

2^{do} Taller LATino Iberoamericano de Investigación de Operaciones

“La IO aplicada a la solución de problemas regionales”

Un acercamiento puntual para mejorar la calidad de las imágenes a través de un algoritmo genético.

Sabino Moxo Beatriz Adriana, Osorio Lama Ma. Auxilio
FCC - BUAP
Facultad de Ciencias de la computación.
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Puebla, Puebla, México

Resumen: Esta investigación presenta una modificación al método presentado por Hernández (2003) para mejorar la calidad de las imágenes a través de un algoritmo genético por bloques o segmentado (AGS). El método propuesto aquí, trabaja con el algoritmo genético de forma puntual (AGP) en la imagen proporcionada. Se genera una población con cada elemento de la imagen y se le aplican los procesos de selección, cruza y mutación, teniendo como objetivo, buscar dentro de un espacio de candidatos, el que tenga el valor mínimo de suavidad del píxel. Un elemento con un valor alto indica cambios bruscos, lo que va en contra de la suavización de la imagen. Los resultados muestran que las imágenes obtenidas con el algoritmo AGP tienen una calidad mayor que la de la imagen inicial y la del algoritmo AGS, con un tiempo de solución más pequeño.

Abstract: This investigation presents a modification of a method by Hernandez (2003) to improve the quality in images through a genetic algorithm by blocks (AGS). The method proposed in this document works with the genetic algorithm in each pixel in image (AGP). A population is generated with each element in a image and the selection, crossover and mutation processes are applied to its, the objective is to look in a space of candidates, the one that has the minimum value of smoothness of the pixel. An element with a high value indicates abrupt changes, which goes against the smoothing of the image. The results show that the images obtained with algorithm AGP have better quality than the initial image and the one of algorithm AGS, with a small time of solution.

Palabras Claves: Recuperación de Imágenes, Algoritmos Genéticos, Segmentación, Suavizado.

Introducción

La mejora de una imagen se basa en los aspectos psicofísicos del sistema visual humano, agrupa a aquellas técnicas destinadas a mejorar la calidad de la imagen sin tener en cuenta la causa de la pérdida de calidad [8].

En este documento presenta una alternativa para mejorar la calidad de las imágenes disminuyendo la degradación, este método se basa en un trabajo que aplica un algoritmo genético para bloques de una imagen (AGS) [4].

La modificación que se realiza al AGS, consiste en aplicar el algoritmo genético a cada elemento de la imagen (AGP) y si se encuentra un mejor individuo este se convierte en el nuevo elemento, generando una mejor imagen.

En la sección 2 se presenta el Planteamiento del problema. La sección 3 habla de los antecedentes sobre aplicaciones con algoritmos genéticos y restauración y mejoramiento de imágenes. La sección 4 describe el procedimiento que se llevo a cabo para el mejoramiento de la imagen. En la sección 5 se muestran algunas pruebas y comparaciones realizadas con AGP y AGS.

Planteamiento

Muy frecuentemente la imagen es suficientemente buena para el propósito para el cual fue realizada. Por otra parte, hay algunos casos donde la corrección de la imagen por computadora es la única manera de obtener imágenes útiles. El objetivo de este trabajo consiste en

mejorar la calidad de una imagen partiendo una imagen degradada.

Se utiliza una imagen degradada (**Figura 1**) como entrada y mediante el método de algoritmos genéticos se mejora la calidad de esa generando como salida una nueva imagen (**Figura 2**). Durante este proceso se utilizan los métodos de la evolución biológica: selección basada en la población, reproducción y mutación, para hallar una solución adecuada.



Figura 1: Imagen Original



Figura 2: Imagen Reconstruida

Antecedentes

El algoritmo genético (AG) es un método de optimización dada una función objetivo (Función de Aptitud), lleva a cabo una búsqueda en el espacio de soluciones intentando encontrar la solución que minimiza dicha función objetivo. Por lo tanto, los algoritmos genéticos están indicados para resolver todo tipo de problemas que puedan ser expresados como un problema de optimización, basta con encontrar la representación adecuada para las soluciones y la función a optimizar [1].

Los Algoritmos Genéticos trabajan con una población de individuos, cada uno de los cuales representa una solución factible a un problema dado. A cada individuo se le asigna un valor o puntuación, relacionado con la bondad de dicha solución (obtenido a partir de una Función de Aptitud). Los individuos más aptos, tendrán más probabilidad de ser seleccionados para reproducirse y cruzar su material genético con otro individuo seleccionado.

