

# Ampliación de Sistemas Inteligentes

computación evolutiva

Actividad de Evaluación a Distancia

## INDICE

- 1.- Datos del estudiante, página 3
- 2.- Entorno y programas utilizados, página 3
- 3.- Copia de los datos de individuos iniciales, página 3
- 4.- Respuestas, página 4
  - 4.1.- Variante 1 de algoritmo genético, página 4
  - 4.2.- Variante 2 de algoritmo genético, página 11
- 5.- Comentarios y opiniones, página 15
- 6.- Bibliografía, página 16

## 1.- Datos del Estudiante.

Buenaventura Salcedo Santos-Olmo  
dni.-

telfno.-

centro asociado: Valdepeñas (Ciudad Real)

## 2.- Entorno y programas utilizados.

Windows 7 ultimate x64

Calc de LibreOffice para Windows Versión: 5.4.3.2 (x64)

Writer de LibreOffice para Windows Versión: 5.4.3.2 (x64)

## 3.- Copia de los datos de individuos iniciales

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	f.adecuación
1	7,55	7,94	-0,88	1,19	0,85	-7,98	-3,47	0,731962
2	-7,22	-1,89	-10,85	-6,64	9,00	-3,02	-4,06	0,670168
3	1,72	4,39	-6,13	-2,74	4,93	5,07	2,40	1,763291
4	-3,99	0,42	-9,68	-4,22	1,97	9,45	-5,15	0,789107
5	-0,39	-7,87	-2,26	7,04	6,15	2,26	-11,59	0,994700
6	7,15	-8,95	4,63	9,47	10,40	-6,97	-9,34	0,504459
7	8,14	10,25	-4,90	-6,32	1,87	-9,23	1,01	0,894959
8	-9,31	1,95	-12,37	-9,44	4,47	2,14	-2,48	0,407573
9	-1,77	-2,90	-6,39	1,05	7,29	4,69	-6,42	0,900952

Tabla 1 de datos iniciales

	aleatorios de 0 a 1	aleatorios de 1 a 9	aleatorios de 1 a 8	aleatorios de 1 a 7	aleatorios de 1 a 6
1	0,656227	6	2	5	3
2	0,160786	2	5	4	5
3	0,578224	6	4	6	5
4	0,478740	5	7	6	2
5	0,796250	8	7	2	1
6	0,828250	8	2	1	4
7	0,235886	3	1	5	5
8	0,043987	1	6	6	4
9	0,640995	6	7	5	4
10	0,778935	8	5	4	3
11	0,573511	6	5	3	4
12	0,504081	5	4	4	3
13	0,413612	4	5	3	6
14	0,508725	5	3	7	3
15	0,359653	4	8	3	4
16	0,900310	9	4	5	3
17	0,428161	4	5	4	3
18	0,604419	6	4	3	1
19	0,453843	5	3	1	5
20	0,364878	4	1	6	5

Tabla 2 de datos iniciales

## 4.- Respuestas.

### 4.1.- Variante 1 de algoritmo genético:

*Selección/muestreo: Proporcional por muestreo estocástico con remplazamiento (ruleta con 1 puntero).*

*Cruce: con probabilidad 0,4 y, en caso de que se produzca, realizar cruce simple.*

*Mutación: con probabilidad 0,2 y, en caso de que se produzca, realizar mutación por intercambio mínimo.*

*Sustitución: generacional completa con estrategia elitista.*

Tal como aparece en la pagina 439 del texto base para este AG simple. Tomamos 6 decimales formateados de Calc directamente sin redondeos ni funciones de aproximación (hoja2 de la hoja de calculo adjunta inicialida con el DNI como indica el enunciado) y realizaremos los siguientes pasos.

