>
<b>4. ES: Enfriamiento Simulado</b>	<b>8</b>
<b>5. ILS: Búsqueda Local Reiterada</b>	<b>10</b>
<b>6. Manual de uso</b>	<b>11</b>
<b>7. Análisis de resultados</b>	<b>12</b>

## 1. Descripción del problema: Problema del Agrupamiento con Restricciones

El problema del *PAR* consiste en una generalización del agrupamiento clásico. Permite incorporar al proceso de agrupamiento un nuevo tipo de información: las restricciones. Dado un conjunto de datos  $X$  con  $n$  instancias, el problema consiste en encontrar una partición  $C = \{c_1, \dots, c_{1k}\}$  que minimice la desviación general y cumpla con las restricciones de instancia existentes en el conjunto  $R$ . Dada una pareja de instancias, se establece una restricción de tipo *Must-Link* (ML) si deben pertenecer al mismo grupo y de tipo *Cannot-Link* (CL) si no pueden pertenecer al mismo grupo.

Dada una partición  $C$ , se puede calcular el centroide  $\vec{\mu}_i$  asociado a cada grupo  $c_i$  como el vector promedio de las instancias de  $X$  que lo componen:

$$\vec{\mu}_i = \frac{1}{|c_i|} \sum_{\vec{x}_j \in c_i} \vec{x}_j$$

La distancia media intra-cluster  $\vec{c}_i$  será la media de las distancias de las instancias que lo conforman a su centroide:

$$\vec{c}_i = \frac{1}{|c_i|} \sum_{\vec{x}_j \in c_i} \|\vec{x}_j - \vec{\mu}_i\|_2$$

Definimos la desviación general de la partición  $C = \{c_1, \dots, c_{1k}\}$  como la media de las desviaciones intraccluster  $\vec{C}$ :

$$\vec{C} = \frac{1}{k} \sum_{c_i \in C} \vec{c}_i$$

Dada una partición  $C$  y los conjuntos de restricciones ML y CL, definimos infeasibility (“infactibilidad”) como el número de restricciones que  $C$  incumple.

Así, se puede formular como:

$$\text{Minimizar } f = \vec{C} + (\text{infeasibility} * \lambda)$$

siendo  $\lambda$  un parámetro de escalado para dar relevancia a la infeasibility. Así poder optimizar simultáneamente el número de restricciones incumplidas y la desviación general. Para asegurar que el factor infeasibility tiene la suficiente relevancia establecemos  $\lambda$  como el cociente entre la distancia máxima existente en el conjunto de datos y el número de restricciones presentes en el problema,  $|R|$ .

## 2. Consideraciones comunes

### 2.1. Esquema de representación de soluciones

Para representar soluciones se sigue empleando un conjunto de valores de tamaño  $n_{instancias}$  para representarla solución, en el que cada instancia queda asignada a un único cluster.  $S = [S_0, S_1, \dots, S_{n-1}]$

También se tiene un array de dos dimensiones, en el cual se guarda para cada  $k$  todas las instancias que pertenecen a ese  $k$ , llamado  $c\_array$ . Y otro array de dos dimensiones,  $k\_distancia$  en el que se guarda para cada instancia su distancia a cada uno de los clusters existentes.

Además, se tiene guardado la mejor  $S$  encontrada junto a su valor  $f(S)$  para comparar cada nueva  $S$  generada y optimizada.

### 2.2. Generación de la solución inicial

Se genera un  $r_k$  (cluster aleatorio) y se añade a la estructura que guarda la solución. Cuando se obtiene la  $S$ , se comprueba que es válida (comprobando que al menos hay una ocurrencia de cada cluster) y si no lo es se repite el proceso hasta que lo sea.

