

# ESTACIÓN DE TRABAJO PARA PET DE ALTA RESOLUCIÓN

*J. Pascau<sup>1</sup>, J. E. Ortuño<sup>2</sup>, J. J. Vaquero<sup>1</sup>, J. D. Gispert<sup>1</sup>, S. Reig<sup>1</sup>, R. Martínez<sup>1</sup>,  
A. Santos<sup>2</sup>, M. Desco<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Unidad de Medicina y Cirugía Experimental. Hospital GU "Gregorio Marañón", Madrid

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Electrónica, ETSIT, UPM

## RESUMEN

En este trabajo se presenta una estación trabajo para PET de alta resolución, que ha sido incorporada al sistema ATLAS de Tomografía por Emisión de Positrones (PET) para animales de laboratorio. El software presentado permite controlar la adquisición de las imágenes y su reconstrucción mediante diferentes algoritmos. Una vez reconstruidas las imágenes se pueden visualizar de diversas formas en la propia consola. Como herramientas avanzadas el usuario dispone de un módulo de segmentación y cuantificación, así como de otro de registro rígido de imágenes. Para aprovechar esta última opción, la consola permite importar imágenes de otras modalidades en varios formatos. El sistema completo es el resultado de una colaboración entre el Hospital General Universitario Gregorio Marañón y el Imaging Physics Lab (NucMed-CC) de los National Institutes of Health, y está siendo evaluado actualmente en dos instalaciones en los EEUU.

## 1. INTRODUCCIÓN

La posibilidad de visualizar y cuantificar la función de un determinado órgano en animales de laboratorio es una herramienta científica de gran importancia en el estudio de modelos de enfermedades humanas, en el descubrimiento y desarrollo de nuevos medicamentos y en la caracterización del fenotipo de animales transgénicos y noqueados. La tomografía por emisión de positrones (PET) proporciona una herramienta genérica y no invasiva para la investigación científica en estos casos. La colaboración de la Unidad de Medicina y Cirugía Experimental (UMCE) del Hospital General Universitario Gregorio Marañón (HGGM) con el Imaging Physics Lab (NucMed-CC) de los National Institutes of Health en este campo durante los últimos años ha dado como resultado el desarrollo del sistema PET de animales pequeños denominado ATLAS (Advanced Technology Laboratory Animal Scanner).

Dentro de la colaboración en el proyecto ATLAS, la UMCE ha desarrollado la estación encargada de controlar la adquisición y reconstrucción de imágenes del escáner, así como su visualización y análisis.

Aprovechando la experiencia de nuestro grupo en procesamiento de imágenes médicas, se ha dotado al *software* de herramientas avanzadas como el registro de imágenes multimodalidad o la segmentación semiautomática, que se presentan en detalle en las siguientes secciones.

