

Saturn 2.0 - Manual de uso rápido

Gonzalo Barrio

7 de julio de 2011

Image Processing Laboratory, University of Valladolid

Resumen

Saturn es un paquete de software para el procesado y visualización de datos DTI, provisto de un nuevo interfaz gráfico (GUI). En este documento se describen los pasos necesarios para realizar los casos de uso más comunes en DTI como realizar tractografías, mostrar información tensorial usando glifos, definir ROIs, editar fibras, obtener datos estadísticos, etc..

Índice

1. Descripción del programa	3
2. ¿Qué tipo de datos maneja Saturn?	5
3. Sobre el Visor 2D (incluye atajos de teclado)	6
4. Sobre el Visor 3D	11
5. Ejemplo 1. Cargar datos DICOM DWI o Nrrd DWI	13
6. Ejemplo 2. Tractografía simple (DTI->DTI Tract.)	14
6.1. Primer paso: Definir la Región de Interés	14
6.2. Segundo paso: Seleccionar los parámetros de la tractografía (opcional)	14
6.3. Tercer paso: Hacer la tractografía	15
6.4. Cuarto paso: Salvar el modelo	16
7. ¿Qué es una ROI y cómo trabajo con ella?	17
8. Ejemplo 3. Crear una tractografía automática de una imagen DT MRI del cerebro (DTI->DTI Auto.)	19
8.1. Cargar un volumen de datos tensorial	19
8.2. Seleccionar las zonas del cerebro - Autogeneración de las ROIs	20
9. Ejemplo 4. Obtener datos estadísticos de una tractografía o de una ROI (DTI->DTI Stats.)	22
9.1. Para fibras	22
9.2. Para ROIs	23
10. Ejemplo 5. Crear una nueva imagen escalar a partir de un tensor (DTI->New Scalars)	25
11. Ejemplo 6. Crear un isomodelo a partir de una imagen escalar	26
12. ¿Qué es un glifo?	27
13. Ejemplo 7. Representar información tensorial con glifos (DTI->Glyphs.)	29
14. Ejemplo 8. Corta, ordena, colorea y modifica: Editando las fibras (DTI->DTI Edit)	33
14.1. Cortar fibras	33
14.2. Colorear las fibras	34
14.3. Reordenar las fibras	36
14.4. Modificar las fibras	36
15. Ejemplo 9. Editando los actores 3D (EDIT 3D Actors)	37
15.1. Modos de visualización	37
15.2. Coloreado simple	38
15.3. Opciones de iluminación	39

1. Descripción del programa

Saturn es una herramienta diseñada para el estudio, procesamiento y visualización de datos DTI, especialmente para el estudio de los niveles de difusión en el interior de el cerebro. Sus características generales son:

- Orientado a objetos.
- Multiplataforma.
- Eficiente.
- Soporta muchos tipos de datos de entrada.
- Documentado.
- y disponible online.

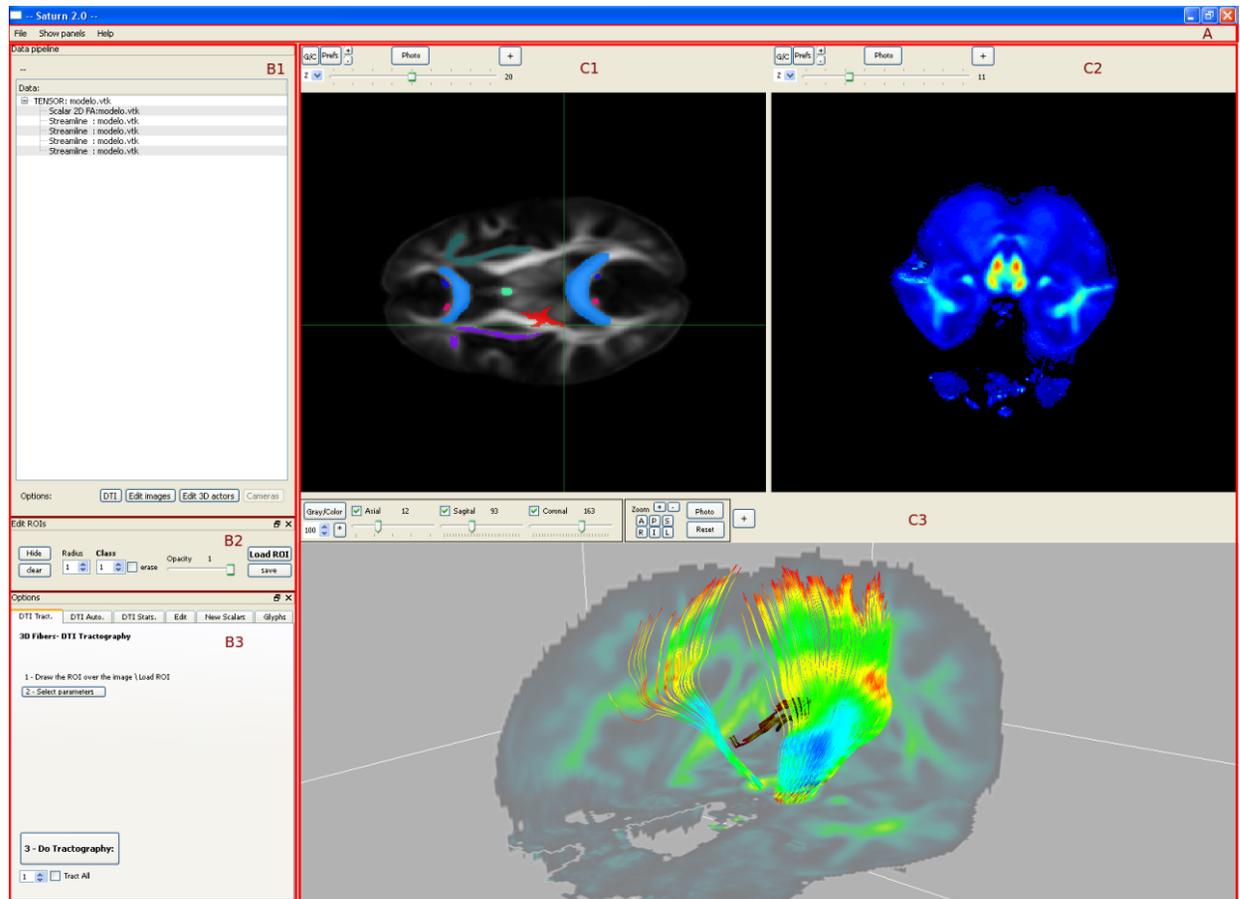


Figura 1: Interfaz del programa, dividido en tres zonas

En la fig.1 se muestra una vista general del Saturn. Se divide en tres zonas:

1. A: Una barra de menú que contiene las funciones encargadas de CARGAR LOS DATOS y el mostrar que paneles se representan
2. B: Una columna de paneles con el que se controlan con que datos se trabaja y las opciones de trabajo. Se divide en:
 - B1: Panel de datos (DATA PIPELINE): Muestra la lista de datos cargados. Los nuevos datos generados a partir de otros se muestran como hijos. Una pequeña barra de texto sobre la columna de los datos nos informa si estamos haciendo algo erróneamente. Al pinchar con el botón derecho sobre cada dato podemos cargar u pequeño menú con las opciones disponibles.
 - B2: Panel de ROIS (EDIT ROIS): Controla las opciones con las que se dibujan o cargan las regiones de interés de los datos. Por defecto está enlazado con las imágenes del visor C1.
 - B3: Panel de opciones (OPTIONS): Desde este panel se controlan la mayor parte de opciones de procesado, filtrado y visualización. Se divide en **DTI, Edición de imágenes escalares y Edición de los actores 3D**.
3. C: Visores 2D y 3D de los datos:
 - C1: Visor 2D activo. Permite mostrar imágenes bidimensionales y volúmenes escalares. El visor dispone de una barra de desplazamiento para seleccionar el corte y la sección del volumen que se representa, junto con botones y selectores para cambiar la intensidad y el tipo de coloreado. Además, en este visor activo se permite mostrar y dibujar las ROIs con las que se trabajará en los datos.
 - C2: Visor 2D. Permite mostrar imágenes bidimensionales y volúmenes escalares. El visor dispone de una barra de desplazamiento para seleccionar el corte y la sección del volumen que se representa, junto con botones y selectores para cambiar la intensidad y el tipo de coloreado.
 - C3: Visor de la escena 3D, el panel de visualización principal. Muestra los actores tridimensionales (fibras, glifos, isocontornos, planos del volumen del visor C1) situados en la escena 3D. En la ventana 3D las imágenes escalares pueden reconstruirse en tres dimensiones mediante los botones Axial, Sagital y Coronal.

2. ¿Qué tipo de datos maneja Saturn?

Tipos de datos		
Saturn trabaja con tres tipos de datos:		
<p>Datos tensoriales: Equivale a 6 volúmenes de imágenes juntas. No se muestran por ninguna ventana, sino que se trabaja con ellas. <i>Formato: vtk, nhdr, nrrd.</i></p>	<p>Datos escalares (2D): Imágenes normales, pueden cargarse como un volumen de datos. Se representan en por los visores 2D (C1 y C2). <i>Formatos: vtk, mha, mhd, VOL, raw, jpg, jpeg, png, tif, tiff, dcm, ima, nhdr, nrrd, nii, nii.gz.</i></p>	<p>Modelos/actores 3D: Modelos tridimensionales formados por datos de vértices, polígonos y puntos en coordenadas x-y-z. En Saturn se agrupan en contornos o isosuperficies, fibras o streamlines y glifos. Se representan en la ventana 3D. <i>Formato: vtk.</i></p>

Hay que destacar que a partir de un volumen DICOM se puede generar un volumen tensorial; y de este un volumen escalar. Los modelos tridimensionales se pueden generar como fibras o glifos a partir de un volumen tensorial y como iso superficies o isocontornos a partir de un escalar.

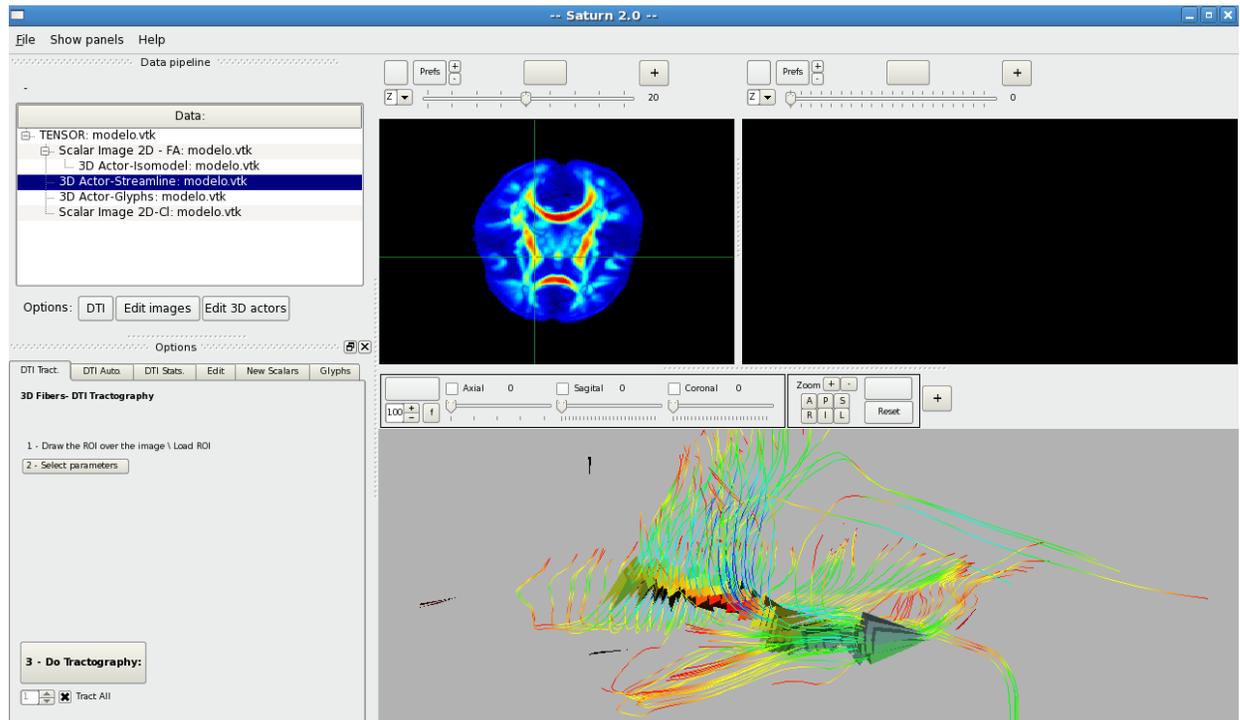


Figura 2: Tipos de datos

3. Sobre el Visor 2D (incluye atajos de teclado)

Los volúmenes de datos escalares pueden visualizarse como imágenes en los visores 2D C1 y C2. Aunque sólo muestran imágenes 2D, se pueden ver varios cortes ortogonales según los ejes X, Y, Z desde el selector. La barra del visor permite cambiar la “rebanada” que se representa. Existen otros botones en el visor 2D:

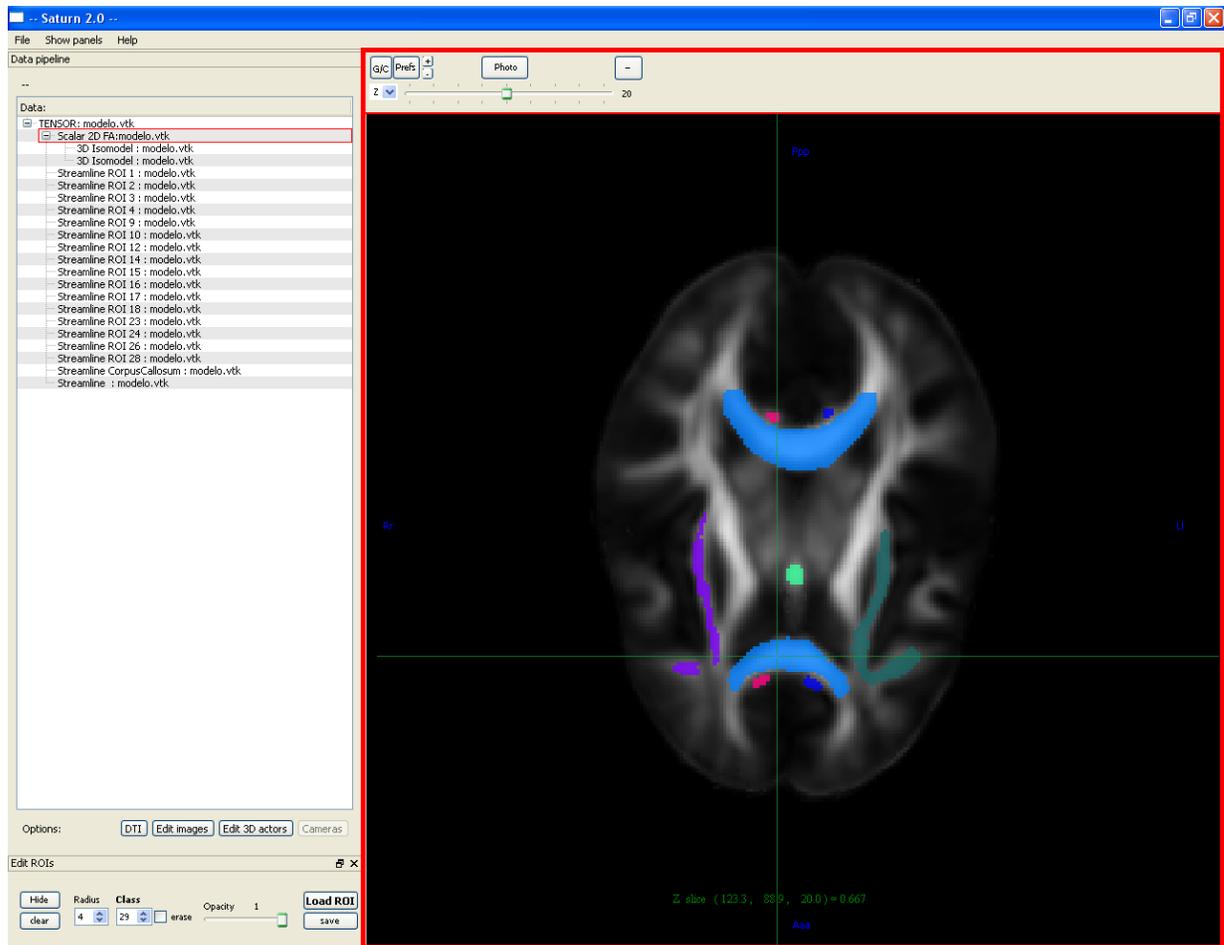


Figura 3: Visor 2D básico.