---

**Algorithm 1** Generación de la solución inicial

---

```
procedure GET_SOLUCION_INICIAL()
  for  $i = 0$  to  $n_{instancias}-1$  do
     $r\_k \leftarrow aleatorio(0, k - 1)$ 
     $c\_array[r\_k].append(i)$ 
     $S.append(r\_k)$ 
  while validar_solucion_actual() == False do
     $S.clear()$ 
     $c\_array.clear()$ 
    for  $i = 0$  to  $n_{instancias}-1$  do
       $r\_k \leftarrow aleatorio(0, k - 1)$ 
       $c\_array[r\_k].append(i)$ 
       $S.append(r\_k)$ 
    end for
  end while
end for
end procedure
```

---

### 3. BMB: Búsqueda Multiarranque Básica

Para implementar la BMB he usado el método de la BL de la P1. Aunque encontré un fallo al revisar la BL, el cual hacía que priorizase la infeasibility antes que el valor a minimizar,  $f$ . Era porque actualizaba tarde los centroides, por lo que la desviación era como una constante y solo era relevante el cambio de la infeasibility cuando se hacía el operador de vecino. Solamente tuve que hacer bien la actualización de las estructuras de datos.

Para resolver el problema con la BL, se ha seguido la estrategia *el primer mejor*. Exploro el entorno virtual de forma aleatoria gracias a *acceso\_aleatorio* quedándome con una nueva solución  $S$ , en cuanto el primer vecino mejore la  $f()$  actual. El proceso finaliza en cuanto se explore un entorno virtual entero sin mejora o se lleguen a las 100000 evaluaciones, lo que antes suceda.

Para lograr que haya diversidad, *acceso\_aleatorio* es barajado cada vez que se genera un vecindario virtual.

El operador de vecino se realiza antes de evaluar al vecino por acceso aleatorio, guardando una copia del cluster que pertenecía a  $S[\text{vecino\_aleatorio}]$ . Así, si no hay mejora se puede devolver  $S$  a su estado anterior.

Además, en el método de infeasibility usado en BL, se usa la estructura de datos que guarda las restricciones en una lista (mayor eficiencia). Evitando así todas las iteraciones por encima o debajo de la diagonal de la matriz (como se hace en el greedy). Y en cuanto a la actualización de centroides, en el BL hay una versión que solo actualiza el cluster nuevo que se ha cambiado en  $S[i]$  y el anterior que había en  $S[i]$ .

Y en cuanto a la generación de vecinos, creo un vecindario virtual (pares de valores, instancia-nuevo\_cluster) como ya he comentado, guardando solo vecinos válidos

En cuanto a la BMB, simplemente se mantiene la mejor  $S$  encontrada y el valor de su función objetivo para poder compararlo con los que se vayan obteniendo con las múltiples BL que se hacen.

---

**Algorithm 2** Algoritmo usado para la Búsqueda Local

---

```
procedure BUSQUEDA_LOCAL
  generar_solucion_inicial_aleatoria()
  generar_vecinos()
  acceso_aleatorio  $\leftarrow$  lista(0, ..., n_vecinos)
  barajar(acceso_aleatorio)
  f_actual  $\leftarrow$  f()
  while end  $\neq$  TRUE AND evaluations < 100000 do
    end  $\leftarrow$  TRUE
    for i = 0 to n_vecinos-1 do
      instancia_actual  $\leftarrow$  vecinos[acceso_aleatorio[i]].get < 0 >
      nuevo_cluster  $\leftarrow$  vecinos[acceso_aleatorio[i]].get < 1 >
      cluster_instancia_actual  $\leftarrow$  S[instancia_actual]
      S[instancia_actual]  $\leftarrow$  nuevo_cluster
      if validar_solucion_actual() == TRUE then
        f_vecino  $\leftarrow$  f()
        evaluaciones  $\leftarrow$  evaluaciones + 1
        if f_vecino < f_actual then
          f_actual  $\leftarrow$  f_vecino
          generar_vecinos()
          barajar(acceso_aleatorio)
          end  $\leftarrow$  FALSE
          break
        else
          volver  $\leftarrow$  True
          volver_estado_anterior  $\leftarrow$  True
        end if
      else
        volver  $\leftarrow$  True
      end if
      if volver == True then
        S[instancia_actual]  $\leftarrow$  cluster_instancia_actual
        volver  $\leftarrow$  True
        if volver_estado_anterior == True then
          actualizar_centroides()
          volver_estado_anterior  $\leftarrow$  False
        end if
      end if
    end for
  end while
end procedure
```