## 2. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

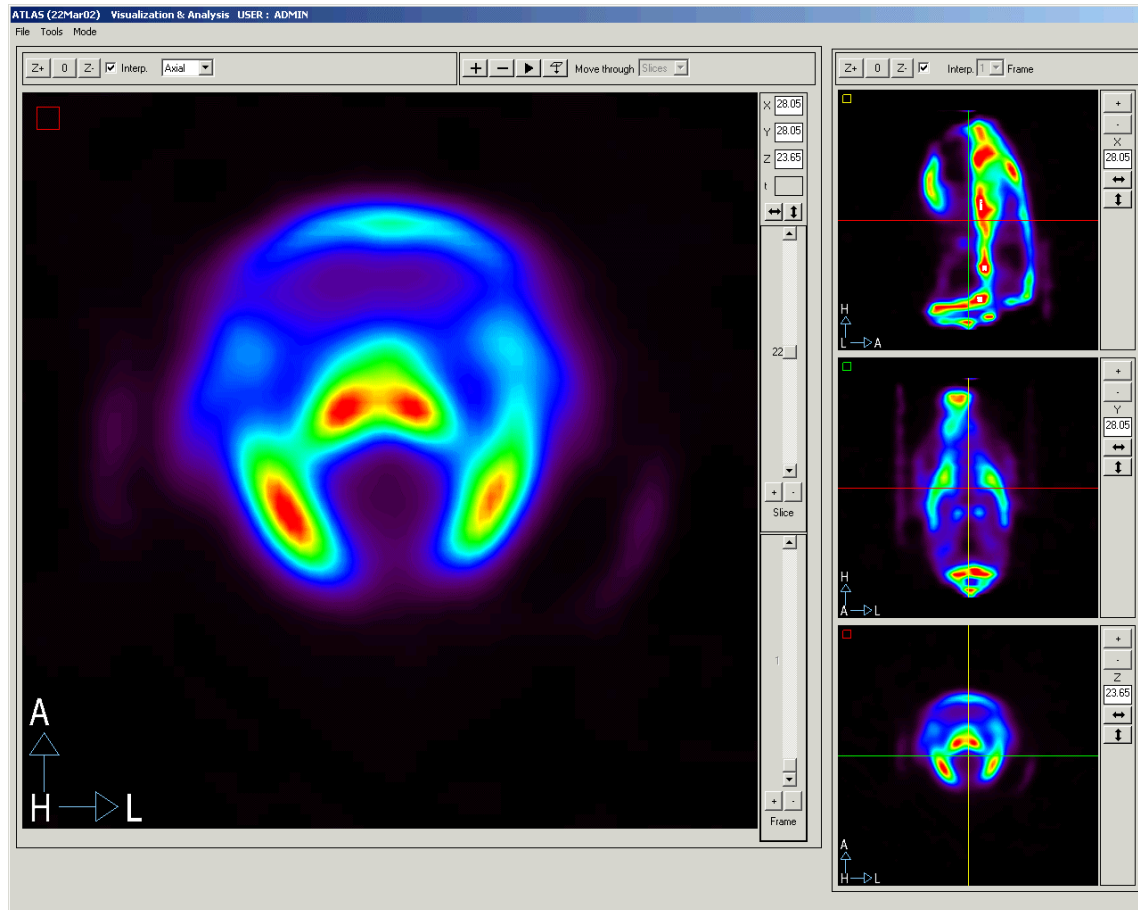
El sistema de adquisición de datos se controla desde una tarjeta PCI instalada en un PC con Linux Redhat 7.2. Para evitar interferencias entre otros procesos y la adquisición de datos, la interfaz que controla el equipo se ejecuta en un PC diferente bajo entorno Windows. Ambos equipos están conectados mediante una red Gigabit Ethernet. El PC-Windows realiza llamadas al PC-Linux encargado de la adquisición y copia los datos resultantes una vez terminado el proceso.

La interfaz de ATLAS se ha desarrollado en el entorno de programación IDL v. 5.5, que permite el rápido desarrollo de interfaces de usuario y dispone además de herramientas de representación gráfica y tratamiento de imágenes avanzadas. De cara al usuario, todos los procesos se controlan desde esta interfaz creada con IDL, de manera que la existencia de dos PCs diferentes es transparente para él. Las siguientes secciones describen los tres procesos principales que un usuario lleva a cabo con la consola del sistema: adquisición de imágenes, reconstrucción y visualización-análisis. La descripción completa del escáner ATLAS puede encontrarse en [1-2].

## 3. ADQUISICIÓN

Cuando el usuario quiere adquirir una nueva imagen, una interfaz le permite seleccionar el protocolo y parámetros adecuados. Se ha diseñado de forma que sea muy sencilla de manejar, y permite adquirir imágenes estáticas, dinámicas y de cuerpo completo. Una vez definido el protocolo, una nueva ventana permite lanzar el proceso de adquisición, a la vez que se muestra una

<sup>1</sup> Este trabajo ha sido subvencionado por los proyectos III PRICIT de la Comunidad de Madrid y TIC2001-0175-C03-01 del MCYT.



**Figura 1.** Visualización en modo *Stack*. El estudio corresponde a una cabeza de rata. En la ventana principal se muestra un corte axial, mientras que a la derecha un visor triplanar permite la visualización del volumen.

imagen de proyección en tiempo real que ayuda a comprobar el correcto centrado del animal en el escáner.

