

Texturas



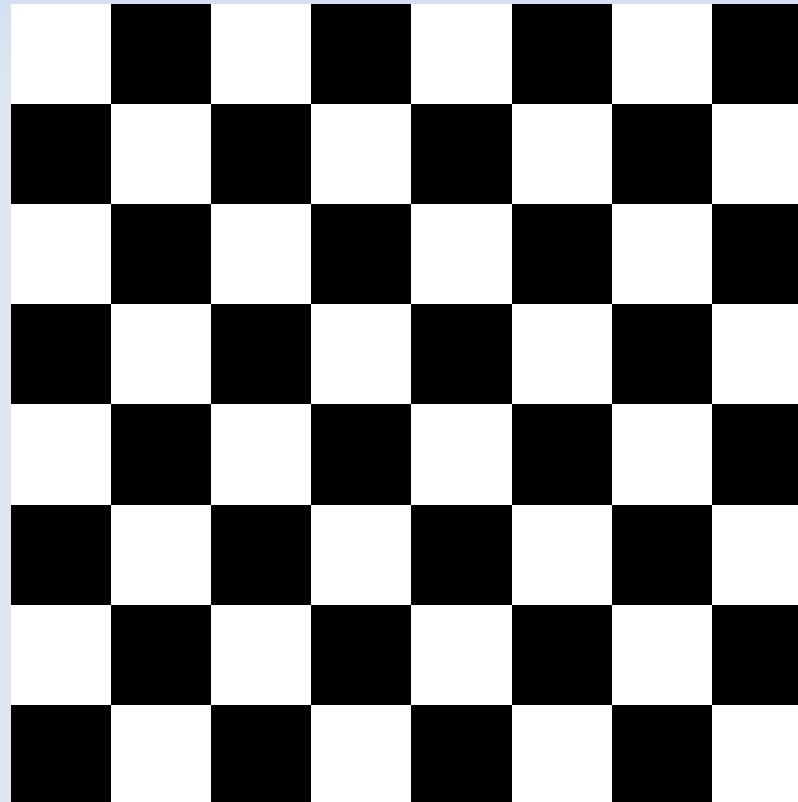
Descripción y aplicaciones

Motivación

- Segmentación de texturas.
- Clasificación de texturas.
- Síntesis de texturas.
- Extracción de características.
- Reconocimiento de patrones.
- Reconocimiento de objetos.
- ...

¿Qué es una textura?

- Uniformidad de intensidades en regiones locales de una imagen.



¿Qué es una textura?

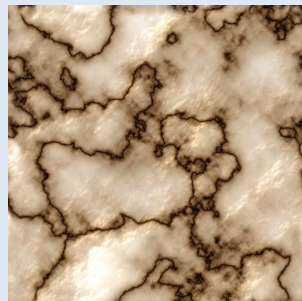
- Sin embargo, a menudo los objetos no exhiben regiones de intensidad uniforme.



Texturas: descripción y aplicaciones

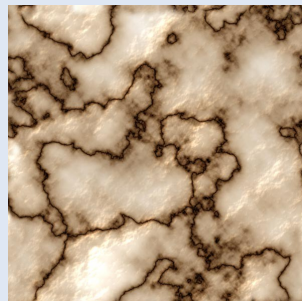
¿Qué es una textura?

- Contienen variaciones de las intensidades que forman patrones repetidos.
- Los patrones dependen de las superficie física:
 - Aspereza.
 - Filamentos orientados que tienen a menudo una calidad táctil.
 - Reflexión de la luz sobre el material.



¿Qué es una textura?

1. Es una región macroscópica estructurada de la imagen que presenta propiedades locales constantes, lentamente variables o aproximadamente periódicas.
2. Este orden local radica en la presencia repetida y no casual de partes elementales que tienen dimensión similar.
3. Depende de la escala a la que se observa la imagen: la textura de un píxel no está definida, hay que estudiar la vecindad de un grupo de píxeles. Dependiendo del tamaño de vecindad elegido la textura puede ser diferente.
4. Características: uniformidad, densidad, tosquedad, aspereza, regularidad, linealidad, dirección, frecuencia, fase.

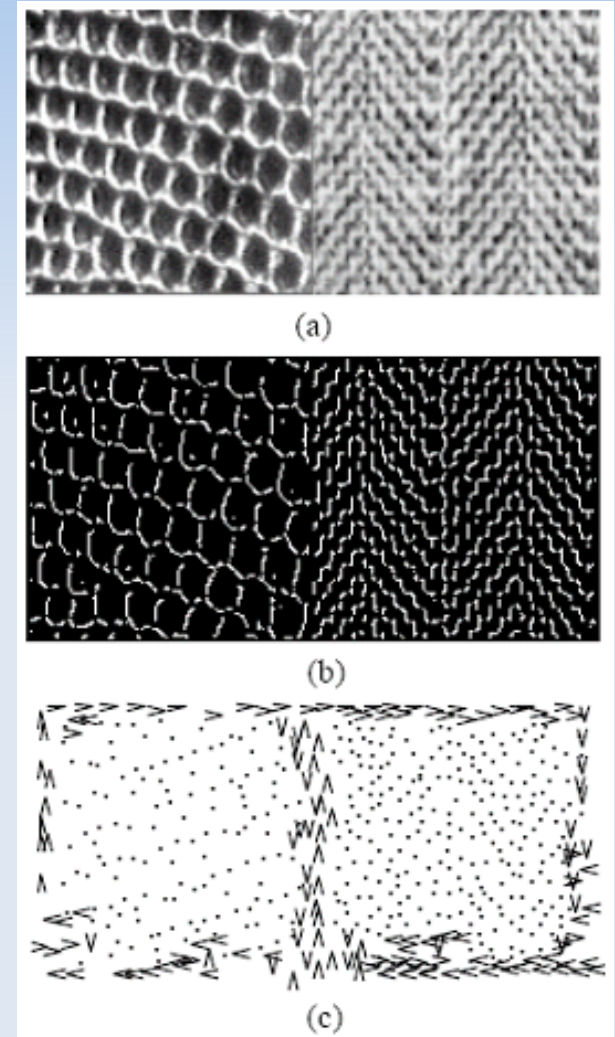


Análisis de texturas

- Métodos Estadísticos:
 - La distribución espacial de valores de gris es una calidad que define la textura.
 - Analizando la distribución espacial de los valores de gris, se computan características locales de la textura.
 - Ejemplos:
 - Media y varianza.
 - Co-ocurrencia y diferencias de niveles de gris.

Análisis de texturas

- Métodos Geométricos:
 - Consideran la textura compuesta por primitivas.
 - Intentan describir las primitivas y las reglas que gobiernan la organización espacial.
 - Pseudo código:
 1. Detectar los bordes de las primitivas.
 2. Computar estadísticas de las primitivas.
 3. Diferenciar primitivas distintas.



Voronoi Tessellation

Análisis de texturas

- Métodos basados en modelos:
 - Se basan en la construcción de un modelo que describe la textura.
 - Se pueden utilizar para reconocer texturas o para sintetizarlas.
 - Markov.

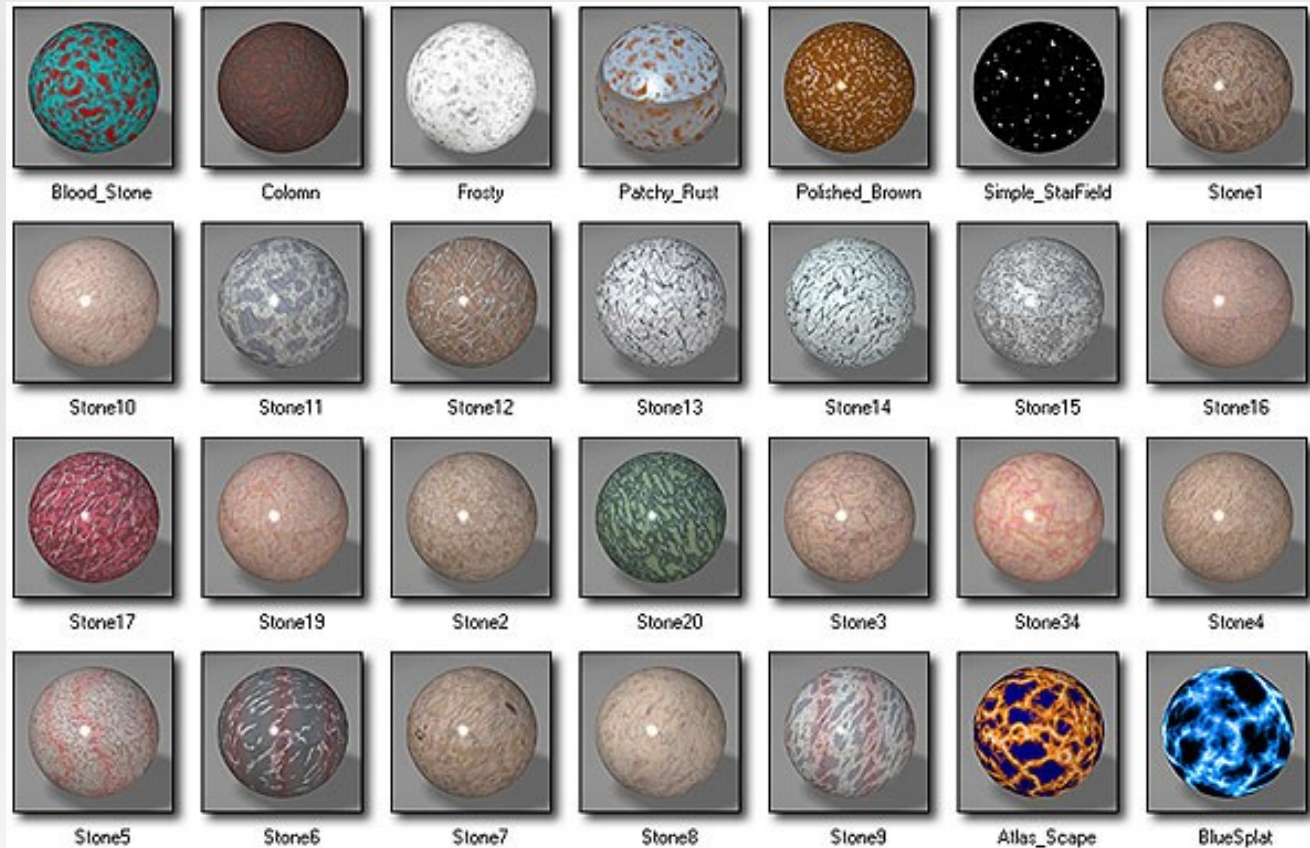
Análisis de texturas

- Métodos basados en tratamiento de señal:
 - La imagen se trata como si fuera una señal.
 - Se aplican filtros a la imagen extrayendo características.
 - Se suele trabajar en el dominio de la frecuencia mediante la transformada de Fourier.