---

---

**Algorithm 3** Algoritmo BMB

---

```
function BMB()
   $mejor\_solucion \leftarrow lista\_vacía$ 
   $mejor\_f \leftarrow MAX\_INT$ 
   $i \leftarrow 0$ 
  while  $i < max\_iteraciones$  do
     $f, S \leftarrow local\_search()$ 
    if  $f < mejor\_f$  then
       $mejor\_solucion \leftarrow S$ 
       $mejor\_f \leftarrow f$ 
    end if
     $i \leftarrow i + 1$ 
  end while
  return  $mejor\_solucion$ 
end function
```

---

#### 4. ES: Enfriamiento Simulado

---

**Algorithm 4** Algoritmo que obtiene la temperatura inicial

---

```
global variables
   $\mu \leftarrow 0,3$ 
   $\phi \leftarrow 0,3$ 
end global variables
function GET_TO()
  return  $(\mu \cdot f()) / (-\ln(\phi))$ 
end function
```

---

---

**Algorithm 5** Algoritmo que obtiene la siguiente temperatura

---

```
function GET_SIGUIENTE_TEMPERATURA_CAUCHY()
  return  $Tk / (1 + \beta() \cdot Tk)$ 
end function
```

---

---

**Algorithm 6** Algoritmo que obtiene el valor de  $\beta$ 

---

```
global variables
   $Tf \leftarrow 0,001$ 
   $M \leftarrow max\_evaluaciones / max\_vecinos$ 
end global variables
function  $\beta()$ 
  return  $(To - Tf) / (M \cdot To \cdot Tf)$ 
end function
```

---



---

**Algorithm 7** Enfriamiento Simulado

---

```
global variables
     $max\_vecinos \leftarrow 10 \cdot n\_instancias$ 
     $max\_ exitos \leftarrow 0,1 \cdot max\_vecinos$ 
end global variables
function SA()
     $get\_solucion\_inicial()$ 
     $To \leftarrow get\_To()$ 
     $T \leftarrow To$ 
     $mejor\_s \leftarrow S$ 
     $mejor\_f \leftarrow f()$ 
     $continuar\_enf \leftarrow False$ 
     $stucked \leftarrow False$ 
     $evaluaciones \leftarrow 0$ 
    while  $T > Tf$  AND  $stucked == False$  and  $evaluaciones < max\_evaluaciones$  do
         $exitos \leftarrow 0$ 
         $i \leftarrow 0$ 
        while  $i < max\_vecinos$  AND  $continuar\_enf == False$  and  $evaluaciones < max\_evaluaciones$  do
             $S\_backup \leftarrow S$ 
             $f\_actual \leftarrow f()$ 
             $instancia, cluster\_actual \leftarrow get\_vecino()$ 
             $nuevo\_cluster \leftarrow S[instancia]$ 
             $actualizar\_centroides()$ 
             $actualizar\_c\_array()$ 
             $f\_candidato \leftarrow f()$ 
             $inc\_f \leftarrow f\_candidato - f\_actual$ 
            if  $inc\_f < 0$  OR  $aleatorio(0,1) < exp(-inc\_f/T)$  then
                 $f\_actual \leftarrow f\_candidato$ 
                if  $f\_actual < mejor\_f$  then
                     $mejor\_f \leftarrow f\_actual$ 
                     $mejor\_S \leftarrow S$ 
                     $exitos \leftarrow exitos + 1$ 
                end if
            else
                 $S \leftarrow S\_backup$ 
                 $actualizar\_c\_array()$ 
                 $actualizar\_centroides()$ 
            end if
             $i \leftarrow i + 1$ 
            if  $exitos == max\_ exitos$  then
                 $continuar\_enf \leftarrow True$ 
            end if
        end while
         $continuar\_enf \leftarrow False$ 
        if  $exitos == 0$  then
             $stucked \leftarrow True$ 
        end if
         $T \leftarrow get\_siguiente\_temperatura\_cauchy()$ 
    end while
    return  $mejor\_solucion$ 
end function
```