- C-G: Para intercambiar la representación entre niveles de gris y mapas RGB.
- + -: Botones de zoom, para acercar o alejar la imagen
- Photo: Guarda la imagen actual del visor en el directorio del programa. El nombre del fichero tiene la fecha del momento de la imagen.
- + Botón de expansión; maximiza el visor hasta ocupar todo el espacio.

Al pulsar el botón de Prefs. se abre un cuadro con múltiples opciones. De las propiedades de la imagen:

- Display Image Info: Muestra los detalles de los volúmenes de la imagen.
- Display values: Muestra la *posición* del cursor y el valor de la imagen sobreimpresionados en el visor.
- Display cross: Muestra sobreimpresionada una cruceta sobre la posición del cursor.
- Display RAS: Muestra las etiquetas anatómicas de dirección A,P,R,L,I,S (Anterior, Posterior, Derecha, Izquierda, Inferior, Superior) impresionadas sobre la imagen.
- Display Color Gray: Alterna la representación de la imagen en mapas de color RGB y mapas de niveles de gris.

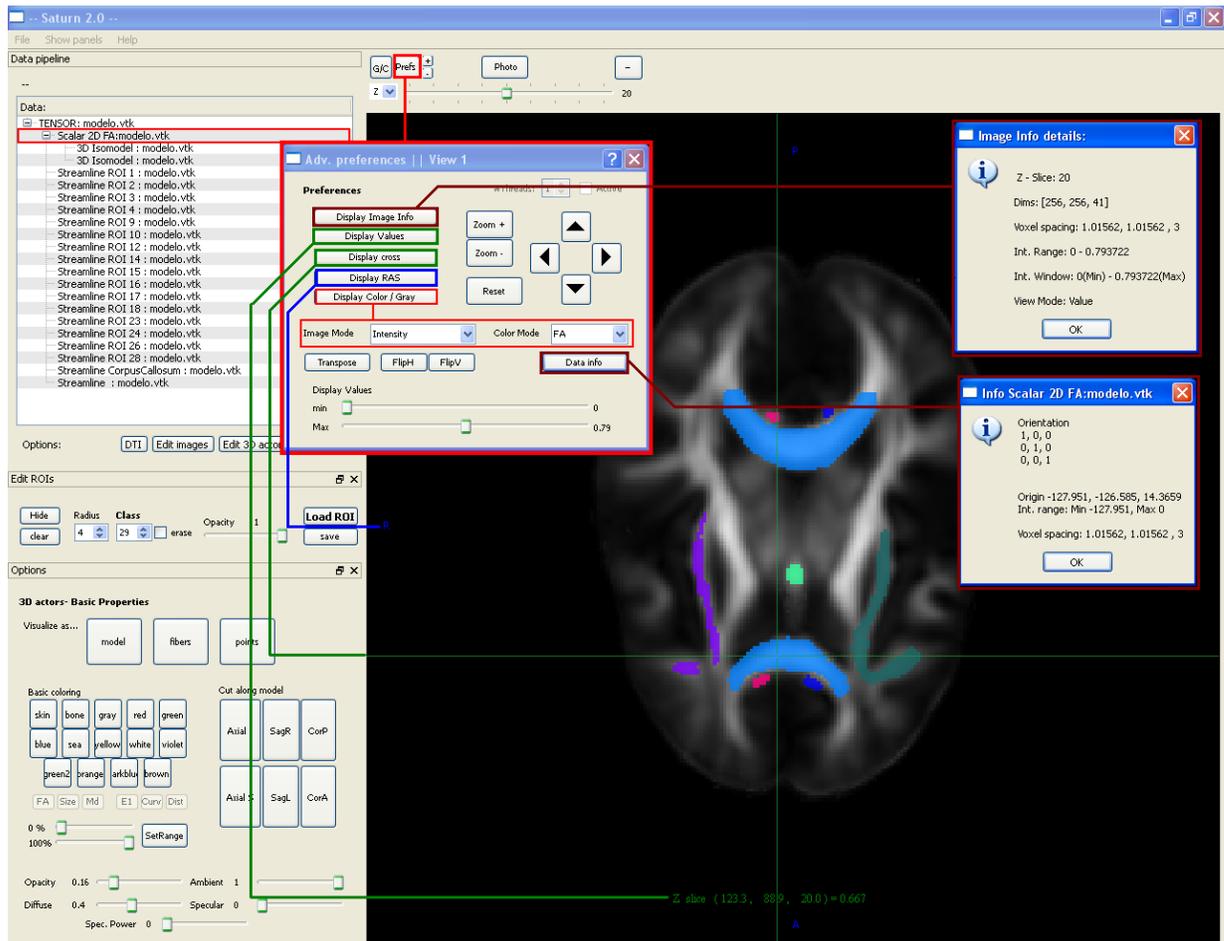


Figura 4: Cuadro de Preferencias.

Sobre el color y la intensidad de la imagen:

- Selector del tipo de intensidad (Image Mode): Los distintos tipos de mostrar los niveles de gris, que son VAL(intensidad -más oscuros equivale a valores más bajos, más claros a valores más altos-), INV (intensidad inversa), LOG (intensidad en escala logarítmica), DX (derivada respecto del eje X), DY (derivada respecto del eje Y), DZ (derivada respecto del eje Z), BLEND (mezcla los valores de intensidad de la rebanada actual y su anterior y posterior), y MIP (proyección de todos los valores).
- Selector del mapa de color (Color Mode): Los distintos mapas de color son FA (valores más bajos en azul, más altos en rojo), ROIs, Heat (valores más bajos en rojo, más altos en blanco) y Discrete.
- Barras de máxima y mínima intensidad (Display Values): Aumenta o disminuye los límites inferior y superior de la intensidad.

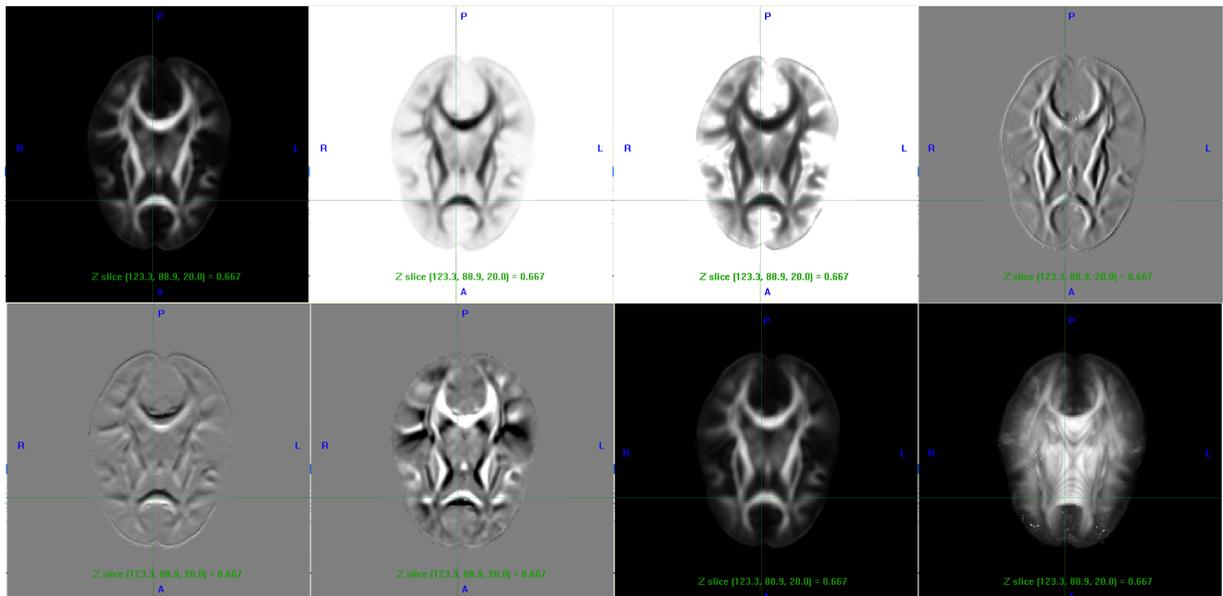


Figura 5: Modo de representación de la imagen (INT, INV, LOG, DX, DY, DZ, BLEND, MIP).

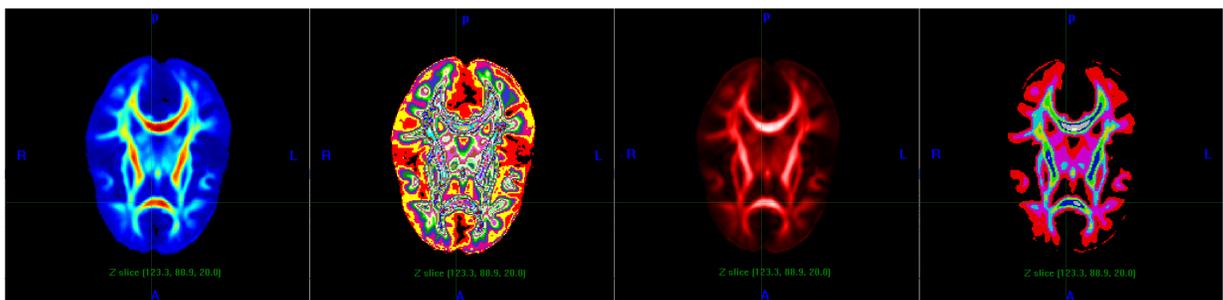


Figura 6: Mapas de color (FA, ROI, HEAT, DISCRETE).

Sobre la posición de la imagen:

- Flechas Arriba, Abajo, Izq., Der.: Arrastran la imagen en la dirección que indican.
- Zoom+, Zoom-: Acerca o aleja la imagen.
- Reset: Centra la imagen en el visor
- Transpose: Transpone el eje que se muestra en la imagen.
- Flip H, Flip V: Voltea la imagen horizontal y verticalmente.

Cualquier imagen o volumen escalar puede representarse en cualquiera de los visores 2D. Para ello hay que seleccionarlo en el panel de datos, pulsar el botón derecho del ratón para abrir el menú y seleccionar la acción View 2D y el visor adecuado. Para cada una de estas opciones existe un acceso equivalente por el teclado (ver tabla 1).

0	Ver el corte sobre el eje X
1	Ver el corte sobre el eje Y
2	Ver el corte sobre el eje Z (por defecto)
<	Avanzar por el volumen
>	Retroceder por el volumen
r	Resetar todas las opciones
h	Help (este cuadro)
x	Voltea el eje x
y	Voltea el eje y
z	Voltea el eje z
q w	Disminuye o aumenta el límite superior de la intensidad de la imagen
e	alterna los valores superiores de intensidad de la ventana entre <i>clipping</i> y <i>setting-to-black</i>
a s	Disminuye o aumenta el límite inferior de la intensidad de la imagen
d	alterna los valores inferiores de intensidad de la ventana entre <i>clipping</i> y <i>setting-to-black</i>
+ =	Zoom-in, factor 2
- _	Zoom-out, factor 2
i m j k	Mueve la imagen hacia arriba, abajo, izq. y der.
t	Transpone el eje del corte
A	Muestra etiquetas de los ejes: P=posterior, L=izq, S=superior
C	Muestra la <i>posicin</i> del cursor
I	Muestra los valores de la imagen en el último punto en el que se <i>click</i> el cursor
T	Muestra u oculta los puntos de la ROI
P	Cambio de coordenadas entre físicas e índices de la imagen
D	Muestra los detalles de la imagen superpuestos al visor
O	Muestra las ROIS
p	Guarda en un archivo del puntos de la ROI
l	Cambia cíclicamente el modo de representación: Intensidad, Inversa, Log, Derivada respecto de x, y, z, mezcla con el anterior y posterior y MIP

Cuadro 1: Atajos de teclado en el visor 2D

4. Sobre el Visor 3D

El visor 3D es la ventana principal del Saturn. Desde este se puede visualizar la escena e interactuar con algunos widgets y actores. A continuación una descripción de los botones sobre la ventana del visor y sus características:

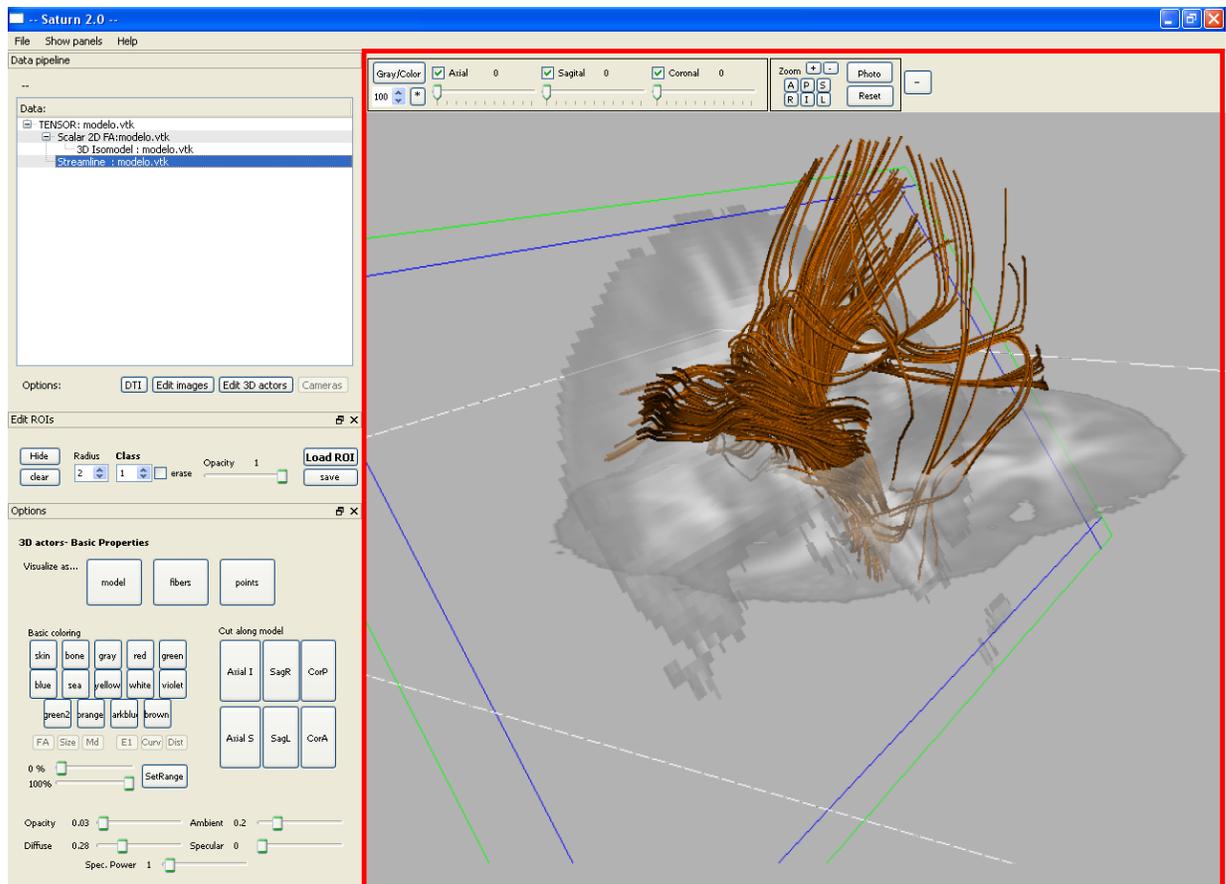
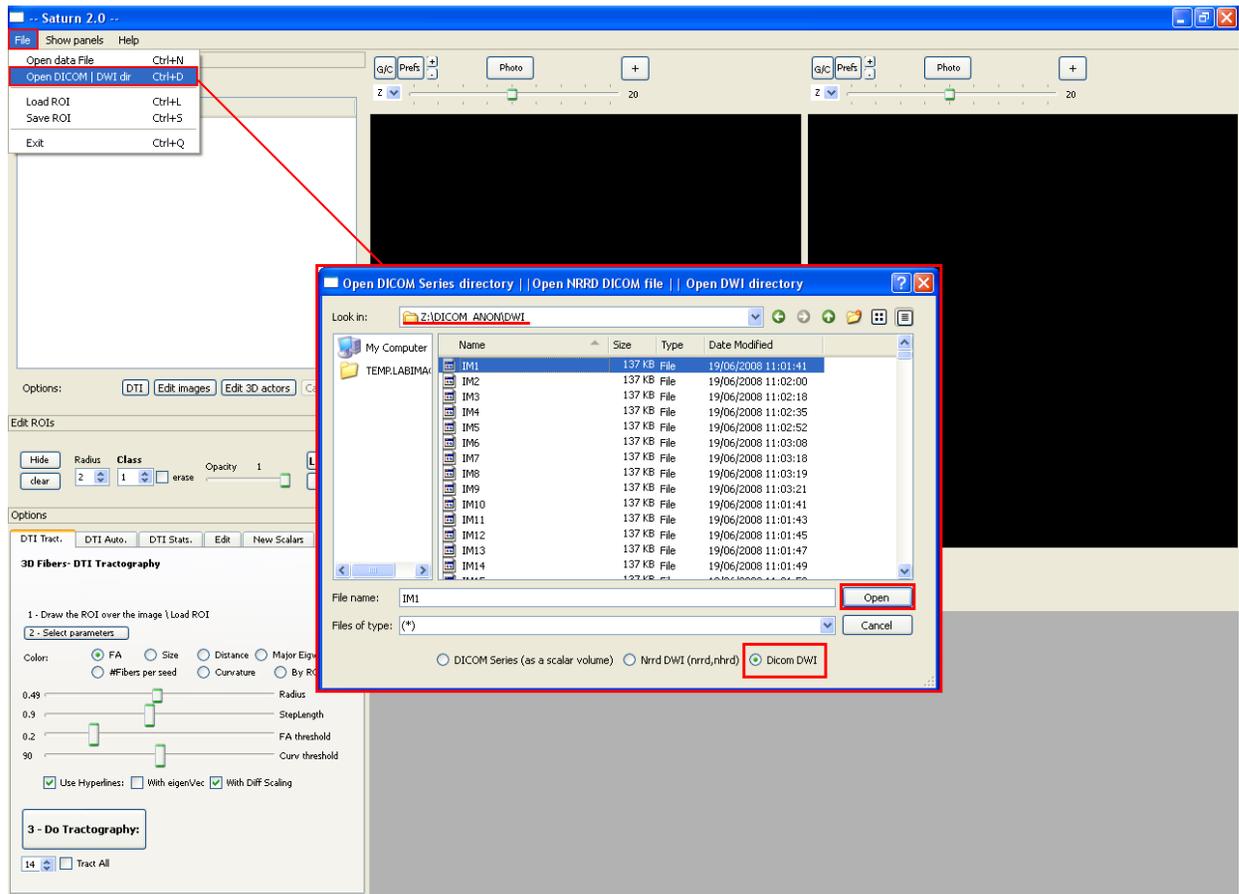


Figura 7: Visor 3D.

- **Center:** Centra la escena del visor.
- **Reconstrucción de planos ortogonales:** controlados por los botones AXIAL, CORONAL y SAGITAL. Las imágenes que se muestran en estos planos son las cargadas en el visor 2D activo (C1). Las barras debajo de cada botón permiten deslizar los planos por el volumen o bien se puede seleccionar el plano y arrastrarlo con el botón central del ratón (freeze interactors debe estar desactivado).
- **Planos oblicuos:** Se pueden arrastrar los planos de la reconstrucción a posiciones oblicuas. Hay que seleccionar con el botón central del ratón sobre el plano (en una de las zonas marcadas fuera de las líneas azules del plano) y arrastrar (freeze interactors debe estar desactivado).
- **Color/Gray:** Cambia el modo de imagen entre mapas de color y nivel de gris.
- **Cambio de la intensidad de las imágenes:** Seleccionando el plano con el botón derecho del ratón y arrastrando (freeze interactors debe estar desactivado).

- Opacidad de los planos: El selector de opacidad cambia la transparencia de la imagen de los planos.
- Zoom in, out: Pulsando los botones + y - buttons, y también pulsando con el botón derecho sobre e visor y moviendo el ratón.
- Rotar sobre la escena: Presionar el botón izquierdo del ratón y arrastrar.
- Trasladarse sobre la escena: Presionar el botón izquierdo del ratón y la tecla SHIFT de teclado y arrastrar.
- Girar la cámara Presionar el botón izquierdo del ratón y la tecla CTRL de teclado y arrastrar.
- Apuntar la cámara: Presionar el botón central del ratón y arrastrar.
- Vistas fijas: Usar los botones A,P,L,R,I y S (Anterior, Posterior, Izquierda, Derecha, Inferior y Superior).

5. Ejemplo 1. Cargar datos DICOM DWI o Nrrd DWI



La actividad básica con Saturn es la estimación de los valores tensoriales a partir de un volumen DICOM, en este caso un volumen de DWI (Diffusion Weighted Imaging).

Podemos cargar los datos mediante un archivo de cabecera o seleccionando el directorio que contiene los archivos: Desde la barra de menú, clickamos en **File->Open DICOM|DWI dir**.

Si tenemos un archivo de cabecera nhdr o nhhr seleccionamos la opción de DICOM(nrrd) y abrimos el archivo que buscamos.

Si sólo tenemos los archivos como ficheros, seleccionamos la opción de DICOM DWI y abrimos cualquier archivo contenido en el directorio con los datos.

Tras cargar los datos, se genera automáticamente un volumen de datos TENSORIAL (con el que vamos a trabajar) y una imagen escalar (que indica el mapa de anisotropía). Todos los volúmenes aparecen listados en la columna Data pipeline. La imagen escalar se carga por sí misma en el visor C1.

6. Ejemplo 2. Tractografía simple (DTI->DTI Tract.)

Ahora un ejemplo sencillo de tractografía a partir de los datos de ejemplo que acompañan al programa Saturn. Como datos de inicio vamos a emplear un volumen DICOM, que se carga igual que en el ejemplo 1.

6.1. Primer paso: Definir la Región de Interés

Las ROIS son los puntos de los datos sobre los que queremos trabajar. Puede cargarse una ROI predefinida o dibujarse directamente sobre la ventana activa C1. En este caso, sobre C1, con el botón izquierdo del ratón, dibujamos las zonas o puntos-semilla sobre las que se generará la tractografía.

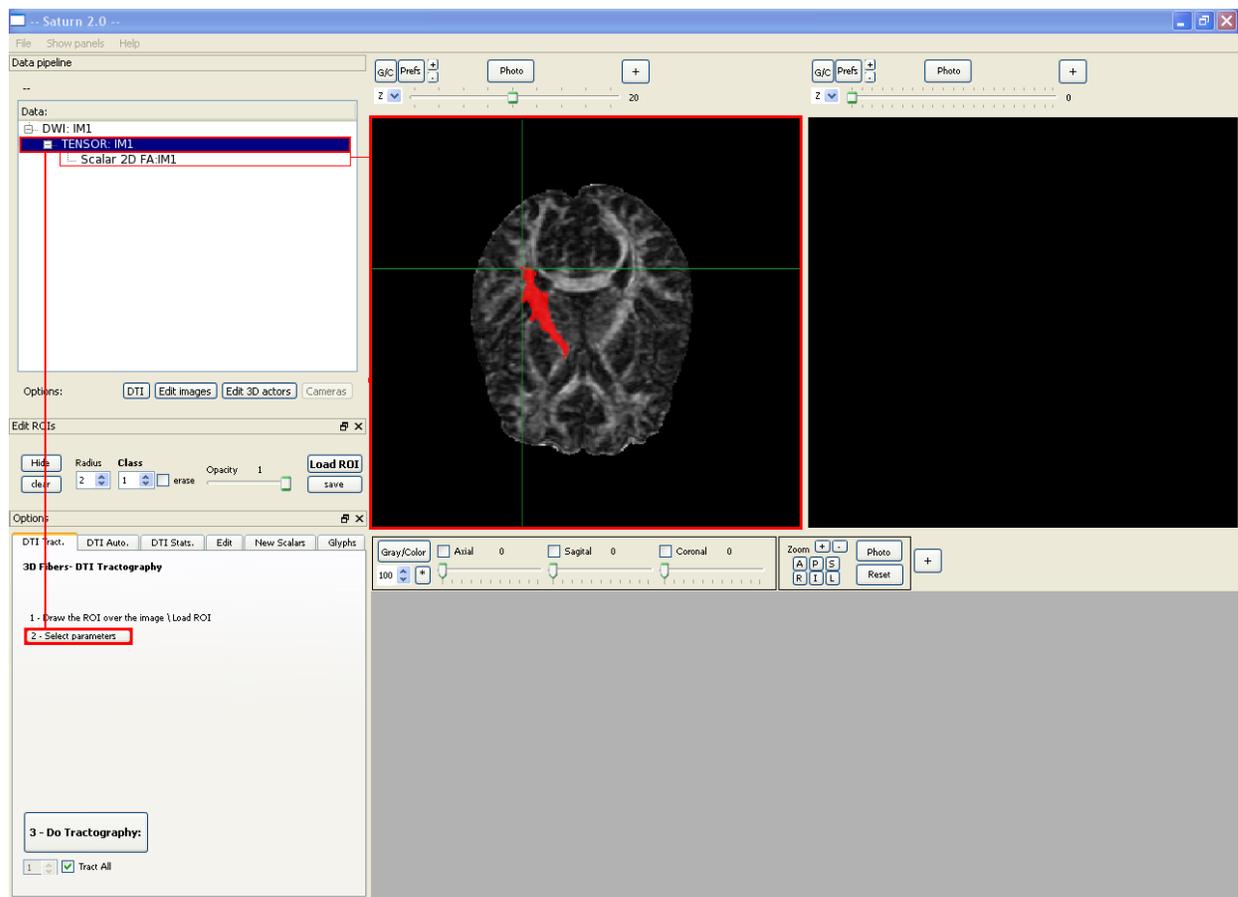


Figura 8: Dibujando la ROI.

6.2. Segundo paso: Seleccionar los parámetros de la tractografía (opcional)

Pinchando sobre el botón “2.Select parameters” podremos ver la ventana con los parámetros:

- Color de las fibras: En función de varios índices de anisotropía (FA,RA), valores geométricos (nivel de curvatura) u orden de creación()

- Radio de las fibras.
- FA threshold: Umbral de parada, detiene la creación de las fibras cuando NO se SUPERA este valor de anisotropía.
- Curvature threshold: Umbral de parada, detiene la creación de las fibras cuando se SUPERA este valor de curvatura.
- Use Hyperlines: Escala los ejes perpendiculares a las fibras en función de los autovalores 2 y 3 de cada tensor.
- Use Eigenvector: Cambia la dirección de cada eje perpendicular en función de los autovectores 2 y 3. Escala las fibras en función de los autovalores 2 y 3 de cada tensor.

6.3. Tercer paso: Hacer la tractografía

Pulsa el botón Do Tract para crear el modelo tridimensional, se crea una fibra por cada punto-semilla. El pequeño recuadro Tract all. indica que se empleen todas las clases de ROI en la tractografía; al deseleccionarlo se puede definir exactamente que clase de ROI usar.

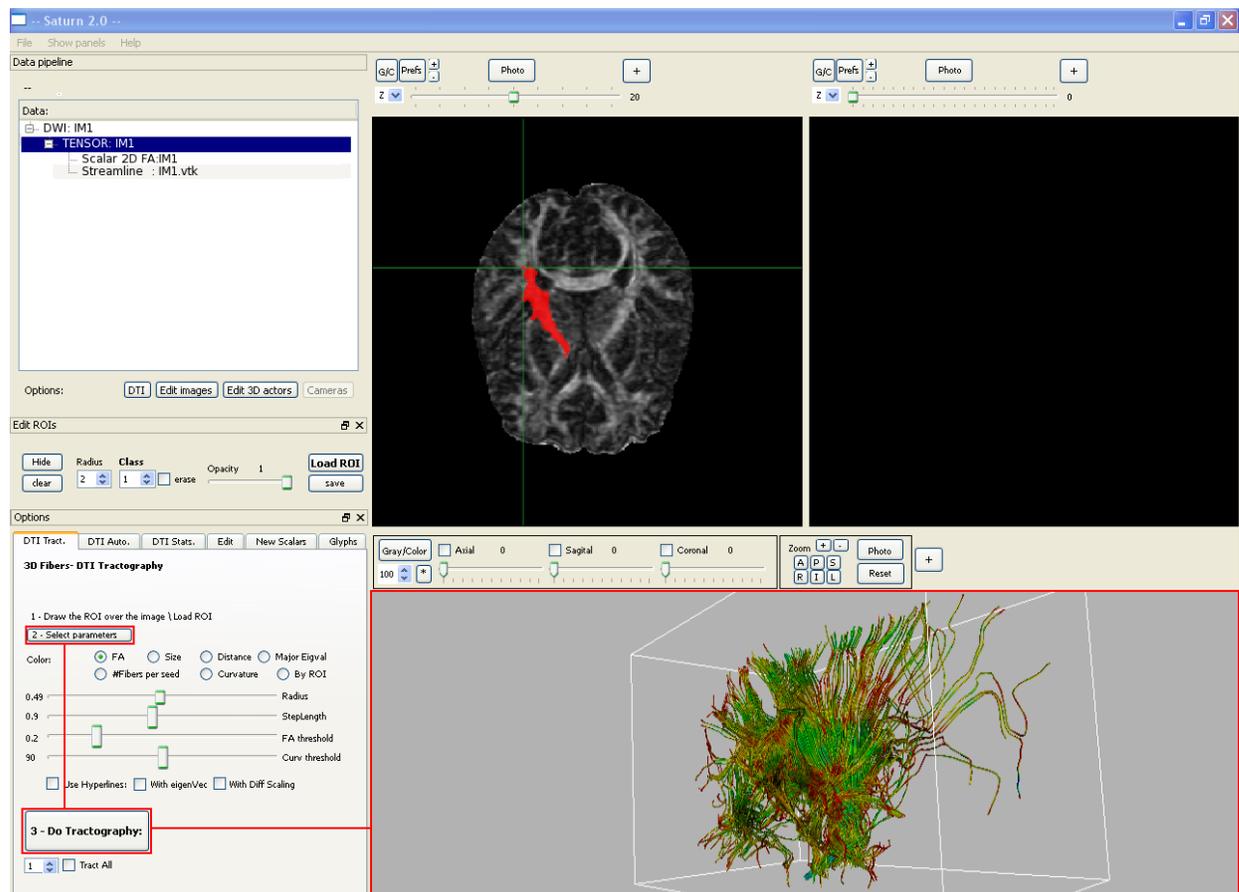


Figura 9: Selecciona parámetros y hacemos la tractografía.

