

Presentado en eXIDO 17 (2017)



UNED

JAÉN ÚBEDA

La UNED UNED Abierta

Acceso al CAMPUS



Extensión Universitaria

UNED

JAÉN

Centro Asociado "Andrés de Vandelvira"
de la provincia de Jaén

e^xi dθ 17

del 17 al 19 de julio de 2017

ONLINE O PRESENCIAL

#exido17

Segundas Jornadas de Experiencias e Innovación Docente en Estadística y Matemáticas

Úbeda

Extensión universitaria

créditos
0.5
(1.0 LC)

compartir imprimir pdf

Exido17

[Más información](#)

EXIDO 17 pretende, como ya lo hiciese por primera vez en el 2016, ser un punto de encuentro para compartir experiencias educativas reales en Estadística y/o Matemáticas que se enmarquen en el ámbito cotidiano de la docencia en los diferentes niveles de la educación Matemática aunque está abierto a docentes de otras materias. Para más información :www.uned-jaen-ubeda.es y www.exido.org (en esta última página se entregarán las comunicaciones)

Lugar y fechas

Del 17 al 19 de julio de 2017

Horas lectivas

Horas lectivas: 15

Online o presencial

Puedes elegir la asistencia desde

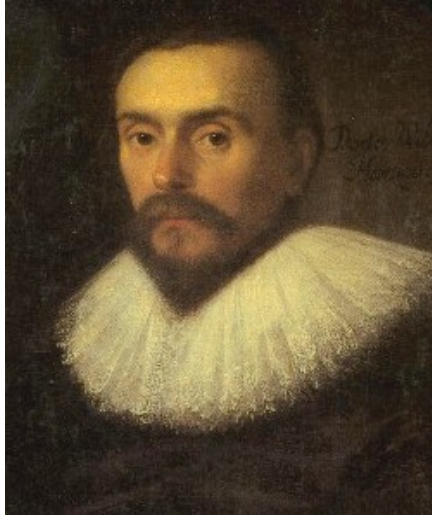
Agradecimientos: Compañeros UNED y al Centro

*Alaben, vituperen, lloren o rían,
instruir deleitando es obra mía.*

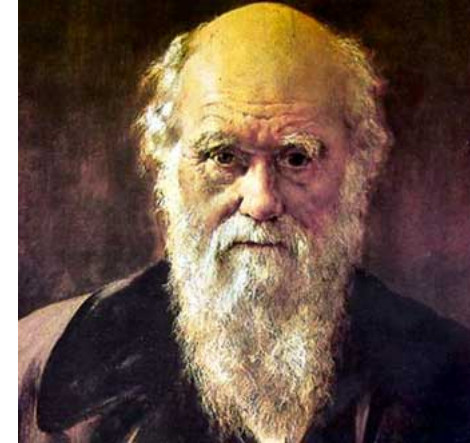
Matemáticas en medicina



Galileo Galilei, William Harvey, Charles Darwin



Galileo Galilei
(1564-1642)



- “El libro de la naturaleza está escrito en el lenguaje de las matemáticas” (Galileo Galilei, 1600)
- Circulación de la sangre basada en fundamentos matemáticos en 1615 (teoría Galeno 200 a.C.)
- “Las matemáticas parecen dotar a uno de un nuevo sentido”, (Darwin 1850)