En la investigación se han propuesto diversos métodos para la restauración y mejoramiento de imágenes, entre ellas se encuentran las siguientes:

- Reconstrucción de imágenes digitales basado en el cálculo de los momentos ortogonales de Legendre y Tchebyshev. Los momentos ortogonales de una imagen digital son adecuados para aplicaciones en el campo del reconocimiento de patrones, clasificación de objetos, estimación de la posición, codificación y reconstrucción. El conjunto de momentos ofrece generalmente la representación global de las características de una imagen, lo cual se usa en técnicas de identificación en varias áreas de la visión por computadora. De manera particular los momentos de Legendre y Tchebyshev ofrecen ventajas respecto a otros conjuntos ortogonales por su simplicidad matemática y por ser expresados y analizados en el mismo espacio de la imagen [5].
- Los Filtros Stack son una clase de los operadores espaciales no lineales usados para la supresión del ruido. Su diseño se formula como un problema de optimización y se utilizan algoritmos genéticos para realizar la configuración. Aplicando el significado del error absoluto (MAE) como la base de una función objetivo, el filtro Stack es usado para restaurar imágenes de resonancia magnética de 10% a 50% de ruido. Los resultados se comparan con el filtro mediano y vuelven al MAE más pequeño para todos los niveles de ruidos. Los perfiles de la imagen y el contraste relativo demuestran el valor del filtro en la reducción de ruido mientras que preservan contraste [6].
- Dominio espacial
 - Opera directamente sobre los píxeles.
 - $g(x,y)=Tentorno(f(x,y))$.

Las mejoras en el dominio espacial son operaciones que se pueden realizar sobre toda la imagen a la vez u operaciones que actúan sobre una zona de la imagen (toman en cuenta la posición de los píxeles), entre ellas se encuentran los filtros de aclarado, oscurecimiento, de contraste, de bordes, de promedio, etc. Debido al número de operaciones realizadas por las técnicas anteriores la

aplicación de estos filtros a toda la imagen consume mucho tiempo especialmente si las imágenes son demasiado grandes [2], [3].

- Dominio en el espacio de la frecuencia
 - Transformada de Fourier.
 - Filtrado en el espacio f.

Entre los filtros que se encuentran en el dominio del espacio de la frecuencia, se encuentran la transformada de Hough, la transformada de Fourier, la transformada rápida de Fourier. Al aplicarse estos filtros se aumenta la velocidad, los más rápidos que los filtros de dominio espacial [2], [3], [6].

De la misma manera se han propuesto diversos métodos de restauración y mejoramiento de imágenes utilizando algoritmos genéticos, tales como:

- Un algoritmo genético para detección de bordes en imágenes [10], como entrada de la aplicación se utiliza una imagen I en niveles de grises, con tamaño $U \times V$ (filas, columnas) de píxeles. Se supone que I contiene un número de píxeles cuya intensidad relativa respecto a sus píxeles vecinos satisface cierta condición matemática bien definida. El objetivo es extraer información de I, en este caso los bordes de los objetos que la componen, mediante la búsqueda y marcado de sus píxeles característicos.
- Un Nuevo método es propuesto para la compresión de una imagen fractal, utiliza un algoritmo genético (AG). La técnica utiliza AG decrementando el espacio de búsqueda para encontrar las similitudes de una imagen dada [9].

Un método consiste en aplicar un algoritmo genético sobre una imagen para reconstruirla. Se parte de una imagen degradada, la cual es dividida en bloques y sobre cada uno se aplica el algoritmo genético (AGS). Este algoritmo hace uso de una función de ajuste que mide el grado de suavidad de un bloque. La imagen que se debe obtener debe suavizar a la imagen degradada, y por lo tanto asemejarse más a la original [4]. El AGS se utilizó como base para el método propuesto en este trabajo (AGP).

Procedimiento

Para realizar el proceso de mejoramiento de la imagen se implementa el siguiente algoritmo.