Aplicaciones

- Generación de texturas para aplicaciones gráficas en tiempo real:
 - Texturas procedurales.
 - Análisis de trayectorias.
 - Análisis de resonancias magnéticas.
 - Segmentación.
 - Clasificación.

Texturas



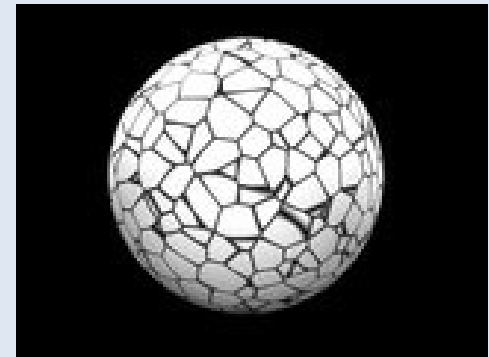
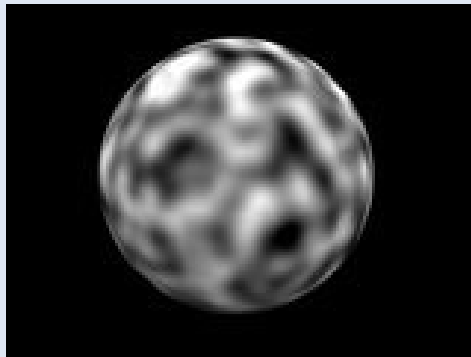
Texturas procedurales

Texturas procedurales

- Se generan a partir de algoritmos matemáticos.
- No se almacena el mapa de bits sino el propio algoritmo generador.
- Ventajas:
 - Son densas e infinitas.
 - Ocupan muy poco espacio.
 - Se pueden definir texturas en 3 dimensiones.
- Desventajas:
 - No se pueden dibujar, hay que inventar el algoritmo.
 - Gastan recursos de cálculo.

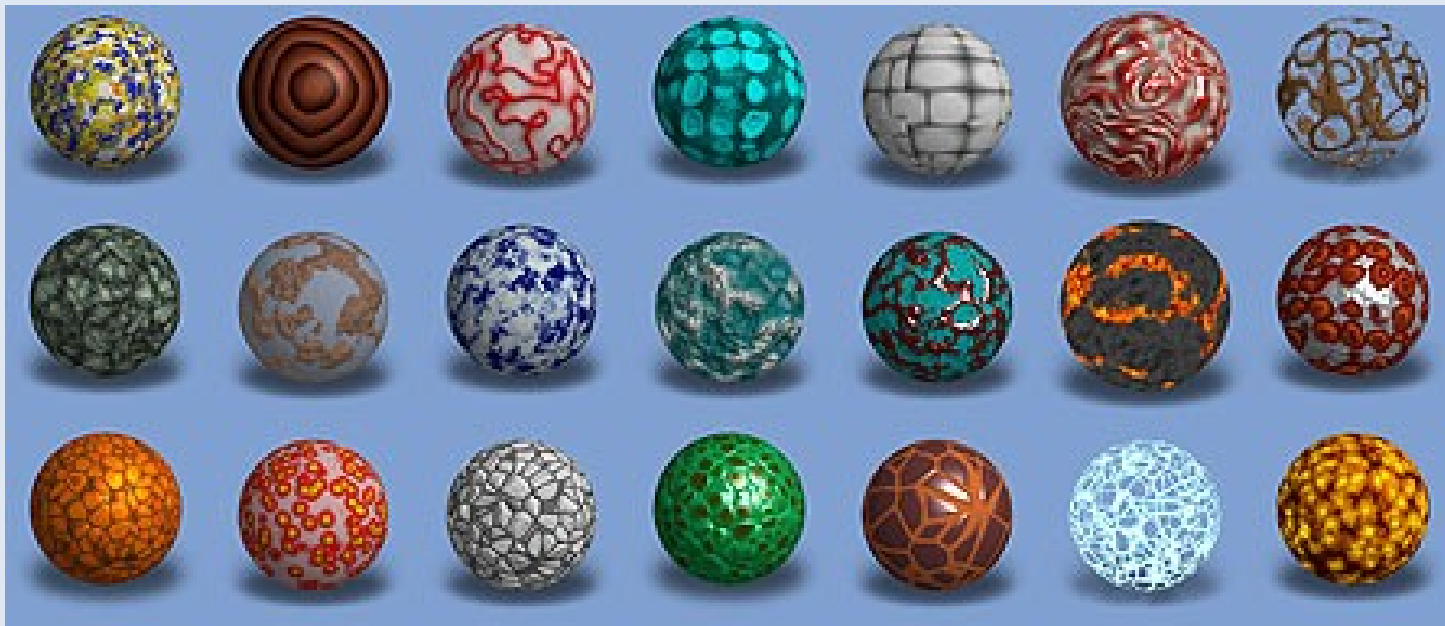
Texturas procedurales

- Están compuestas por mapas.
- Los mapas son texturas sencillas en blanco y negro.
- Cuando se fusionan distintos mapas se producen texturas complejas (canal de brillo, color, bump, reflexión...).



Texturas procedurales

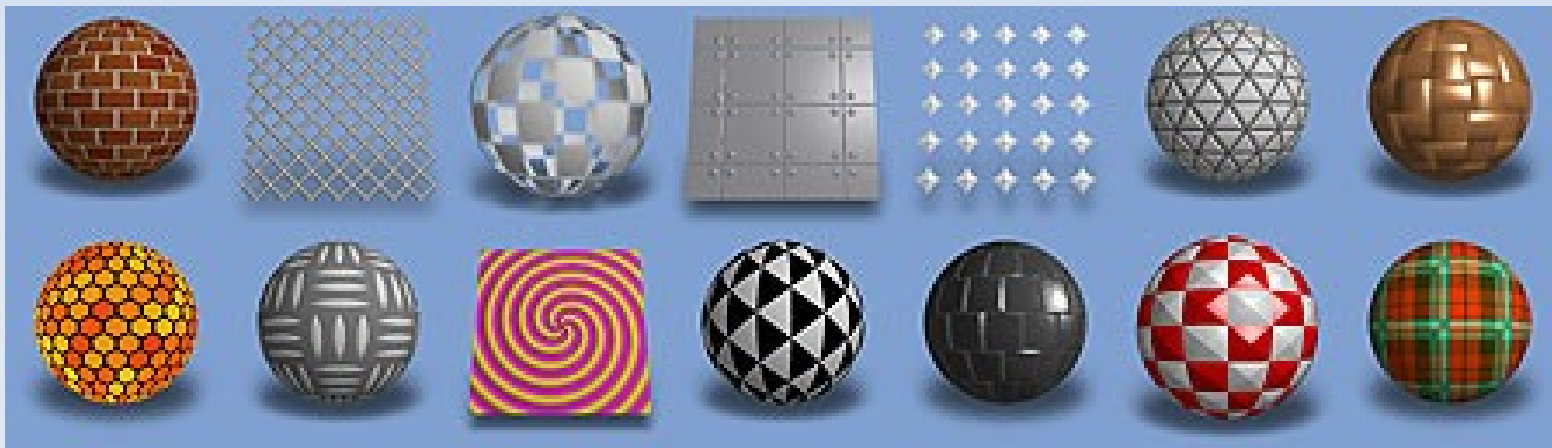
- Mapas aleatorios:
 - Utilizan funciones aleatorias.
 - Son impredecibles a baja escala.
 - Sin embargo siguen patrones regulares.



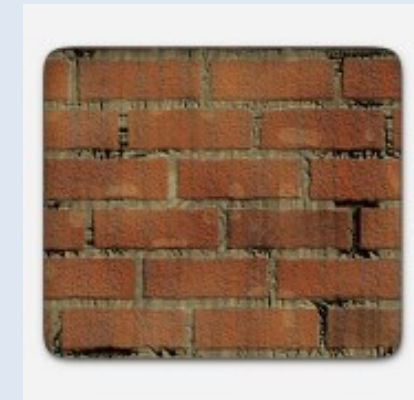
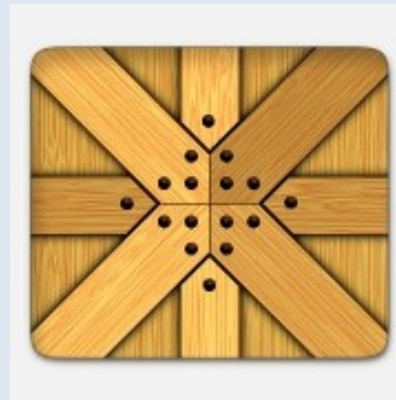
Texturas procedurales

Texturas procedurales

- Mapas geométricos:
 - Se repiten, no tienen componentes aleatorias.

