

Introducción al Análisis de Imágenes Cerebrales

Grupo de Inteligencia Computacional
UPV-EHU

Maite Termenón



Introducción Imágenes Cerebrales

- **Composición del cerebro**
- Tipos de Imagen
- Tipos de Estudios
- Tratamiento de la Imagen
- Aplicaciones desde el punto de vista de inteligencia computacional

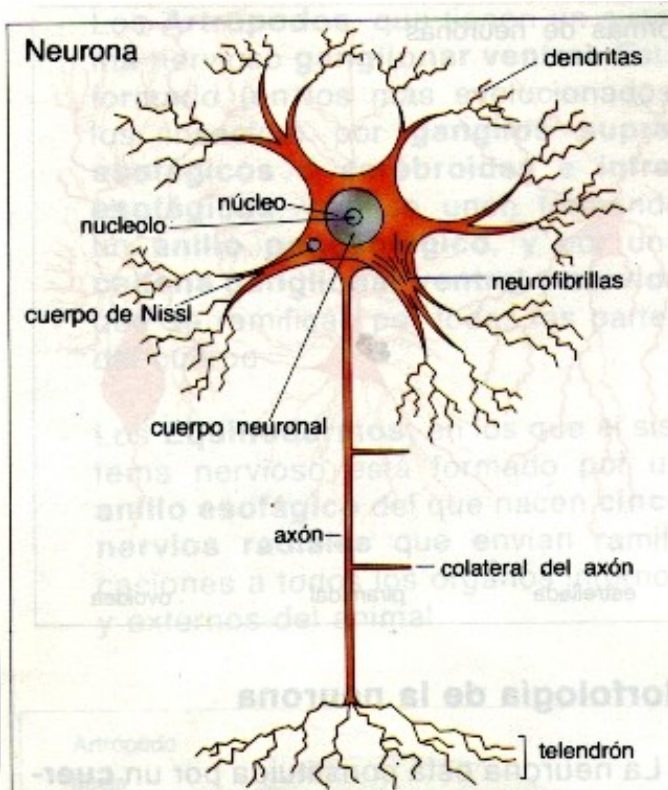
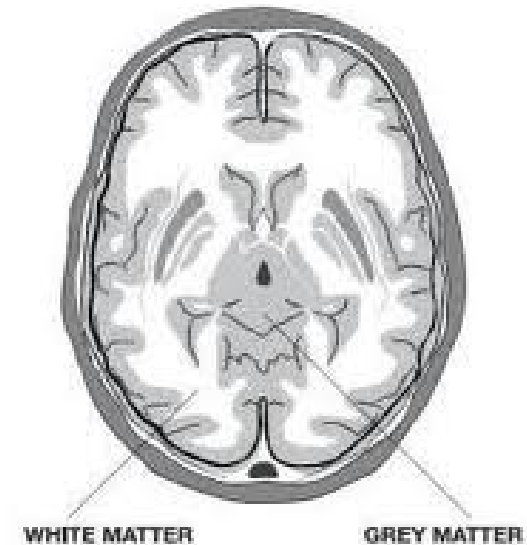
Tejidos cerebrales

- Existen **3 tipos de tejidos** en el cerebro:
 - Sustancia Gris (GM).
 - Sustancia Blanca (WM).
 - Fluido cerebroespinal (CSF).



Sustancia Gris:

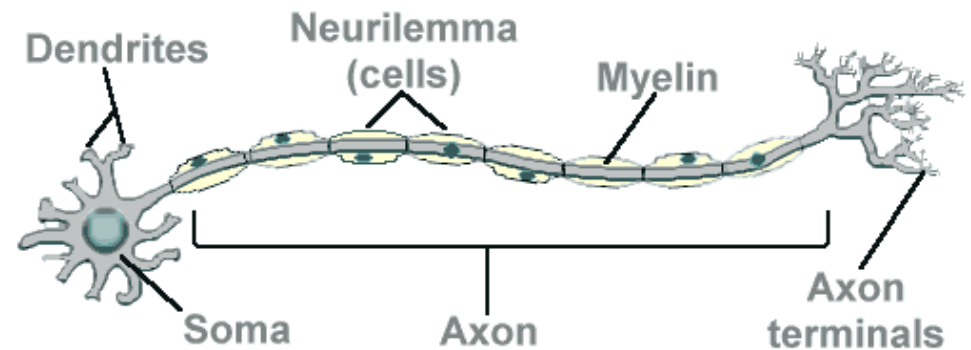
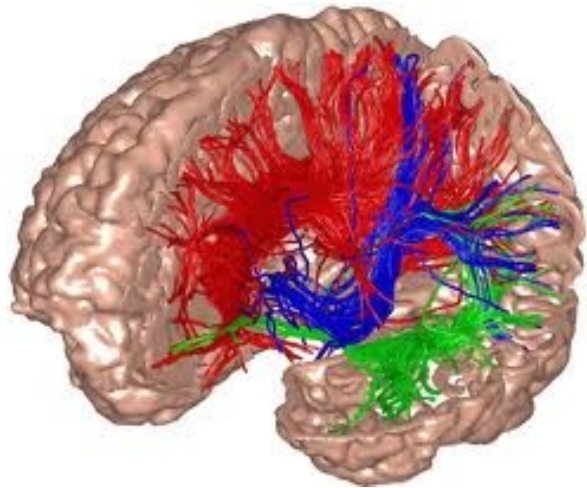
- Se asocia con la función del procesamiento de información, es decir, a la función del razonamiento.



- Se localiza en la superficie del cerebro, formando la corteza cerebral, que corresponde a la organización más compleja de todo el sistema nervioso.
- Formada, principalmente, por el cuerpo celular de las neuronas (soma) y las dendritas.

Sustancia Blanca:

- Conecta las diferentes áreas del cerebro, transportando los impulsos nerviosos entre neuronas.
- Se corresponde con la parte interior del cerebro.
- Formada principalmente de **axones** (parte de la neurona encargada de transmitir la información), recubiertos de mielina.

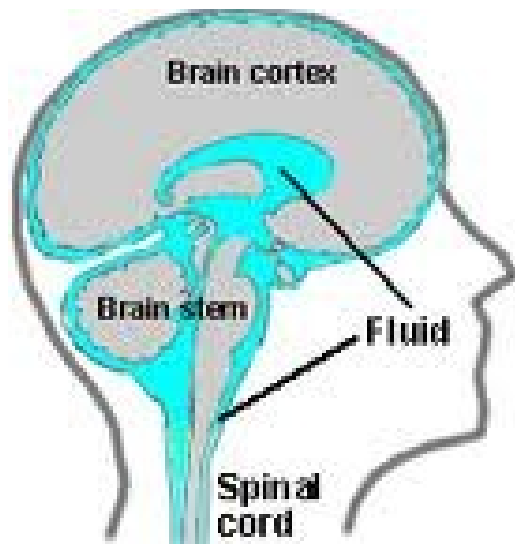


Fluido Cerebro Espinal:

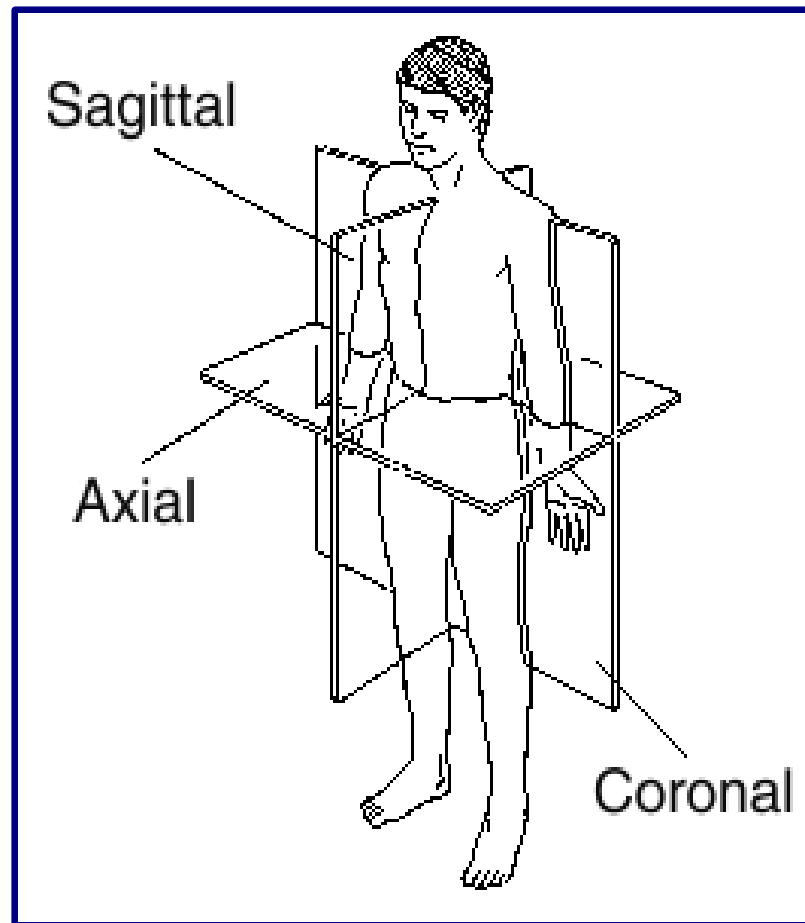
- Líquido de color transparente, que baña el encéfalo y la médula espinal.