Algoritmo

1. Convertir la imagen de entrada a escala de grises.
 2. Se generan dos nuevas imágenes a partir de la anterior
 3. Dividen las imágenes en bloques de $N \times M$.
 4. Cada elemento (x,y) del bloque se convierte en una cadena de bits (y se envía al Algoritmo Genético).
 5. Se define el tamaño de la población y el número de iteraciones.
 - 6.1 Se genera la población aleatoria, cada individuo es de longitud 8.
 - 6.2 Se evalúa la función de ajuste en cada individuo.
 - 6.3 Se ordenan los individuos (de menor a mayor) tomando en cuenta la función de ajuste
 - 6.4 Se elige la primera mitad de los individuos (los menores) para la cruce.
 - 6.5 Se genera un numero aleatorio A entre 0 y la mitad de la población, se genera otro número aleatorio B entre 0 y 7. Se toma un individuo de la mitad elegida y se cruza con el individuo A a partir del gen B.
 - 6.6 Para la mutación, se genera un número aleatorio C que está entre (0,1000), si C es 1 se le aplica la mutación sobre los nuevos sucesores. Se genera un valor D entre 0 y 7 y se realiza la mutación del *gen* que está en la posición D en la cadena.
 - 6.7 Se ordenan los individuos.
 - 6.8 La población actual será la nueva generación y se convierte en la entrada de la siguiente iteración.
- Condición:
Si se llegó al número total de iteraciones entonces se toma el individuo con menor valor de ajuste, este es el que se cocola en la posición (x,y) de la imagen, posteriormente ir a paso 7.

Si no ir a paso 6.

7. Fin.

En seguida se explica como se llevo a cabo el algoritmo anterior utilizando la imagen original.

Partiendo de una imagen degradada se le aplica un algoritmo de reducción (a 0.5X) y dos de ampliación (2X) para generar dos imágenes. Como algoritmo de reducción se utiliza el método del flojo y para la ampliación el método del flojo e Interpolación lineal, estas imágenes son convertidas a grises y forman parte de la población inicial de los algoritmos genéticos, posteriormente se dividen en bloques de tamaño NxM (en este trabajo el tamaño de los bloques es de 3x3), la segmentación se muestra en las Figuras 2.a y 2.b donde:

N: es el número de píxeles en anchura
M: es el número de píxeles en altura

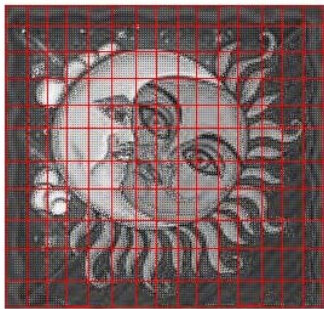


Figura 2.a: Imagen dividida en bloques

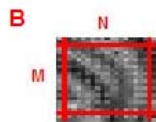


Figura 2.b: Bloque B de tamaño NxM píxeles.

Para generar una nueva población se toma un bloque (el mismo número de bloque) de las imágenes generadas anteriormente, se recorre cada elemento (x,y) de los tres bloques, se toma el valor del pixel (en esa posición) del primer bloque, se transforma a una cadena de bits (individuo) de longitud 8, después este se integra a la población, lo mismo se realiza con cada elemento (valor del pixel) del segundo y tercer bloque, de esta manera se tienen tres individuos y el resto se genera aleatoriamente.

Posteriormente se calcula la función de ajuste (1) para cada individuo, el valor de esta función va a indicar el grado de suavidad que tiene el elemento, se busca tener un valor de ajuste bajo, ya que esto

significa que se parece más a la original. Un elemento con un valor de ajuste alto indica que hay un cambio brusco en la imagen, lo que va en contra de suavizar la imagen.

Subsecuentemente se explican todas las fórmulas que se necesitan para obtener para cada bloque de procesado dicho valor de ajuste.

Función de ajuste total:

$$F(x,y)=W_s \times S_T \quad (1)$$

Donde:

W_s : es un factor multiplicativo. Este parámetro no influye en el cálculo de la función de ajuste, ya que en este trabajo sólo se aplica la componente espacial y no la temporal.

S_T : se calculará de la siguiente manera:

$$S_T = \sum_{i=x}^{x+k_w z-1} \sum_{j=y}^{y+k_s z-1} \sum_{k=0}^3 \rho_T(d_{i,j}^k) \quad (2)$$

La función (3) recorre todos los píxeles del bloque de procesado que se está tratando y para cada uno realiza cuatro operaciones con sus vecinos (Figura 3).

