

## Aplicación semiautomática para la identificación de tejidos del cerebro humano basado en el Atlas de Talairach y Tournoux

M.G. Forero, J.O. Bocanegra

Grupo de Investigación en Computación Gráfica y Procesamiento de Imágenes OHWAHA

Universidad Nacional de Colombia

E mail: [mforero@ing.unal.edu.co](mailto:mforero@ing.unal.edu.co)

### RESUMEN

Este artículo presenta una aplicación para la ubicación semiautomática del atlas de Tailarach y Tournoux (TT) sobre una serie consecutiva de cortes de IRM de la cabeza ponderados en T1. Se incluye una técnica novedosa para la ubicación y formación de la malla utilizada por la técnica de TT y una conexión a una base de datos, donde se mantiene la información de los distintos tejidos contenidos dentro del cerebro, de tal manera que el usuario puede conocer fácilmente el nombre y la localización de las estructuras incluidas en la imagen.

Palabras clave: Atlas cerebral, resonancia magnética, procesamiento de imágenes, mediciones.

### ABSTRACT

This paper presents a software that employs a new technic for the semiautomatic localization of the grid system of Tailarach and Tournoux (TT). The grid is imposed in a consecutive serie of T1 MRI slides of the head. The software includes a data base that keep the names of the tissues of the brain, so users can know easily the name and localisation of the structures indicated in the image.

Keywords: Brain atlas, MRI, image processing.

## Aplicación semiautomática para la identificación de tejidos del cerebro humano basado en el Atlas de Talairach y Tournoux

### 1. INTRODUCCIÓN

Un atlas cerebral es una representación gráfica de la neuroanatomía del cerebro. A través de él se puede recolectar información de los diferentes tejidos y órganos que lo constituyen; y más importante aún, se pueden establecer relaciones espaciales de las funciones y la anatomía cerebral. Uno de los mayores inconvenientes para el estudio del cerebro es la forma en que varía de un sujeto a otro. Aunque se conocen algunas características propias de la especie y del género, no son suficientes para integrar todos los aspectos anatómicos de este órgano.

El atlas de Talairach y Tournoux es un cerebro estándar definido por los franceses Jean Talairach y Pierre Tournoux a partir del estudio de 100 cerebros [1]. Cada página del atlas describe un corte del cerebro humano relacionado con un sistema de coordenadas basado en una malla en tres dimensiones. Este atlas cerebral tiene una importante función en la normalización anatómica requerida en procedimientos quirúrgicos, particularmente en los tejidos que presentan poca variabilidad entre las personas, o para estructuras cercanas al origen del sistema de referencia. A partir de este estudio encontraron muy pocas variaciones en el cerebro y fijaron la malla 3D que puede ser ubicada sobre el cerebro para la identificación de tejidos y el empleo en estereotaxia.

Para dividir el cerebro en regiones más pequeñas esta técnica establece la malla tridimensional de acuerdo a las dimensiones máximas del cerebro y a un sistema de referencia basado en dos puntos anatómicos: las comisuras anterior y posterior. Este sistema puede ser adaptado a un cerebro de cualquier tamaño y también puede ser utilizado en el estudio de imágenes neuroradiológicas.

La técnica de Talairach y Tournoux presenta dos grandes limitaciones: La primera, al trabajar con cortes sagitales que muestran una notoria inclinación respecto a la línea interhemisférica, se expone una superposición de tejidos en la imagen sobre la comisura anterior (punto requerido para la formación de la malla); por esta razón los autores proponen trabajar con conjuntos de imágenes que tengan como máximo dos grados de inclinación a partir del plano interhemisférico. La segunda limitación es su aplicación manual. Adicionalmente, en muchas ocasiones se presentan dificultades en la identificación de estructuras debido a la calidad y a la resolución de la imagen.

Teniendo en cuenta las dificultades mencionadas, se ha implementado una aplicación que emplea una técnica semiautomática para la identificación de los tejidos del cerebro humano basado en el atlas de Talairach sobre una serie consecutiva de cortes de IRM ponderados en T1. El software desarrollado permite construir cortes con cualquier inclinación a partir de un conjunto de imágenes de resonancia magnética de tomas axiales consecutivas y montar sobre ellas la malla de Talairach utilizada para la identificación de tejidos y una conexión a una base de datos, donde se mantiene la información de las distintas estructuras contenidas dentro del cerebro mencionada por TT.