#### 4. RECONSTRUCCIÓN

Las imágenes adquiridas en ATLAS se pueden reconstruir desde la consola empleando dos métodos: retroproyección filtrada en el ordenador local o reconstrucción iterativa con recuperación de resolución 3D OSEM en un cluster remoto tipo Beowulf. [3]. En este último caso el proceso de envío de los datos de adquisición y la recepción de las imágenes reconstruidas son totalmente automáticos una vez seleccionados los parámetros de la reconstrucción. La resolución espacial obtenida mediante reconstrucción iterativa es menor de 2 mm.

#### 5. VISUALIZACIÓN Y ANÁLISIS

Las herramientas de visualización ofrecidas permiten trabajar con imágenes estáticas y dinámicas. Se permite manejar hasta 15 imágenes simultáneamente, cargándolas primero en la interfaz y seleccionando la que se desea ver en ese momento. Las imágenes

reconstruidas en ATLAS se almacenan en formato Interfile, pero también se pueden importar imágenes en formato DICOM o como datos crudos (*raw data*), permitiendo así emplear estudios de equipos de otras modalidades.

Sin tener que descargar las imágenes almacenadas en memoria, el usuario puede cambiar de modo de visualización entre los cuatro siguientes: *Stack*, *Montage*, Análisis y Registro. En cualquiera de estos modos de visualización se dispone de ciertas herramientas auxiliares: manejo de nivel y ventana, información acerca de la imagen que se visualiza y creación de un *render* de rotación.

##### 5.1. Visualización

Para poder aprovechar la información tridimensional de las imágenes, siempre se muestran en un visor triplanar con los cortes axial, sagital y coronal sincronizados. En el modo de visualización *Stack* una ventana principal permite seleccionar la vista a representar en ella (axial, sagital o coronal). Tanto el visor como la ventana disponen de herramientas de zoom. Barras de desplazamiento permiten el movimiento corte a corte e incluso *frame a frame* en el caso de imágenes dinámicas.

También se puede automatizar este movimiento en forma de película animada, lo que en el caso de estudios dinámicos muestra el comportamiento en el tiempo de un corte concreto. En la Figura 1 se puede ver la imagen de una rata en el modo *Stack*. En el modo *Montage* la ventana principal muestra sucesivos cortes del estudio en forma de tabla, simulando un negatoscopio, pudiendo seleccionarse el número de columnas a mostrar. Si se está visualizando una imagen dinámica se podrán mostrar tanto diferentes instantes de tiempo como cortes en la ventana principal. En la Figura 2 se ve un ejemplo con un estudio dinámico.