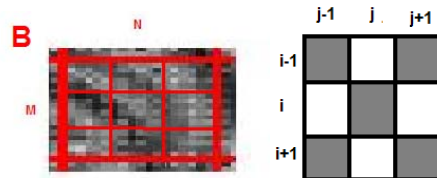


Figura 3: Pixel (i, j) de cada bloque B y sus vecinos

Las cuatro operaciones que realiza son las siguientes:

$$d_{i,j}^0 = B_{i,j+1} - 2B_{i,j} + B_{i,j-1} \quad (3.1)$$

$$d_{i,j}^1 = B_{i-1,j+1} - 2B_{i,j} + B_{i+1,j-1} \quad (3.2)$$

$$d_{i,j}^2 = B_{i-1,j} - 2B_{i,j} + B_{i+1,j} \quad (3.3)$$

$$d_{i,j}^3 = B_{i-1,j-1} - 2B_{i,j} + B_{i+1,j+1} \quad (3.4)$$

Es decir, para cada píxel, relaciona y opera con sus vecinos en horizontal (3.1), diagonal secundaria (3.2), la vertical (3.3) y el cuarto caso (3.4) que trabaja con la diagonal primaria. Cada uno de los resultados anteriores serán los parámetros de entrada de la función de ajuste de suavizado (4).

Función de ajuste de suavizado

$$\rho_T(x) = \begin{cases} x^2 & \text{for } |x| \leq T \\ T^2 + 2T(|x| - T) & \text{for } |x| > T \end{cases} \quad (4)$$

Donde:

T: es un umbral. En este trabajo se aconseja que su valor oscile entre 1 y 2. El valor del umbral determina la calidad de la imagen, es decir, si se aumenta dicho valor se tendrá una mejor solución.

El resultado final F(x,y) indica el valor de ajuste del elemento procesado concreto cuyas coordenadas vienen representadas por (x, y). Mientras menor sea el valor obtenido más suave es el elemento analizado, que es lo que se está buscando.

A continuación se explica la aplicación de los algoritmos genéticos en este trabajo.

Los algoritmos genéticos se usan para optimizar la solución en el espacio de soluciones. Se trata de que para cada elemento del bloque de procesado de la imagen degradada emplear el algoritmo genético para generar los píxeles óptimos del nuevo bloque de procesado.

Las cadenas de bits representan el valor de cada elemento (píxel) del bloque que se va procesar y la longitud de ella es de ocho bits. Para cada elemento, se emplea el algoritmo genético para encontrar la mejor de las soluciones con una menor función de ajuste.

Una vez evaluada la función de ajuste a la población, se ordenan estos de menor a mayor de acuerdo su valor de ajuste correspondiente y se continúa con el paso de selección.

Para la selección se elige a la mitad de los individuos que tengan la mejor función de ajuste (el valor mas bajo).

Para el operador de cruce, se elige un bit de manera aleatoria. Se eligen dos padres (cadenas de bits) los cuales se cruzarán y generarán dos hijos (**Figura 4**).

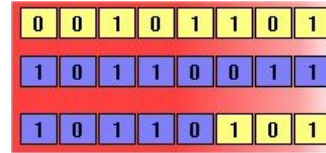


Figura 4: Cruzamiento

La mutación se realiza invirtiendo un bit, también generado aleatoriamente. La probabilidad de uso de este operador es de 0.001 (**Figura 5**).



Figura 5: Mutación

El algoritmo terminará cuando se hayan realizado todas las iteraciones correspondientes y se elige el individuo con la mejor función de ajuste y se sustituye en la posición del elemento en cuestión.

Análisis de resultados

Para realizar las pruebas de la aplicación realizada se tomo una imagen bien definida (sin degradar), posteriormente se le aplicaron varios filtros para tener como resultado una imagen degradada, el propósito de los pasos anteriores es comparar la salida de la imagen degradada con la original, de tal manera que estas tienen que ser muy parecidas, la similitud se mide haciendo una sustracción de ambas imágenes (si el resultado de esta operación es cero entonces las imágenes son iguales) y se muestra una gráfica que indique el número de píxeles en cada tono, la cual presenta la distribución de la información de la imagen resultante (histograma).