## 5. ILS: Búsqueda Local Reiterada

---

**Algorithm 8** Operador de mutación

---

```
global variables
     $\text{valor\_mutacion} \leftarrow 0,1 \cdot n\_instancias$ 
end global variables
function MODIFICAR(HISTORIA)
    if  $\text{historia} > \text{mejor\_f}$  then
         $S \leftarrow \text{mejor\_S}$ 
        actualizar_estructuras()
    end if
     $\text{inicio} \leftarrow \text{aleatorio}(0, n\_instancias - 1)$ 
     $\text{fin} \leftarrow (\text{inicio} + \text{valor\_mutacion}) \% n\_instancias - 1$ 
    for  $i = 0$  to  $n\_instancias-1$  do
        if  $i > \text{inicio}$  OR  $i < \text{fin}$  then
            cambiar_cluster( $i, \text{aleatorio}(0, k - 1)$ )
        end if
    end for
end function
```

---

---

**Algorithm 9** Algoritmo ILS

---

```
global variables
     $\text{max\_evaluaciones} \leftarrow 10000$ 
     $\text{iteraciones} \leftarrow 10$ 
     $\text{max\_vecinos} \leftarrow \text{max\_vecinos} / = 10$ 
     $\text{max\_ exitos} \leftarrow \text{max\_ exitos} / = 10$ 
     $\text{busqueda} \leftarrow \text{sa}() \text{ o } \text{ls}()$ 
end global variables
function ILS(
    get_solucion_inicial()
     $f, S \leftarrow \text{busqueda}()$ 
     $i \leftarrow 1$ 
    while  $i < \text{iteraciones}$  do
        modificar( $f$ )
         $\text{nuevo\_f}, \text{nueva\_S} \leftarrow \text{busqueda}()$ 
         $S \leftarrow \text{aceptar}(S, \text{nueva\_S})$ 
        actualizar( $S$ )
    end while
     $S \leftarrow \text{mejor\_S}$ 
end function
```

---

Para la ILS, en la LS y SA se devuelve una tupla (f,S), para tener tanto la solución obtenida en la búsqueda como su valor de f.

## 6. Manual de uso

Si se desea ejecutar:

$\$main.py < dataset > < n\_restricciones > < algoritmo >$

algoritmos:

- BL - bl
- SA - sa
- BMB - bmb
- ILS - ils ls
- ILS/SA - ils sa

Si se ejecuta un ILS:

$\$main.py < dataset > < n\_restricciones > ils [ls|sa]$

Para ejecutar con una semilla concreta, dentro de *main.py* hay un array con las semillas usadas según el orden de aparición en las tablas. Basta con cambiar la asignación de la variable *seed* a *seeds[i]* correspondiente a la Ejecución *i*.

## 7. Análisis de resultados

En cuanto a la BL, se comporta bien para los dataset pequeños y para newthyroid empieza a tener problemas para encontrar las mejores soluciones. En ecoli encuentra buenas soluciones para su tamaño. Las soluciones obtenidas con SA son mejores para el 10 % que la BL, aunque para el 20 % en ecoli sigue costándole.

El SA se comporta muy bien en general, en newthyroid mejora bastante las soluciones en comparación a la BL,

Se puede apreciar también que ILS puede encontrar soluciones mejores que la BMB gracias a la mutación que realiza, aportando un poco de exploración. Ambos funcionan muy bien para datasets pequeños ya que hacen pocas evaluaciones para mejorar mucho la solución. Aunque me parece extraño que para 20 % no mejore en ecoli.

Sobre la ILS/SA, me he dado cuenta de que me estaba quedando con la M del constructor del SA. Al actualizarlo(ya que escalo el numero de vecinos y exitos) baja la infeasibility a 560, no 3000 como antes. Las 10000 evaluaciones se quedan pequeñas al parecer para ecoli(en el SA algunas llegan a 50000), y para el resto que son menos complejos y más pequeños encuentra el óptimo. Por lo que las tablas están desactualizadas pero no me da tiempo a cambiarlas. Aunque quizás se me ha escapado algo en la implementación y por eso me dan tan malos resultados con ecoli.