### 2. METODOLOGÍA

La investigación fue realizada sobre 15 series de imágenes axiales consecutivas ponderadas en T1 de 256x256 píxeles, cada una de 82 imágenes como mínimo con un grosor de 1 mm y una separación de 1 mm entre ellas, y tomadas a diferentes pacientes utilizando dos resonadores G.E. Vectra II 1.5 T. y Philips 1.5 T.[2].

A partir de la serie de cortes axiales se construye un arreglo tridimensional. De éste se obtienen por interpolación lineal los cortes sagital y coronal.

## Aplicación semiautomática para la identificación de tejidos del cerebro humano basado en el Atlas de Talairach y Tournoux

Además, pueden crearse nuevos cortes sobre cualquier plano, recorriendo la serie de imágenes en el sentido del plano obtenido (definido por una línea trazada por el usuario sobre cualquiera de los cortes principales: axial, sagital o coronal) y aproximando el valor del nivel de gris de cada pixel al valor promedio de los pixeles más cercanos.[3].

Para la utilización del atlas es necesario determinar el plano sagital verdadero P1, es decir aquel que corta la cabeza exactamente por el espacio interhemisférico (EI). Para hallarlo basta determinar la línea que pasa por el EI en los planos axial y coronal.

Así, se escoge el plano axial ubicado a 2/3 de la base de la serie de cortes, en el cual se observa claramente el EI. Dado que la forma de la primitiva que más se aproxima al EI es la línea recta, se decidió emplear la transformada de Hough con el fin de establecer este espacio. Esta transformada identifica además posibles líneas en el fondo. Con el fin de identificar únicamente la línea interhemisférica como la más extensa dentro de la imagen y evitar líneas erróneas se segmentó manualmente encontrando el intervalo de niveles de gris que incluyera más información de la línea interhemisférica pero a la vez permitiera diferenciarla de los demás tejidos del cerebro. De esta forma se concluyó que la información de la línea interhemisférica se encuentra localizada entre el primer valle del histograma y el valle anterior al segundo pico. El intervalo de segmentación se muestra en la Fig. 1.

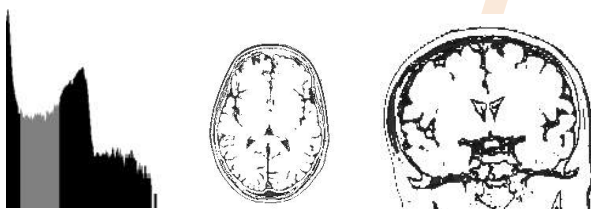


Fig. 1. Intervalo de segmentación para la obtención de la línea interhemisférica en los cortes axial y coronal.

Para encontrar los valores de los niveles de gris N1 y N2 se debe realizar previamente un procedimiento de suavización del histograma, reemplazando cada valor dentro de la gráfica por el promedio de la frecuencia de los niveles de gris adyacentes. Esta suavización es suficiente para hallar el punto N1 implementando un algoritmo sencillo que seleccione el pico más alto de la gráfica y se desplace hacia la derecha hasta encontrar un punto que cumpla la condición  $f(N_i) \geq f(N_i+1)$ . Sin embargo, las condiciones del nivel N2 son un poco diferentes ya que la suavización en este rango de la gráfica no es suficiente, por tanto el histograma todavía contiene ruido. El algoritmo para encontrar este punto recorre el histograma desde el segundo pico más alto hacia el primer nivel, encontrando un valor con frecuencia similar a la de N1.