6.4. Cuarto paso: Salvar el modelo

Para guardar el modelo en formato vtk selecciona el nuevo actor en la lista de datos y pulsa el botón derecho del ratón. Selecciona Save model en el menú que aparecerá, elige un nombre para el archivo y pulsa “Ok”.

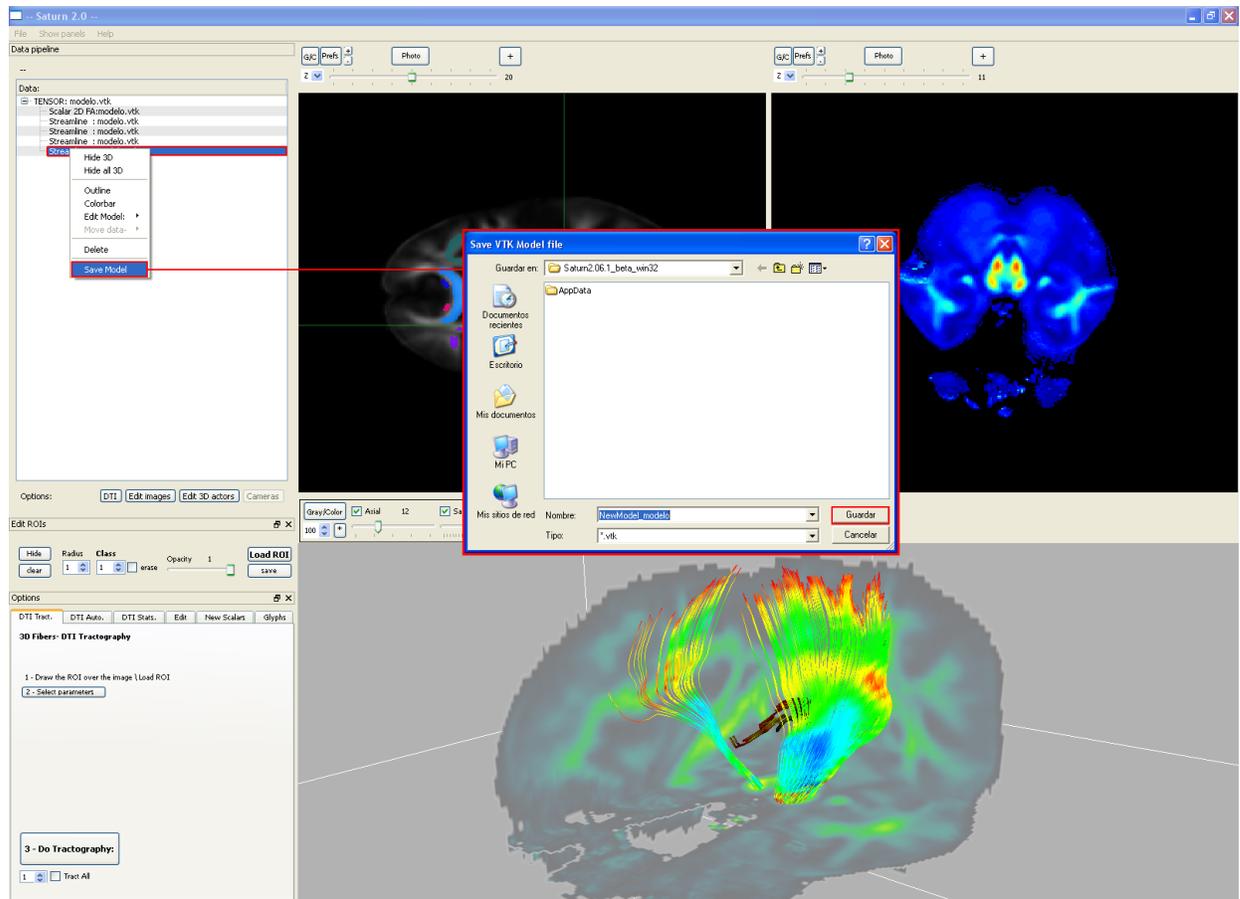


Figura 10: Guardando el modelo.

7. ¿Qué es una ROI y cómo trabajo con ella?

ROI: Región de Interés. Se refiere a la zona precisa de los datos con los que vamos a trabajar. Los parámetros de la ROI se controlan desde el panel Edit ROI y las ROIs se muestran en la ventana C1.

- Botón Hide/Show: Muestra o esconde las ROIS de la ventana.
- Botón Clear: Borra todas las ROIs de la ventana.
- Radius: Tamaño del pincel con el que se dibujan las ROIS.
- Class: Tipo de ROI, indica el color con el que se dibuja. Muy útil para hacer tractografía por partes.
- Erase: Activa el pincel de borrado.
- Barra de opacidad: Cambia la transparencia de las ROIs.
- Load: Carga una ROI ya creada. Formato: mhd, mha (cabecera) y raw.
- Save: Guarda la ROI de la ventana activa.

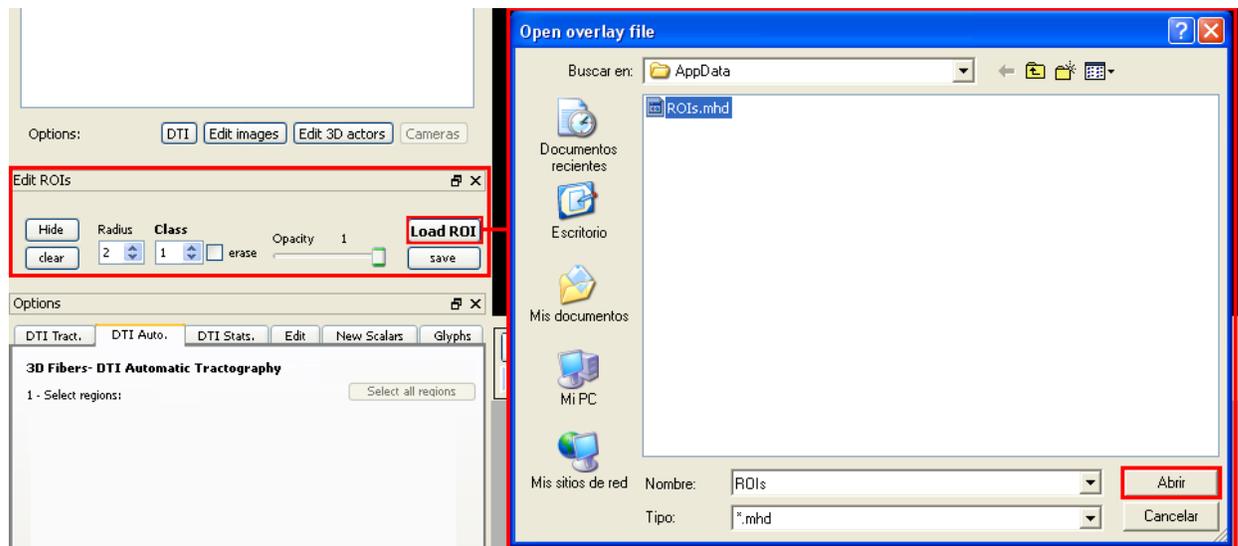


Figura 11: Cargando una ROI predefinida sobre una imagen escalar.

Cuando hay una imagen cargada correctamente en la ventana activa C1 podemos:

1. **Dibujar varias ROIs** directamente sobre la ventana activa C1 con el botón izq. del ratón.
2. **Cargar una ROI** ya creada.
3. **Generar automáticamente una ROI** para una serie de datos DTMRI de distintas zonas del cerebro (consulta el ejemplo 8).

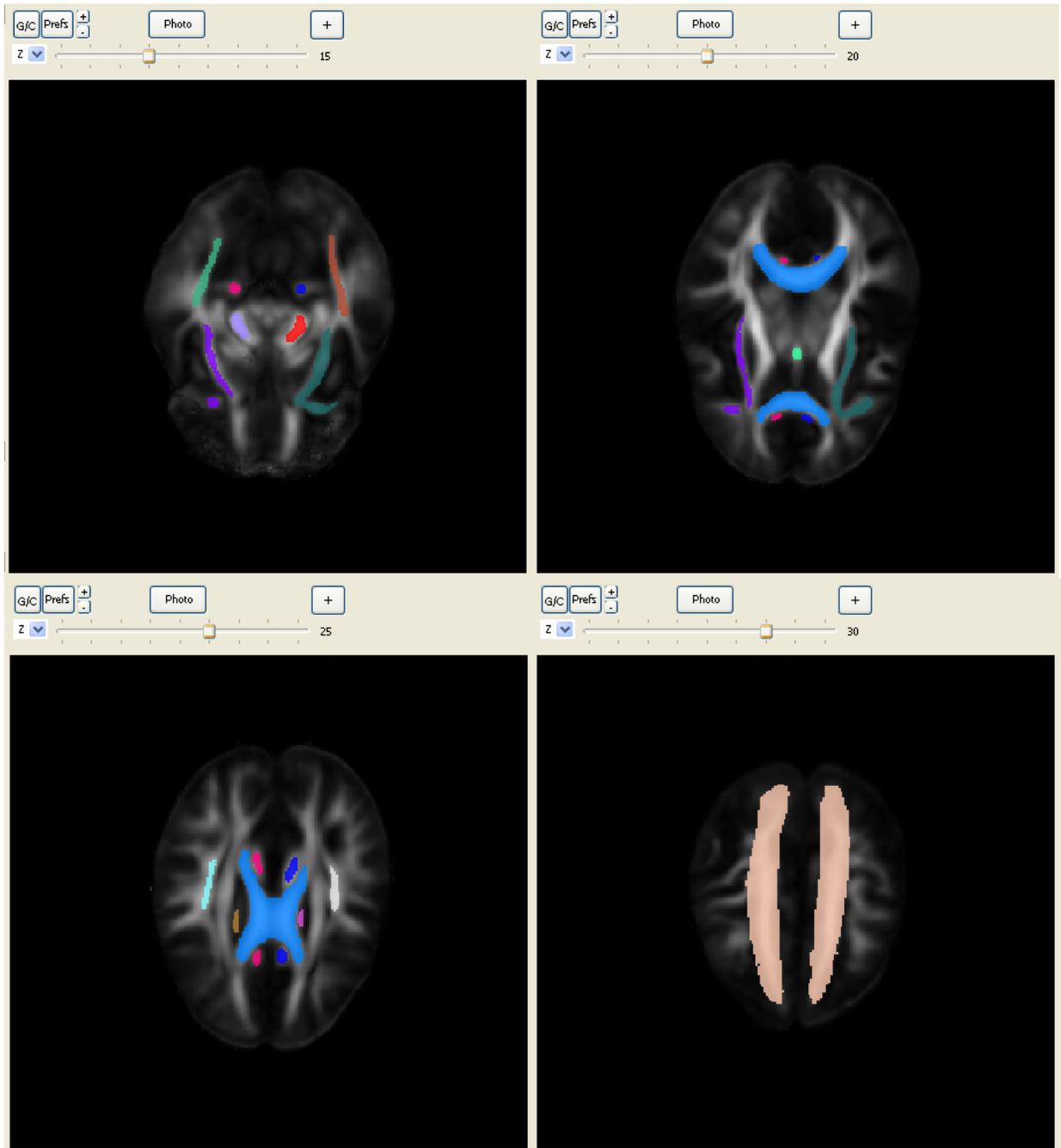


Figura 12: Varias slices de una ROI sobre una imagen escalar.

8. Ejemplo 3. Crear una tractografía automática de una imagen DT MRI del cerebro (DTI->DTI Auto.)

En este ejemplo vamos a crear la tractografía de una zona del cerebro de forma automática. En este ejemplo vamos a usar el modelo de datos tensoriales que acompaña al programa.

8.1. Cargar un volumen de datos tensorial

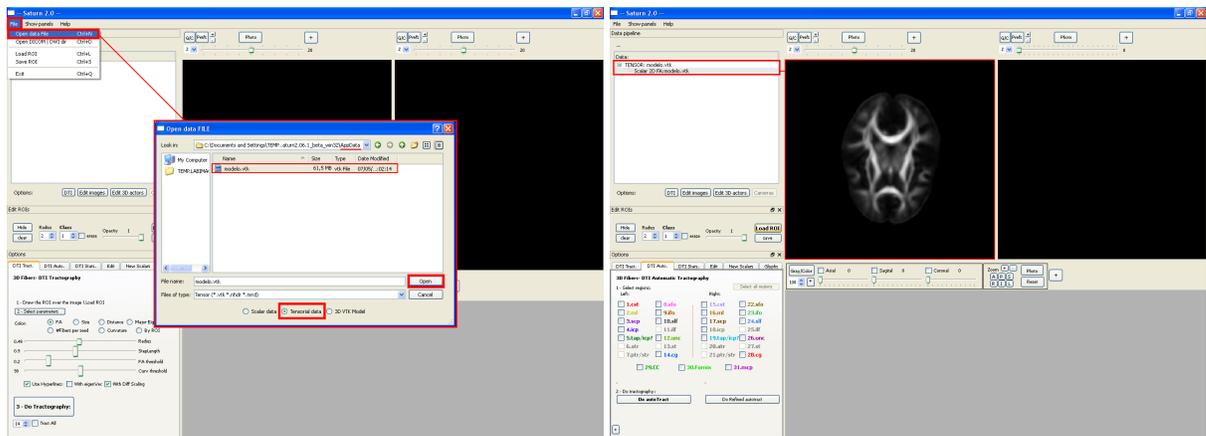


Figura 13: Cargamos el volumen tensorial *modelo.vtk*.

Desde la barra de menu, clickamos en **File->Open data**. Desde el cuadro de diálogo hay que seleccionar el botón Tensor; en la carpeta AppData elegimos el archivo “modelo.vtk”.

El volumen de datos cargado aparece en la columna de datos. Una vez cargados los datos podemos ver la imagen escalar de FA en la ventana activa C1.

8.2. Seleccionar las zonas del cerebro - Autogeneración de las ROIs

A continuación, en la ventana DTIAuto seleccionamos las zonas del cerebro con las que vamos a trabajar. En este ejemplo elegimos el tracto corticoespinal izq. y der. (1 y 15), el giro cíngulado izq. y der. (15 y 28) y el fornix (30).

Después pulsamos el botón **Do Auto Tract**.