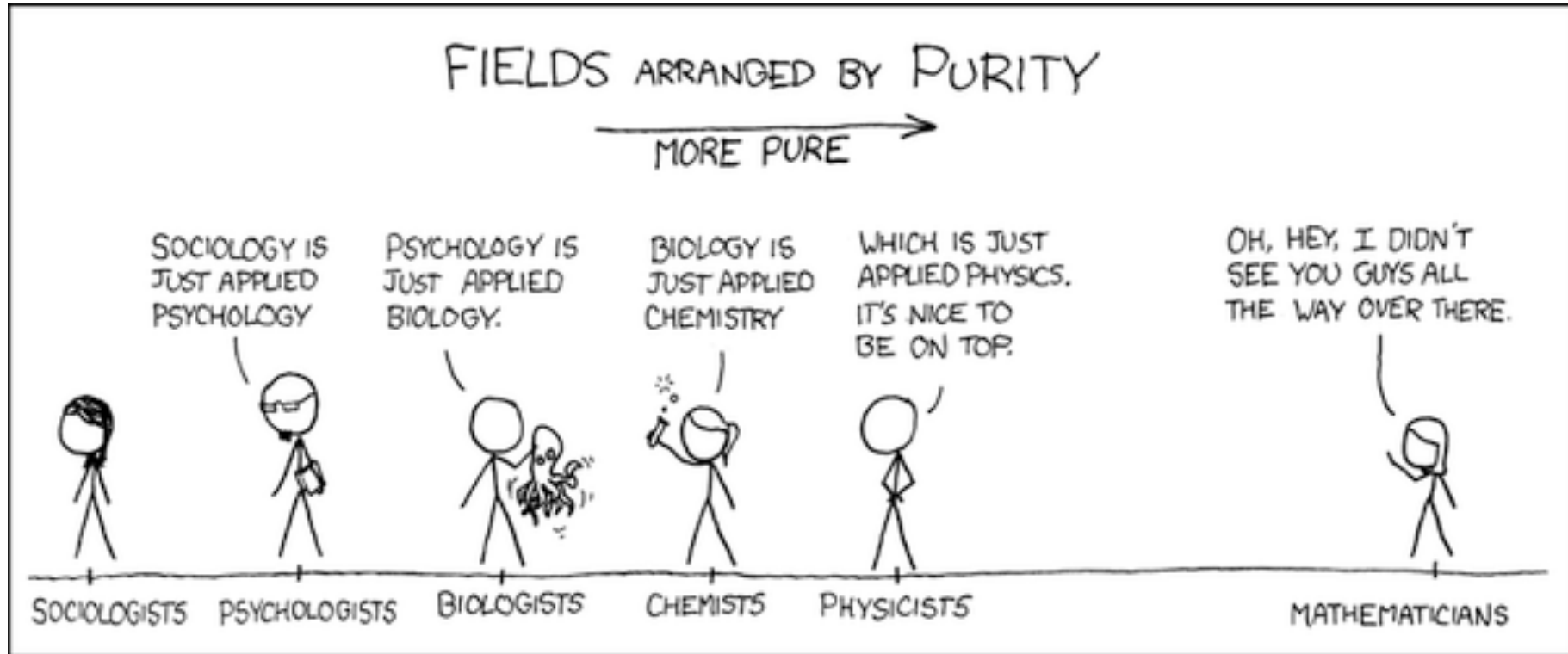
Objetivo

www.agenciatributaria.es?

- Desarrollar una enseñanza diferente e innovadora de las matemáticas como algo que se aplica a la vida cotidiana que permite resolver problemas que, ni siquiera nos hemos planteado.



¿Tan lejos y tan cerca?

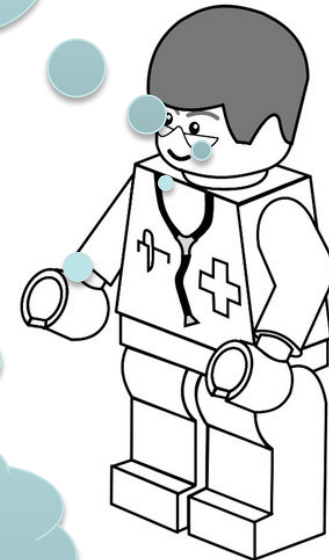


Basic ideas in medicine: A real case

I've developed an algorithm to get an area preserving morphometric statistical mapping of the brain with a smoothing kernel of 15 mm...



I want to measure volumes of some brain structures



Ok!, but what about my volumes?

Some months later!





Matemáticas, Física y Medicina

- Matemáticas y Física
 - Ambas adelantadas a su tiempo
 - Resuelven problemas inexistentes
 - La Física liga conceptos con cosas reales, las matemáticas no lo necesitan.
- No era nuevo pero no era aplicable
 - Electrónica (Física cuántica)
 - Informática (Matemáticas)
- ¿Para qué queremos, para qué sirve...?
- Hablemos del ocio y del consumo!!!!