- 3 funciones vitales:

- Proteger el encéfalo.
- Transportar los nutrientes al cerebro y eliminar los desechos
- Compensar los cambios en el volumen de sangre intracraneal, manteniendo una presión constante.



Planos anatómicos



Introducción Imágenes Cerebrales

- Composición del cerebro
- **Tipos de Imagen**
- Tipos de Estudios
- Tratamiento de la Imagen
- Aplicaciones desde el punto de vista de inteligencia computacional

Tipos de Imágenes

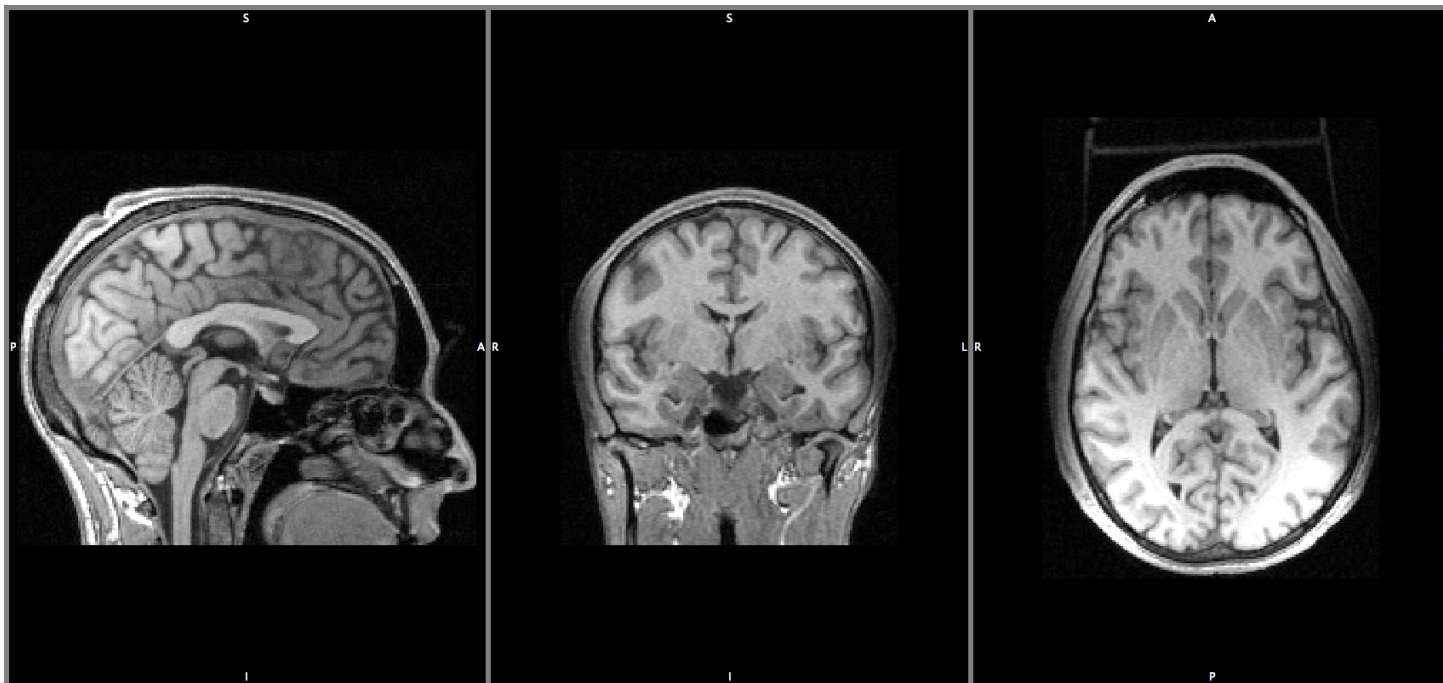
- Varios tipos de modalidades:
 - **Resonancia Magnética:**
 - Imágenes Estructurales (T1).
 - Imágenes Funcionales (fMRI).
 - Imágenes de Difusión (DWI/DTI).
 - Tomografía:
 - por emisión de positrones (PET).
 - computarizada por Emisión de Fotones Individuales (SPECT).

Cómo se obtiene una RM?

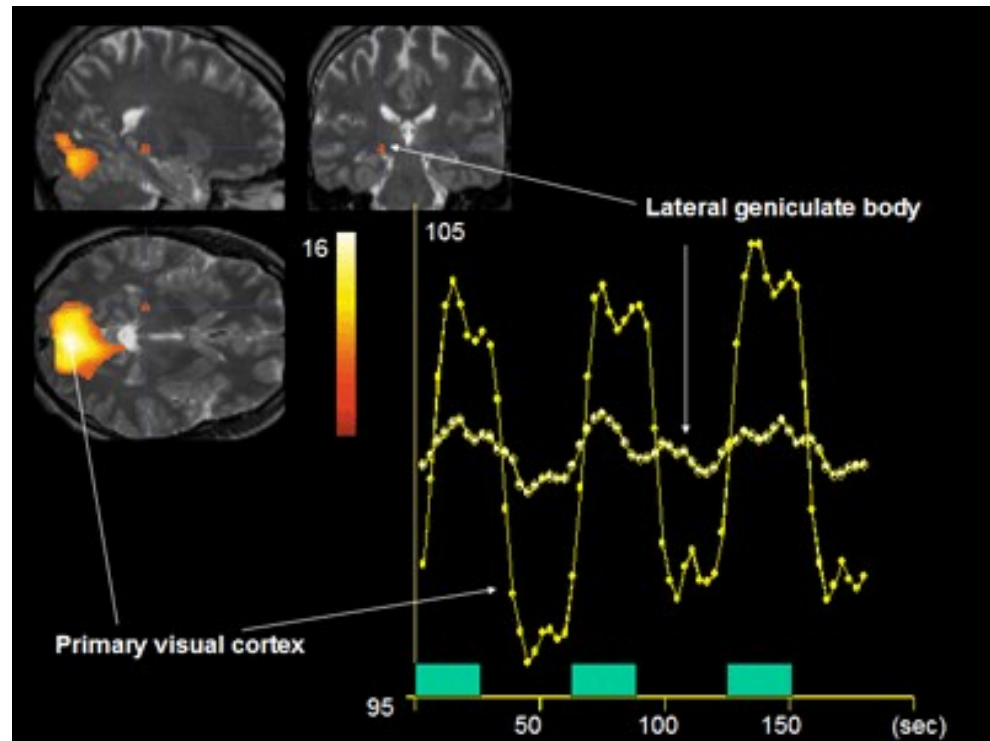
- Videos:
 - <http://www.youtube.com/watch?v=0YBUSOrH0lw>
 - <http://www.youtube.com/watch?v=3PviPaZhnSI>

RM Estructural

- Es la imagen que se obtiene al hacer una resonancia magnética convencional.
- Nos permite visualizar de manera contrastada la sustancia gris y la sustancia blanca.