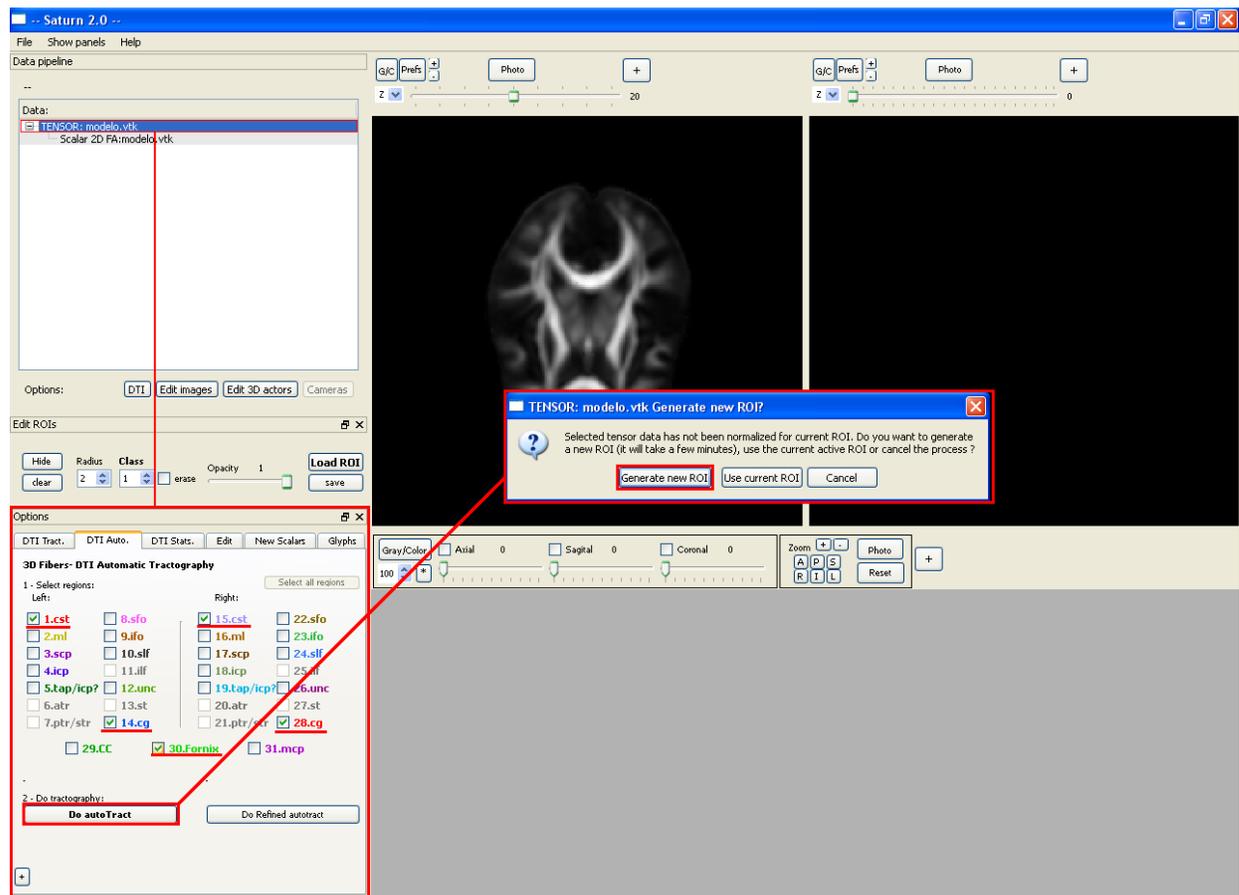


Figura 14: Autogenerar ROIs para tractografiar ciertas zonas del cerebro.

Antes de empezar con la tractografía, si los datos no han sido registrados y tractografiados (como ocurre en este caso) aparecerá un cuadro de diálogo preguntando por la ROI que vamos a usar.

Si ya hemos hecho este paso alguna vez y hemos salvado la ROI resultante podemos reutilizarla con el botón **LoadROI** del panel EditROI y **Use current ROI** del cuadro de diálogo.

En este caso pulsamos **Generate ROI** para crear una ROI adecuada basandose en los ficheros guardados en la carpeta AppData. Este proceso suele tardar unos minutos pero se realiza de forma totalmente automática.

Una vez terminado la ROI generada se mostrará en la ventana activa C1, y los modelos tridimensionales aparecerán en la ventana 3D y en el panel de datos.

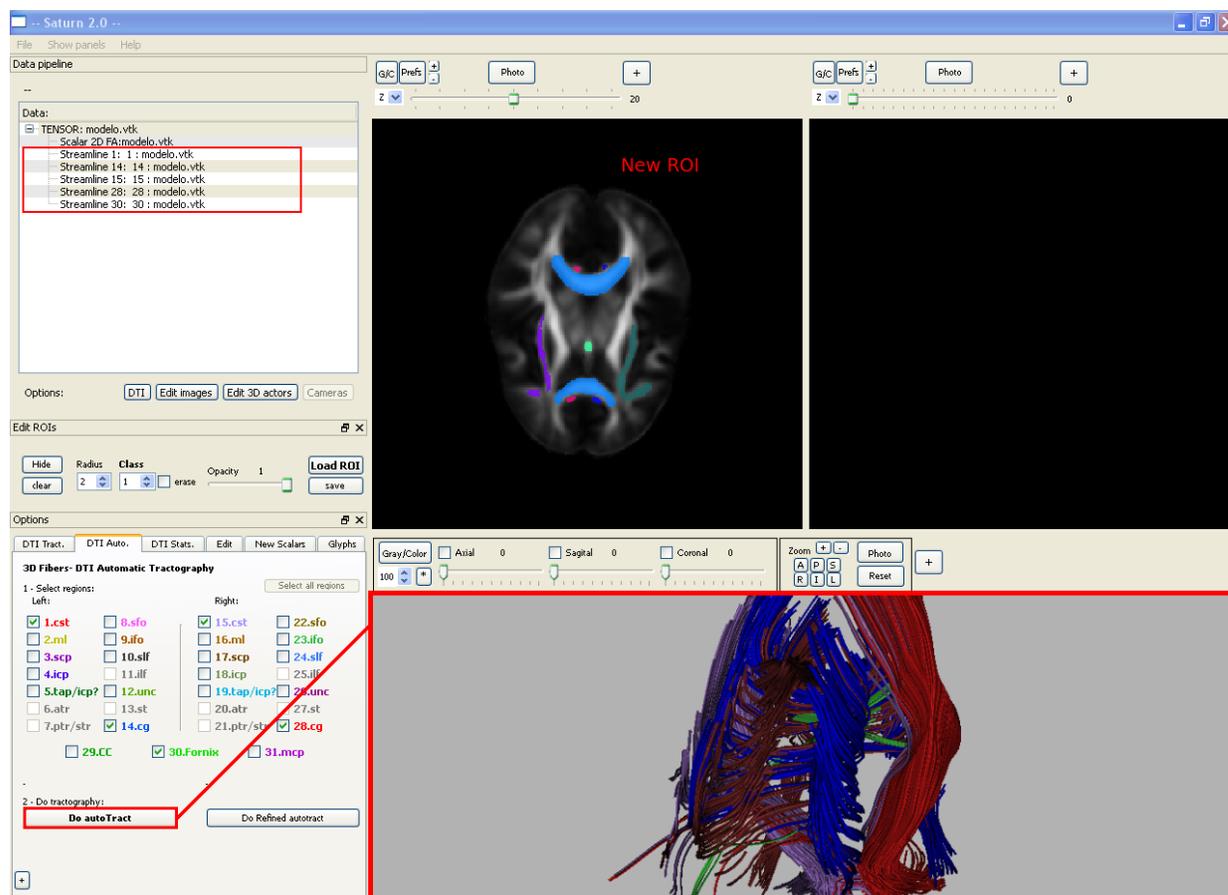


Figura 15: Resultado de la autotractografía. En la ventana 2D, la imagen escalar con sus nuevas ROIs autogeneradas, en la ventana 3D los modelos de fibras de la tractografía.

Si queremos realizar más tractografías de otras zonas del cerebro, basta con seleccionar una nueva zona y pulsar Do Tract: no aparecerán más cuadros de diálogo y el proceso se lleva a cabo casi inmediatamente.

A diferencia del ejemplo anterior ahora se representan *todas las fibras que atraviesan cada punto-semilla* en lugar de *una fibra por cada punto-semilla*.

9. Ejemplo 4. Obtener datos estadísticos de una tractografía o de una ROI (DTI->DTI Stats.)

Una vez definida una ROI o creada una serie de fibras a partir de un volumen tensorial se pueden extraer una serie de datos estadísticos sobre ellos con el fin de conocer sus propiedades de forma más exhaustiva. Los datos obtenidos se pueden exportar a un fichero csv compatible con muchos programas de hojas de datos como Excel.

9.1. Para fibras

The screenshot shows the Saturn 2.0 software interface. The 'Data pipeline' panel on the left lists several streamlines. The 'DTI Stats' panel is active, showing options for 'Compute Fiber stats' and 'Show Fiber stats'. Two dialog boxes are open, displaying statistical measures for two different streamlines.

Statistic measures Streamline 14: 14 : modelo.vtk

	FA	Eigenvalue1	Eigenvalue2	Eigenvalue3	Size
Streamline 14: 14 : modelo.vtk					
Number Of Fibers: 3355					
Mean	0.321701	2.866804	1.834205	1.557499	82.138840
Max	0.439230	4.647372	3.219252	2.756781	194.683533
Min	0.154787	2.368249	1.558663	1.296926	1.959350
Tot	48938.261719	424074.125000	265600.593750	224549.218750	
I	14.586665				

Statistic measures Streamline 28: 28 : modelo.vtk

	FA	Eigenvalue1	Eigenvalue2	Eigenvalue3	Size
Streamline 28: 28 : modelo.vtk					
Number Of Fibers: 2485					
Mean	0.309280	2.847003	1.860230	1.581851	55.639141
Max	0.466473	4.022914	2.871938	2.623837	194.683533
Min	0.163341	2.415797	1.504176	1.313248	1.957216
Tot	24282.740234	215225.515625	136043.265625	116073.710938	
I	9.771726				

Figura 16: Estadísticas de dos modelos-fibras.

Primero se selecciona el actor Streamline de la fibra en el panel de los datos. Es necesario que el modelo seleccionado sea “hijo” de un volumen tensorial. Después, en el panel DTI Stats se seleccionan las características que se desean mostrar, por ejemplo la FA o la longitud media de las fibras. Al pulsar el botón Compute Stats aparecerá un cuadro de diálogo con los valores estadísticos (valores medios, máximos y mínimos, valores totales etc..) El botón Show stats muestra el último cuadro de diálogo cargado.

9.2. Para ROIs

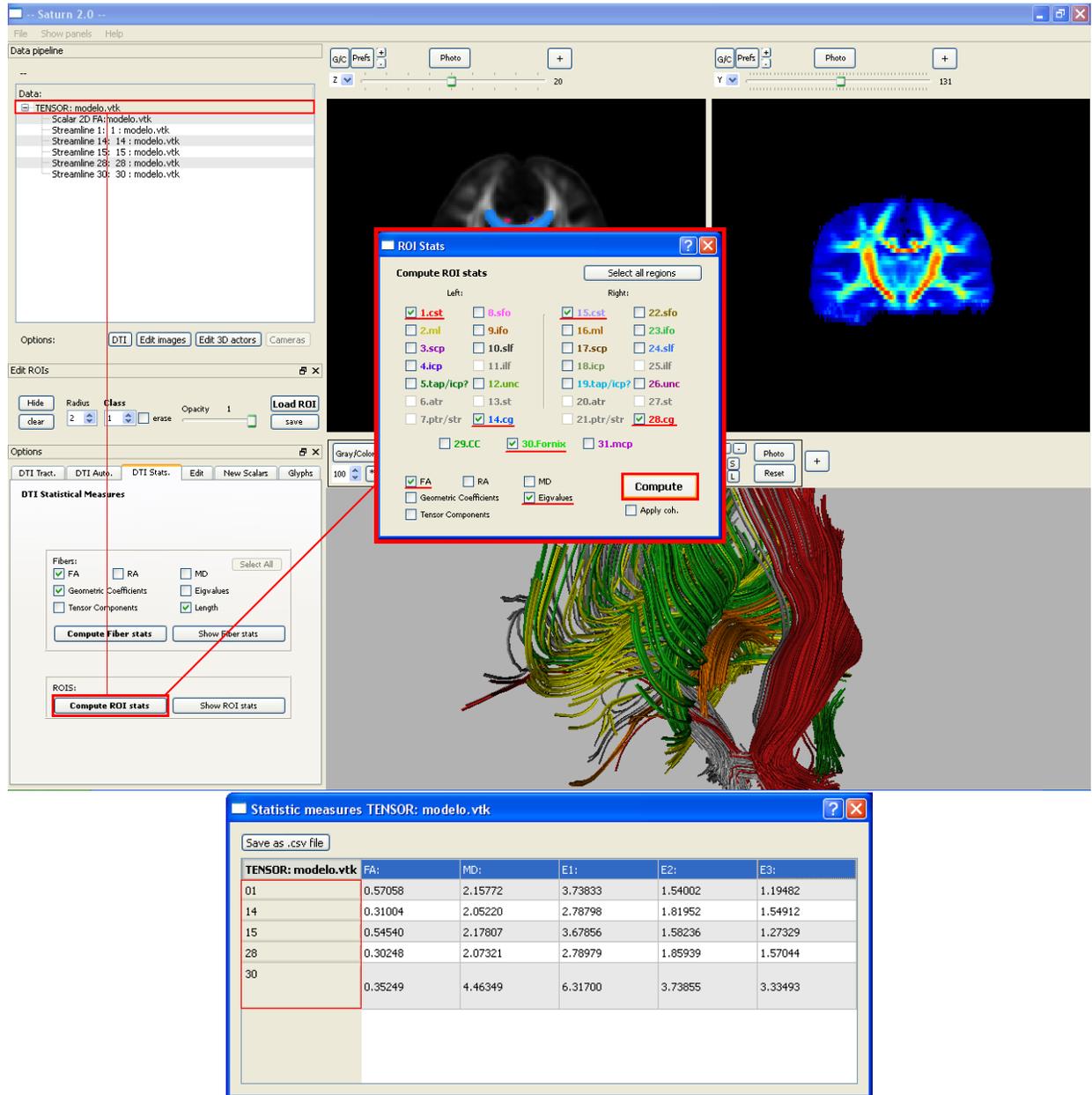


Figura 17: Estadísticas de dos ROIs.

Queremos extraer información del volumen tensorial de la ventana activa. Lo seleccionamos en el panel de los datos y pulsamos el botón Compute ROI. Aparecerá un cuadro de diálogo en el que seleccionamos las clases de ROI a evaluar y los índices de anisotropía que queremos computar y pulsamos el botón Do Stats. Los valores estadísticos aparecen en un cuadro aparte.

Es posible salvar los resultados pulsando el botón Save as csv para guardarlo como un fichero csv (compatible con Excel y OpenOffice).

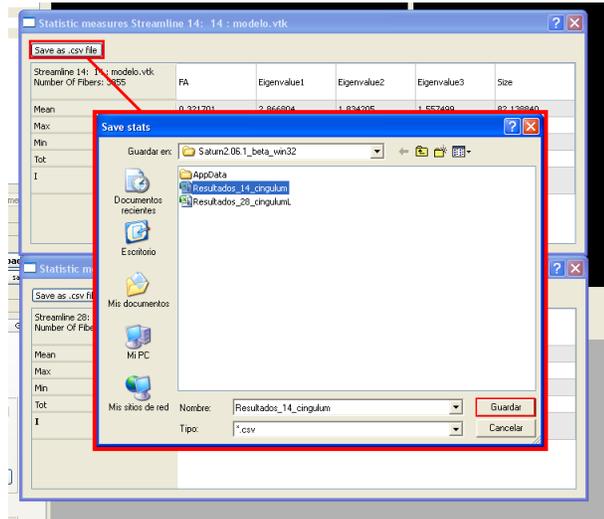


Figura 18: Guardando los resultados en un fichero CSV.

10. Ejemplo 5. Crear una nueva imagen escalar a partir de un tensor (DTI->New Scalars)

Con un volumen tensorial seleccionado en el panel de datos sólo es necesario pulsar cualquiera de los botones del panel New Scalars. Por ejemplo con el botón FA se crea una nueva imagen y se representa en la ventana activa C1.

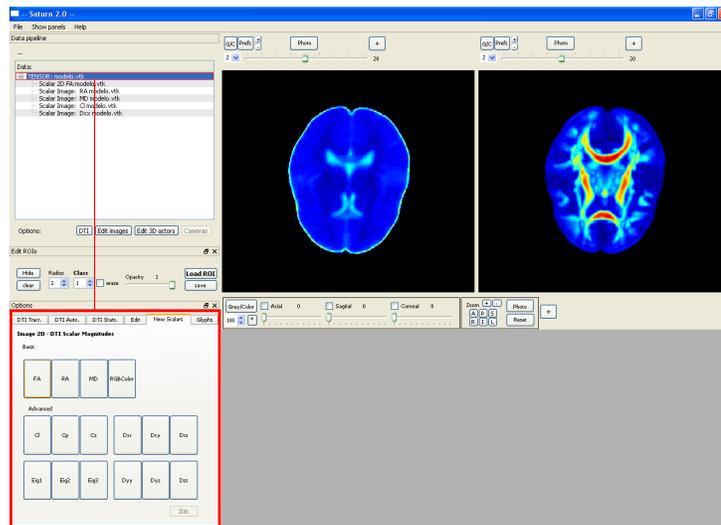


Figura 19: Creando una nueva imagen escalar a partir de un tensor.