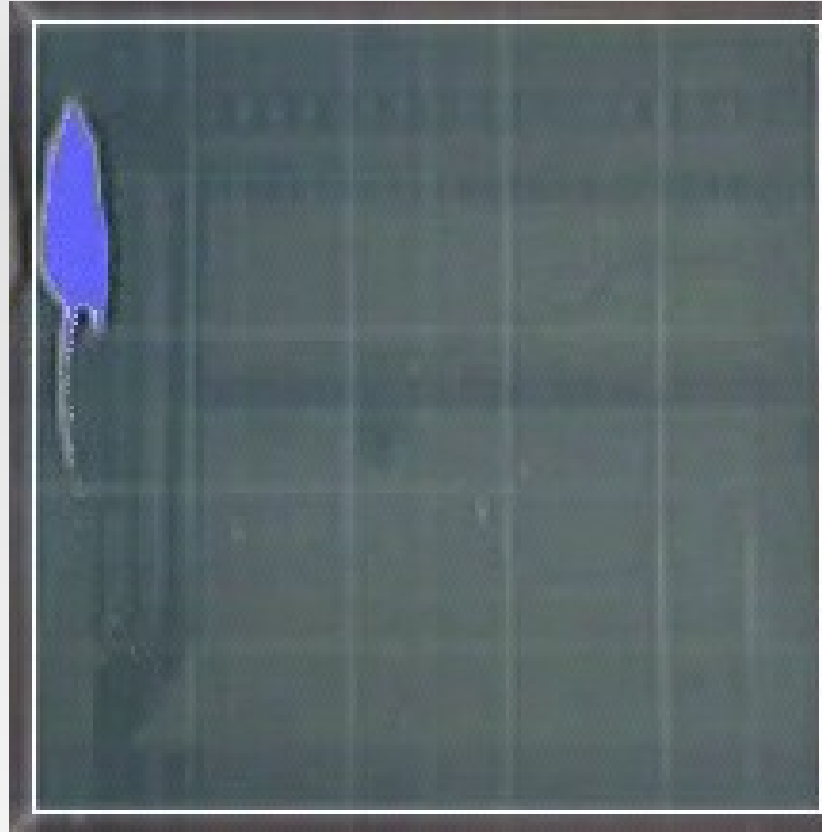


Genética (www.spiralgraphics.biz)



Texturas procedurales

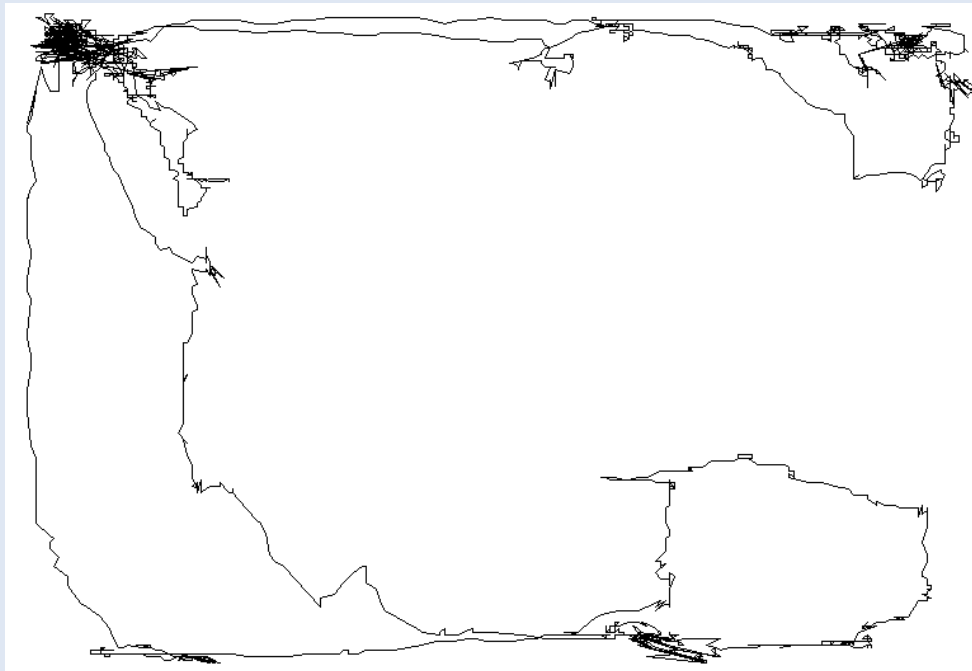
Texturas



Análisis de trayectorias

Análisis de trayectorias

- Utilizar trayectorias como si fueran texturas:
 - Extraer datos de interés.
 - Caracterizar “comportamientos”.
 - Clustering de trayectorias para obtener clases de comportamientos.



Análisis de trayectorias

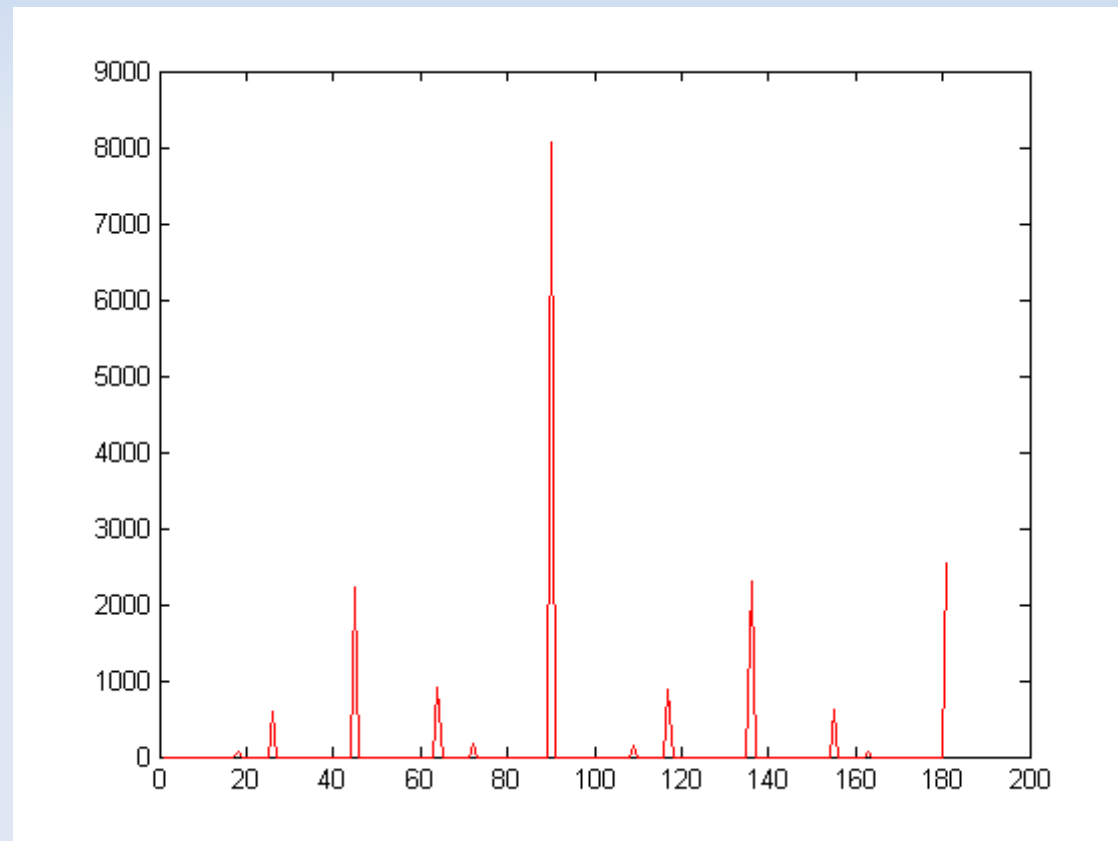
Análisis de trayectorias

- Calcular las componentes en X y en Y del gradiente.
- Se hallan los contornos horizontales y los verticales (ejemplo de la cebra).