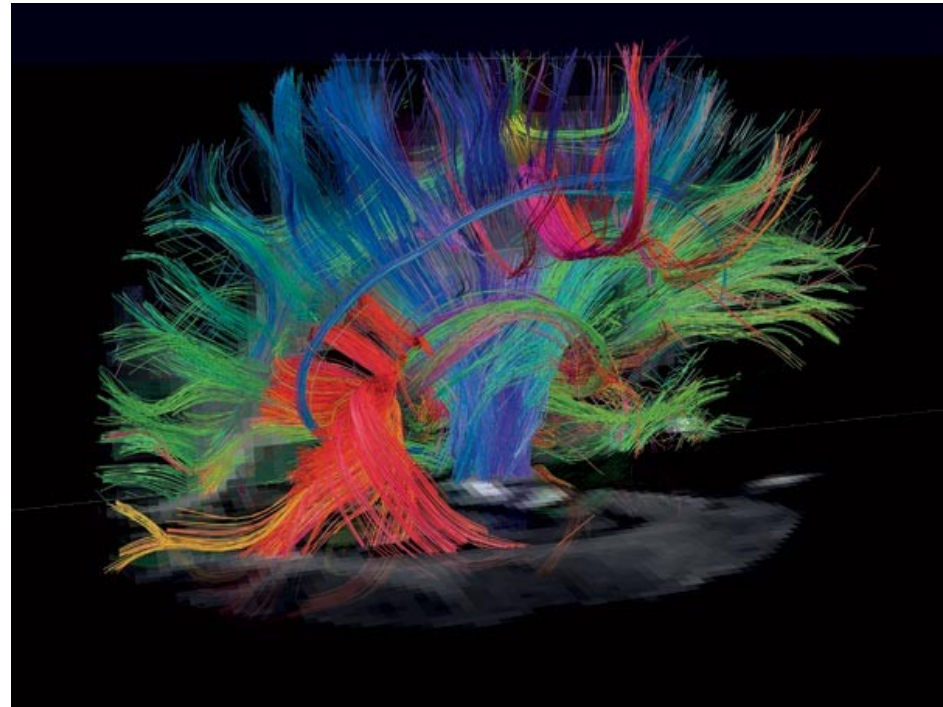
RM Funcional



Mide la respuesta hemodinámica relacionada con actividad neuronal en el cerebro, es decir, permite detectar zonas de mayor oxigenación en el cerebro cuando el paciente está realizando una tarea o se encuentra en estado de reposo.

RM de Difusión

Las imágenes con tensor de difusión (DTI) permiten cuantificar el grado y la dirección de difusión de las moléculas de agua en las fibras que forman la sustancia blanca del cerebro.

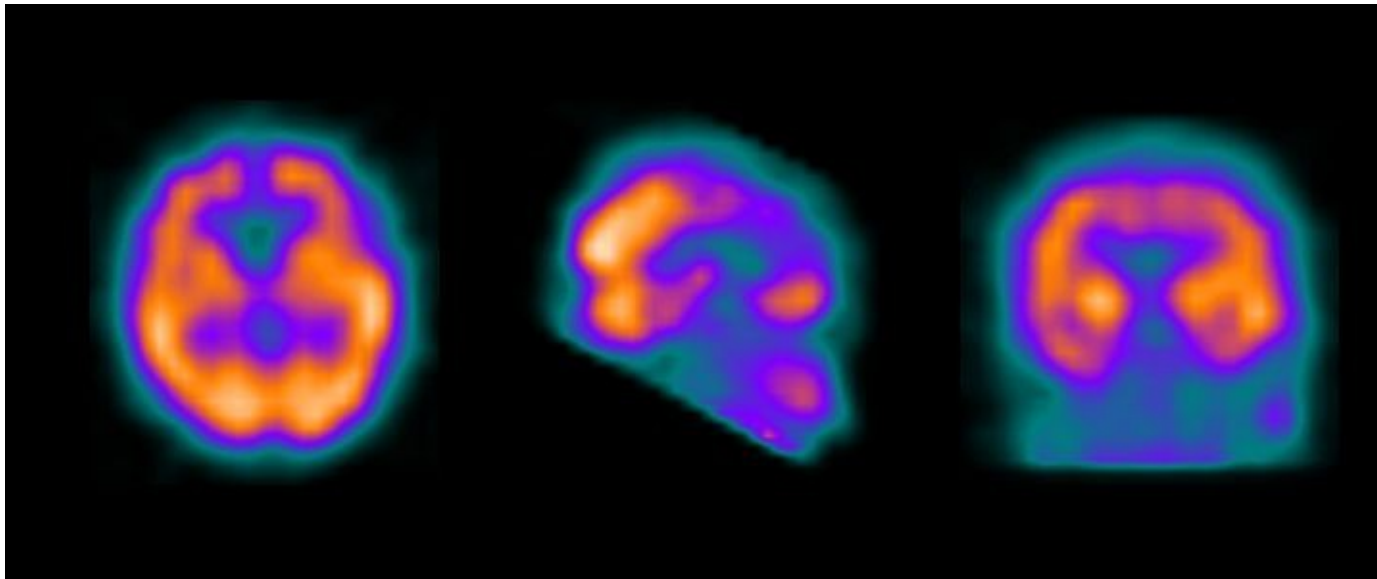


Tipos de Imágenes

- Varios tipos de modalidades:
 - Resonancia Magnética:
 - Imágenes Estructurales (T1).
 - Imágenes Funcionales (fMRI).
 - Imágenes de Difusión (DWI/DTI).
 - **Tomografía:**
 - por emisión de positrones (PET).
 - computarizada por Emisión de Fotones Individuales (SPECT).

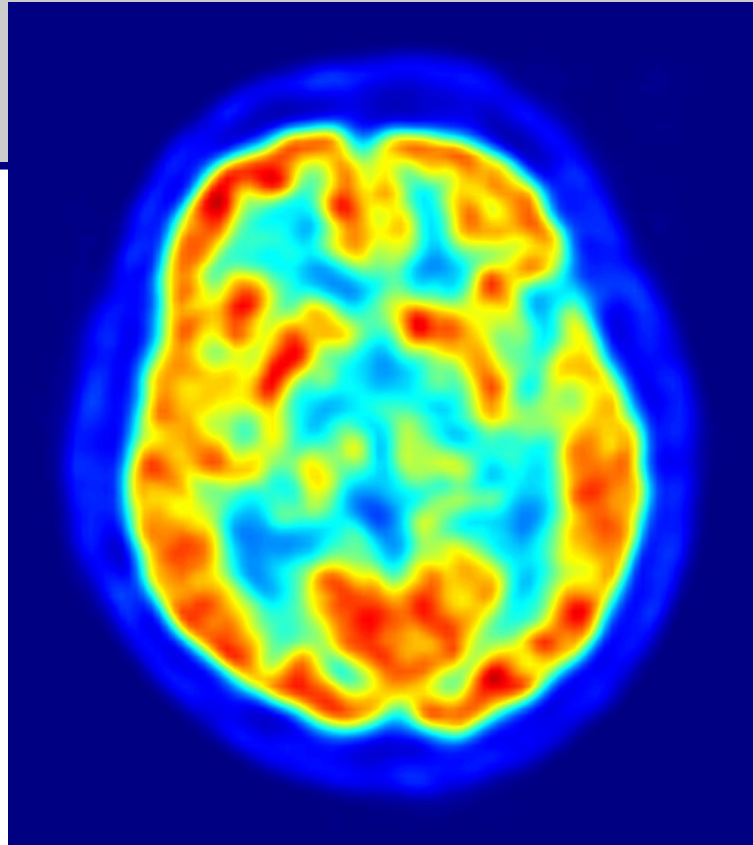
SPECT

- Es parecido a una radiografía pero sensible a los rayos gamma, en lugar de a los rayos X.
- Se trata de detectar y analizar la distribución tridimensional que adopta en el interior del cuerpo un radiofármaco administrado a través de una inyección intravenosa.



PET

- Parecida al SPECT pero de mayor resolución.
- Se utiliza un radiofármaco diferente de menor duración.
- Es más cara.