Para seleccionar en que visor se ven cada imagen escalar hay que clickar con el botón derecho del ratón sobre la imagen. Entonces escogemos la acción **View 2D->Viewer A+3D** o **View 2D->Viewer B**.

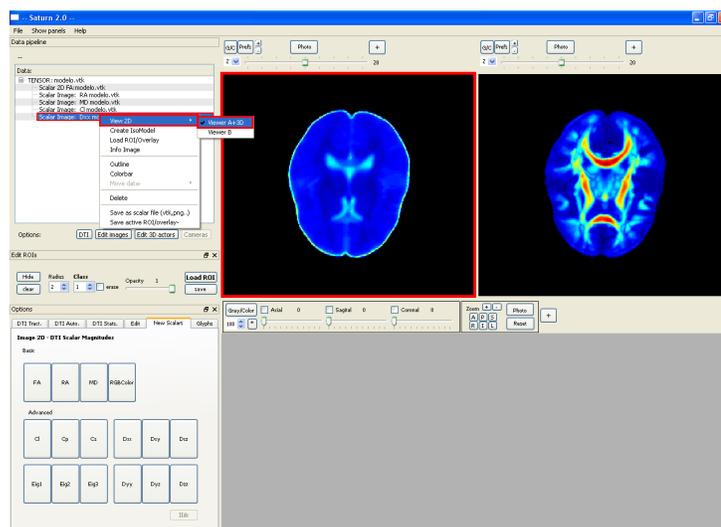


Figura 20: Para mostrar la imagen en el visor C1.

11. Ejemplo 6. Crear un isomodelo a partir de una imagen escalar

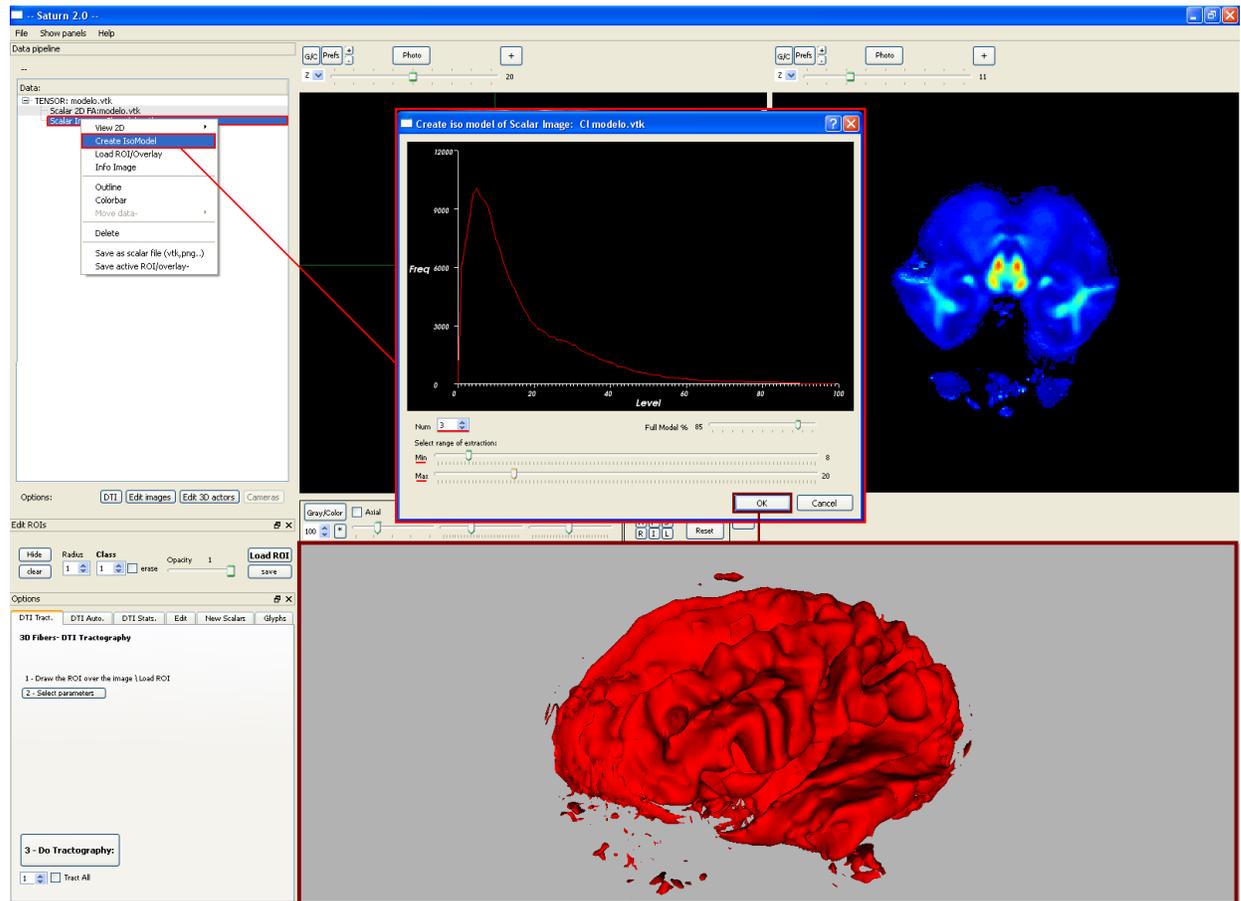


Figura 21: Creando isocontornos.

Los valores de una imagen se pueden agrupar en zonas con valores similares. Es posible crear un modelo tridimensional basado en los valores de la imagen. Pulsando el botón derecho del ratón sobre cualquier imagen escalar en el panel de datos aparece un menú, y seleccionamos la acción **Create isomodel**.

En el cuadro de diálogo aparece el histograma (que muestra el número de pixeles que hay con cada valor); con las barras seleccionamos los valores máximos y mínimos sobre los que se creará el modelo tridimensional.

Con el cuadro Num es posible seleccionar el número de contornos que se crearán. Por ejemplo: en el caso de la fig21 se crean 3 contornos con valores de pixel de al 8, 14 y 20 % del rango total (que corresponden a valores de intensidad del pixel de) dónde se sitúa la mayor cantidad de información.

12. ¿Qué es un glifo?

Los datos tensoriales poseen tanta información que resulta imposible de expresar con un simple número. Por ello uno de los métodos empleados es el de los glifos.

Un glifo es una pequeña figura geométrica que se usa para representar los valores de los datos en un punto concreto. El aspecto físico de esta figura geométrica (principalmente orientación, forma, tamaño y color) nos hablan de las propiedades del tensor de difusión en cada voxel.

Cualquier figura geométrica puede usarse como glifo, en el Saturn están implementados los conos, los cubos, las esferas y las flechas.

Los glifos son especialmente útiles para representar detalles de información en un área pequeña. Observemos

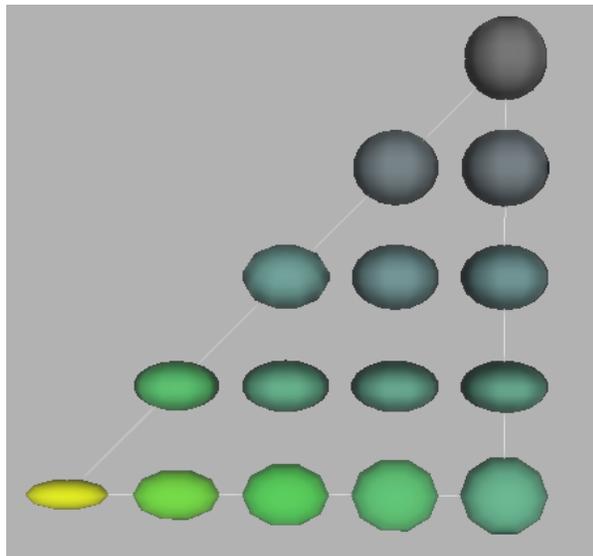


Figura 22: Glifos representando los datos de 15 tensores de difusión.

el ejemplo de esta imagen, los glifos se utilizan para representar los valores de quince tensores de difusión en quince puntos distintos. En este caso suponemos que la componente de difusión sobre el eje x es constante para todos, la componente de difusión sobre el eje y aumenta en los glifos más a la derecha y la componente sobre el eje z aumenta en los glifos superiores:

- **Color:** En este caso el color de los glifos muestra la anisotropía fraccional (FA) de los datos, una medida que se relaciona con el nivel de organización de la estructura de un tejido. En DTMRI la FA es un gran indicador de la organización de la materia blanca del cerebro. El color rojo indica valores altos, el azul grisáceo valores bajos.
- **Forma:** Las esferas se deforman en elipses allá dónde el autovalor principal es mucho mayor que los otros dos. Si la dirección principal está dividida entre dos autovalores el glifo se deforma en un disco. Si no hay una dirección principal de difusión que destaque las esferas no se deforman. Los glifos de la esquina inferior izquierda son más lineales (sólo destaca la difusión sobre el eje x), los de la esquina inferior derecha son planares (la difusión sobre x e y son iguales) y los de la esquina superior derecha son esféricos (la difusión es igual sobre los ejes x,y,z).
- **Tamaño:** El tamaño de los glifos está implementado de forma que aquellos tensores más lineales y con autovalores más grandes destaquen.

- Orientación: Los glifos “apuntan” a la dirección principal de difusión (la indicada por el autovector principal).

13. Ejemplo 7. Representar información tensorial con glifos (DTI->Glyphs.)

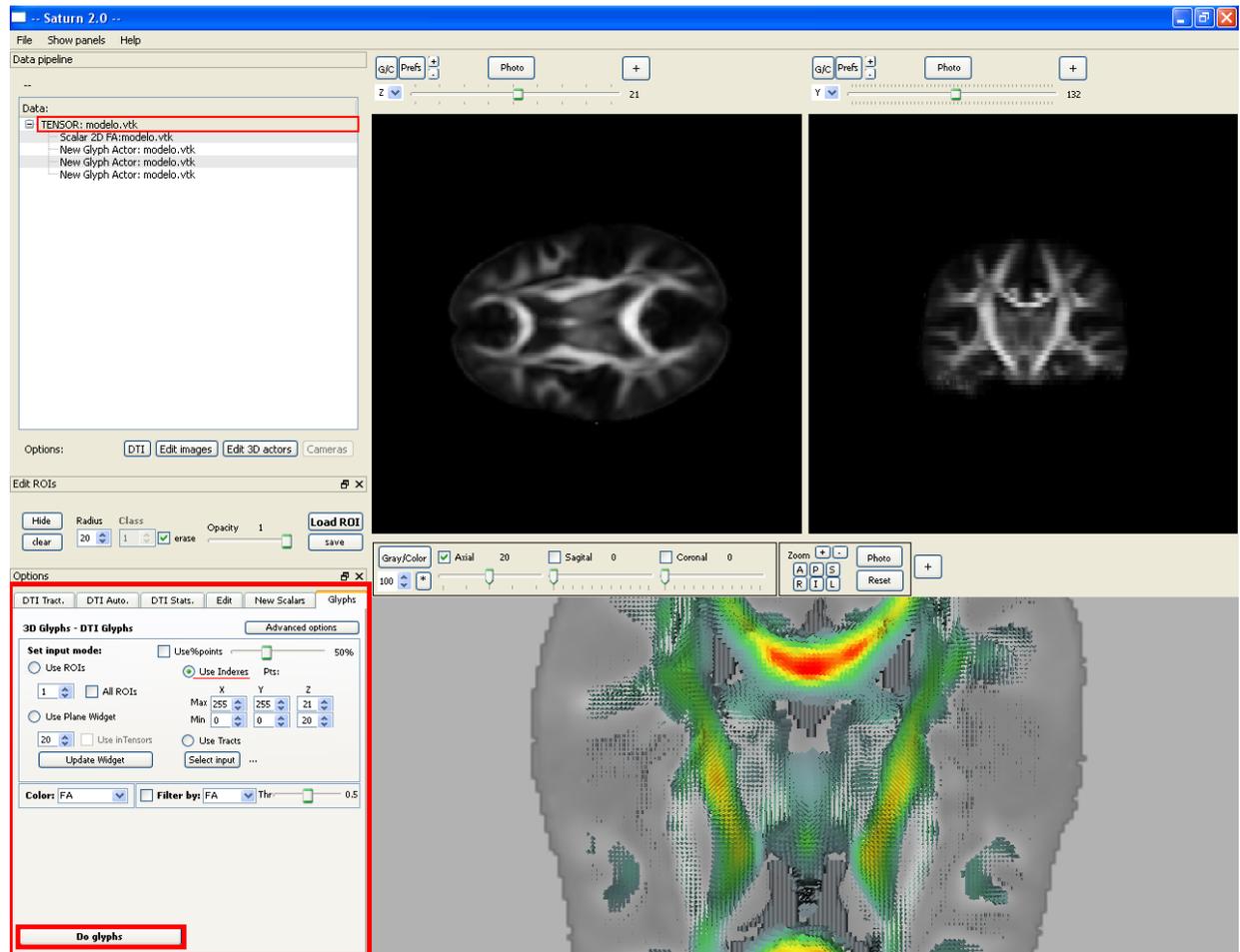


Figura 23: Panel de los glifos.

Los volúmenes de datos tensoriales se pueden representar mediante glifos. Primero nos aseguramos de que hay un volumen tensorial seleccionado en el panel de datos. Hay varias formas de seleccionar los puntos de entrada:

- ROI: El método más sencillo es usando una ROI, al igual que en el método de la tractografía. Puede dibujarse una en la ventana activa C1 o cargarse directamente en el panel Edit ROIs. El selector numérico permite seleccionar que clase de ROI se usará (o bien todas las clases al clicar *All ROIs*). Nota: es necesario tener cargada una imagen escalar “hija del tensor” para poder usar este método.
- Sobre un conjunto de fibras: Puede emplearse un modelo tridimensional ya creado para indicar los puntos de entrada. Para indicar que modelo se utiliza como base basta con seleccionar en el panel de datos y pulsar el botón Select Input.