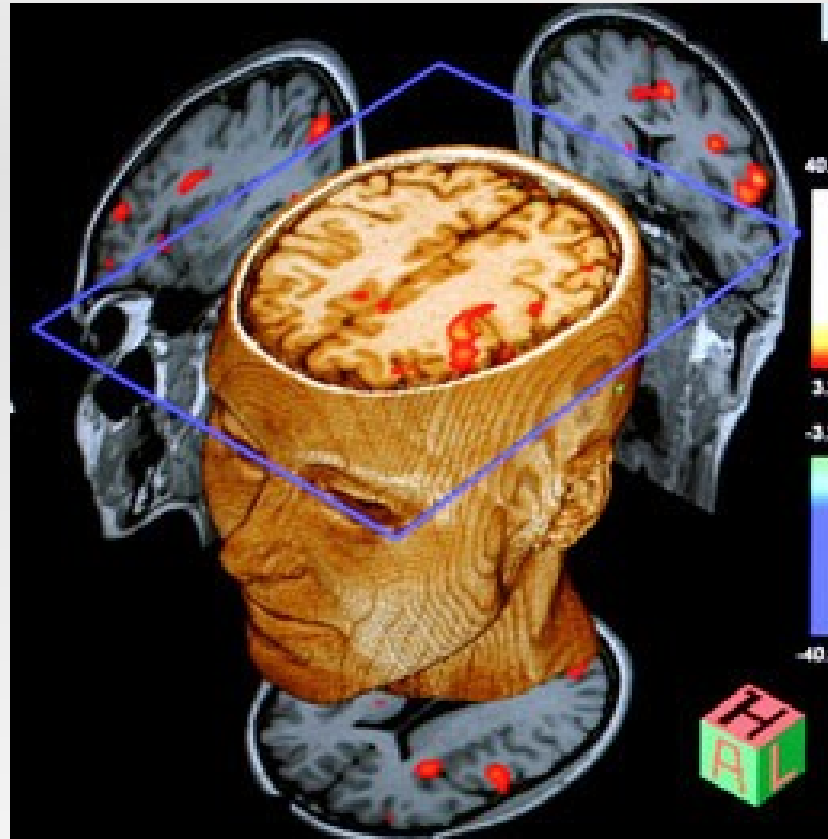
Análisis de trayectorias

- Haciendo un análisis estadístico de las direcciones tomadas por el sujeto (calculando el ángulo del gradiente).
- Calculando el histograma de los ángulos del gradiente se obtiene una forma cuantitativa de comparación de trayectorias.



Análisis de trayectorias

Texturas



Aplicaciones del análisis de texturas en MRI
(Imágenes de Resonancia Magnética)

Texturas

- Relación espacial de los niveles de gris en la imagen:
 - Regular: patrón definido.
 - Aleatoria: estructuras visuales no organizadas.

Métodos de análisis de texturas

- Estadísticos de primer orden:
 - Basados en el histograma de los niveles de gris: media, desviación típica, varianza,...
 - Por definición no sirven.
- Estadísticos de segundo orden:
 - Matriz de co-ocurrencia: estima la probabilidad de que dos píxeles a una distancia d tengan el mismo valor. A partir de ella se calculan ciertos estadísticos como la entropía.

Métodos de análisis de texturas

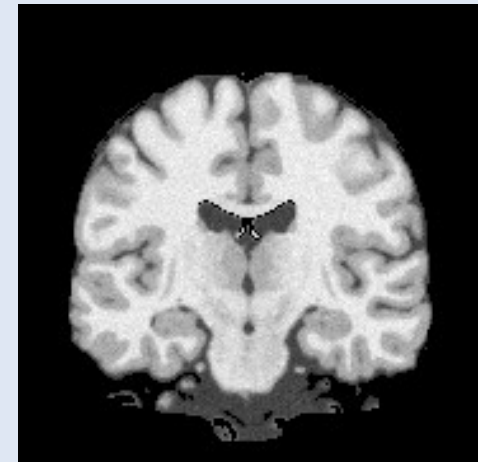
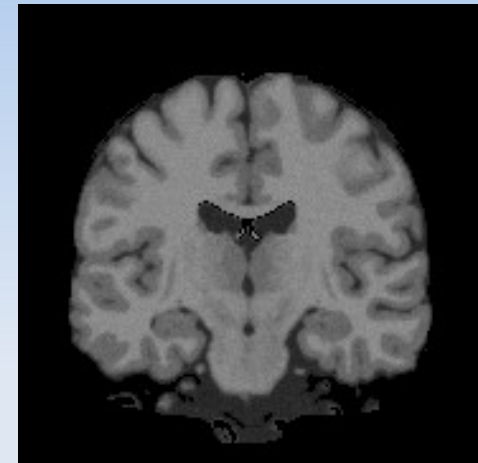
- Bancos de Filtros de Gabor:
 - Cada filtro de Gabor es un filtro pasabanda elíptico y orientado.
 - Definen un muestreo del espacio frecuencial.
 - Generan un vector de características de textura para cada píxel.
 - Se pueden definir métodos de reconocimiento estadístico de patrones sobre estas características.

Métodos de análisis de texturas

- Métodos basados en correlación:
 - Dado un patrón definido estudiar los picos de la correlación entre la imagen y el patrón.
 - Sensible a la escala, rotación, ocultaciones parciales.

Características de las imágenes RM

- Constante a trozos, facilita la segmentación.
- Problema artefactos:
 - Iluminación.
 - Volumen parcial.
 - Movimiento.
 - ...



Características de las imágenes RM

- La resolución espacial (volumen) depende del resonador:
 - Bajas resoluciones (1 tesla) --> la texturas no son distinguibles.
 - Altas resoluciones (3 teslas) --> se pueden observar texturas.

Texturas y MRI

- Descriptores encontrados en la literatura:
 - Matrices de co-ocurrencia.
 - Transformada discreta del coseno.
 - Filtros de Gabor.
 - Local Hölder exponent.

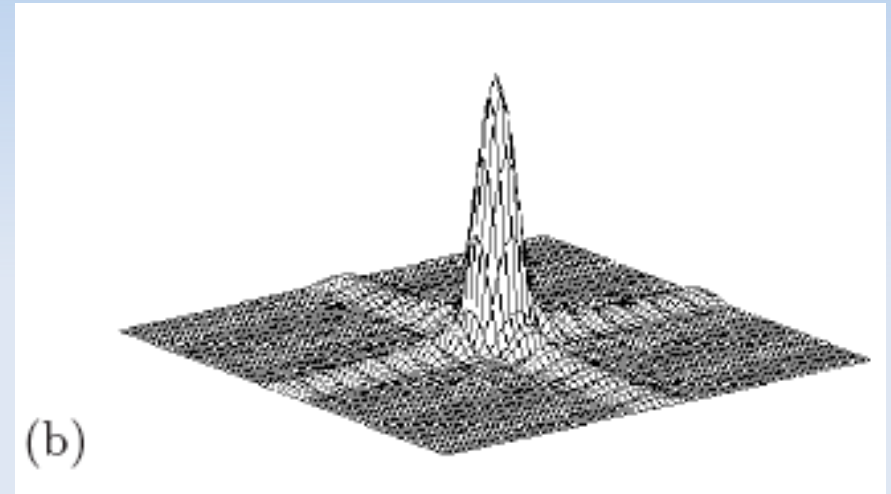
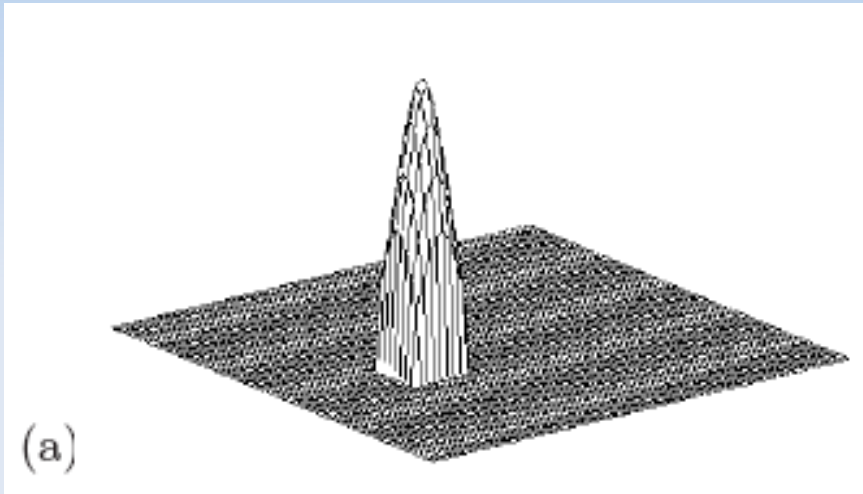
Aplicaciones en MRI

- En RM cerebral:
 - Extracción de estructuras anatómicas.
 - Cuantificación de los cambios macroscópicos a causa del envejecimiento.
 - Visualización.
 - Caracterización para la discriminación de tejidos.
- En otros:
 - Deformación de tejidos blandos.

Caso de estudio

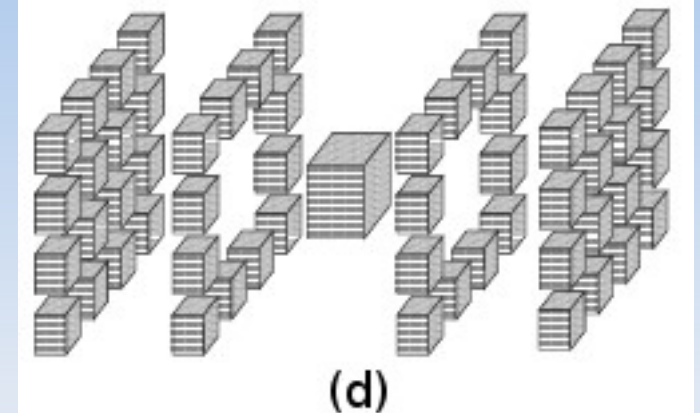
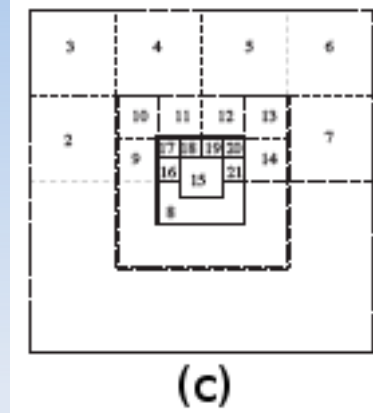
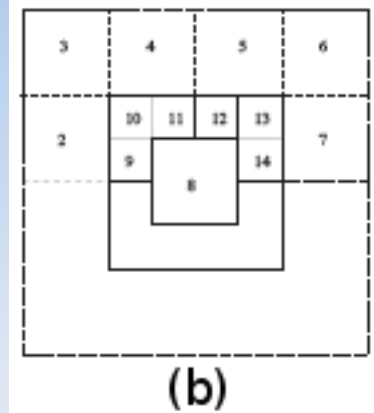
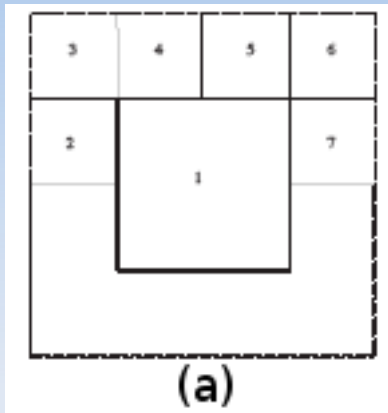
- Volumetric Texture Description and Discriminant Feature Selection for MRI, C-C. Reyes-Aldasoro and A. Bhalerao. In Proc. Information Processing In Medical Imaging (IPMI), LNCS, 2003, July, 2003. Springer.
- Wilson-Spann sub-band filtering approach.