Resultados obtenidos por el algoritmo BL en el PAR con 10% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
Ejecución 1	0,67	0,00	0,67	2,07	23,08	70,00	24,96	172,58	0,76	0,00	0,76	1,42
Ejecución 2	0,67	0,00	0,67	2,23	23,05	94,00	25,56	213,69	0,76	0,00	0,76	2,17
Ejecución 3	0,67	0,00	0,67	1,79	23,19	68,00	25,02	204,21	0,76	0,00	0,76	1,31
Ejecución 4	0,67	0,00	0,67	2,15	21,25	122,00	24,52	183,51	0,76	0,00	0,76	1,69
Ejecución 5	0,67	0,00	0,67	1,62	21,24	121,00	24,49	127,18	0,76	0,00	0,76	1,50
Media	0,67	0,00	0,67	1,97	22,36	95,00	24,91	180,23	0,76	0,00	0,76	1,62

Resultados obtenidos por el algoritmo BL en el PAR con 20% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
Ejecución 1	0,67	0,00	0,67	3,09	21,89	152,00	23,93	167,08	0,76	0,00	0,76	2,33
Ejecución 2	0,67	0,00	0,67	2,97	18,69	402,00	24,08	148,31	0,76	0,00	0,76	1,90
Ejecución 3	0,67	0,00	0,67	2,45	21,92	143,00	23,84	169,20	0,76	0,00	0,76	2,46
Ejecución 4	0,67	0,00	0,67	2,86	21,90	151,00	23,92	180,42	0,76	0,00	0,76	2,82
Ejecución 5	0,67	0,00	0,67	2,89	21,76	155,00	23,84	288,39	0,76	0,00	0,76	2,58
Media	0,67	0,00	0,67	2,85	21,23	200,60	23,92	190,68	0,76	0,00	0,76	2,42

Resultados obtenidos por el algoritmo SA en el PAR con 10% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
Ejecución 1	39,66	0,00	0,67	179,71	21,43	94,00	23,95	348,77	0,76	0,00	0,76	152,04
Ejecución 2	0,67	0,00	0,67	171,87	19,63	96,00	22,21	349,76	0,76	0,00	0,76	167,33
Ejecución 3	0,67	0,00	0,67	166,51	22,23	78,00	24,32	292,28	0,76	0,00	0,76	164,14

Ejecución 4	0,67	0,00	0,67	172,49	21,92	87,00	24,25	163,89	0,76	0,00	0,76	161,20
Ejecución 5	0,67	0,00	0,67	179,71	21,88	97,00	24,48	134,16	0,76	0,00	0,76	141,10
Media	8,47	0,00	0,67	174,06	21,42	90,40	23,84	257,77	0,76	0,00	0,76	157,16

Resultados obtenidos por el algoritmo SA en el PAR con 20% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
Ejecución 1	0,67	0,00	0,67	221,13	21,98	170,00	24,26	297,10	0,76	0,00	0,76	173,76
Ejecución 2	0,67	0,00	0,67	219,80	21,89	186,00	24,39	315,58	0,76	0,00	0,76	169,22
Ejecución 3	0,67	0,00	0,67	219,75	21,90	179,00	24,31	281,15	0,76	0,00	0,76	177,54
Ejecución 4	0,67	0,00	0,67	229,10	19,63	272,00	23,28	275,46	0,76	0,00	0,76	172,92
Ejecución 5	0,67	0,00	0,67	225,44	21,50	221,00	24,46	382,79	0,76	0,00	0,76	172,13
Media	0,67	0,00	0,67	223,04	21,38	205,60	24,14	310,42	0,76	0,00	0,76	173,11

Resultados obtenidos por el algoritmo BMB en el PAR con 10% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
Ejecución 1	0,67	0,00	0,67	171,60	21,43	94,00	23,95	335,60	0,76	0,00	0,76	140,22
Ejecución 2	0,67	0,00	0,67	182,90	19,63	96,00	22,20	351,39	0,76	0,00	0,76	137,85
Ejecución 3	0,67	0,00	0,67	164,12	22,86	140,00	26,61	625,01	0,76	0,00	0,76	131,44
Ejecución 4	0,67	0,00	0,67	168,20	21,49	171,00	26,08	622,46	0,76	0,00	0,76	135,36
Ejecución 5	0,67	0,00	0,67	171,59	22,01	182,00	26,89	615,38	0,76	0,00	0,76	130,43
Media	0,67	0,00	0,67	171,68	21,48	136,60	25,15	509,97	0,76	0,00	0,76	135,06