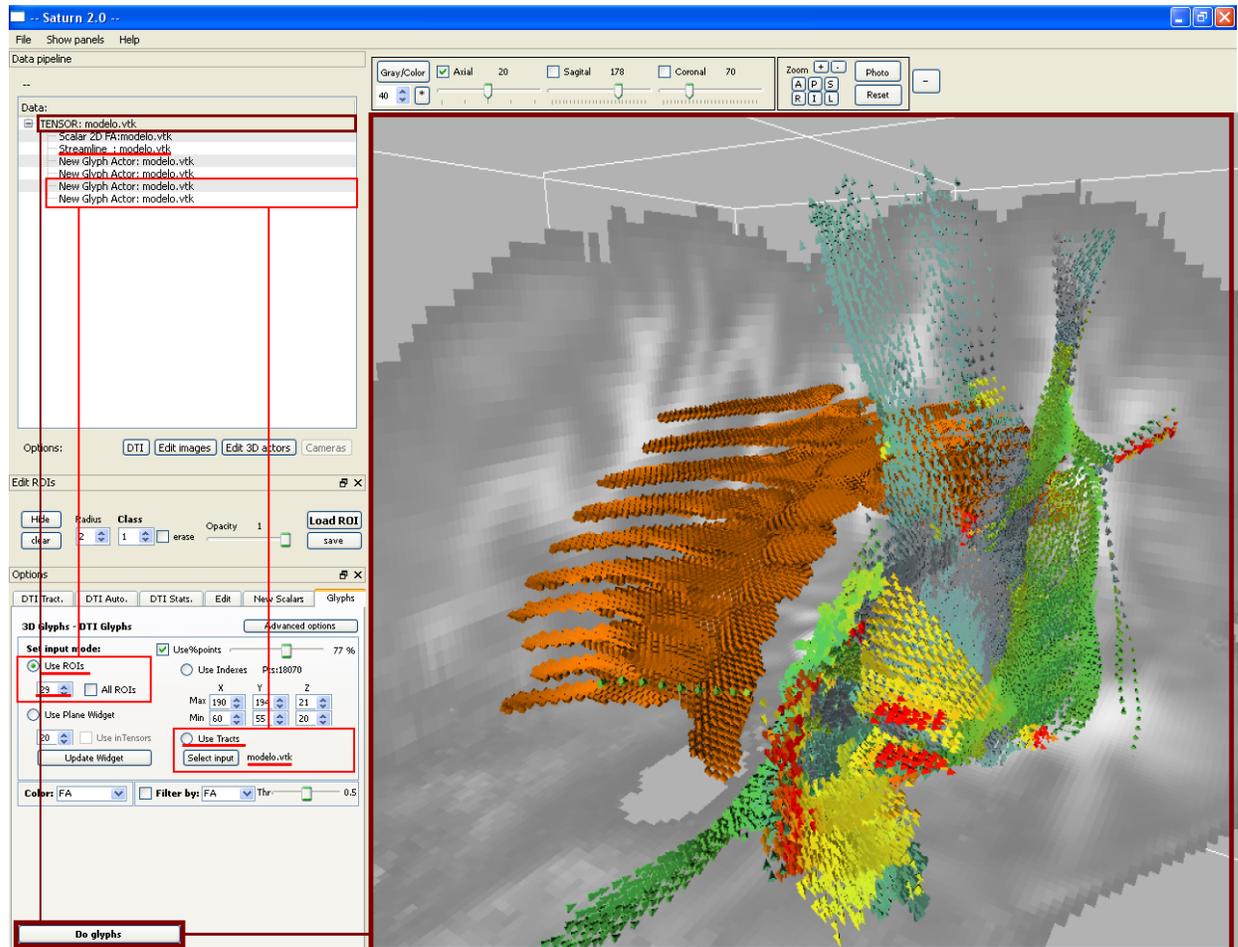


Figura 24: Usando una ROI y un modelo de fibras para definir los puntos de entrada.

- Por índices: para seleccionar el corte exacto con los valores espaciales máximos y mínimos. En el ejemplo de la fig. 25, para un volumen tensorial $256 \times 256 \times 40$ se representan los valores de 120 a 180 en el eje X, de 140 a 160 en el eje Y y de 20 a 21 en el eje Z (un total de 1200 glifos). Hay que tener cuidado con el número de glifos que se representan.- cuando el número de puntos supera el millón puede haber retrasos en el renderizado.
- Con un plane widget: un widget es un pequeño selector interactivo que puede moverse por la ventana 3D libremente. El selector numérico permite seleccionar su resolución, en este caso el número de glifos representado es de $20^2 = 400$. El widget puede moverse adelante y atrás seleccionándolo y arrastrándolo con el botón izquierdo del ratón. Puede moverse arriba y abajo con el botón central y puede aumentar o disminuir su tamaño con el botón derecho del ratón.

Si tenemos una región demasiado grande para trabajar y el renderizado se ralentiza, podemos activar la opción "Use %points". Con esta sólo se representan dicho tanto por ciento de los puntos ahorrando en memoria y tiempo de renderizado. Los glifos se seleccionan aleatoriamente, para garantizar que las estructuras no se ven incorrectamente representadas.

El selector de color nos permite escoger entre distintos índices escalares de anisotropía para colorear los glifos: Anisotropía Fraccional (FA), Anisotropía Relativa (RA), índices lineal planar y esférico (C_l , C_p y

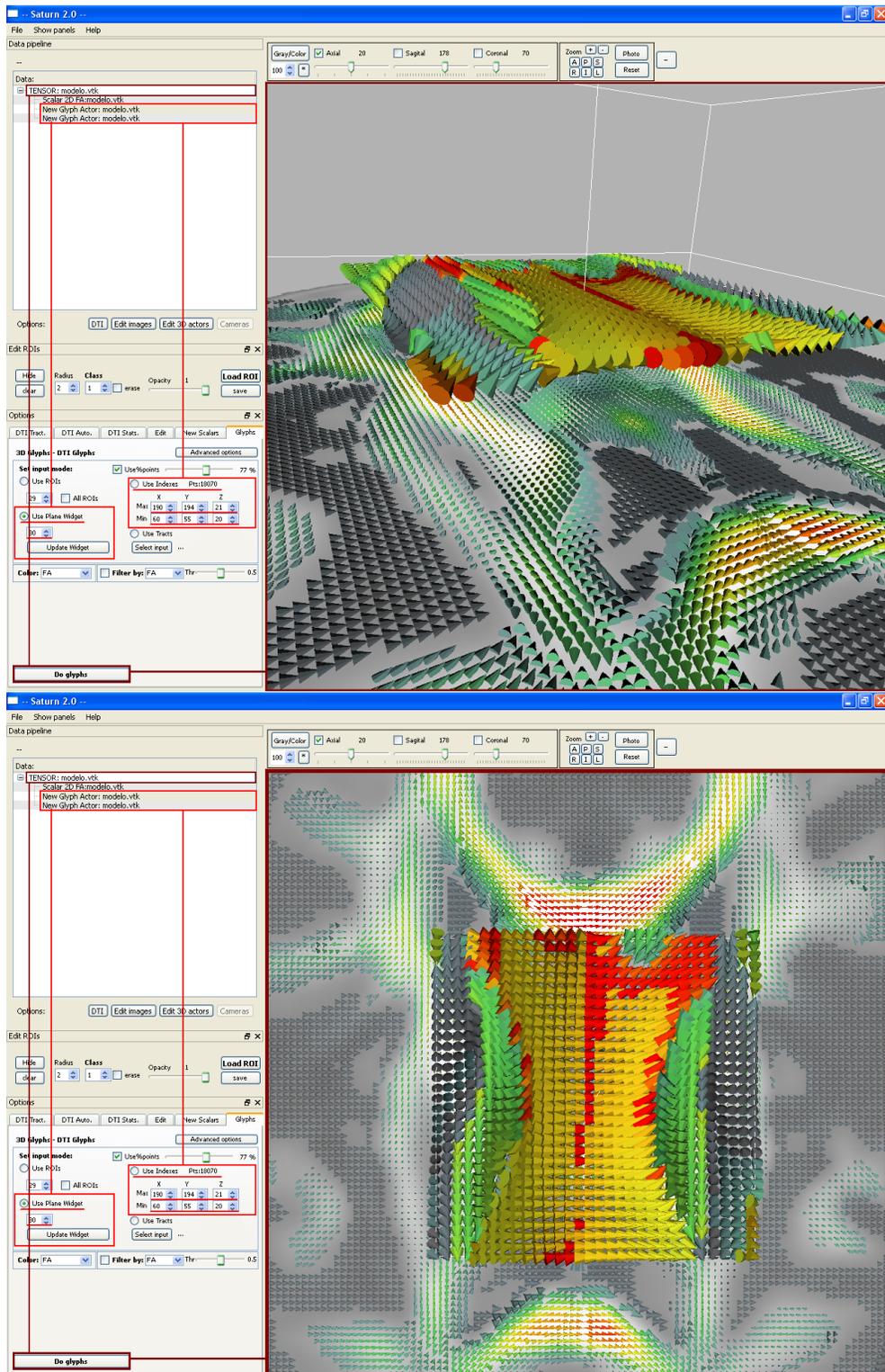


Figura 25: Usando índices y Plane Widget para definir los puntos de entrada.

C_s), coef. de difusión (ADC), direcciones principales de difusión (D_{xx} , D_{yy} y D_{zz}) y orientación principal de difusión (Orient).

El selector de filtrado permite representar sólo los glifos que estén dentro del umbral escogido. Por ejemplo en esta imagen sólo se muestran los glifos con un valor de FA de $0,5 \pm 0,1$. Hay varios índices escalares de anisotropía para determinar el filtrado: Anisotropía Fraccional (FA), Anisotropía Relativa (RA), índices lineal planar y esférico (C_l , C_p y C_s) y el coef. de difusión (ADC). Esta propiedad sólo funciona con el método de entrada Plane Widget y es especialmente útil para destacar las estructuras existentes en los datos.

Al pulsar el botón Advanced options aparece un cuadro con más opciones de parametrización de los glifos.

- El cuadro Shape permite elegir la figura geométrica que se va a usar como glifo: Conos (por defecto), cajas, esferas o flechas.
- El selector Resolution cambia el número de polígonos que se emplea en cada glifo. Más resolución equivale a más detalle pero el tiempo de procesamiento aumenta geométricamente con con este.
- La barra Scale y el selector Max Scale permiten controlar el tamaño medio y el tamaño máximo con el que se dibujan los glifos.

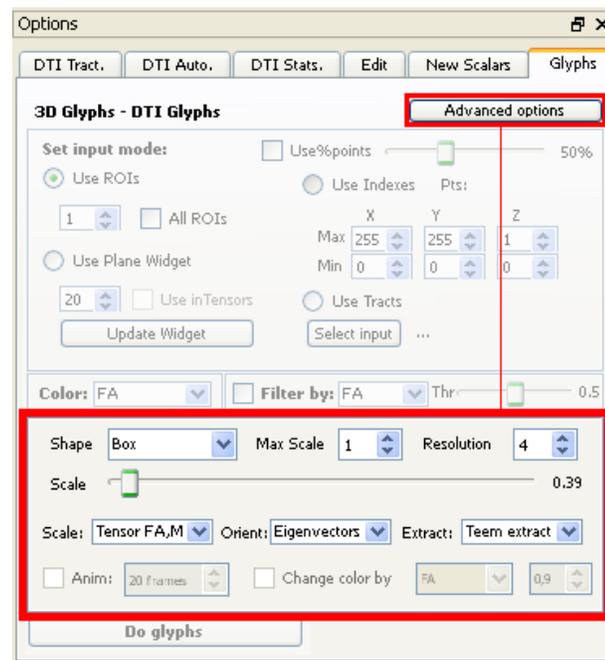


Figura 26: Opciones avanzadas: Forma, escalado, resolución del glifo, orientación, método de extracción.

14. Ejemplo 8. Corta, ordena, colorea y modifica: Editando las fibras (DTI->DTI Edit)

Una vez creado un actor tridimensional de tractografía se puede volver a modificar. Hay que asegurar que se ha seleccionado el correspondiente actor.

14.1. Cortar fibras

El índice de corte se elige mediante los widgets de reconstrucción multiplanar de la ventana 3D C3 (activados mediante los botones Axial, Sagital y Coronal).

En un ejemplo práctico de la figura 28: Para cortar la parte posterior de un modelo de fibras, activamos el widget Coronal de la ventana 3D y arrastramos el widget hasta la mitad, en el índice 128. Pulsamos el botón **Cut Cor P**. El modelo se actualiza cortado.

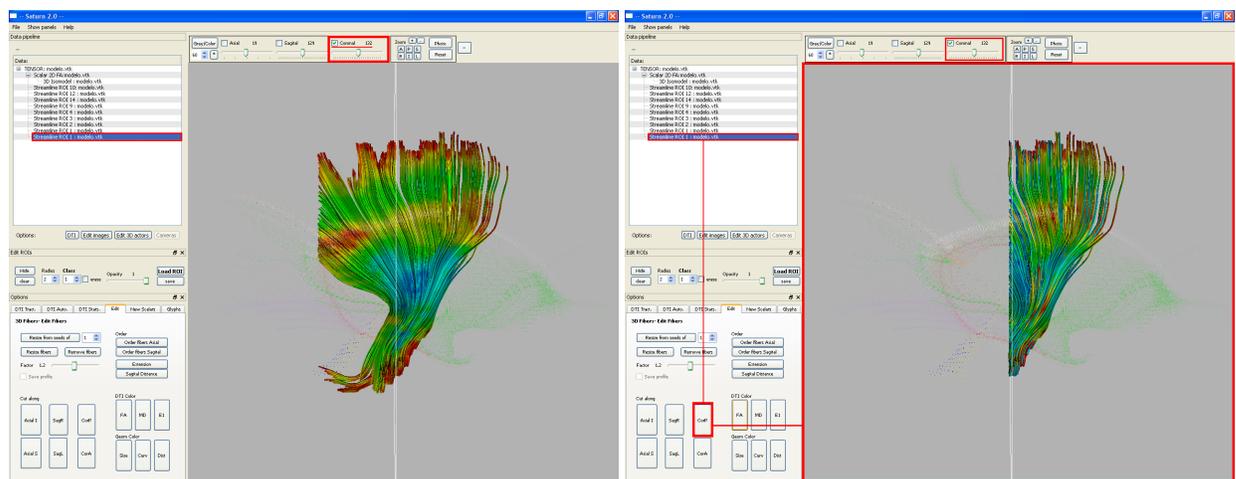


Figura 27: Cortando un modelo de fibras.

- Sag L: Para cortar con el plano Sagital, elimina los puntos a la izquierda del índice elegido.
- Sag R: Para cortar con el plano Sagital, elimina los puntos a la derecha del índice elegido.
- Cor P: Para cortar con el plano Coronal, elimina los puntos de la parte posterior desde el índice elegido.
- Cor A: Para cortar con el plano Coronal, elimina los puntos de la parte anterior desde el índice elegido.
- Ax S: Para cortar con el plano Axial, elimina los puntos de la parte superior desde el índice elegido.
- Ax I: Para cortar con el plano Axial, elimina los puntos de la parte inferior desde el índice elegido.

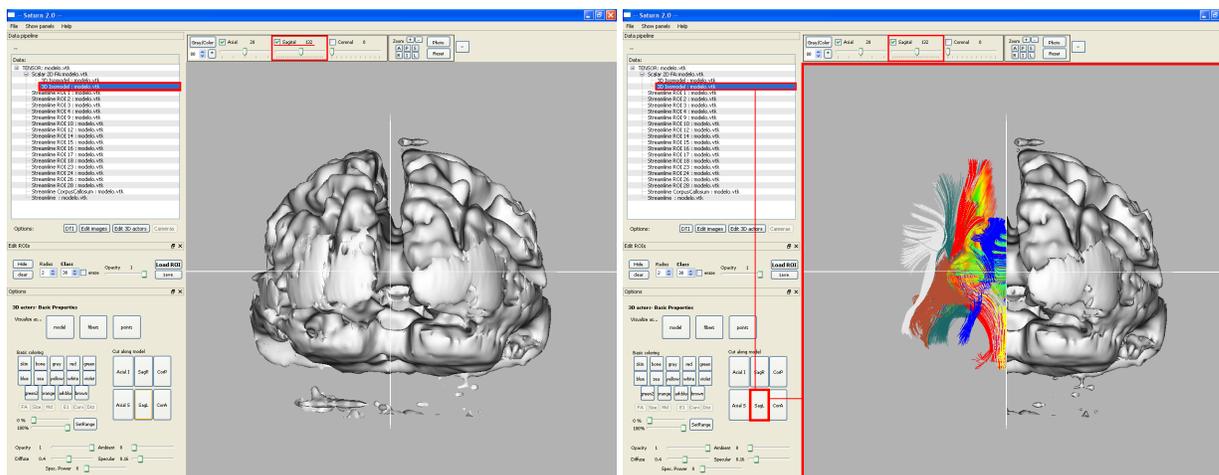


Figura 28: Cortando un modelo geométrico con el plano Sagital.