Introducción Imágenes Cerebrales

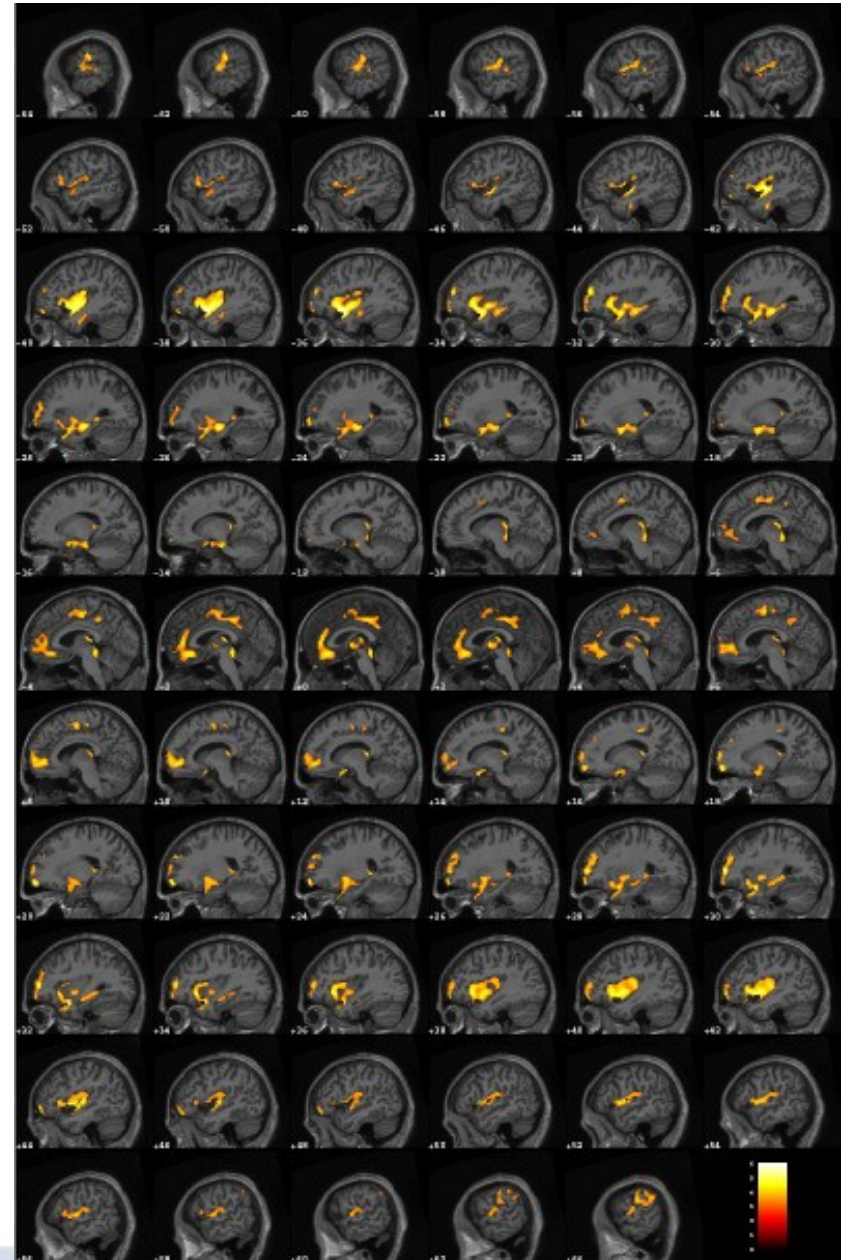
- Composición del cerebro
- Tipos de Imagen
- **Tipos de Estudios**
- Tratamiento de la imagen
- Aplicaciones desde el punto de vista de inteligencia computacional

Tipos de Estudios

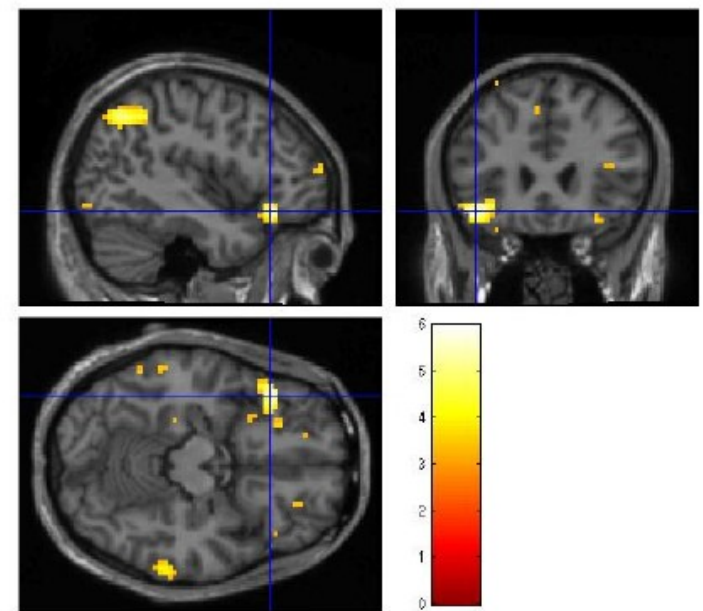
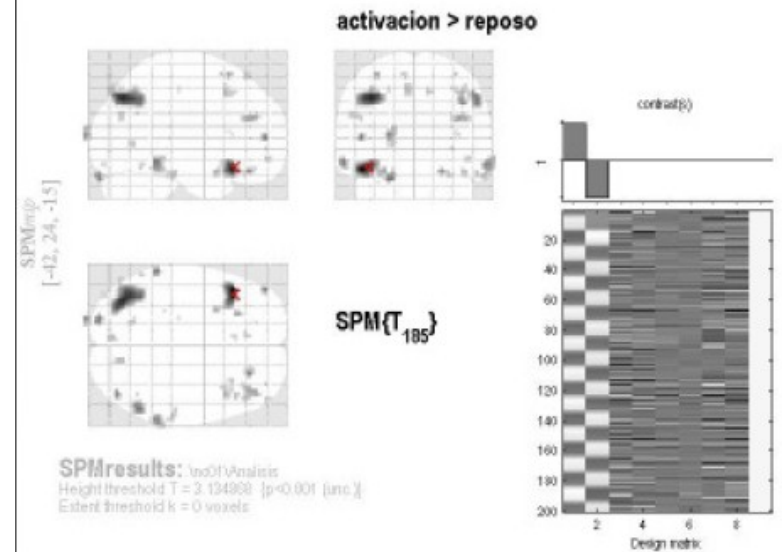
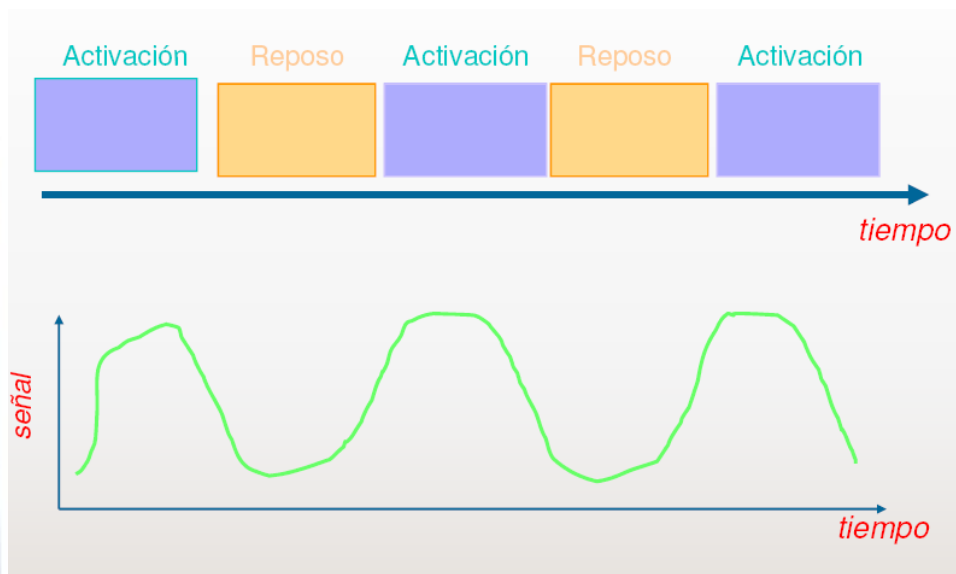
- Depende de los médicos y psicólogos
- Ellos deciden:
 - Diseño experimental:
 - Qué se quiere detectar?
 - Dónde?
 - En qué población?
 - Modalidad de imagen

Estudio estructural -VBM

- Estudios transversales:
Controles vs Pacientes
- Estudios longitudinales:
Pacientes PRE vs Pacientes POST



Estudio fMRI



Introducción Imágenes Cerebrales

- Composición del cerebro
- Tipos de Imagen
- Tipos de Estudios
- **Tratamiento de la imagen**
- Aplicaciones desde el punto de vista de inteligencia computacional