Resultados obtenidos por el algoritmo BMB en el PAR con 20% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>	<i>Tasa_C</i>	<i>Tasa_inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
Ejecución 1	0,67	0,00	0,67	230,82	22,43	187,00	24,94	806,14	0,76	0,00	0,76	182,30
Ejecución 2	0,67	0,00	0,67	235,22	22,15	276,00	25,86	770,85	0,76	0,00	0,76	180,12
Ejecución 3	0,67	0,00	0,67	237,48	22,59	256,00	26,02	818,17	0,76	0,00	0,76	186,82
Ejecución 4	0,67	0,00	0,67	231,46	21,83	183,00	24,28	820,18	0,76	0,00	0,76	180,80
Ejecución 5	0,67	0,00	0,67	237,42	22,60	201,00	25,29	856,11	0,76	0,00	0,76	186,82
Media	0,67	0,00	0,67	234,48	22,32	220,60	25,28	814,29	0,76	0,00	0,76	183,37

Resultados obtenidos por el algoritmo BL en el PAR con 10% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T
Ejecución 1	0,67	0,00	0,67	2,07	23,08	70,00	24,96	172,58	0,76	0,00	0,76	1,42
Ejecución 2	0,67	0,00	0,67	2,23	23,05	94,00	25,56	213,69	0,76	0,00	0,76	2,17
Ejecución 3	0,67	0,00	0,67	1,79	23,19	68,00	25,02	204,21	0,76	0,00	0,76	1,31
Ejecución 4	0,67	0,00	0,67	2,15	21,25	122,00	24,52	183,51	0,76	0,00	0,76	1,69
Ejecución 5	0,67	0,00	0,67	1,62	21,24	121,00	24,49	127,18	0,76	0,00	0,76	1,50
Media	0,67	0,00	0,67	1,97	22,36	95,00	24,91	180,23	0,76	0,00	0,76	1,62

Resultados obtenidos por el algoritmo BL en el PAR con 20% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T
Ejecución 1	0,67	0,00	0,67	3,09	21,89	152,00	23,93	167,08	0,76	0,00	0,76	2,33
Ejecución 2	0,67	0,00	0,67	2,97	18,69	402,00	24,08	148,31	0,76	0,00	0,76	1,90
Ejecución 3	0,67	0,00	0,67	2,45	21,92	143,00	23,84	169,20	0,76	0,00	0,76	2,46
Ejecución 4	0,67	0,00	0,67	2,86	21,90	151,00	23,92	180,42	0,76	0,00	0,76	2,82
Ejecución 5	0,67	0,00	0,67	2,89	21,76	155,00	23,84	288,39	0,76	0,00	0,76	2,58
Media	0,67	0,00	0,67	2,85	21,23	200,60	23,92	190,68	0,76	0,00	0,76	2,42

Resultados obtenidos por el algoritmo SA en el PAR con 10% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T
Ejecución 1	39,66	0,00	0,67	179,71	21,43	94,00	23,95	348,77	0,76	0,00	0,76	152,04
Ejecución 2	0,67	0,00	0,67	171,87	19,63	96,00	22,21	349,76	0,76	0,00	0,76	167,33
Ejecución 3	0,67	0,00	0,67	166,51	22,23	78,00	24,32	292,28	0,76	0,00	0,76	164,14

Resultados obtenidos por el algoritmo ILS en el PAR con 10% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T
Ejecución 1	0,67	0,00	0,67	27,06	21,14	167,00	171,82	25,62	0,76	0,00	0,76	25,06
Ejecución 2	0,67	0,00	0,67	26,62	22,24	86,00	24,55	644,13	0,76	0,00	0,76	26,48
Ejecución 3	0,67	0,00	0,67	29,64	22,39	162,00	26,74	615,09	0,76	0,00	0,76	28,42
Ejecución 4	0,67	0,00	0,67	29,14	21,93	144,00	25,79	584,98	0,76	0,00	0,76	26,85
Ejecución 5	1,86	349,00	23,99	30,04	22,29	99,00	24,95	635,15	0,76	0,00	0,76	28,81
Media	0,91	69,80	5,33	28,50	22,00	131,60	54,77	500,99	0,76	0,00	0,76	27,12