Una vez binarizada la imagen se utiliza el algoritmo de Hough para encontrar la inclinación de la línea interhemisférica L1 sobre la imagen axial (Fig. 2). Para la información de la línea interhemisférica es suficiente para hallar el EI en las imágenes axiales, ya que ésta representa la línea más larga dentro de la imagen binarizada. Sin embargo, esta técnica debe ser modificada para obtener la línea que pasa por el EI en las tomas coronales L2 ya que éste aparece muy pequeño y el ruido existente hace que la técnica falle en algunos casos. Para corregirlo se determinan los bordes extremos del cerebro sobre el corte axial A1 y A2. Para ello, se halla el perfil de la imagen axial determinada por L1. Este perfil presenta dos picos o que representan los puntos de intersección de la línea con el cuero cabelludo (Fig. 2). A partir de estos puntos el valor del perfil descende acercándose a cero y nuevamente se incrementa con la intersección del cerebro. Así, sobre el perfil se halla el primer pico de valores y a partir de él, se descende a encontrar el valor más cercano a cero desde los diez lugares siguientes. Este procedimiento se repite en dirección contraria para encontrar el límite opuesto al cerebro. Se toma entonces el corte coronal ubicado a 1/4 de la distancia entre A1 y A2, y se calcula L2 mediante la transformada de Hough como la línea

## Aplicación semiautomática para la identificación de tejidos del cerebro humano basado en el Atlas de Talairach y Tournoux

interhemisférica que se intersecta con L1 considerando únicamente una zona de 10 cortes arriba y abajo del corte axial analizado antes.

Hallado P1 se localizan manualmente y de manera fácil las comisuras anterior y posterior CA y CP.

Para hallar los límites exteriores frontal y posterior de la malla, se reutiliza la técnica para encontrar A1 y A2 sobre el perfil correspondiente al corte axial perpendicular a P1 y que pasa por CA y CP. El proceso se repite para hallar los bordes laterales. Se calcula el perfil sobre todas las líneas entre CA y CP perpendiculares a P1 y se toman los valores máximos. Para hallar el límite exterior superior se encuentran los perfiles de las líneas ubicadas entre CA y CP sobre el corte sagital correspondiente a P1. El límite externo inferior no puede ser encontrado automáticamente pero se halla aproximadamente a la tercera parte de la distancia entre la línea CA CP y el límite externo superior.

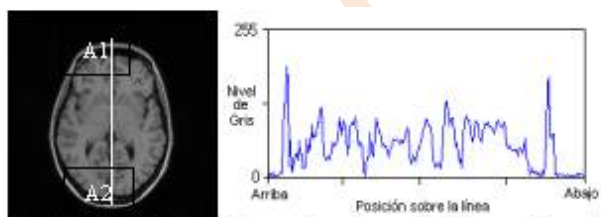


Fig. 2. Perfil de la línea interhemisférica sobre el corte axial.

A partir de la disposición de los puntos anatómicos utilizados como parámetros se crea y dibuja la malla de TT dividida de acuerdo la técnica establecida. (Fig. 3).

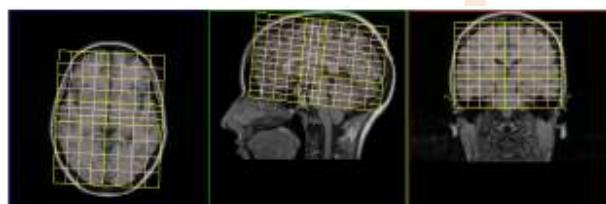


Fig. 3. Visualización de la malla sobre los cortes transversal, coronal y sagital.

Una base de datos fue construida a partir de la información de la investigación de TT. Ella contiene para cada tejido el nombre y las posibles direcciones dentro de la malla en donde puede aparecer. Adicionalmente la información ha sido complementada basándose en varios libros de neuroanatomía[. La aplicación cuenta con la conexión respectiva a la base de datos, de esta manera, el usuario al desplazar el puntero del ratón sobre una subregión de la malla puede conocer el nombre de las estructuras que se encuentran contenidas dentro de él (Fig. 4).

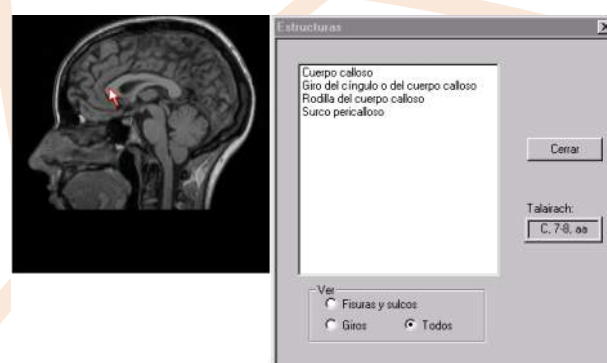


Fig. 4. Visualización del nombre de los tejidos ubicados en las coordenadas de TT señalados por el cursor.