Caso de estudio



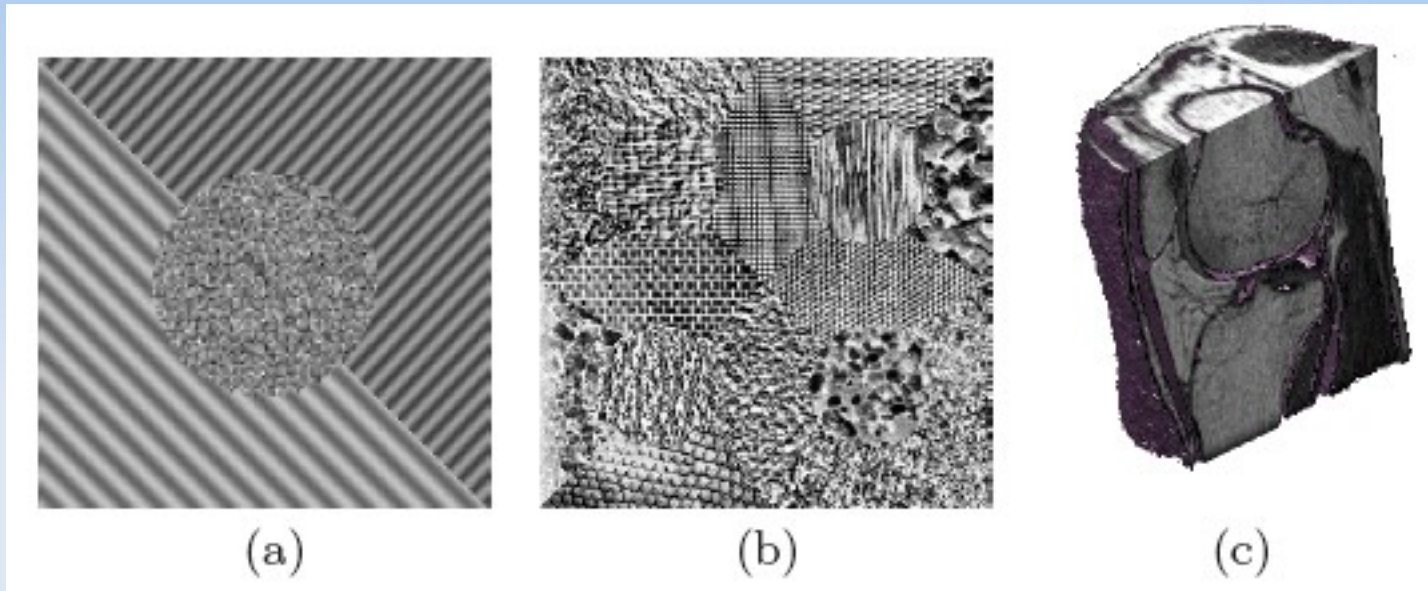
- Filtro gaussiano limitado a banda: $F^i = N(\mu^i, \Sigma^i)$
 - (a) Dominio frecuencial.
 - (b) Dominio espacial.

Caso de estudio



- Teselación 2D y 3D SOP (Second Orientation Pyramid):
 - (a) 2D orden 1.
 - (b) 2D orden 2.
 - (c) 2D orden 3.
 - (d) 3D orden 1.

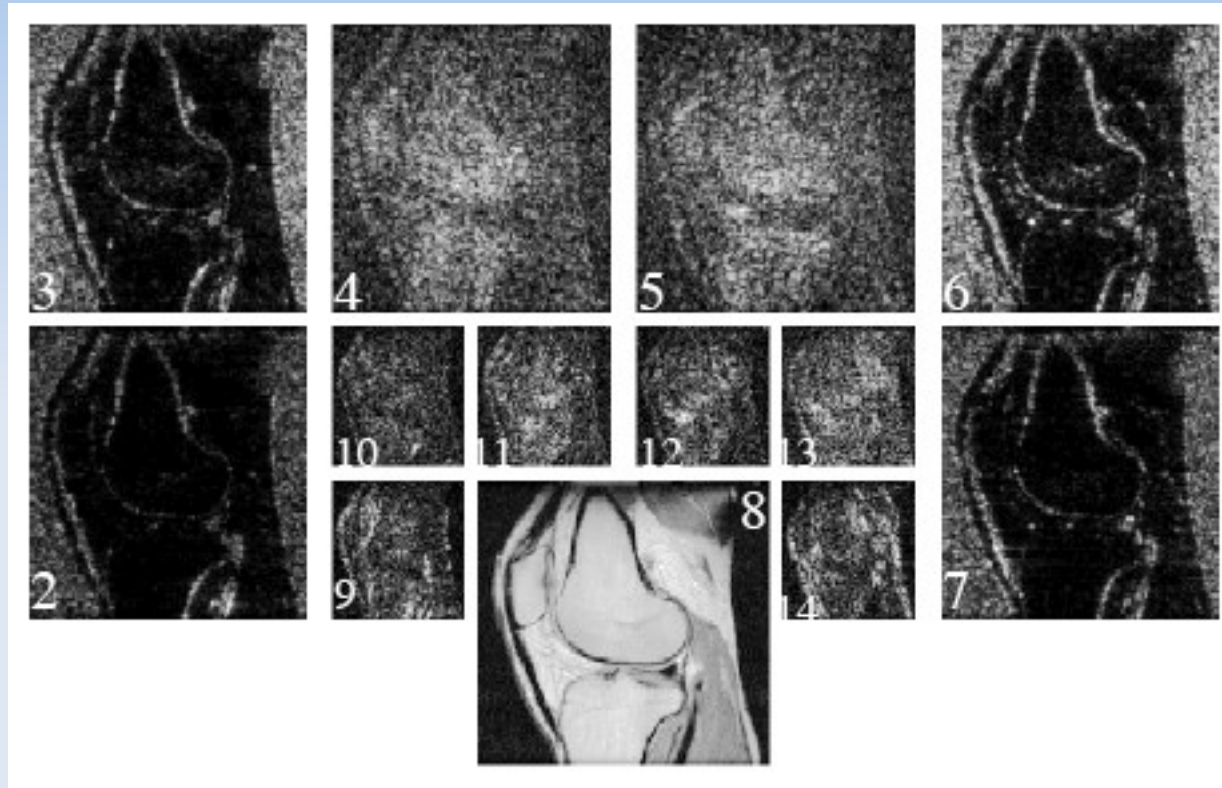
Caso de estudio



- Ejemplo de imágenes usadas en los experimentos:
 - (a) Imagen 2D sintética.
 - (b) Imagen Brodatz con 16 texturas.
 - (c) MRI 3D de una rodilla humana formada por $512 \times 512 \times 87$ voxels con dimensiones $0.25 \times 0.25 \times 1.4$ mm.