Después de 1945 (de lo analógico a lo digital)

- **Electrónica**
 - Transducción de señales fisiológicas
 - Del papel a la cinta magnética
- **Informática**
 - Almacenamiento y manipulación
 - Medidas y no ODBC
- **Teoría de sistemas dinámicos**
- **Transformadas (venía de antes)**



Era digital

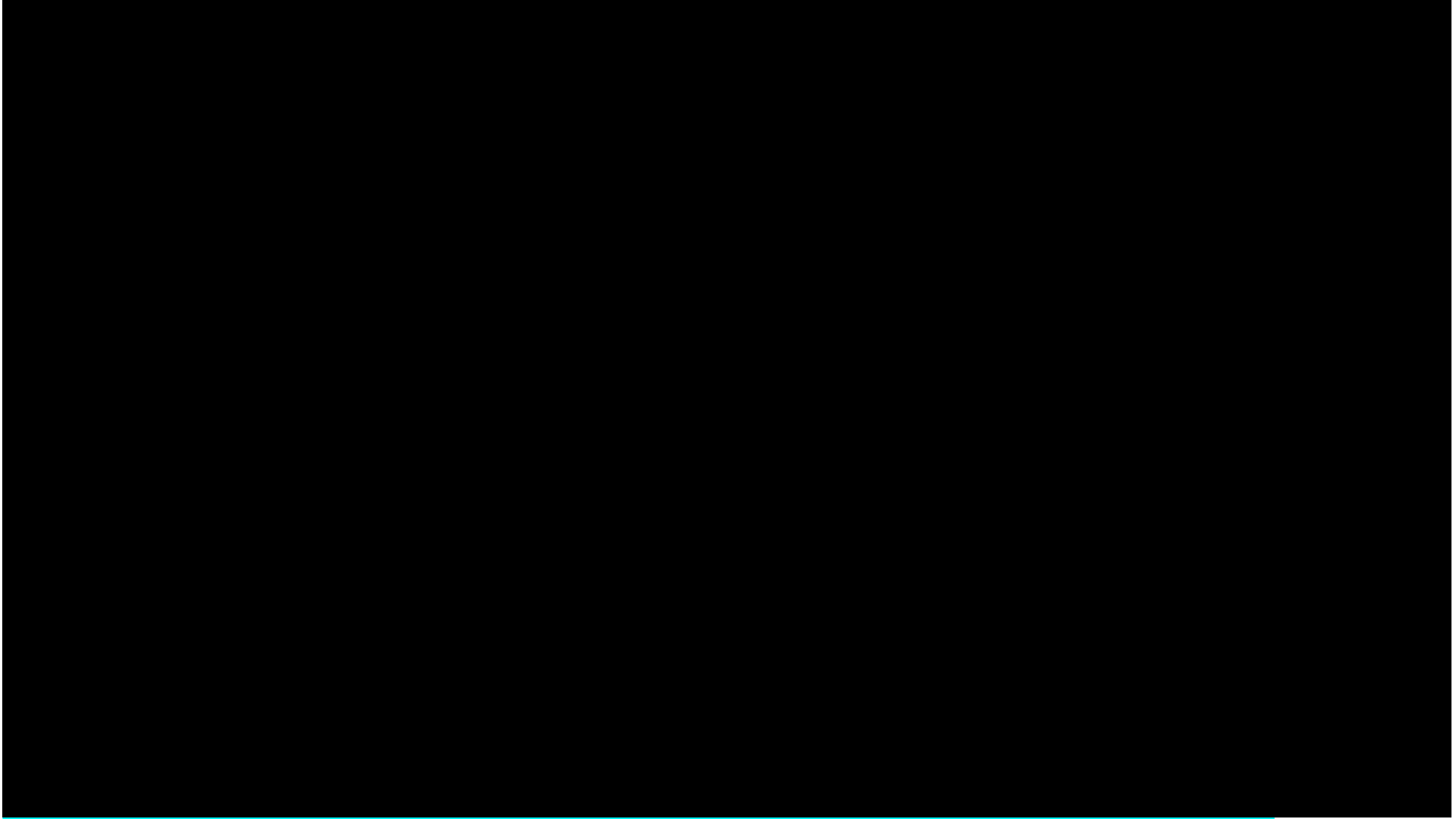
- Facilidad de almacenamiento
- Reproducibilidad de resultados
- Posibilidad de nuevas técnicas de medida
- Nuevas formas de realizar experimentos