Resultados obtenidos por el algoritmo ILS en el PAR con 20% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T
Ejecución 1	0,67	0,00	0,67	30,96	22,01	222,00	24,99	806,16	0,76	0,00	0,76	25,06
Ejecución 2	0,67	0,00	0,67	33,22	22,36	199,00	25,03	838,21	0,76	0,00	0,76	26,48
Ejecución 3	0,67	0,00	0,67	27,65	21,93	191,00	24,49	823,25	0,76	0,00	0,76	28,42
Ejecución 4	0,67	0,00	0,67	32,24	21,51	238,00	24,70	790,53	0,76	0,00	0,76	26,85
Ejecución 5	0,67	0,00	0,67	36,65	21,53	256,00	24,96	844,69	0,76	0,00	0,76	28,81
Media	0,67	0,00	0,67	32,14	21,87	221,20	24,83	820,57	0,76	0,00	0,76	27,12

Resultados obtenidos por el algoritmo ILS-SA en el PAR con 10% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T
Ejecución 1	1,00	218,00	2,39	10,30	28,99	589,00	44,79	383,19	1,17	170,00	2,42	8,34
Ejecución 2	1,00	179,00	2,14	10,28	42,20	1432,00	80,63	67,43	1,46	216,00	3,04	8,49
Ejecución 3	0,85	172,00	1,94	10,29	41,57	1448,00	80,42	73,34	1,47	185,00	2,83	9,66
Ejecución 4	0,94	216,00	2,31	9,42	42,02	1447,00	80,84	73,37	1,29	185,00	2,64	6,69
Ejecución 5	0,92	165,00	1,96	9,89	42,62	1424,00	80,53	72,92	1,09	108,00	1,89	8,53
Media	0,94	190,00	0,67	10,04	39,48	1268,00	73,44	134,05	1,30	172,80	2,56	8,34

Resultados obtenidos por el algoritmo ILS-SA en el PAR con 20% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T	Tasa_C	Tasa_inf	Agr.	T
Ejecución 1	0,78	245,00	1,56	13,78	42,06	2888,00	80,80	113,36	1,09	299,00	2,19	12,02

Ejecución 2	0.81	311.00	1.80	13.89	40.69	2933.00	80.03	105.73	1.15	311.00	2.29	13.19
Ejecución 3	1.04	379.00	2.24	12.69	41.10	2817.00	78.89	107.36	1.21	313.00	2.36	11.26
Ejecución 4	0.81	301.00	1.76	12.74	40.47	3002.00	80.74	111.86	1.33	417.00	2.86	11.94
Ejecución 5	0.79	276.00	1.66	13.24	40.94	2955.00	80.58	110.58	1.1	294.00	2.17	13.42
<b>Media</b>	0.85	302.40	0.67	13.27	41.05	2919.00	80.21	109.78	1.18	326.80	2.37	12.37

Resultados globales en el PAR con 10% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	Tasa C	Tasa inf	Agr.	T	Tasa C	Tasa inf	Agr.	T	Tasa C	Tasa inf	Agr.	T
<b>BL</b>	0.67	0.00	0.67	1.97	22.36	95.00	24.91	180.23	0.76	0.00	0.76	1.62
<b>SA</b>	8.47	0.00	0.67	174.06	21.42	90.40	23.84	257.77	0.76	0.00	0.76	157.16
<b>BMB</b>	0.67	0.00	0.67	171.68	21.48	136.60	25.15	509.97	0.76	0.00	0.76	135.06
<b>ILS</b>	0.91	69.80	5.33	28.50	22.00	131.60	54.77	500.99	0.76	0.00	0.76	27.12
<b>ILS-SA</b>	0.94	190.00	0.67	10.04	39.48	1268.00	73.44	134.05	1.30	172.80	2.56	8.34

Resultados globales en el PAR con 20% de restricciones

	Iris				Ecoli				Rand			
	Tasa C	Tasa inf	Agr.	T	Tasa C	Tasa inf	Agr.	T	Tasa C	Tasa inf	Agr.	T
<b>BL</b>	0.67	0.00	0.67	2.85	21.23	200.60	23.92	190.68	0.76	0.00	0.76	2.42
<b>SA</b>	0.67	0.00	0.67	223.04	21.38	205.60	24.14	310.42	0.76	0.00	0.76	173.11
<b>BMB</b>	0.67	0.00	0.67	234.48	22.32	220.60	25.28	814.29	0.76	0.00	0.76	183.37
<b>ILS</b>	0.67	0.00	0.67	32.14	21.87	221.20	24.83	820.57	0.76	0.00	0.76	27.12
<b>ILS-SA</b>	0.85	302.40	0.67	13.27	41.05	2919.00	80.21	109.78	1.18	326.80	2.37	12.37