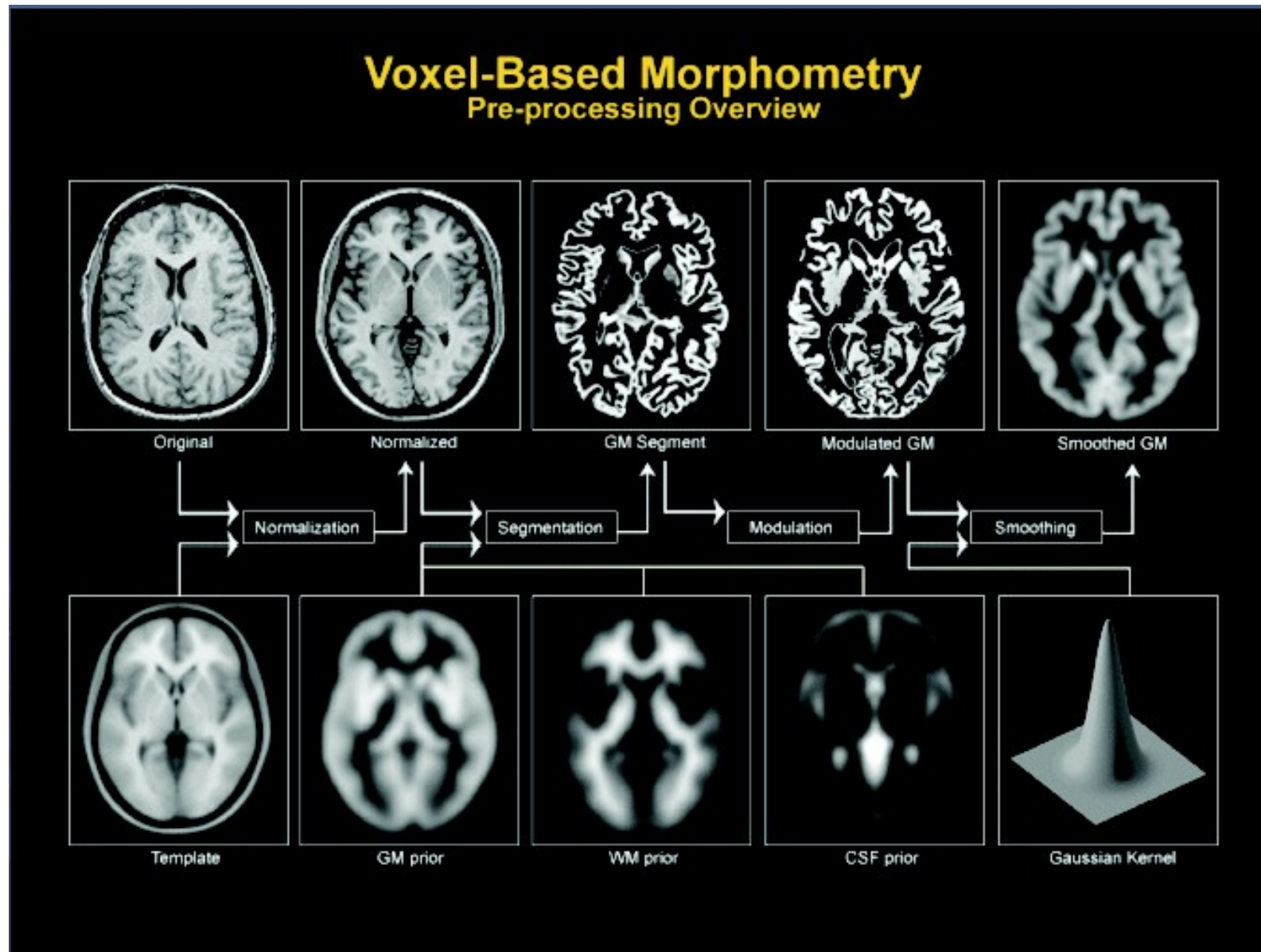
Tratamiento de la Imagen

- Buscando diferencias entre grupos...
 - Normalizar imágenes para que se puedan comparar.

Tratamiento de la Imagen

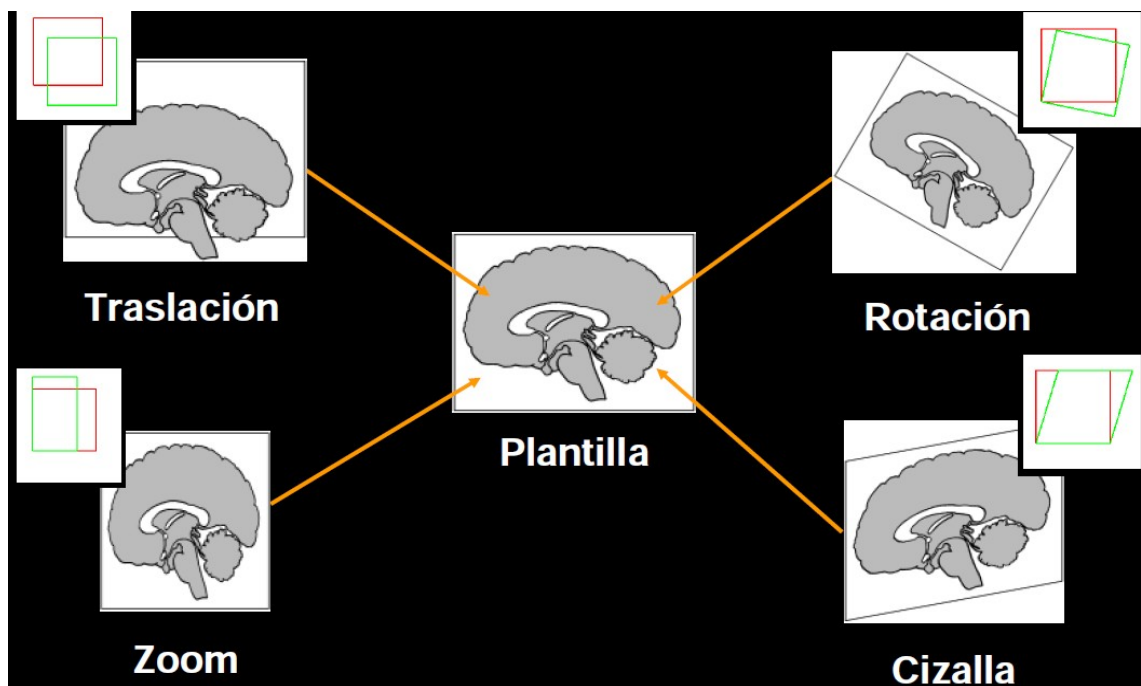
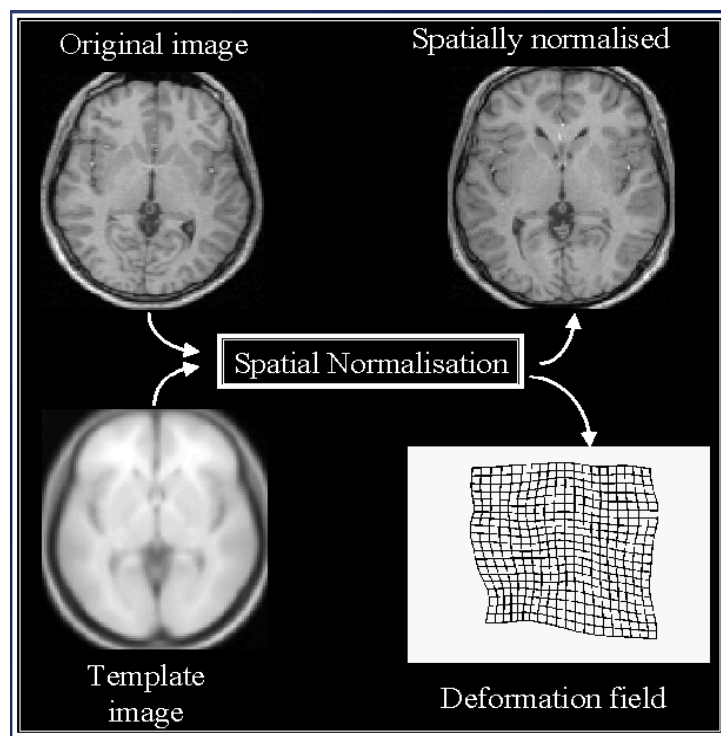
- Dependiendo del tipo de estudio:
 - Normalizar el volumen completo.
 - Segmentar el volumen en tejidos y normalizarlos
 - Usar como referencia:
 - Plantilla específica para la muestra
 - Plantilla Standard: MNI152 (mas habitual)