1.- **Calcularemos la probabilidad acumulada( $q_i^t$ ) de cada cromosoma**, previamente debemos calcular la probabilidad ( $p_i^t$ ), utilizando selección proporcional, las expresiones serán las siguientes

y el resultado se recoge en la tabla 3.

$$p_i^t = \frac{f_i^t}{\sum_{j=1}^m f_j^t}, i = 1, \dots, m$$

Expresión de probabilidad

$$q_i^t = \sum_{j=1}^i p_j^t, i = 1, \dots, m$$

Expresión probabilidad acumulada

	f.adecuación	probabilidad( $p_i^t$ )	prob acumulada( $q_i^t$ )
1	0,731962	0,095592	0,095592
2	0,670168	0,087522	0,183113
3	1,763291	0,230280	0,413393
4	0,789107	0,103055	0,516448
5	0,994700	0,129904	0,646352
6	0,504459	0,065881	0,712233
7	0,894959	0,116879	0,829111
8	0,407573	0,053228	0,882339
9	0,900952	0,117661	1,000000

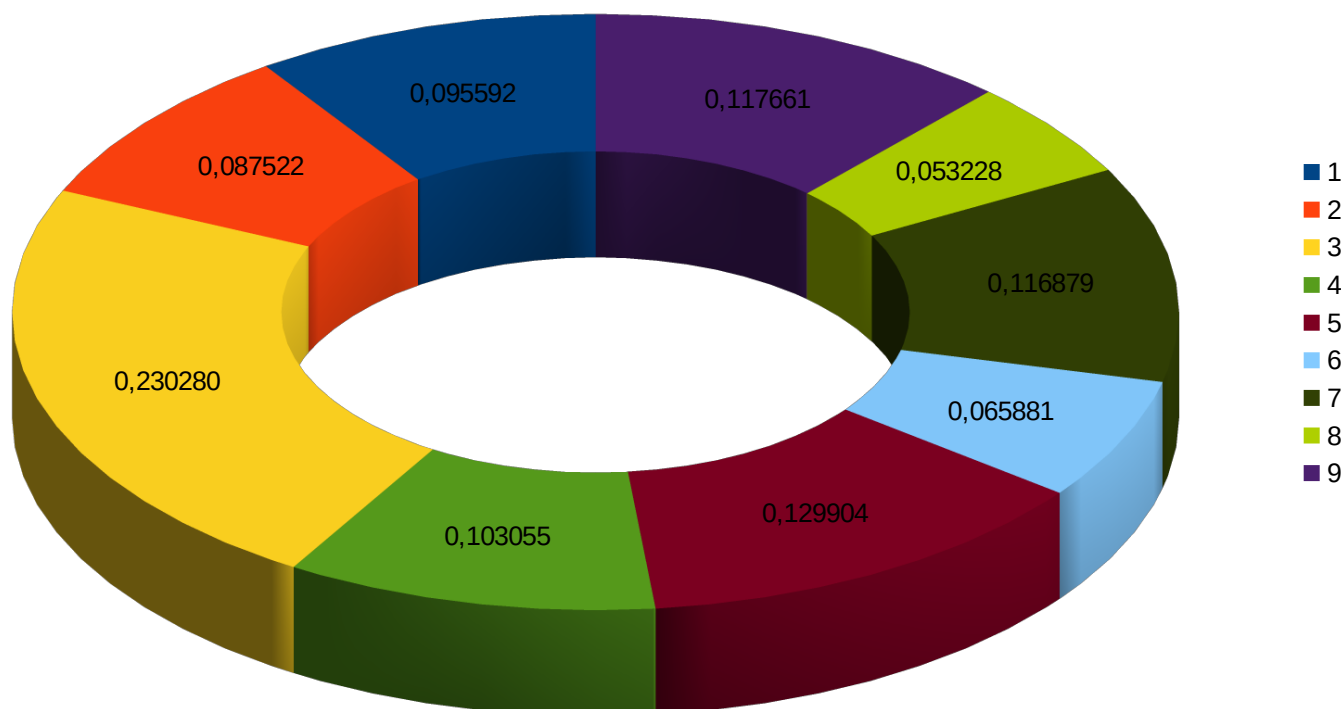
Tabla 3 probabilidad y probabilidad acumulada

2) Repetir m veces los siguientes pasos:

Extraer, con remplazamiento, un número real aleatorio  $r \in [0,1]$ .

Si  $r \leq q_1$  entonces se muestra el primer cromosoma de la población en la generación t, y en otro caso se muestra el i-ésimo cromosoma ( $2 \leq i \leq m$ ) tal que  $q_{i-1}^t < r \leq q_i^t$

Ruleta de probabilidades



Observando la probabilidad  $p_i^t$ , dado que se calcula usando la función de adecuación, como podemos ver en su expresión, el individuo 3 es el que mejor función de adecuación tiene, y por tanto mayor probabilidad de selección con mayor influencia en la reproducción de las siguientes generaciones, seguido del individuo 5, 9 y 7.