En seguida se muestran algunas pruebas que se realizaron tomando imágenes con diferentes dimensiones, se realizará una comparación de dos aplicaciones que sirven para mejorar la calidad de los imágenes, el primero de ellos es el presentado en este documento (AGP) y el otro es un método para restaurar imágenes aplicando algoritmos genéticos a cada bloque de la imagen (AGS) [4]. Se compararán los histogramas originados por ambas aplicaciones y se determinará cual es la que arroja mejores resultados, también se muestra en la **Tabla 1** el tiempo en que se realiza cada método.

Prueba 1.

Se utiliza como entrada la imagen de la **Figura 6**, inicialmente se ejecuta la aplicación del algoritmo puntual y se toma el tiempo de ejecución, generando una imagen de salida (**Figura 7.1**), posteriormente se realiza la sustracción (**Figura 7.2**) y se obtiene el histograma (**Figura 9.1**)



Figura 6: Imagen original de tamaño 266x260.



Figura 7.1: Salida del algoritmo puntual



Figura 7.2: Diferencia entre las imágenes de las Figuras 6 y 7.1

Para el método por bloques se sigue el mismo procedimiento, generando las imágenes de las figuras: **8.1, 8.2 y 9.2**



Figura 8.1: Salida del algoritmo puntual



Figura 8.2: Diferencia entre las imágenes de las Figuras 6 y 8.1

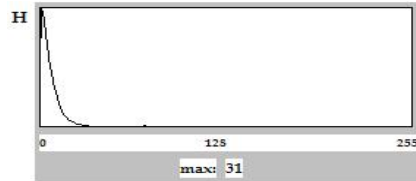


Figura 9.1: Histograma metodo puntual

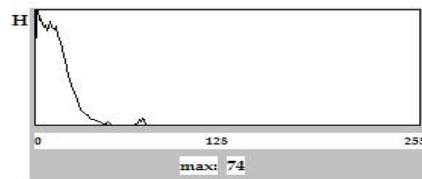


Figura 9.2. Histograma método por bloques

Se observa que en el histograma de la imagen resultante del método puntual tiene mejor distribución que el otro método, la distribución de los valores de la imagen está alrededor de los valores oscuros (cerca a 0), hay información de los tonos 0 al 31, la mayoría se encuentra en 0 y también hay una pequeña cantidad de píxeles del tono 72, mientras que el otro histograma muestra que hay muchos píxeles en los tonos del 0 a 74. Se puede decir que en la prueba el AGP arroja mejores resultados.

Prueba 2.

Para la segunda prueba se utilizó una imagen con mayor dimensión **Figura 10**, la imagen generada por la primera aplicación se muestra en la **Figura 11.1**, la sustracción de las dos está en la **Figura 11.2** y su histograma en la **Figura 13.1**.

Y se realiza el mismo procedimiento para el método por bloques como en la prueba anterior, para la cual se generaron las imágenes de las figuras: **12.1, 12.2, y 13.2.**



Figura 10: Imagen original de tamaño 400x300.



Figura 11.1: Salida del algoritmo puntual

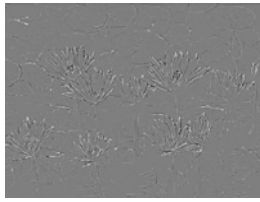


Figura 11.2: Diferencia entre las imágenes de las Figuras 10 y 11.1



Figura 12.1: Salida del algoritmo puntual

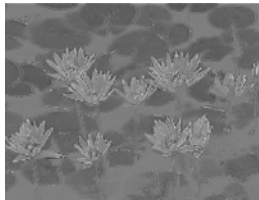


Figura 12.2: Diferencia entre las imágenes de las Figuras 10 y 12.1

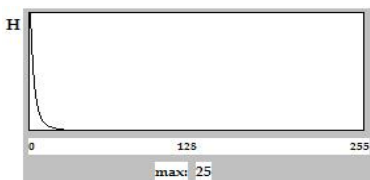


Figura 13.1: Histograma metodo puntual

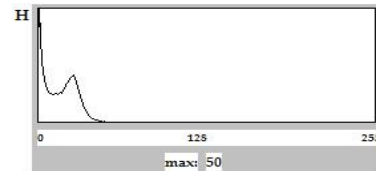


Figura 13.2: Histograma método por bloques

Se observa que el comportamiento en ambos histogramas es similar al de la prueba anterior, la **Figura 13.1** muestra que la distribución de la información está entre los tonos 0 a 25, mientras que en la **Figura 13.2** se encuentra entre los tonos 0 a 50. En este caso el AGP proporciona mejores resultados que el AGS.