Texturas para imagen de MRI

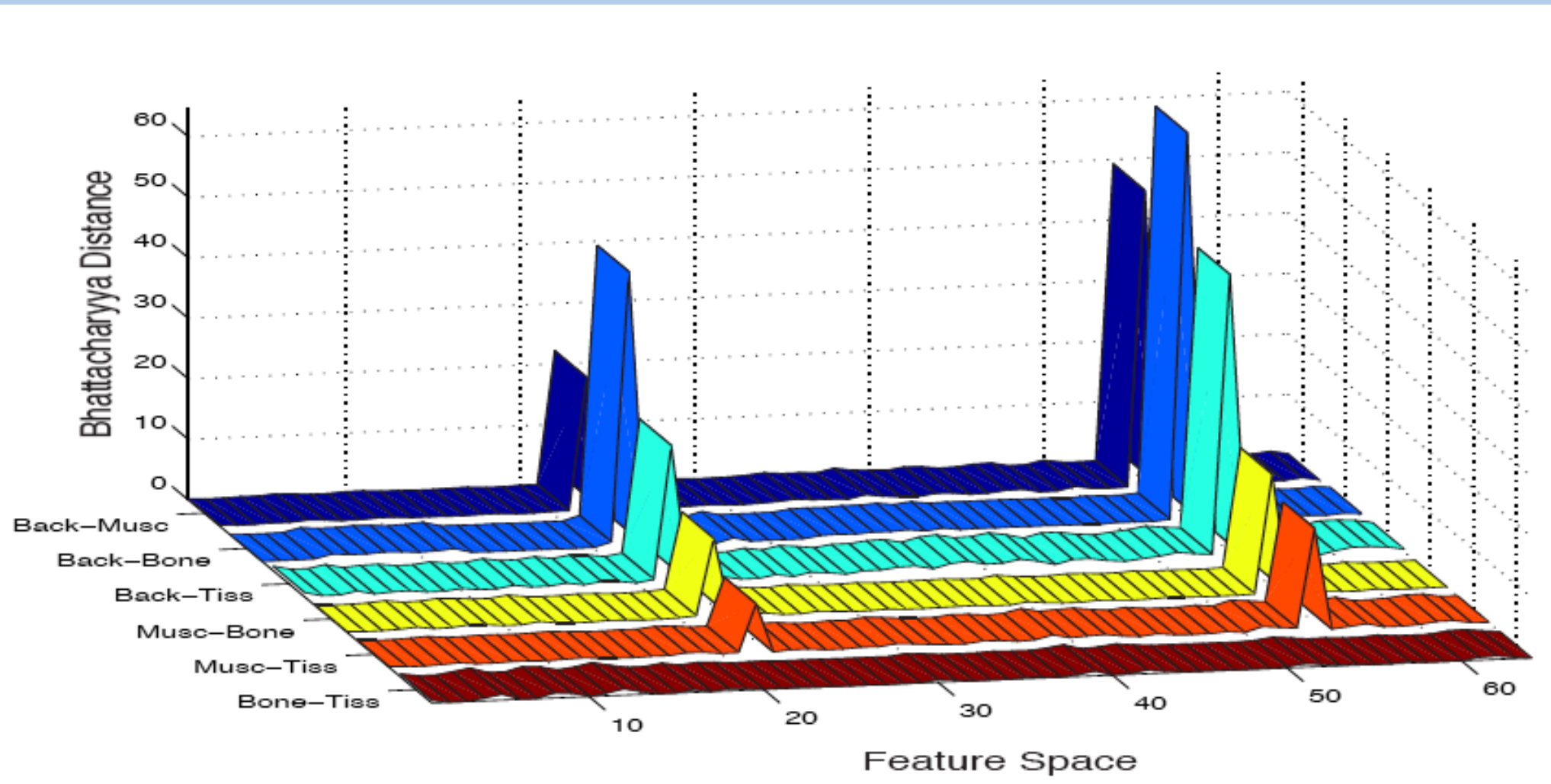
Caso de estudio



- Características para una lámina de la imagen RM de la rodilla humana.
- El fondo aparece bien representado en las imágenes 2 y 3, el hueso en las 4,5,11 y 12; y el tejido en las 9, 13 y 14.

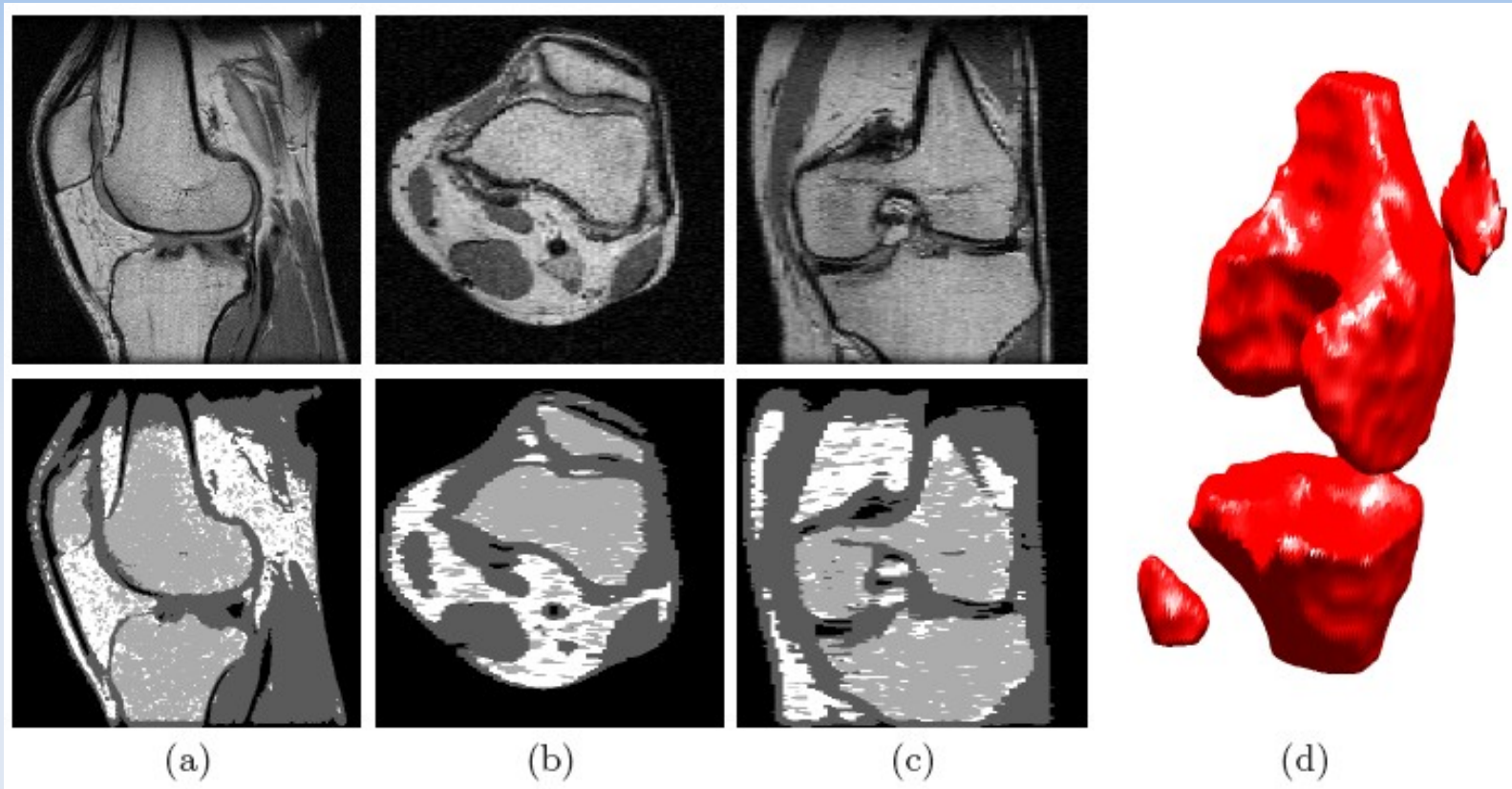
Texturas para imagen de MRI

Caso de estudio



Texturas para imagen de MRI

Caso de estudio

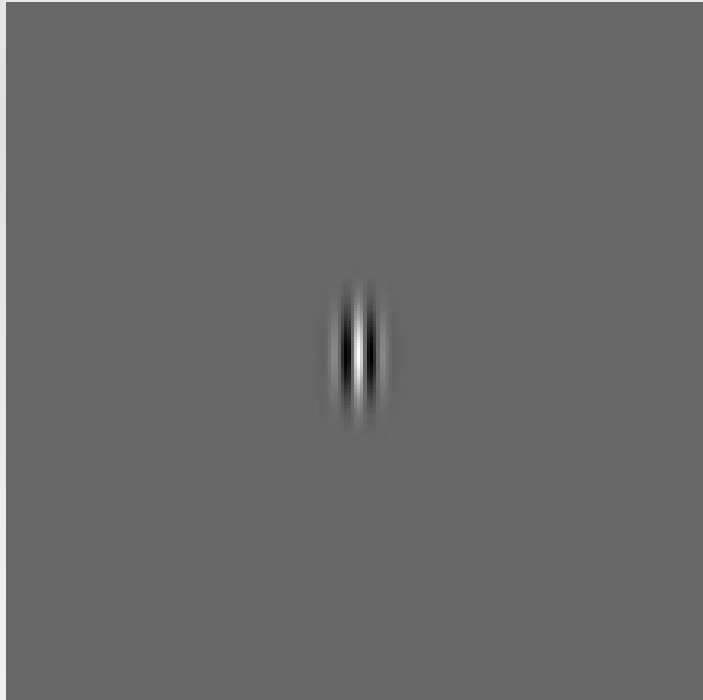


- Clasificación supervisada de una RMI de una rodilla humana en tejido, hueso, fondo y regiones musculares usando un filtro de multiresolución sub-banda con una teselación SOP, tomando las 9 características de textura más discriminantes.

Conclusiones

- Problema de artefactos en MRI-> solapamiento de las intensidades de las clases de tejido.
- La segmentación no es trivial.
- Búsqueda de alternativas o utilización de más métodos que la mejoren.
- Segmentación de texturas en MRI relativamente nueva, aunque los resultados en cartílagos, músculos, etc... son prometedores.