Como indica el paso 2 del algoritmo, sacaremos 8 números aleatorios, los 8 primeros que aparecen en la tabla 2 y lo muestreamos con el criterio indicado

	Número aleatorio	Individuo seleccionado
1	0,656227	6
2	0,160786	2
3	0,578224	5
4	0,478740	4
5	0,796250	7
6	0,828250	7
7	0,235886	3
8	0,043987	1

Tal como esperábamos según la probabilidad los individuos 7, 5 y 3 han sido seleccionados, aunque no realmente de la forma sustancial esperada, la probabilidad en principio no tiene porque cumplirse, dada la aleatoriedad de los números elegidos.

### Cruce con probabilidad 0,4 (texto base pagina 439, operadores genéticos)

Tomamos 4 aleatorios, los 4 últimos en orden descendente, 20, 19, 18, 17, para crear los cruces dos a dos en el orden que se obtiene, pero como vemos el individuo 7 esta emparejado con si mismo no hay cruce pero se toma para la siguiente generación, tal como esta.

	Numero aleatorio	Cruce si $a < 0,4$
individuo6	0,364878	SI
individuo2		
individuo5	0,453843	NO
individuo4		
individuo7	0,604419	NO
individuo7		
individuo3	0,428161	NO
individuo1		

Tabla 4 selección de cruces

Además de usar el individuo en la próxima generación se hará lo mismo con las parejas (5,4) y (3,1). Utilizaremos un número de aleatorio de 1 a 6 de la tabla de datos iniciales, para realizar el cruce de la pareja (6,2), el primero que nos aparece es el 3. por tanto los hijos cruzaran desde el siguiente al x3.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
individuo6	7,15	-8,95	4,63	9,47	10,40	-6,97	-9,34
individuo2	-7,22	-1,89	-10,85	-6,64	9,00	-3,02	-4,06

Dando lugar a los hijos:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
hijo1	7,15	-8,95	4,63	-6,64	9,00	-3,02	-4,06
hijo2	-7,22	-1,89	-10,85	9,47	10,40	-6,97	-9,34

La población resultante es:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	Adecua.
hijo1	7,15	-8,95	4,63	-6,64	9,00	-3,02	-4,06	0,002791
hijo2	-7,22	-1,89	-10,85	9,47	10,40	-6,97	-9,34	0,622057
individuo5	-0,39	-7,87	-2,26	7,04	6,15	2,26	-11,59	0,994700
individuo4	-3,99	0,42	-9,68	-4,22	1,97	9,45	-5,15	0,789107
individuo7	8,14	10,25	-4,90	-6,32	1,87	-9,23	1,01	0,894959
individuo7	8,14	10,25	-4,90	-6,32	1,87	-9,23	1,01	0,894959
individuo3	1,72	4,39	-6,13	-2,74	4,93	5,07	2,40	1,763291
individuo1	7,55	7,94	-0,88	1,19	0,85	-7,98	-3,47	0,731962

### **Mutación con probabilidad 0,2**

Mutación por intercambio mínimo en la cual seleccionaremos los números aleatorios entre 0 y 1 de la tabla de datos iniciales, elegiremos a partir del 1 y si es menor ese aleatorio que 0,2 mutamos. Hemos elegido los 8 primero para forzar que haya una mutación ya que tenemos un par de números para que podamos hacerlo.

	Numero aleatorio	Mutación si a < 0,2
Hijo1	0,656227	NO
hijo2	0,160786	SI
individuo5	0,578224	NO
individuo4	0,478740	NO
individuo7	0,796250	NO
individuo7	0,828250	NO
individuo3	0,235886	NO
individuo1	0,043987	SI

Se realizarán las mutaciones en el hijo2 e individuo1, para cada uno de ellos necesitaremos 2 aleatorios del 1 al 7.