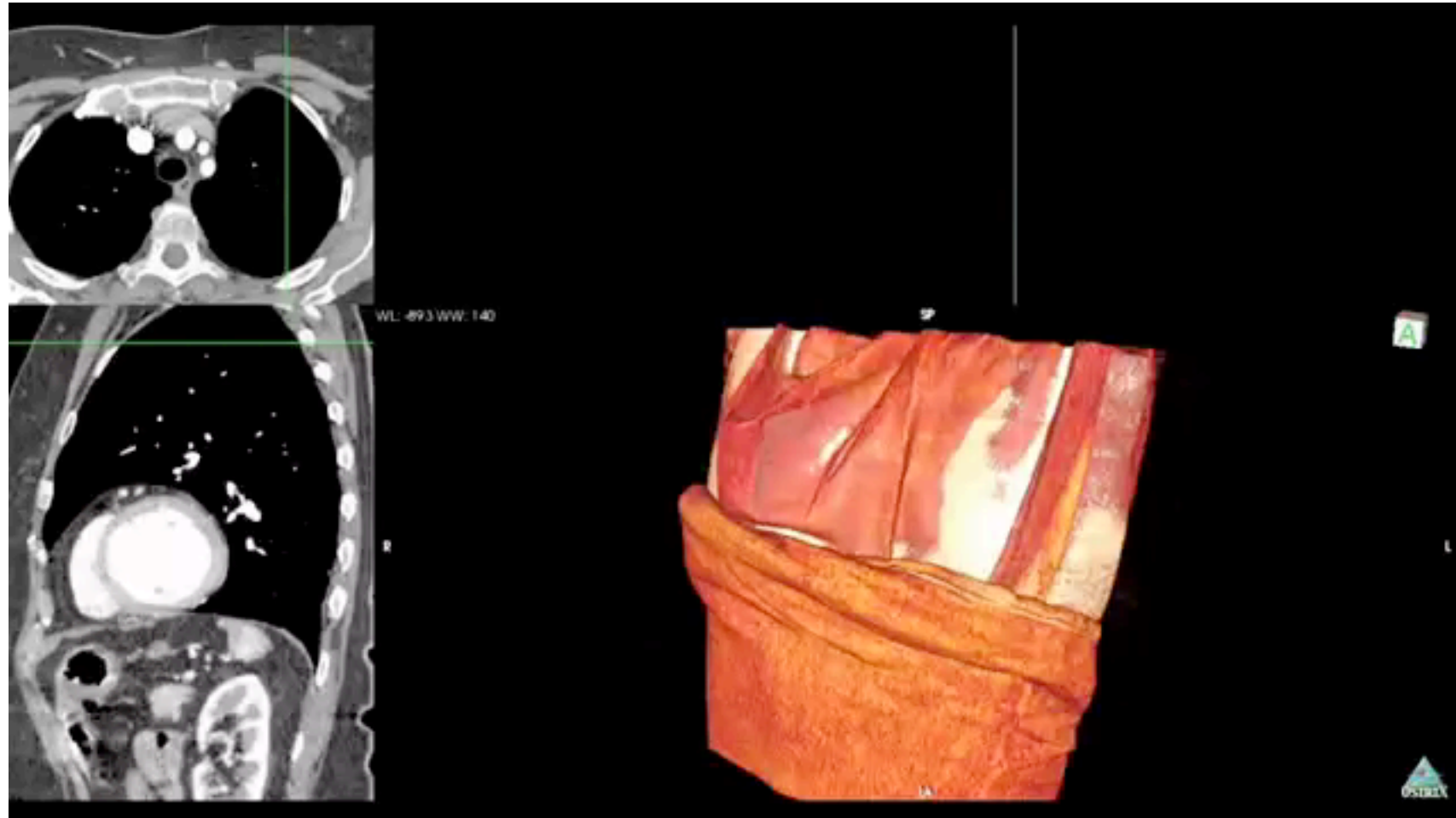
Los unos y los otros (1984)



Pixar Intro Parody, Pixar[®]



Endoscopia virtual a través de la aorta



La potencia de las Matemáticas

Teorema del corte central

“La TF de una proyección paralela de una distribución $f(x,y)$ según un ángulo θ es igual a los valores de la transformada de Fourier 2D de la distribución en la recta que pasa por el origen formando el mismo ángulo con el eje u ”



Áreas de intromisión en Medicina

- Todas
 - Imagen médica
 - Oncología
 - Cardiología
 - SNC
 - Mecánica celular
 - Y muchas otras que desconozco