Texturas



Filtros de Gabor

Objetivos

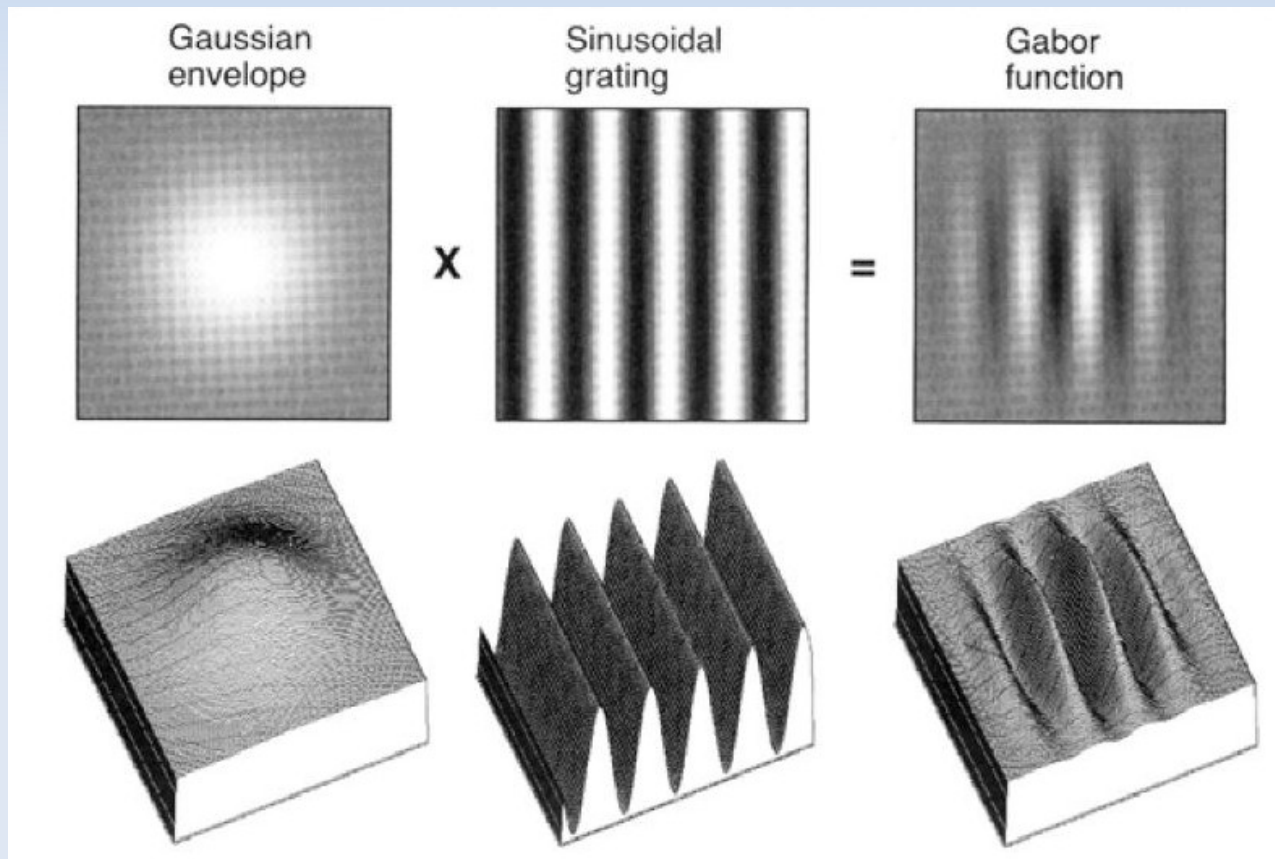
- Obtener información relevante (y discriminante) de la imagen.
- Segmentar la imagen en regiones relevantes.
- Algoritmos basados en regiones con características homogéneas (color, textura, ...).

Características y alternativas

- Pros:
 - Buena respuesta -> buena segmentación.
 - Inspiración biológica.
- Contrás:
 - Alto coste computacional.
 - Complejo matemáticamente.
- Alternativas:
 - Wavelets.
 - Momentos de Fourier.

Decscripción

- Sinusoidal compleja envuelta en una función gaussiana.



Filtros de Gabor

Descripción

- Fórmula (orientación, longitud de onda, fase):

$$g(x, y) = e^{\frac{-(x'^2 + g^2 y'^2)}{2s^2}} \cos\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \varphi\right)$$

$$x' = x \cos(\theta) + y \sin(\theta)$$

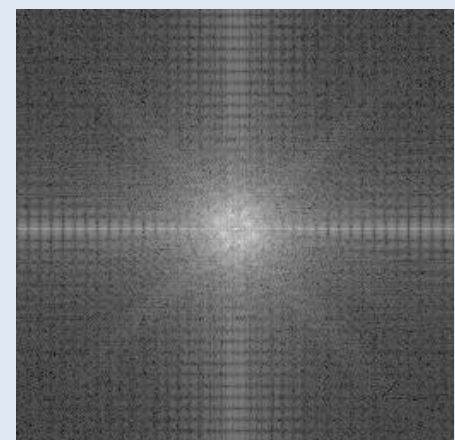
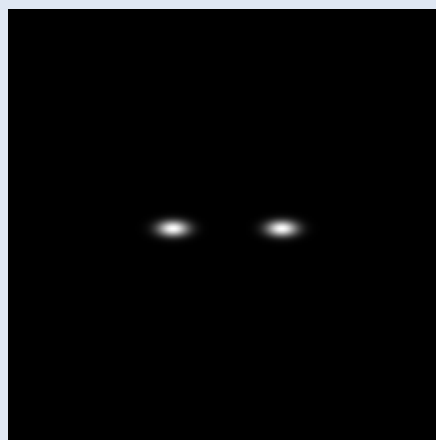
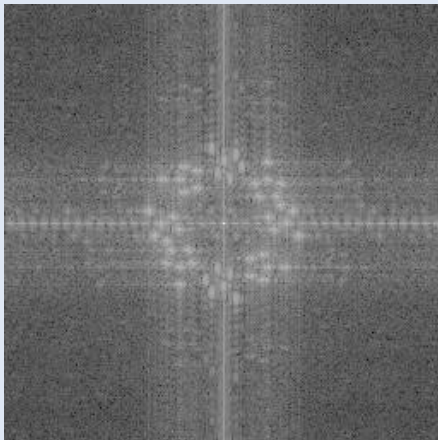
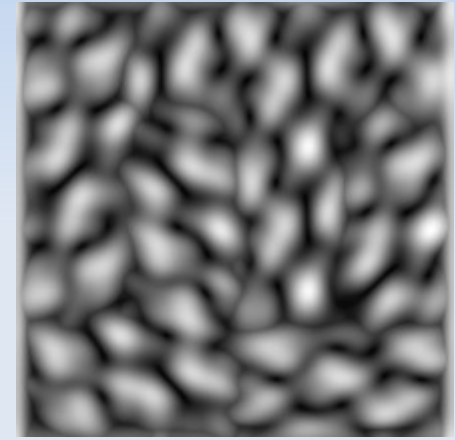
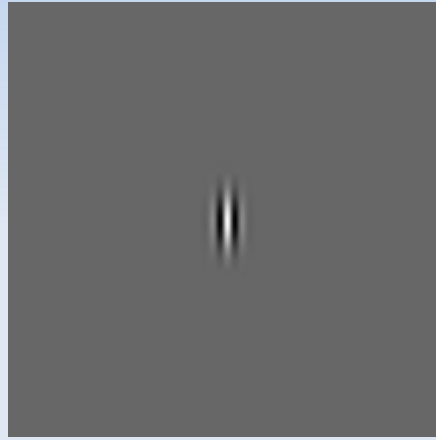
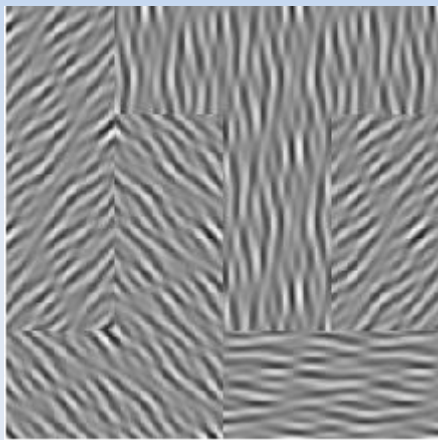
$$s = 0.56 \lambda$$

$$y' = -x \sin(\theta) + y \cos(\theta)$$

$$g = 0.5$$

Uso

- Convolución (espacial) o producto (frecuencial):

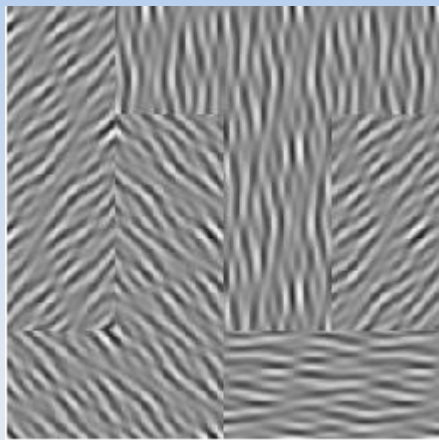


Filtros de Gabor

Simple cells

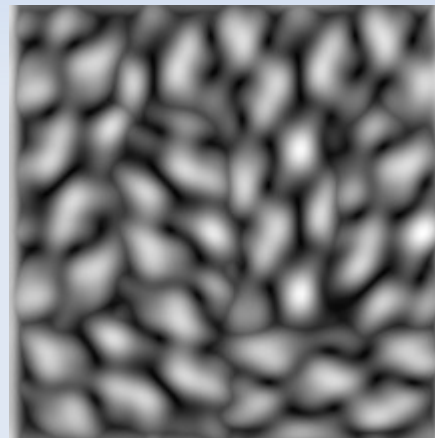
- Respuesta normalizada resultante de aplicar un filtro Gabor a una imagen.
- Dominio frecuencial (pasa banda).
- Dominio espacial (localización).
- Similitudes biológicas con los campos receptivos de las neuronas corticales.