Mutación en el hijo 2, los dos aleatorios elegidos son los dos primeros de la tabla de datos inicial 5 y 4.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
hijo2	-7,22	-1,89	-10,85	9,47	10,40	-6,97	-9,34

Que da lugar a:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
hijo3	-7,22	-1,89	-10,85	10,40	9,47	-6,97	-9,34

Mutación en individuo1, los dos aleatorios elegidos son los dos últimos de la tabla de datos inicial 1 y 6.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
individuo1	7,55	7,94	-0,88	1,19	0,85	-7,98	-3,47

Que da lugar a:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
hijo4	-7,98	7,94	-0,88	1,19	0,85	7,55	-3,47

La población resultante es:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	Adecua.
hijo1	7,15	-8,95	4,63	-6,64	9,00	-3,02	-4,06	0,002791
hijo3	-7,22	-1,89	-10,85	10,40	9,47	-6,97	-9,34	0,249572
individuo5	-0,39	-7,87	-2,26	7,04	6,15	2,26	-11,59	0,994700
individuo4	-3,99	0,42	-9,68	-4,22	1,97	9,45	-5,15	0,789107
individuo7	8,14	10,25	-4,90	-6,32	1,87	-9,23	1,01	0,894959
individuo7	8,14	10,25	-4,90	-6,32	1,87	-9,23	1,01	0,894959
individuo3	1,72	4,39	-6,13	-2,74	4,93	5,07	2,40	1,763291
hijo4	-7,98	7,94	-0,88	1,19	0,85	7,55	-3,47	0,421981

### Sustitución: generacional completa con estrategia elitista

El mejor individuo de la población sobrevive y en los datos iniciales como vimos era el 3 y lo agregamos al final.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	f.adecuación
3	1,72	4,39	-6,13	-2,74	4,93	5,07	2,40	1,763291

Por tanto la siguiente generación nos quedaría así:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	Adecua.
hijo1	7,15	-8,95	4,63	-6,64	9,00	-3,02	-4,06	0,002791
hijo3	-7,22	-1,89	-10,85	10,40	9,47	-6,97	-9,34	0,249572
individuo5	-0,39	-7,87	-2,26	7,04	6,15	2,26	-11,59	0,994700
individuo4	-3,99	0,42	-9,68	-4,22	1,97	9,45	-5,15	0,789107
individuo7	8,14	10,25	-4,90	-6,32	1,87	-9,23	1,01	0,894959
individuo7	8,14	10,25	-4,90	-6,32	1,87	-9,23	1,01	0,894959
individuo3	1,72	4,39	-6,13	-2,74	4,93	5,07	2,40	1,763291
hijo4	-7,98	7,94	-0,88	1,19	0,85	7,55	-3,47	0,421981
individuo3	1,72	4,39	-6,13	-2,74	4,93	5,07	2,40	1,763291

Si detallamos ambas generaciones tendremos:

	t0	t1
máximo	1,763291	1,763291
mínimo	0,407573	0,002791
media	0,850797	0,863850

## 4.2.- Variante 2 de algoritmo genético:

*Selección/muestreo: Selección por torneo binario.*

*Cruce: con probabilidad 0,45 y, en caso de que se produzca, realizar cruce aritmético.*

*Mutación: con probabilidad 0,25 y, en caso de que se produzca, realizar mutación por intercambio mínimo.*

*Sustitución: Sustitución de estado estable ( Steady-state) de  $n = 4$  individuos.*

En la selección por torneo binario se emparejan los individuos aleatoriamente, para ello vamos a utilizar los 8 primeros aleatorios de la tabla del 1 al 9 y competirán según su función de adecuación seleccionando el mejor individuo del par.

Num aleatorio 1	Num aleatorio 2	Fun adecuación 1	Fun adecuación 2	seleccionado
6	2	0,504459	0,670168	individuo2
6	5	0,504459	0,994700	individuo5
8	8	0,407573	0,407573	individuo8
3	1	1,763291	0,731962	individuo3

### Cruce con probabilidad 0,45 con cruce aritmético(pagina 448)

Tomamos los individuos seleccionados y emparejamos por orden y les asignamos a cada par un aleatorio y si es menor que 0,45 realizamos el cruce atendiendo a la expresión de cruce aritmético.