La glucosa

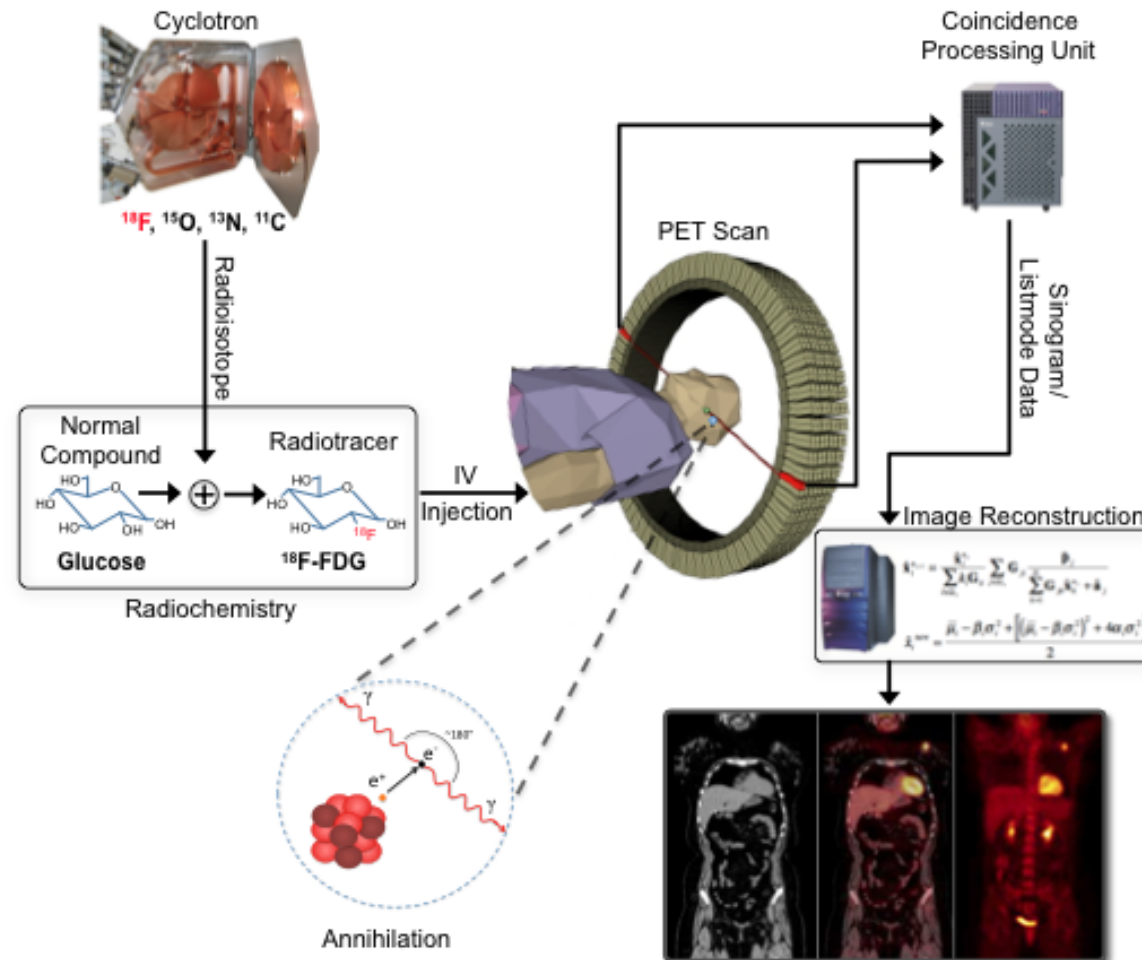
- Consumo anormal de glucosa permite determinar la posible existencia de tumores
 - Imágenes de consumo de glucosa en el cerebro.
 - Cambiamos glucosa por 2-[¹⁸F]fluoro-2-desoxi-D-glucosa
 - Se acumula
 - Zonas de alto metabolismo