Newthyroid			
Tasa C	Tasa inf	Agr.	T
10,80	114,00	14,97	9,14
10,86	97,00	14,41	8,95
13,83	6,00	14,05	9,41
10,81	122,00	15,27	7,60
10,88	98,00	14,47	9,45
11,44	87,40	14,63	8,91

Newthyroid			
Tasa C	Tasa inf	Agr.	T
14,29	0,00	14,29	10,85
10,82	256,00	15,50	10,15
14,29	0,00	14,29	13,57
10,81	255,00	15,47	11,35
10,81	266,00	15,67	11,64
12,20	155,40	15,04	11,51

Newthyroid			
Tasa C	Tasa inf	Agr.	T
13,83	6,00	14,05	28,88
10,81	113,00	14,94	30,86
13,83	6,00	14,05	31,16

13,83	6,00	14,05	29,67
13,83	6,00	14,05	33,47
13,23	27,40	14,23	30,81

Newthyroid			
<i>Tasa C</i>	<i>Tasa inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
10,87	234,00	15,15	41,49
14,29	0,00	14,29	45,08
14,08	11,00	14,28	45,75
14,29	0,00	14,29	57,92
14,29	0,00	14,29	45,74
13,56	49,00	14,46	47,20

Newthyroid			
<i>Tasa C</i>	<i>Tasa inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
13,83	6,00	14,05	92,91
13,83	6,00	14,05	77,92
13,83	6,00	14,05	96,17
13,83	6,00	14,05	84,24
13,83	6,00	14,05	95,82
13,83	6,00	14,05	89,41

Newthyroid			
<i>Tasa C</i>	<i>Tasa inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
14,29	0,00	14,29	103,76
14,29	0,00	14,29	98,32
14,29	0,00	14,29	99,41
14,29	0,00	14,29	105,56
14,29	0,00	14,29	117,31
14,29	0,00	14,29	104,87

---

Newthyroid			
<i>Tasa C</i>	<i>Tasa inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
13,83	6,00	14,05	84,04
13,83	6,00	14,05	90,09
13,83	6,00	14,05	80,32
13,83	6,00	14,05	79,39
13,83	6,00	14,05	101,31
13,83	6,00	14,05	87,03

Newthyroid			
<i>Tasa C</i>	<i>Tasa inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
14,29	0,00	14,29	107,18
14,29	0,00	14,29	104,47
14,29	0,00	14,29	103,43
14,29	0,00	14,29	111,33
14,29	0,00	14,29	111,05
14,29	0,00	14,29	107,49

Newthyroid			
<i>Tasa C</i>	<i>Tasa inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
15,95	199,00	23,23	36,05
15,45	313,00	26,90	37,13
14,85	269,00	24,69	35,68
17,49	176,00	23,93	39,20
14,29	283,00	24,64	41,39
15,61	248,00	24,68	37,89

Newthyroid			
<i>Tasa C</i>	<i>Tasa inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
14,12	658,00	26,15	51,82



14.49	419.00	22.15	53.38
15.63	501.00	24.79	55.88
14.72	501.00	23.88	52.00
15.91	524.00	25.48	55.90
14.97	520.60	24.49	53.80

Newthyroid			
<i>Tasa C</i>	<i>Tasa inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
11.44	87.40	14.63	8.91
13.23	27.40	14.23	30.81
13.83	6.00	14.05	89.41
13.83	6.00	14.05	87.03
15.61	248.00	24.68	37.89

Newthyroid			
<i>Tasa C</i>	<i>Tasa inf</i>	<i>Agr.</i>	<i>T</i>
12.20	155.40	15.04	11.51
13.56	49.00	14.46	47.20
14.29	0.00	14.29	104.87
14.29	0.00	14.29	107.49
14.97	520.60	24.49	53.80