Ejemplo de Preproceso I



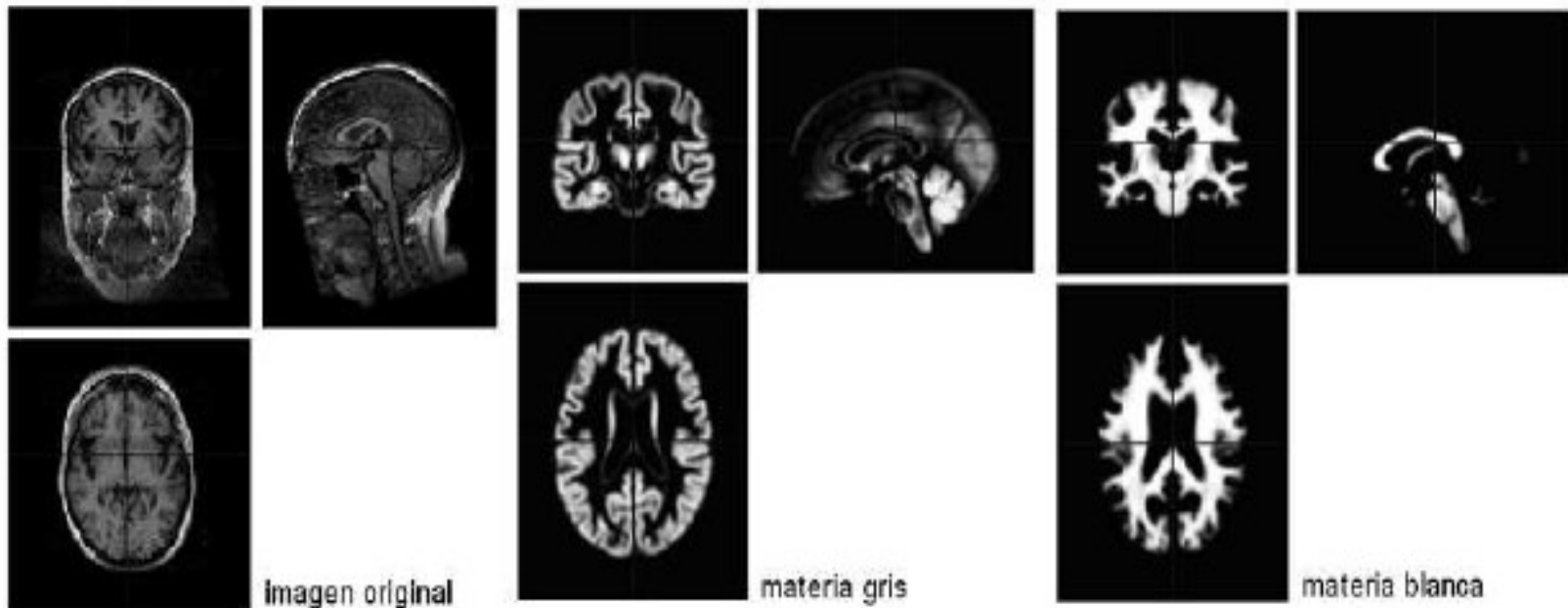
Normalización

- Consiste en ajustar la posición, la orientación y el tamaño de cada cerebro individual con un cerebro de referencia o template.
- Este proceso se realiza mediante una transformación de las coordenadas de la imagen original al espacio anatómico común.



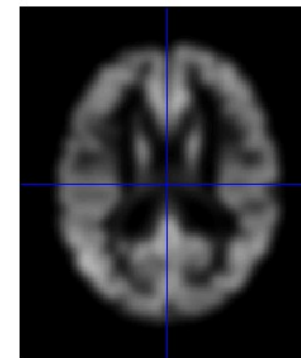
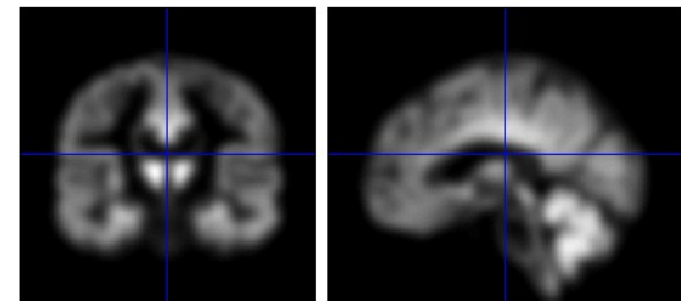
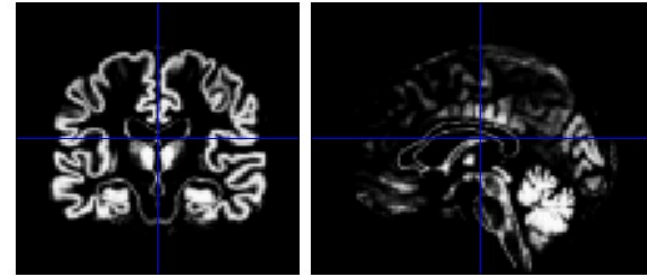
Segmentación

- Identificación y extracción de los tejidos de cada volumen, mediante una identificación de la escala de grises con los Mapas de Probabilidad de los Tejidos (TPM).

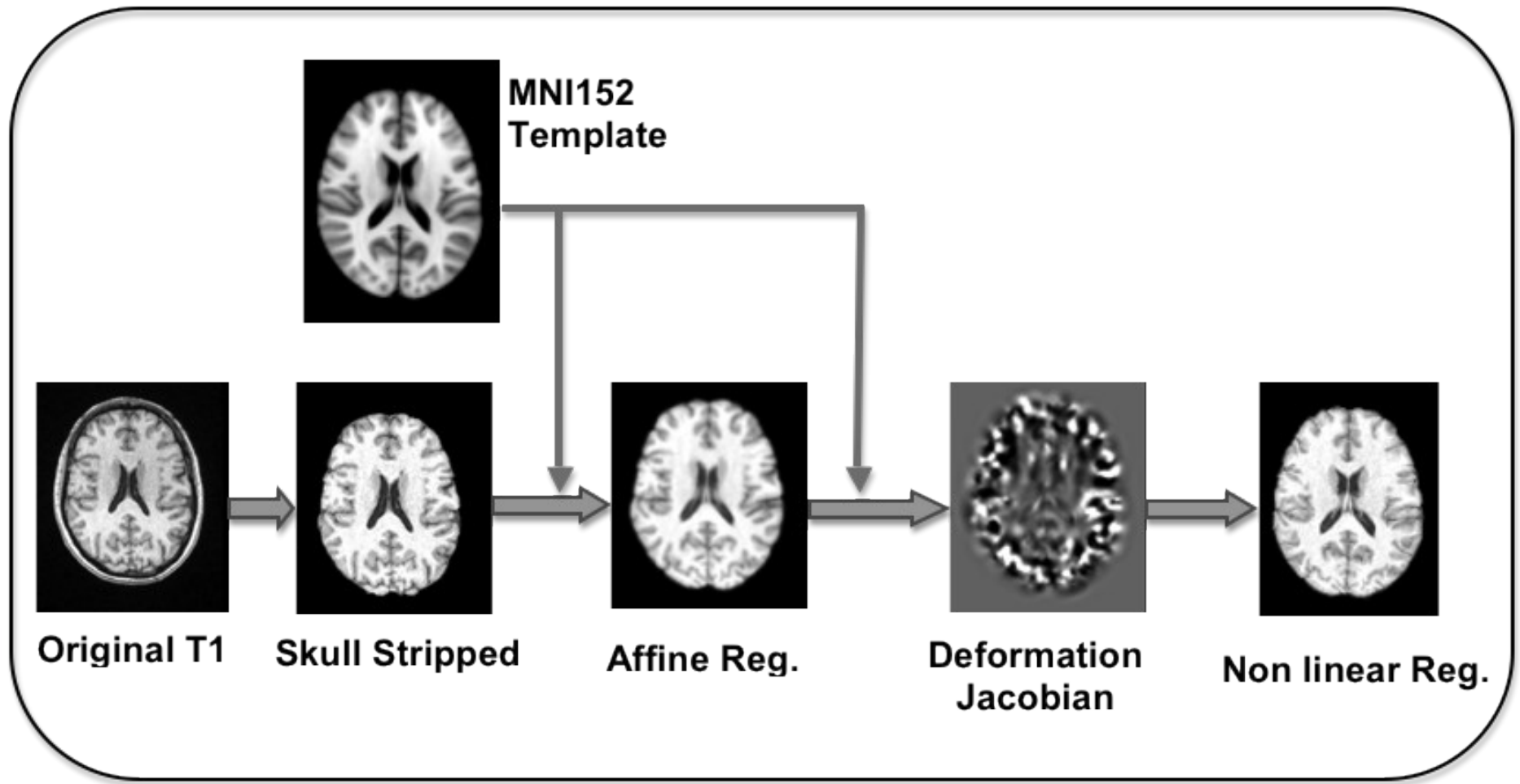


Suavización

- Que es? - Es un filtrado que suaviza los contornos de la imagen.
- Para que? - Para compensar diferencias anatómicas que no han superado la normalización, eliminar ruido, y facilitar el análisis estadístico.