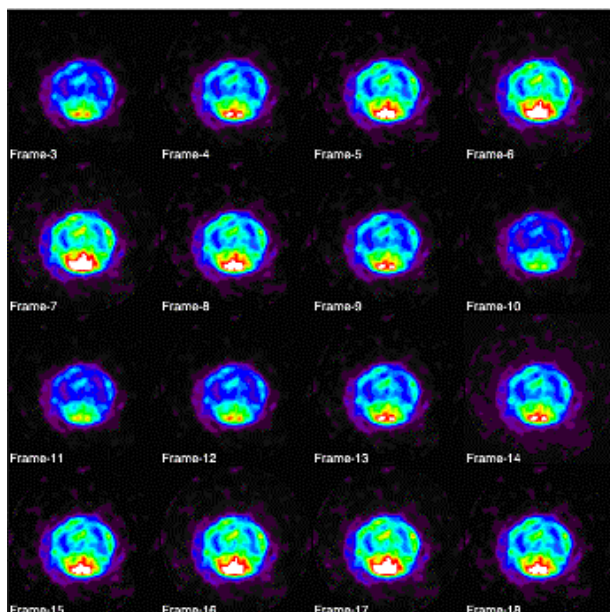


Figura 2. Visualización de un estudio dinámico en modo *montage*

## 5.2. Registro

Las imágenes de tomografía por emisión de positrones (PET), resonancia magnética (RM) o tomografía computerizada (TAC) de animales de laboratorio combinadas entre sí presentan varias ventajas frente a cada una de las modalidades por separado. La capacidad de identificación de estructuras anatómicas en la RM y la TAC se combina con la información funcional que muestra el PET. Para poder emplear distintas modalidades es necesario que los estudios estén en concordancia geométrica, lo que requiere un proceso previo de cálculo de la transformación necesaria para conseguirlo que se denomina registro. Una de las características más importantes de la consola que se presenta es su capacidad de registrar imágenes y presentarlas conjuntamente. El proceso de registro automático entre modalidades para el caso de animales de laboratorio se estudió en [4], demostrando que los métodos de registro basados en la maximización de la información conjunta ([5-6]) son adecuados para este tipo de estudios. Este algoritmo está disponible en la consola de ATLAS dentro del módulo de registro.

El usuario puede visualizar dos imágenes en sendos visores triplanares, sincronizando los ejes de estos en el caso de que las imágenes estén registradas. En caso contrario se puede proceder a ejecutar el algoritmo de registro, que calculará la transformación adecuada y se la aplicará a una de las imágenes. Aparte de los visores sincronizados, se puede crear una única imagen que combine los dos estudios registrados, proceso que se suele denominar fusión. Las figuras 4 y 5 muestran varios ejemplos de resultados de registro con diversas formas de fusión ofrecidas por la interfaz.

## 5.3. Análisis

Mediante esta herramienta el usuario es capaz de segmentar regiones de interés en las imágenes, adquiridas en ATLAS o importadas de otros dispositivos, y cuantificar sobre ellas. Para el proceso de segmentación están disponibles tres métodos diferentes: manual, umbralizado de niveles de gris y crecimiento de regiones. Una vez creadas las regiones de interés se puede ver la información acerca de ellas: volumen en cc. y en píxeles, valor medio y desviación estándar, máximo y mínimo. También se pueden crear curvas de comportamiento temporal de la región en el caso de estudios dinámicos (Figura 3). Todos estos valores se pueden almacenar en un fichero de texto para su posterior análisis en una hoja de cálculo.

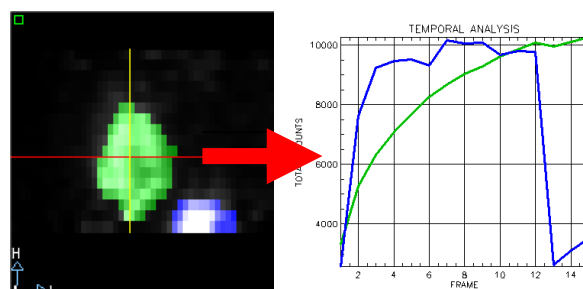
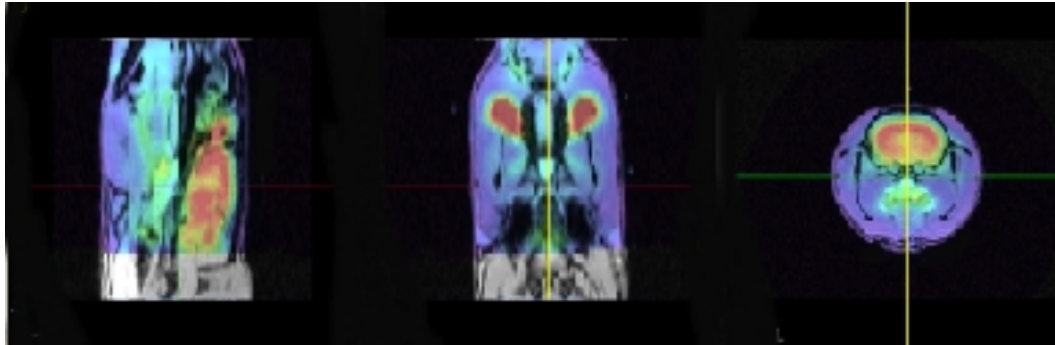