La **Tabla 1** muestra los tiempos de ejecución de ambos métodos en cada prueba.

Tabla 1: Tiempos de ejecución de ambos métodos

	AGP (seg.)	AGS (seg.)
Prueba 1	7.313	16.800
Prueba 2	12.797	28.200

Como se observa en la **Tabla 1** el AGP es un poco más rápido con respecto al AGS a pesar de que el primero aplique el algoritmo genético en cada elemento de la imagen.

Con respecto a los parámetros que se introducen al inicio (tamaño de la población, No. De iteraciones y Umbral) para que se realice el AGP es importante definir los valores máximos que se le pueden dar a la aplicación, ya que si se introducen valores incorrectos este puede generar un resultado deficiente (**Figura 14**). Para el No. De iteraciones se sugiere que el máximo valor sea 100, para el tamaño de la población 10 y para el umbral 150.



Figura 14: Imagen con alteraciones.

Conclusiones

Mediante la computadora la corrección de la imagen permite obtener información más detallada, misma que puede ser más útil para aplicaciones posteriores.

Como se observa, la principal ventaja de los algoritmos genéticos radica en su sencillez. Se requiere poca información sobre el espacio de búsqueda ya que se trabaja sobre un conjunto de soluciones o parámetros codificados (individuos). Se busca una solución por aproximación de la población, en lugar de una aproximación punto a punto, obteniendo nuevos y mejores individuos y, por lo tanto, mejores soluciones.

Los parámetros que se introducen antes de efectuar un algoritmo genético deben estar bien controlados ya que estos pueden hacer que se produzca alteración y/o pérdida de información.

En las pruebas realizadas se muestra que el AGP arroja mejores resultados a comparación de AGS, la primera proporciona una imagen de mejor calidad en menor tiempo de ejecución que la segunda.

El hecho de que el algoritmo genético se aplique a bloques de la imagen no quiere decir que su costo en tiempo será menor que un AGP, esto se debe a la manera de aplicar la heurística en la imagen.

Referencias

- [1] J.R. Parker, *Algorithms for image processing and Computer Vision*, Wiley, 1997, p.p. 357 - 385.
- [2] Gonzalez, R.C., Woods, R.E.: *Tratamiento Digital de Imágenes*, Addison-Wesley Publishing Co, Reading, Washington, 1996.
- [3] Russ, J.: *The image processing handbook*. Boca Ratón, CRS Press, 1995.

- [4] Hernández Rojas Rocío, Santos Luna Pedro Miguel, Tudó Ramírez Belén, "Un algoritmo genético para la reconstrucción de imágenes", 2004, <http://www.grupo.us.es/gtocoma/pid/t0304/t0304.htm>
- [5] A. Colunga-Ruíz, A. Padilla-Vanco, *Reconstrucción de Imágenes digitales mediante Momentos de Legendre y Tchebyshev*, Tesis Licenciatura FCC- BUAP 2004, TES751-2004-1.
- [6] K.K. Delibasis, P.E. Undrill & GG Cameron, "The design of stack filters for image restoration using genetic algorithm", University of Aberdeen, Foresterhill, Aberdeen, AB25 2ZD, UK, 1997.
- [7] Malpica Norberto, "Técnicas de mejora de imagen", DFMyF UNED, presentación tomado de: http://apphys.uned.es/actividades/no_reglada/laboratorio/mejora.pdf.
- [8] Malpica Norberto, "Restauración de imágenes", DFMyF UNED, presentación tomado de: http://apphys.uned.es/actividades/no_reglada/laboratorio/restauracion.pdf.
- [9] Mitra, S.K., Murthy, C.A., Kundu M.K., "Technique for fractal image compression using genetic algorithm", *Image Processing, IEEE Transactions on*, Volume 7, Apr 1998, pp:586-593.
- [10] Mejías D., "Algoritmos Genéticos: Detección de bordes en imágenes", 2003, presentación tomado de: <http://www.sav.us.es/formaciononline/asignaturas/asigpid/apartados/textos/recursos/genbordes03/presenta.ppt>.