Sistema



+

=



Simple cell

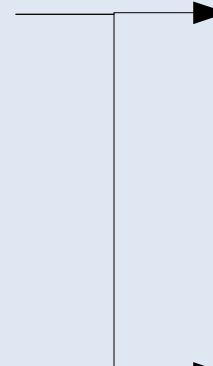


Imagen
segmentada

Clasificador
(K-Means)

Post-procesamiento

Filtros de Gabor

Post-procesamientos

- Simple cell: respuesta en bruto.
- Post-procesamiento: refinar la respuesta.
- Más utilizados:
 - Energía de Gabor (Gabor Energy).
 - Momentos Complejos (Complex Moments).
 - Células ¿de rejilla? (Grating cells).

Gabor energy

- Combina las respuestas de los filtros Gabor simétricos (Fase = $-\pi/2$) y antisimétricos (Fase = 0).

$$e(x, y) = \sqrt{r_{\varphi=0}^2(x, y) + r_{\varphi=-\pi/2}^2(x, y)}$$

Complex moments

- Los momentos complejos del espectro de poder local indican la presencia o ausencia de orientaciones de textura dominantes.
- $m+n$ indica el orden:
 - Orden par: respuesta máxima.
 - Orden impar: respuesta nula.

$$C_{m,n}(x,y) = \iint (u+iv)^m (u-iv)^n \tilde{p}_{u,v}(x,y) du dv$$

$$u = \frac{1}{\lambda} \cos(\theta) \quad v = \frac{1}{\lambda} \sin(\theta) \quad \tilde{p}_{u,v}(x,y) = p_{\lambda,\theta}(x,y)$$

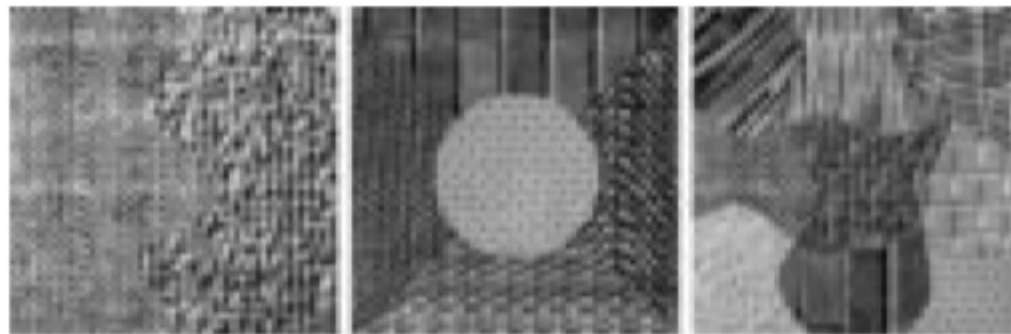
Grating cells

- Modelo computacional de los tipos de neuronas V1 y V2 encontradas en el cortex cerebral de los simios.
- Responden cuando en el campo visual hay al menos tres barras con la longitud de onda y orientación adecuadas.
- La respuesta aumenta con el número de barras y se satura sobre 10 barras.

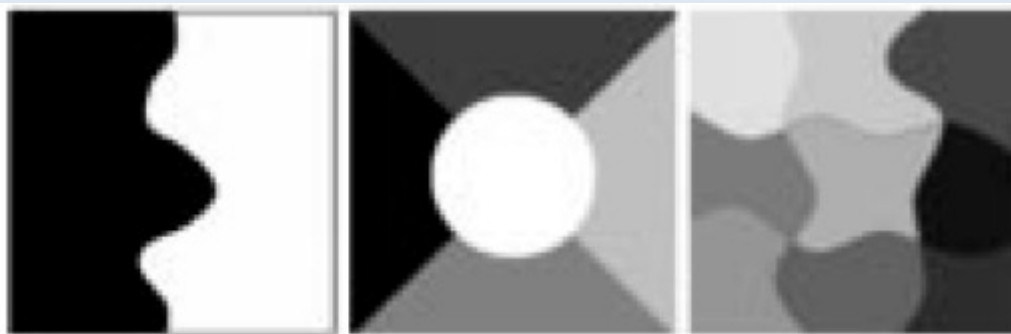
Grating cells

- **Fase 1:** calcular las respuestas a un patrón de tres barras en una orientación y longitud de onda concretas (*subunidades*).
- **Fase 2:** aumentar la respuesta acorde con el número de barras.

Comparativa



a) Input images



e) Perfect segmentation

Comparativa



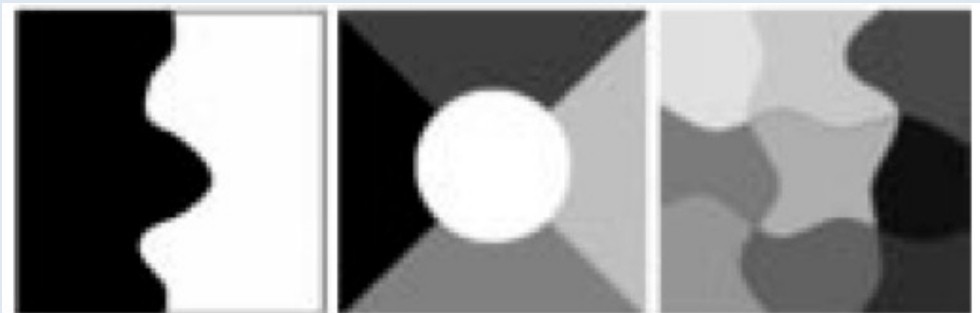
b) Gabor energy features



c) Complex moments features

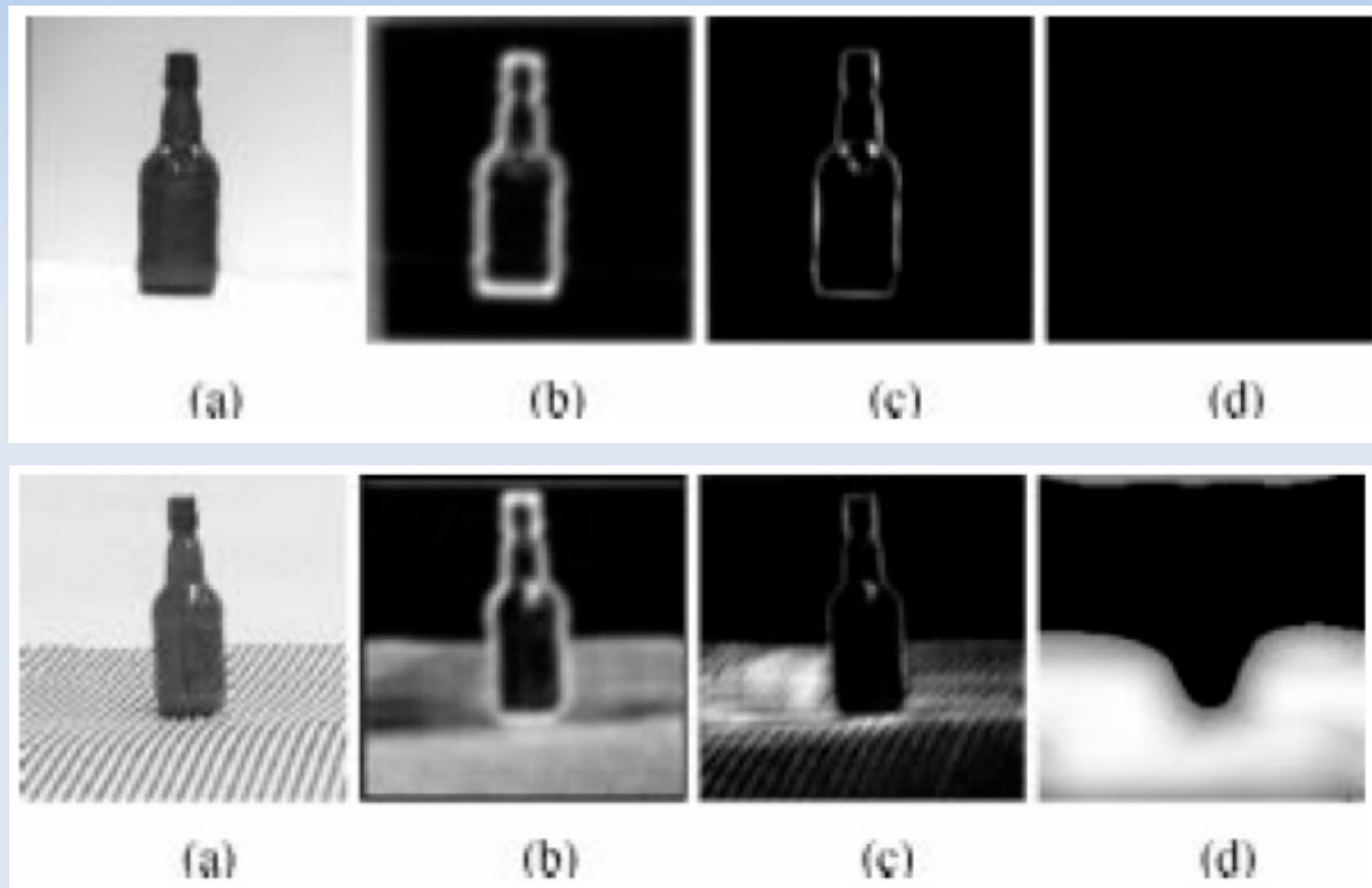


d) Grating cell operator features



e) Perfect segmentation

Comparativa



Filtros de Gabor

Recursos

- “Comparison of texture features based on Gabor Filters” Simona Grigorescu, Nicolai Petkov and Peter Kruizinga.
- <http://matlabserver.cs.rug.nl/>

Texturas

Flavio Banterla
Maite García
Miguel A. Veganzones

Grupo Inteligencia Computacional
Fac. Informática San Sebastián

Preguntas