### 3. RESULTADOS

Basados en la técnica presentada fue desarrollada una aplicación en lenguaje C++ bajo Win32. Esta fue probada sobre los 15 conjuntos de imágenes y los resultados arrojados se muestran en la Tabla I. Los resultados presentados fueron validados por dos médicos expertos

Tabla I. Resultados de la aplicación.

Técnica	Exitos	Porcentaje (%)
Corrección de la inclinación de la cabeza sobre el corte axial	14	93
Corrección de la inclinación de la cabeza sobre el corte coronal	9	60
Cálculo del tamaño de la malla	14	93



## Aplicación semiautomática para la identificación de tejidos del cerebro humano basado en el Atlas de Talairach y Tournoux

La interfaz de la aplicación está diseñada para que el usuario pueda observar fácilmente las estructuras de una región con su respectiva coordenada de Talairach. Al desplazar el puntero del ratón sobre las imágenes, la lista de tejidos se actualiza automáticamente, brindando al médico la oportunidad de identificar las áreas de interés del paciente.

### 4. DISCUSIÓN

El sistema propuesto para la identificación de la inclinación de la cabeza es claramente confiable dentro de las tomas axiales, su reconocimiento por parte del algoritmo de Hough presenta un porcentaje de éxitos del 93%. La identificación de la línea L2 es menos confiable, pues consigue su objetivo en el 60% de los casos. Se observa que las técnicas utilizadas para el montaje de la malla funcionan correctamente en el 93% de los casos. El caso erróneo se presentó por un cálculo incorrecto debido al ruido que distorsionó la forma del perfil, ruido producido por la grasa medular del diploide (Fig. 5), puede determinar un error en la localización de la malla de  $\pm 3\text{mm}$ . En estos casos la aplicación permite la corrección manual de la posición, el tamaño y la inclinación de la malla.

La calidad de los cortes obtenidos en la aplicación depende de la distancia entre los cortes a la cual fueron tomados y el grosor de los mismos.

### 5. CONCLUSIONES

Se ha presentado una aplicación que permite el reconocimiento de estructuras cerebrales y su localización sobre cualquier corte realizado sobre una serie consecutiva de imágenes basado en la malla de Talairach y Tournoux. En la elaboración de la aplicación se introdujo una técnica novedosa para la automatización del ajuste de la malla, desarrollando algoritmos originales que permiten encontrar la inclinación de la cabeza y utilizar el atlas de TT sobre cualquier serie consecutiva de imágenes de la

cabeza, superando las limitaciones originales del atlas. El software desarrollado incluye una base de datos que permite la identificación de las estructuras cerebrales. La veracidad de la identificación está determinada por la comparación con el atlas de Talairach.

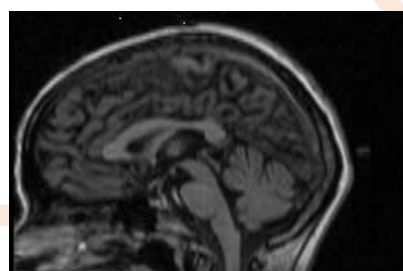


Fig. 5. Ruido en el perfil debido a la grasa medular del diploide.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer la colaboración de los médicos Julio Araque y Jaime Martinez.

### REFERENCIAS

- [1] J. Talairach and P. Tournoux, "Referentially oriented cerebral MRI anatomy", Thieme Medical Publishers. 1993.
- [2] J. O. Bocanegra, "Prototipo de atlas digital del cerebro humano" Tesis ingeniería de sistemas. Universidad Nacional de Colombia. 2000.
- [3] C. Hernández "Desarrollo de un prototipo de software para la generación tridimensional de cortes a partir de una pila de imágenes de resonancia magnética. Tesis ingeniería de sistemas. Universidad Nacional de Colombia. 1999.