Ejemplo de Preproceso II



SW:

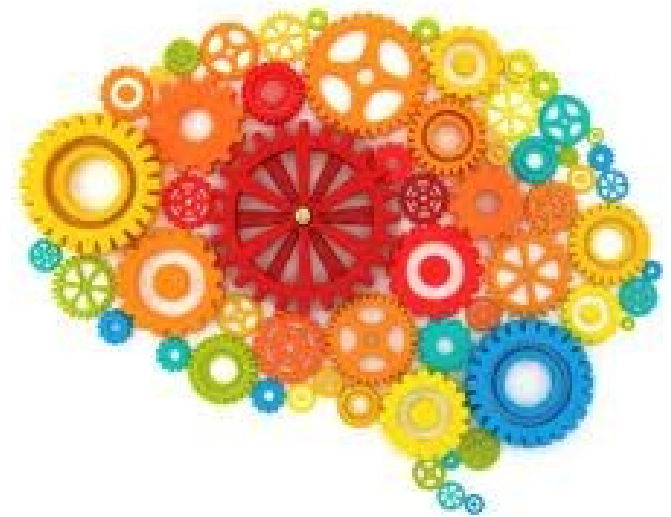
- Herramientas de SW libre:
 - FSL - <http://fsl.fmrib.ox.ac.uk/fsl/fslwiki/>
 - SPM - <http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>
 - BrainVISA - <http://brainvisa.info/>
 - MRICron - <http://www.mccauslandcenter.sc.edu/mricro/mricron/>

Introducción Imágenes Cerebrales

- Composición del cerebro
- Tipos de Imagen
- Tipos de Estudios
- Tratamiento de la Imagen
- **Aplicaciones desde el punto de vista de inteligencia computacional**

Qué buscan los médicos?

- Aprender cómo funciona el cerebro.
- Detectar anomalías.
- Signos de una enfermedad.
- Volumetría.
- ...



Qué podemos aportar nosotros?

- Herramientas de apoyo al diagnóstico:
 - Clasificación por enfermedad.
 - Regresión.
- Cómo?
 - Machine Learning – Pattern Recognition
 - Extracción de Features significativas
 - PCA, ICA, LICA, ...
 - Clasificación:
 - SVM, kNN, Random Forest, NN, ...

Estudios (I)

Graña, Termenon, Savio, Gonzalez-Pinto, Echeveste, Pérez, Besga: **“Computer Aided Diagnosis system for Alzheimer Disease using brain Diffusion Tensor Imaging features selected by Pearson’s correlation”**. Neuroscience Letters, September 2011.

- 45 sujetos – 25 Controles y 20 pacientes de Alzheimer
- Preprocesamos las imágenes estructurales y aplicamos la deformación a las imágenes de difusión.
- Aplicamos la correlación de Pearson a lo largo de los volúmenes, de cada voxel con la variable de control (paciente o control).
- Seleccionamos los voxeles más correlados para entrenar un clasificador SVM y ver si somos capaces de discriminar entre sujetos.

Estudios (II)

Termenon, Graña, Besga, Gonzalez-Pinto, Echeveste, Pérez: “**Diagnosis of Bipolar Disorder based on Principal Component Analysis and Support Vector Machines over the MRI deformation Jacobian**”. To send to Neuroscience Letters.

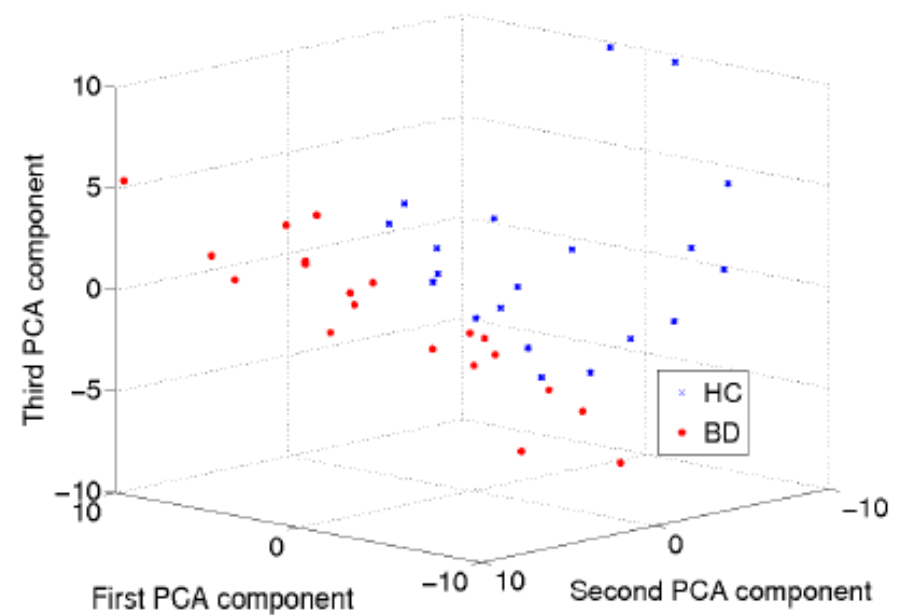
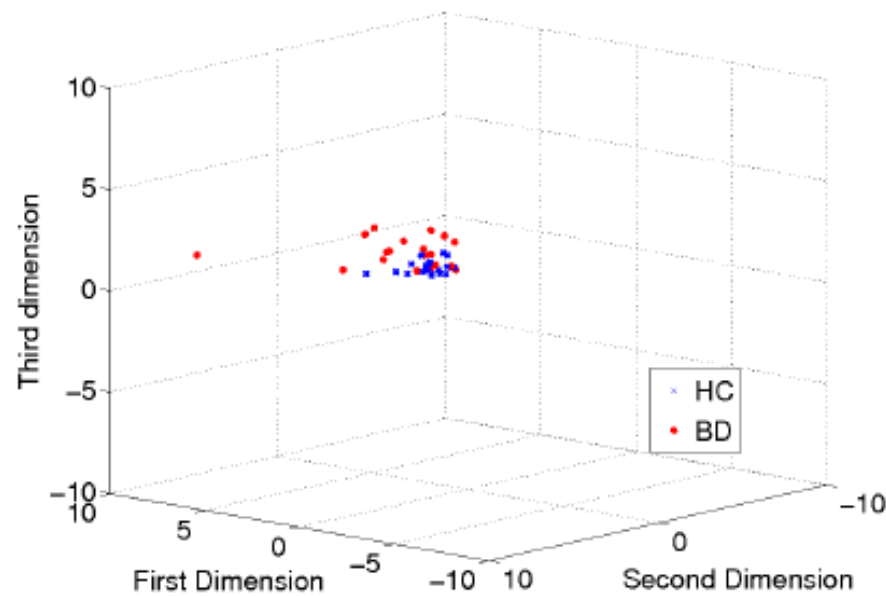
- 40 sujetos: 20 Controles y 20 pacientes con Trastorno Bipolar
- Preprocesamos las imágenes estructurales y nos quedamos con el jacobiano de la deformación.
- Previa selección de vóxeles a partir del cuadrado de la diferencia entre los dos grupos.
- Aplicamos el Análisis por Componentes Principales (PCA) para seleccionar las features mas relevantes.
- Clasificador SVM y ver si somos capaces de discriminar entre sujetos.