14.2. Colorear las fibras

Pulsando los botones FA, MD, E1, Curv, Dist o Size, se vuelven a calcular los colores de las fibras para mostrar su Anisotropía Fraccional (FA), su difusividad media (MD), el Autovalor Principal (E1), la curvatura de cada punto (Curv), la distancia de cada punto de la fibra desde el origen (Dist) o el tamaño total de la fibra (Size).

Para los índices DTI (FA, RA y MD) es necesario que los modelos tridimensionales estén enlazados con volúmenes tensoriales en el panel de los datos.

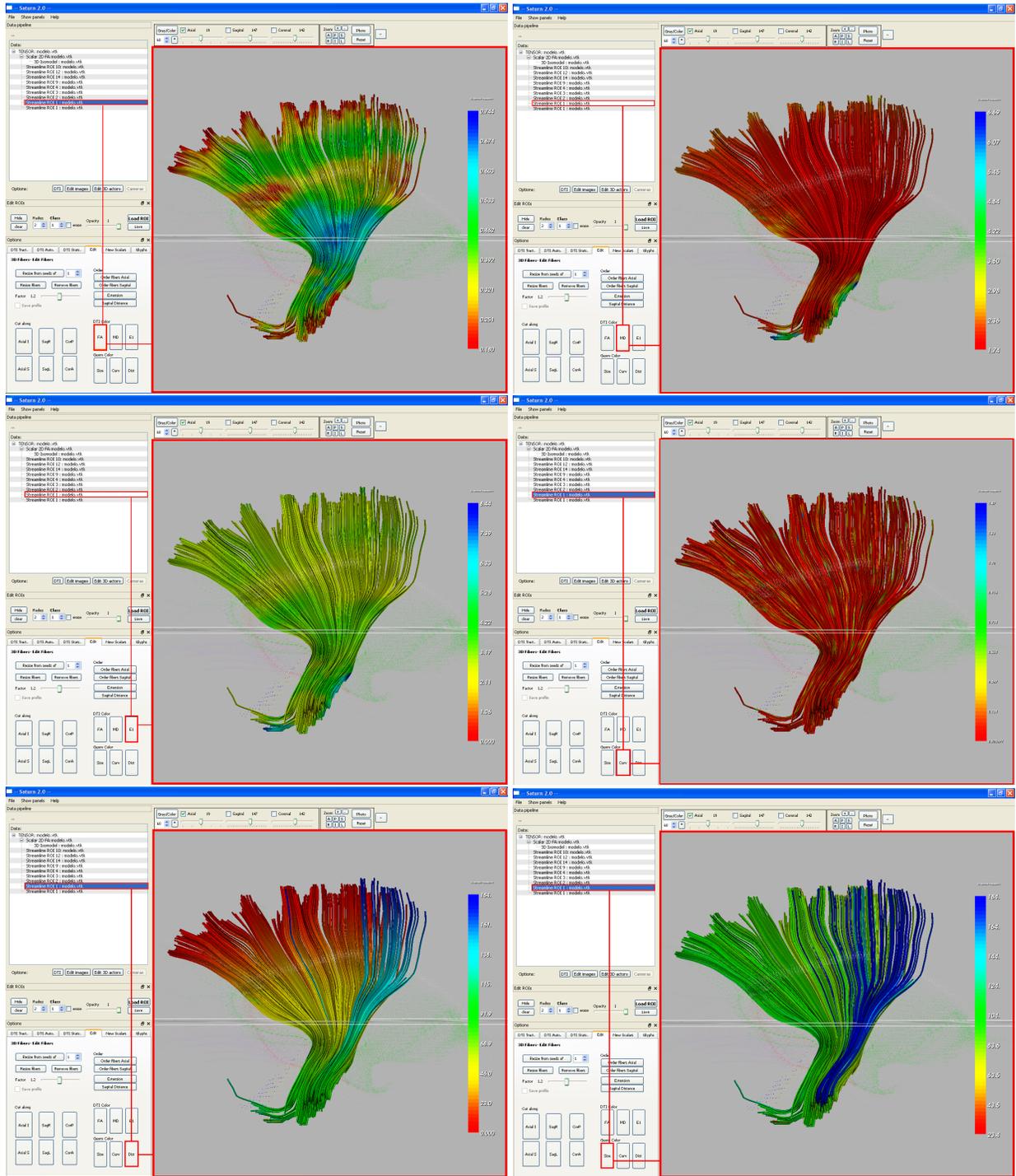


Figura 29: El mismo modelo de fibras coloreado en función de FA, MD, E1, Curv, Dist y Size (de izq. a der. y de arriba a abajo).

14.3. Reordenar las fibras

A la hora de extraer los datos estadísticos de varios modelos de fibras es aconsejable que estas se ordenen de una misma forma:

- Order Fib. Ax.: Este botón reordena los puntos de las fibras de inferior a superior y las fibras de anterior a posterior.
- Order Fib. Sag: Este botón reordena los puntos de las fibras de inferior a superior y las fibras de izquierda a derecha.

14.4. Modificar las fibras

Si queremos redimensionar un modelo de fibras ya creado para evitar que se extienda demasiado podemos usar estas funciones:

- Redimensionar desde los puntos semilla. En la fibra seleccionada, reduce aquellas que son más largas que un factor de la longitud media. Los puntos se eliminan en orden de la distancia de las semillas definidas por la clase elegida.
- Redimensionar las fibras: Para la fibra seleccionada, reduce aquellas que son más largas que un factor de la longitud media.
- Eliminar fibras: Para el modelo seleccionado, se eliminan por completo las fibras mayores que el factor de la longitud media.

15. Ejemplo 9. Editando los actores 3D (EDIT 3D Actors)

15.1. Modos de visualización

Los modelos tridimensionales pueden visualizarse de varias formas, dependiendo de la complejidad del modelo o de cómo queramos visualizar los datos a veces nos puede convenir un modo u otro.

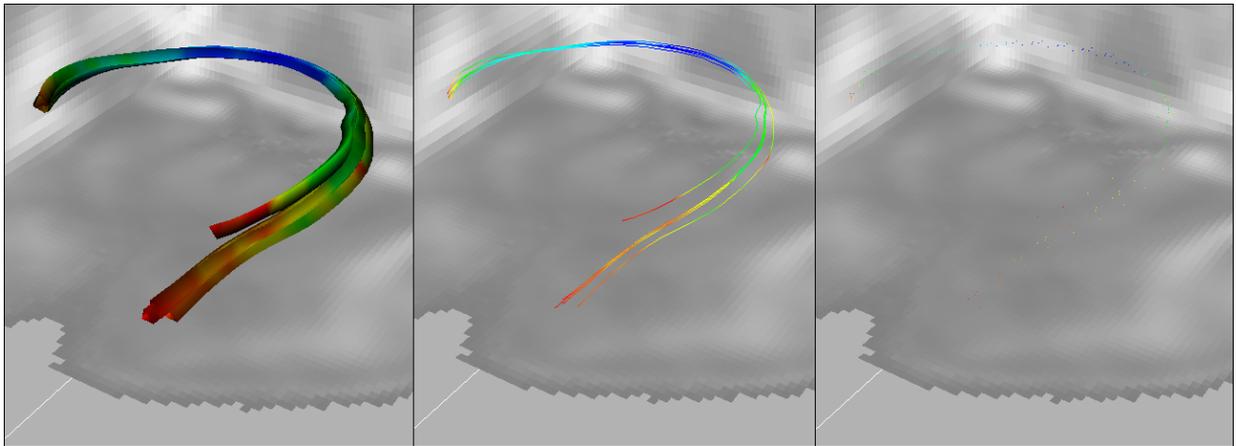


Figura 30: Modelo de fibras visualizado cómo Fibras, Modelo Geométrico y Puntos.

- Points: Reduce los componentes del modelo tridimensional a simples puntos, sin polígonos. El modo de representación más sencillo y que menos recursos consume.
- Geometry models: Isosuperficies se representan de forma completa, streamlines y fibras se representan como líneas sin profundidad.
- Fibers: Los actores streamlines o fibras se representan cómo tubos; cada línea queda representada por modelos poligonales.

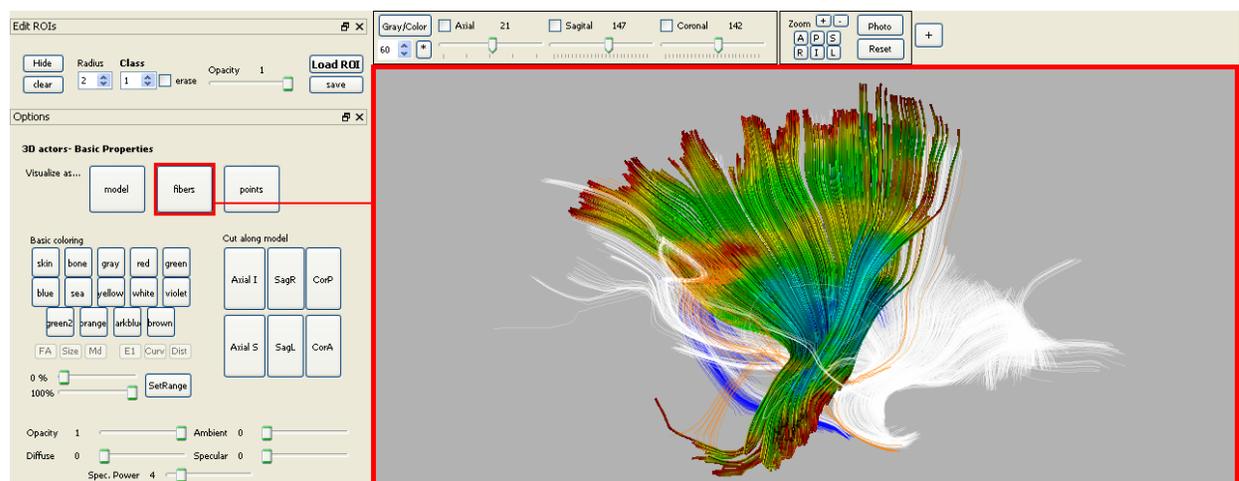


Figura 31: Visualizando un modelo cómo Fibras.

15.2. Coloreado simple

Es posible asignar a los actores valores predefinidos de color, simplemente seleccionándolos en el panel de datos y pulsando cualquiera de los catorce botones predefinidos.

Sólo cambia la representación del actor, los valores escalares no cambian. Es posible volver a ajustar los colores previos ajustando el rango de representación de 0 a 100 y pulsando el botón SetRange.

Los actores relacionados con datos tensoriales pueden recalcular nuevos colores basados en ellos. Sus modos son color por FA, MD o Autovalor1 o por el tamaño de la fibra o su curvatura. El código de color va de azul a rojo pasando por verde, donde el rojo corresponde a valores bajos y el azul a los altos.

Desde el panel de datos se puede mostrar por la ventana 3D una barra que indica el valor de el código que representa cada actor, pulsando col el botón derecho del ratón sobre dicho actor y seleccionando la opción Colorbar.

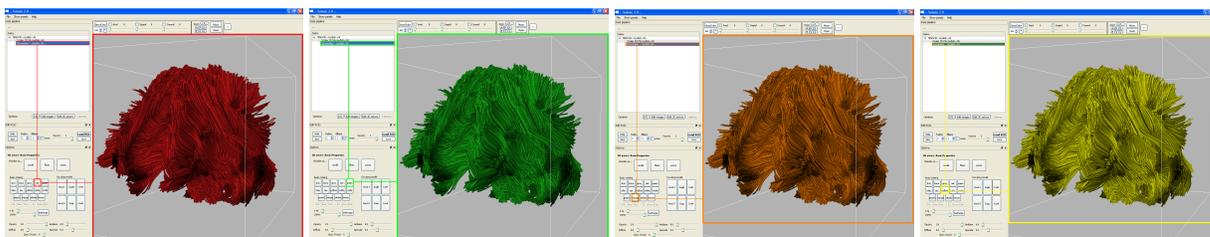


Figura 32: Cambios de colores básicos del modelo.

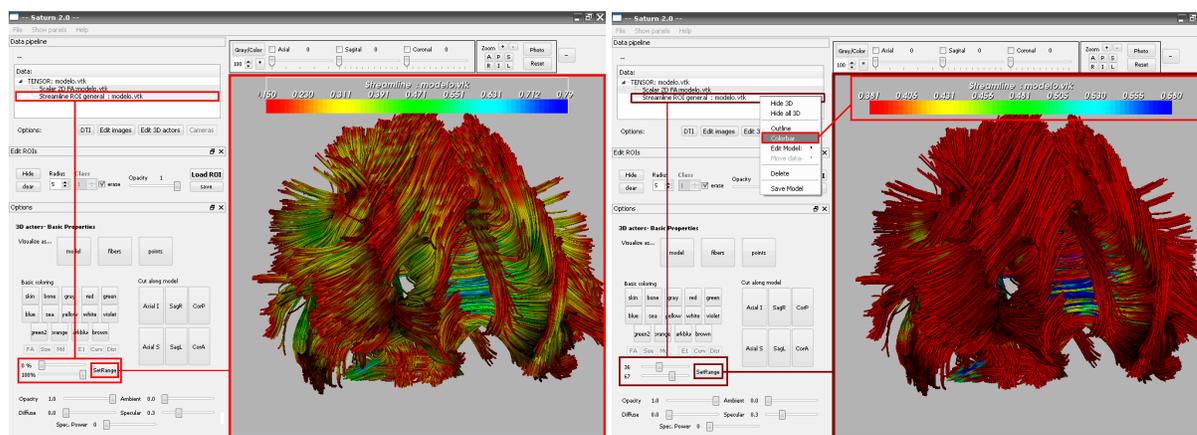


Figura 33: Cambio de rango de representación.

15.3. Opciones de iluminación

Las barras de la sección de iluminación permiten cambiar las opciones de opacidad, iluminación difusa, ambiental y especular y potencia especular del modelo seleccionado.

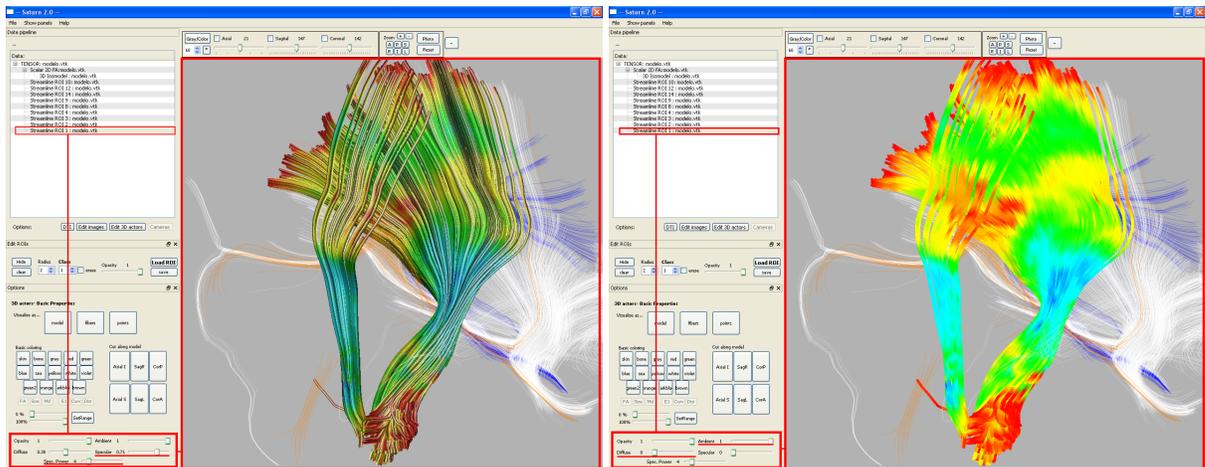


Figura 34: Cambios de iluminación en un modelo.