	Numero aleatorio	Cruce si $a < 0,45$
individuo2	0,364878	SI
individuo5		
individuo8	0,453843	NO
individuo3		

Vamos a usar como coeficiente de cruce el propio aleatorio usado anteriormente  $a = 0,364878$  que deberá ser aplicado a los individuos 2 y 5.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
individuo2	-7,22	-1,89	-10,85	-6,64	9,00	-3,02	-4,06
individuo5	-0,39	-7,87	-2,26	7,04	6,15	2,26	-11,59

Debemos obtener los genes para cada hijo usando las expresiones:

- *Cruce aritmético* (rep. reales). Dados dos cromosomas  $c_i^t = (b_{i1}^t \dots b_{ilong}^t)$  y  $c_j^t = (b_{j1}^t \dots b_{jlong}^t)$  seleccionados como padres para la operación de cruce, se generan dos hijos  $c_i'^t = (b_{i1}'^t \dots b_{ilong}'^t)$  y  $c_j'^t = (b_{j1}'^t \dots b_{jlong}'^t)$ , con  $b_{il}'^t = a \cdot b_{il}^t + (1-a) \cdot b_{jl}^t$ ,  $b_{jl}'^t = a \cdot b_{jl}^t + (1-a) \cdot b_{il}^t$ , para  $l = 1, \dots, long$ , donde  $a \in [0, 1]$  es un número aleatorio.

gen 1o hijo:  $a = 0,364878$

	$a \cdot bi5$	$(1-a) \cdot bi6$	hijo1= $a \cdot bi5 + (1-a) \cdot bi6$
x1	$0,364878 \cdot (-7,22)$	$(1-0,364878) \cdot (-0,39)$	-2,88
x2	$0,364878 \cdot (-1,89)$	$(1-0,364878) \cdot (-7,87)$	-5,69
x3	$0,364878 \cdot (-10,85)$	$(1-0,364878) \cdot (-2,26)$	-5,39
x4	$0,364878 \cdot (-6,64)$	$(1-0,364878) \cdot (7,04)$	2,05
x5	$0,364878 \cdot (9,00)$	$(1-0,364878) \cdot (6,15)$	7,19
x6	$0,364878 \cdot (-3,02)$	$(1-0,364878) \cdot (2,26)$	0,33
x7	$0,364878 \cdot (-4,06)$	$(1-0,364878) \cdot (-11,59)$	-8,84

Gen 2o hijo:  $a = 0,364878$

	$a \cdot bi6$	$(1-a) \cdot bi5$	hijo2= $a \cdot bi6 + (1-a) \cdot bi5$
x1	$0,364878 \cdot (-0,39)$	$(1-0,364878) \cdot (-7,22)$	-4,73
x2	$0,364878 \cdot (-7,87)$	$(1-0,364878) \cdot (-1,89)$	-4,07
x3	$0,364878 \cdot (-2,26)$	$(1-0,364878) \cdot (-10,85)$	-7,72
x4	$0,364878 \cdot (7,04)$	$(1-0,364878) \cdot (-6,64)$	-1,65
x5	$0,364878 \cdot (6,15)$	$(1-0,364878) \cdot (9,00)$	7,96
x6	$0,364878 \cdot (2,26)$	$(1-0,364878) \cdot (-3,02)$	-1,09
x7	$0,364878 \cdot (-11,59)$	$(1-0,364878) \cdot (-4,06)$	-6,81

El cruce por tanto da lugar a:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	Func adecuación
hijo1	-2,88	-5,69	-5,39	2,05	7,19	0,33	-8,84	0,659613
hijo2	-4,73	-4,07	-7,72	-1,65	7,96	-1,09	-6,81	0,877670

La población resultante será:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	Adecua.
hijo1	-2,88	-5,69	-5,39	2,05	7,19	0,33	-8,84	0,659613
hijo2	-4,73	-4,07	-7,72	-1,65	7,96	-1,09	-6,81	0,877670
individuo8	-9,31	1,95	-12,37	-9,44	4,47	2,14	-2,48	0,407573
individuo3	1,72	4,39	-6,13	-2,74	4,93	5,07	2,40	1,763291

### **Mutación con probabilidad 0,25**

Al igual que hicimos en la variante 1 tomaremos los mismos valores y repetiremos el mismo proceso pero esta vez para 0,25.

	Numero aleatorio	Mutación si $a < 0,25$
Hijo1	0,656227	NO
hijo2	0,160786	SI
individuo8	0,578224	NO
individuo3	0,478740	NO

Mutación en el hijo 2, los dos aleatorios elegidos son los dos primeros de la tabla de datos inicial 5 y 4.