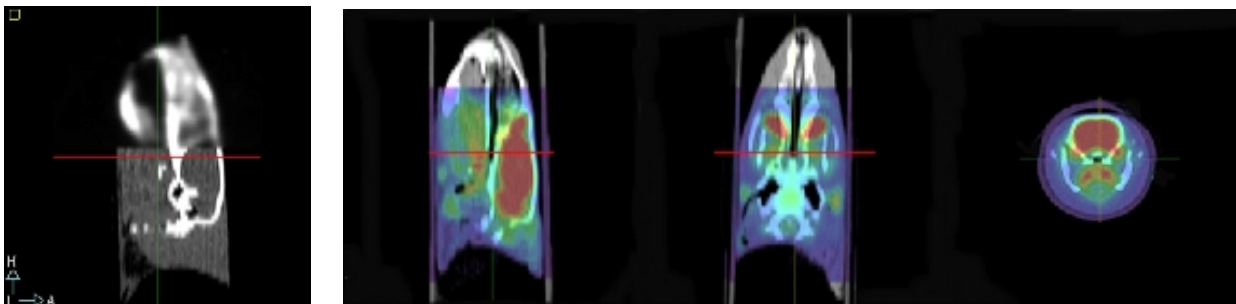
Figura 3. A la izquierda: corte coronal de un tumor (verde) y la vejiga (azul) en la pata de un ratón. A la derecha: curvas de la variación temporal de la media de gris en estas regiones a lo largo de 15 *frames* de 4 minutos cada uno.

## 6. CONCLUSIONES

La consola para el sistema ATLAS que se ha desarrollado cumple las tareas de adquisición, reconstrucción, visualización y análisis de imágenes. La posibilidad de trabajar con estudios de diferentes modalidades y de realizar registro automático entre ellas supone una potente herramienta para los usuarios, a la vez que marca una importante diferencia con otros estaciones de trabajo semejantes.



**Figura 4.** Fusión en color de RM y PET de FDG.



**Figura 5.** Izquierda: Fusión de una TAC y un PET de  $^{18}\text{F}$ -Fluoruro mediante cortinilla móvil Derecha: Fusión de un TAC y un PET de FDG mediante fusión en color

El sistema propuesto está completamente operativo. Actualmente esta estación controla dos sistemas ATLAS en funcionamiento en los EEUU: NIH y JHU. Las impresiones recibidas de los usuarios actuales servirán para implementar mejoras en un futuro.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M.V. Green, J. Seidel, C.A. Johnson, J.J. Vaquero, J. Pascau, M. Desco. "Towards High Performance Small Animal Positron Emission Tomography.". *Proc IEEE International Symposium on Biomedical Imaging*, pp 369-372; 2002.
- [2] J. Seidel, J.J. Vaquero, J. Pascau, M. Desco, C.A. Johnson, M.V. Green. "Features of the NIH Atlas Small Animap PET Scanner and its Use with a Coaxial Small Animal Columbe CT Scanner." *Proc IEEE International Symposium on Biomedical Imaging*, pp545-548; 2002.
- [3] C.A. Johnson, J. Seidel, R.E. Carson, W.R. Gandler, et al., "Evaluation of 3D reconstruction algorithms for a small animal PET camera", *IEEE Trans Nucl Sci*, vol. 44, pp. 1303-1308, June 1997.
- [4] J.J. Vaquero, M. Desco, J. Pascau, A. Santos, I. Lee, J. Seidel, M.V. Green. "PET, CT and MR image registration of the rat brain and skull." *IEEE T Nucl Sci* 48(4):1440-1445; 2001.
- [5] W.M. Wells, P. Viola, H. Atsumi, S. Nakajima, S. Kikinis, "Multi-Modal Volume Registration by Maximization of Mutual Information", *Medical Image Analysis*, vol. 1, pp. 35-51, 1996/97.
- [6] F. Maes, A. Collignon, D. Vandermeulen, G. Marchal, and P. Suetens, "Multimodality Image Registration by Maximization of Mutual Information", *IEEE Trans on Med Imag* vol. 16, pp. 187-198, 1997.