

(o de los individuos a reemplazar). La idea principal del cruce se basa en que, si se toman dos individuos correctamente adaptados al medio y se obtiene una descendencia que comparta genes de ambos, existe la posibilidad de que los genes heredados sean precisamente los causantes de la bondad de los padres. Al compartir las características buenas de dos individuos, la descendencia, o al menos parte de ella, debería tener una bondad mayor que cada uno de los padres por separado. Si el cruce no agrupa las mejores características en uno de los hijos y la descendencia tiene un peor ajuste que los padres no significa que se esté dando un paso atrás. Optando por una estrategia de cruce no destructiva garantizamos que pasen a la siguiente generación los mejores individuos. Si, aún con un ajuste peor, se opta por insertar a la descendencia, y puesto que los genes de los padres continuarán en la población - aunque dispersos y posiblemente levemente modificados por la mutación - en posteriores cruces se podrán volver a obtener estos padres, recuperando así la bondad previamente perdida.

Existen multitud de algoritmos de cruce. Sin embargo los más empleados son los que se detallarán a continuación:

- Cruce de 1 punto
- Cruce de 2 puntos
- Cruce uniforme

6.2.1. Cruce de 1 punto

Es la más sencilla de las técnicas de cruce. Una vez seleccionados dos individuos se cortan sus cromosomas por un punto seleccionado aleatoriamente para generar dos segmentos diferenciados en cada uno de ellos: la cabeza y la cola. Se intercambian las colas entre los dos individuos para generar los nuevos descendientes. De esta manera ambos descendientes heredan información genética de los padres, tal y como puede verse en la figura 5.

En la bibliografía suele referirse a este tipo de cruce con el nombre de SPX (Single Point Crossover)

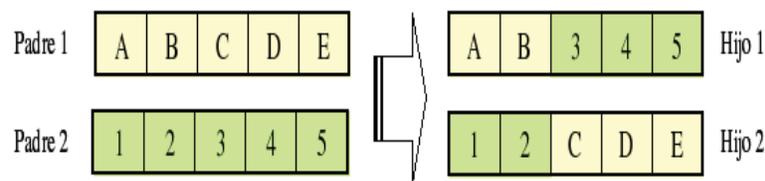


Figura 5: Cruce de 1 Punto

6.2.2. Cruce de 2 puntos

Se trata de una generalización del cruce de 1 punto. En vez de cortar por un único punto los cromosomas de los padres como en el caso anterior se realizan dos cortes. Deberá tenerse en cuenta que ninguno de estos puntos de corte coincida con el extremo de los cromosomas para garantizar que se originen tres

segmentos. Para generar la descendencia se escoge el segmento central de uno de los padres y los segmentos laterales del otro padre (ver figura 6).

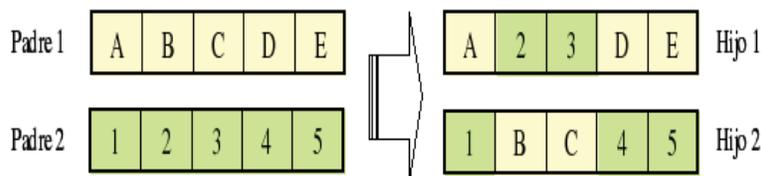


Figura 6: Cruce de 2 Puntos

Generalmente se suele referir a este tipo de cruce con las siglas DPX (Double Point Crossover).

Generalizando se pueden añadir más puntos de cruce dando lugar a algoritmos de cruce multipunto. Sin embargo existen estudios que desaprueban esta técnica [Jong, 1975]. Aunque se admite que el cruce de 2 puntos aporta una sustancial mejora con respecto al cruce de un solo punto, el hecho de añadir un mayor número de puntos de cruce reduce el rendimiento del Algoritmo Genético. El problema principal de añadir nuevos puntos de cruce radica en que es más fácil que los segmentos originados sean corrompibles, es decir, que por separado quizás pierdan las características de bondad que poseían conjuntamente. Sin embargo no todo son desventajas y añadiendo más puntos de cruce se consigue que el espacio de búsqueda del problema sea explorado más a fondo.

6.2.3. Cruce Uniforme

El cruce uniforme es una técnica completamente diferente de las vistas hasta el momento. Cada gen de la descendencia tiene las mismas probabilidades de pertenecer a uno u otro padre.

Aunque se puede implementar de muy diversas formas, la técnica implica la generación de una máscara de cruce con valores binarios. Si en una de las posiciones de la máscara hay un 1, el gen situado en esa posición en uno de los descendientes se copia del primer padre. Si por el contrario hay un 0 el gen se copia del segundo padre. Para producir el segundo descendiente se intercambian los papeles de los padres, o bien se intercambia la interpretación de los unos y los ceros de la máscara de cruce.

Tal y como se puede apreciar en la figura 7, la descendencia contiene una mezcla de genes de cada uno de los padres. El número efectivo de puntos de cruce es fijo pero será por término medio $L/2$, siendo L la longitud del cromosoma (número de alelos en representaciones binarias o de genes en otro tipo de representaciones).

Se suele referir a este tipo de cruce con las siglas UPX (Uniform Point Crossover).

6.2.4. Cruces específicos de codificaciones no binarias

Los tres tipos de cruce vistos hasta el momento son válidos para cualquier tipo de representación del genotipo. Si se emplean genotipos compuestos por

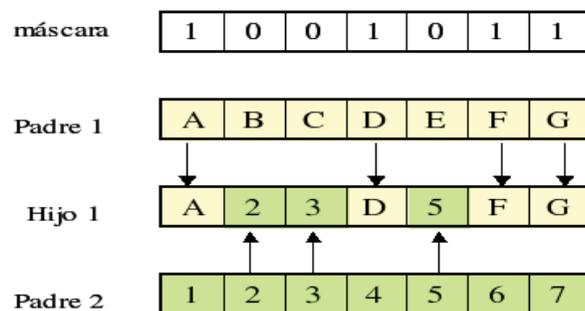


Figura 7: Cruce Uniforme

valores enteros o reales pueden definirse otro tipo de operadores de cruce:

- **Media:** el gen de la descendencia toma el valor medio de los genes de los padres. Tiene la desventaja de que únicamente se genera un descendiente en el cruce de dos padres.
- **Media geométrica:** cada gen de la descendencia toma como valor la raíz cuadrada del producto de los genes de los padres. Presenta el problema añadido de qué signo dar al resultado si los padres tienen signos diferentes.
- **Extensión:** se toma la diferencia existente entre los genes situados en las mismas posiciones de los padres y se suma al valor más alto o se resta del valor más bajo. Solventa el problema de generar un único descendiente.

6.3. Algoritmos de Reemplazo

Cuando en vez de trabajar con una población temporal se hace con una única población, sobre la que se realizan las selecciones e inserciones, deberá tenerse en cuenta que para insertar un nuevo individuo deberá de eliminarse previamente otro de la población. Existen diferentes métodos de reemplazo:

- **Aleatorio:** el nuevo individuo se inserta en un lugar cualquiera de la población.
- **Reemplazo de padres:** se obtiene espacio para la nueva descendencia liberando el espacio ocupado por los padres.
- **Reemplazo de similares:** una vez obtenido el ajuste de la descendencia se selecciona un grupo de individuos (entre seis y diez) de la población con un ajuste similar. Se reemplazan aleatoriamente los que sean necesarios.
- **Reemplazo de los peores:** de entre un porcentaje de los peores individuos de la población se seleccionan aleatoriamente los necesarios para dejar sitio a la descendencia.