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
hijo2	-4,73	-4,07	-7,72	-1,65	7,96	-1,09	-6,81

Que da lugar a:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7
hijo3	-4,73	-4,07	-7,72	7,96	-1,65	-1,09	-6,81

La población resultante será:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	Adecua.
hijo1	-2,88	-5,69	-5,39	2,05	7,19	0,33	-8,84	0,659613
hijo3	-4,73	-4,07	-7,72	7,96	-1,65	-1,09	-6,81	0,562121
individuo8	-9,31	1,95	-12,37	-9,44	4,47	2,14	-2,48	0,407573
individuo3	1,72	4,39	-6,13	-2,74	4,93	5,07	2,40	1,763291

### **Sustitución de estado estable (steady-state) n=4 individuos**

Sustituiremos los n individuos por n nuevos. Para los que mueren emplearemos ranking inverso, se ordena la lista de menor a mayor adecuación. En la ordenación ascendente se seleccionan los n peores y utilizaremos los generados en el apartado anterior para sustituirlos:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	f.adecuación
individuo8	-9,31	1,95	-12,37	-9,44	4,47	2,14	-2,48	0,407573
individuo6	7,15	-8,95	4,63	9,47	10,40	-6,97	-9,34	0,504459
individuo2	-7,22	-1,89	-10,85	-6,64	9,00	-3,02	-4,06	0,670168
individuo1	7,55	7,94	-0,88	1,19	0,85	-7,98	-3,47	0,731962
individuo4	-3,99	0,42	-9,68	-4,22	1,97	9,45	-5,15	0,789107
individuo7	8,14	10,25	-4,90	-6,32	1,87	-9,23	1,01	0,894959
individuo9	-1,77	-2,90	-6,39	1,05	7,29	4,69	-6,42	0,900952
individuo5	-0,39	-7,87	-2,26	7,04	6,15	2,26	-11,59	0,994700
individuo3	1,72	4,39	-6,13	-2,74	4,93	5,07	2,40	1,763291

Realizamos la sustitución comentada:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	f.adecuación
hijo1	-2,88	-5,69	-5,39	2,05	7,19	0,33	-8,84	0,659613
hijo3	-4,73	-4,07	-7,72	7,96	-1,65	-1,09	-6,81	0,562121
individuo8	-9,31	1,95	-12,37	-9,44	4,47	2,14	-2,48	0,407573
individuo3	1,72	4,39	-6,13	-2,74	4,93	5,07	2,40	1,763291
individuo4	-3,99	0,42	-9,68	-4,22	1,97	9,45	-5,15	0,789107
individuo7	8,14	10,25	-4,90	-6,32	1,87	-9,23	1,01	0,894959
individuo9	-1,77	-2,90	-6,39	1,05	7,29	4,69	-6,42	0,900952
individuo5	-0,39	-7,87	-2,26	7,04	6,15	2,26	-11,59	0,994700
individuo3	1,72	4,39	-6,13	-2,74	4,93	5,07	2,40	1,763291

Obteniendo la nueva generación t=1, y pasamos a ver los valores:

	t0	t1
máximo	1,763291	1,763291
mínimo	0,407573	0,407573
media	0,850797	0,970623

Parece ser que no mejoramos en esta primera generación.

## 5.- Comentarios y opiniones.

La prueba necesita muchísima atención ya que puede ser fácil equivocarse. Seguir el proceso con el libro de texto ha sido crucial, lo que la dificulta es el ejemplo usado en el libro en binario. Relacionar los conceptos con los genes ofrecidos en binario con los valores decimales en la prueba ha sido ardua tarea, todo fue mas sencillo al ver cada xi como uno de los bit del ejemplo del libro, pero una vez encaminada, todo se simplificó. Básicamente la prueba de concepto es lo que proporciono el abordaje de la prueba.

Los contenidos teóricos no se han reescrito o repetido a pie puntilla en la prueba, sino que las secciones más importantes se han enlazado indicando la página en la que aparece en el texto base. Se ha usado unas explicaciones más informales las cuales ayudan a una comprensión más sencilla y ayudarán a la corrección, o esa es la idea.

## **6.- Bibliografía.**

Foro de debate de la asignatura.

Texto Base de la asignatura.

Pruebas de evaluación de apuntrix.

\* \* \*