Estudio (II)

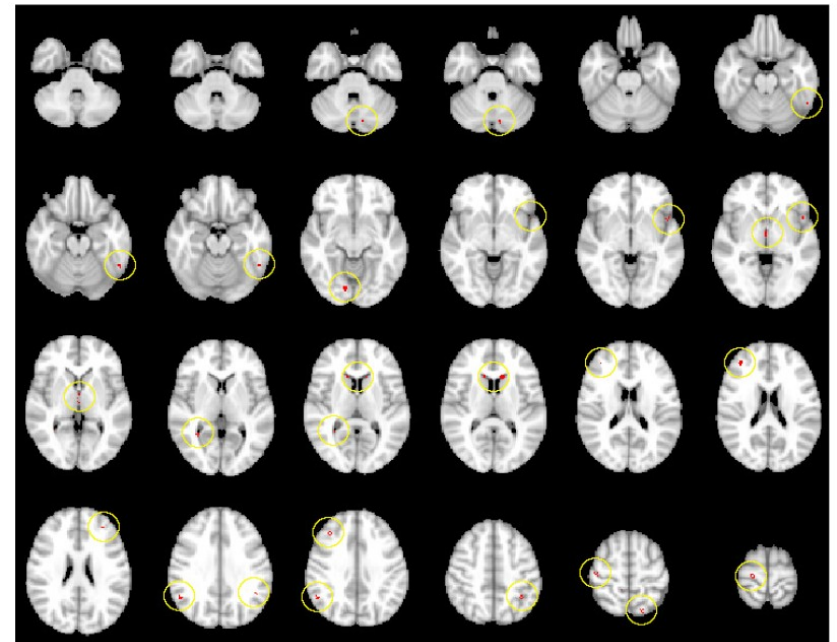
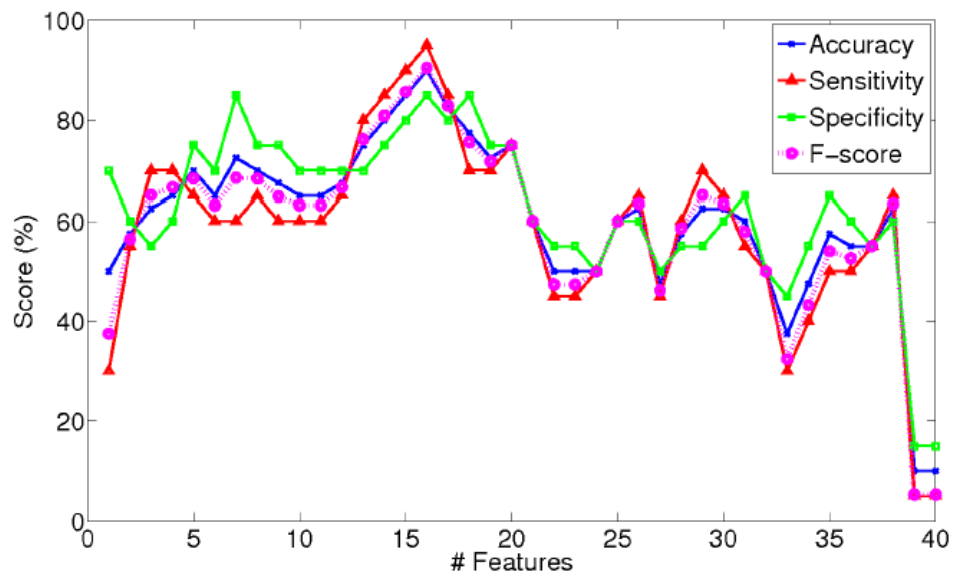
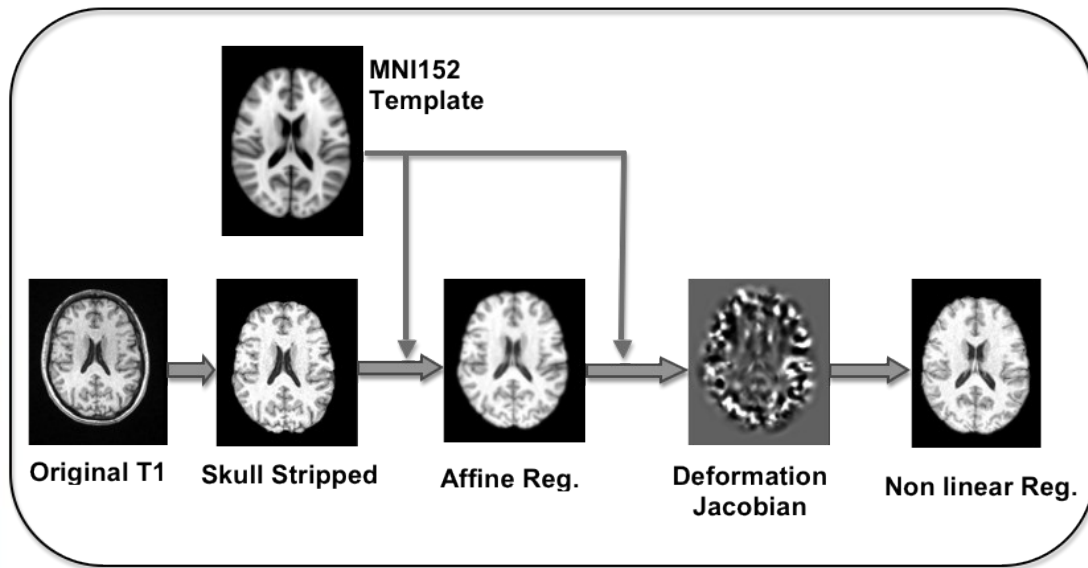
- PCA extrae la información relevante de un conjunto de datos multidimensional.
 1. Consider that the original data set is a matrix $\mathbf{X}^{m \times N}$ of $m \times N$, whose rows indicate the features and columns the samples.
 2. De-mean the data set \mathbf{X} obtaining a **zero mean dataset**: $\mathbf{Z} = \mathbf{X} - \bar{\mathbf{x}}\mathbf{1}^N$, where $\bar{\mathbf{x}} = (1/N) \sum_{i=1}^N \mathbf{x}_i$.
 3. Compute the **covariance matrix**: $\mathbf{C}^{m \times m} = \mathbb{E}[\mathbf{Z}\mathbf{Z}^T]$, where \mathbb{E} is the expected value.
 4. Perform the eigen-decomposition of $\mathbf{C}^{m \times m}$ obtaining a matrix of **eigenvectors** $\mathbf{V} = \{\mathbf{v}_i\}$, $i = 1, \dots, m$ and a vector of **eigenvalues** $\mathbf{D} = [\lambda_1, \dots, \lambda_m]$. The eigenvectors correspond to the **principal components**.
 5. **Sort** the principal components by their respective eigenvalues in decreasing order. Choose the $p < m$ first eigenvectors, \mathbf{V}_{sel} .
 6. Obtain the **new data set**: $\mathbf{X}_{PCA} = \mathbf{V}_{sel}\mathbf{Z}^T$

Estudio (II)

- Diferencia en la distribución de los datos antes y después de aplicar PCA.



Estudio (II)



Hay que tener en cuenta...

- Circularidad
 - Antes de empezar a extraer información relevante de las imágenes, hay que dividir el conjunto de datos en “training” y “test”.
 - La extracción de información se hará sobre el conjunto de “training” únicamente.
- Overfitting
 - Cuando las features seleccionadas no generalizan bien.

Publicaciones en Revista:

- Termenon, Graña, Besga, Echeveste, Gonzalez-Pinto: "**Lattice Independent Component Analysis feature selection on Diffusion Weighted Imaging for Alzheimer's Disease Classification**". Neurocomputing, 2012.
- Besga, Termenon, Graña, Echeveste, Pérez, Gonzalez-Pinto: "**Discovering Alzheimer's Disease and Bipolar Disorder white matter effects building Computer Aided Diagnostic systems on Brain Diffusion Tensor Imaging features**". Neuroscience Letters, May 2012.
- Graña, Termenon, Savio, Gonzalez-Pinto, Echeveste, Pérez, Besga: "**Computer Aided Diagnosis system for Alzheimer Disease using brain Diffusion Tensor Imaging features selected by Pearson's correlation**". Neuroscience Letters, September 2011.
- Termenon, Graña: "**A two stage sequential ensemble applied to the classification of Alzheimer's Disease based on MRI features**". Neural Processing Letters, September 2011.
- Savio, Charpentier, Termenon, K. Shinn, Graña: "**Neural classifiers for schizophrenia diagnostic support on diffusion imaging data**". Neural Network World, November 2010.