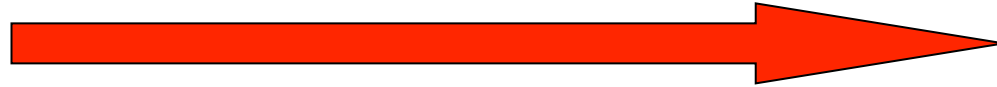
Radioactive Sugar







































































































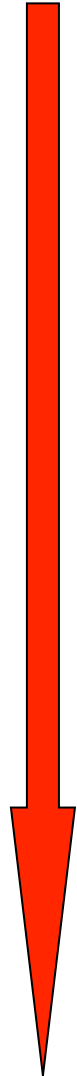
Imagen tomográfica



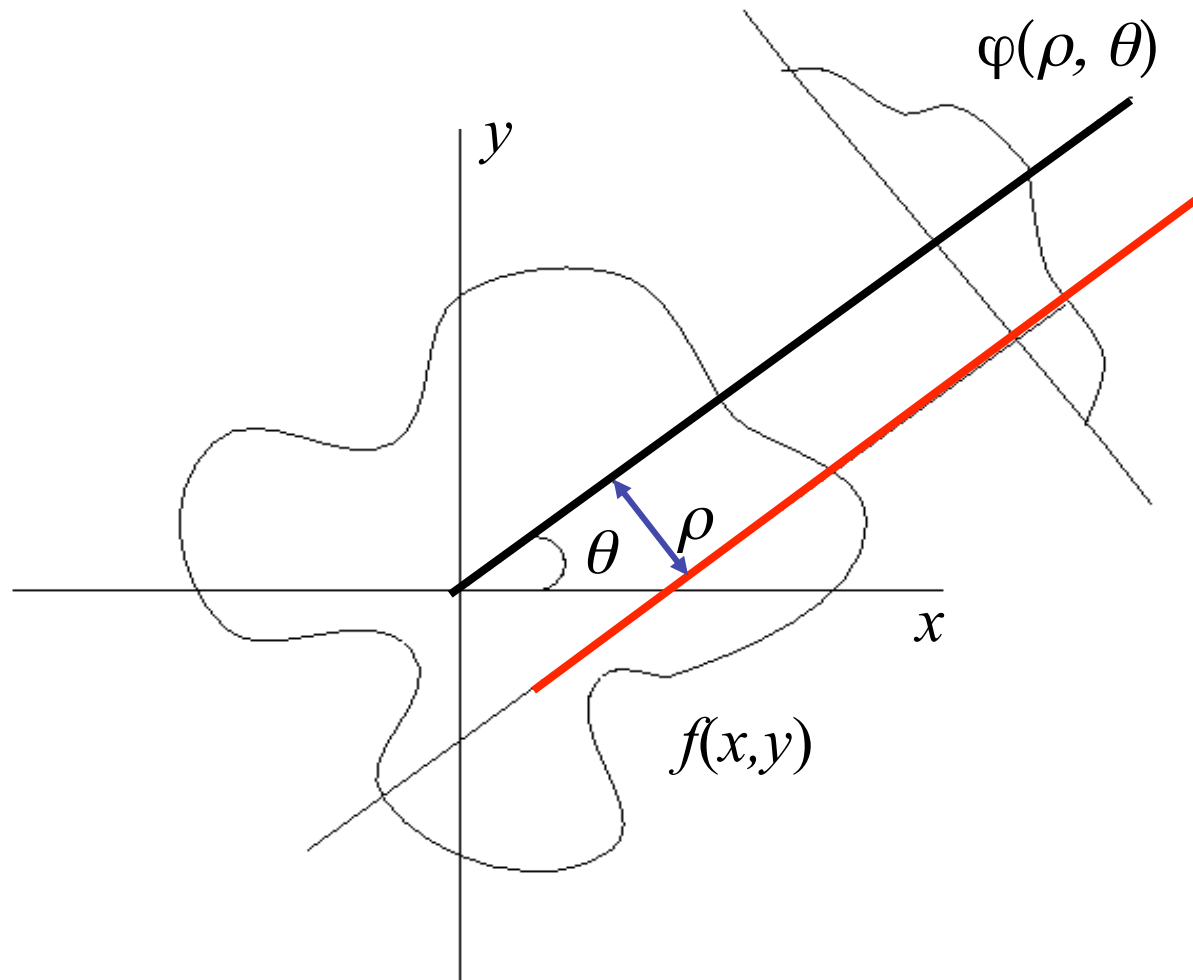
Mates básicas: El juego de las fresas



12	58	57	6	12	34	18	35	23	98	12	12
33											33
27											27
23											23
67											67
52											52
87											87
67											67
65											65
69											69
22											22
12	58	57	6	12	34	18	35	23	98	12	12



La transformada Radon (1887–1956)

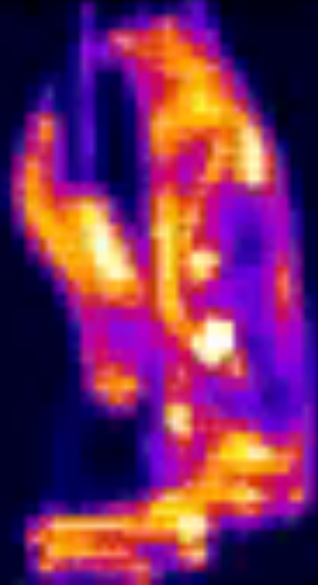


PET



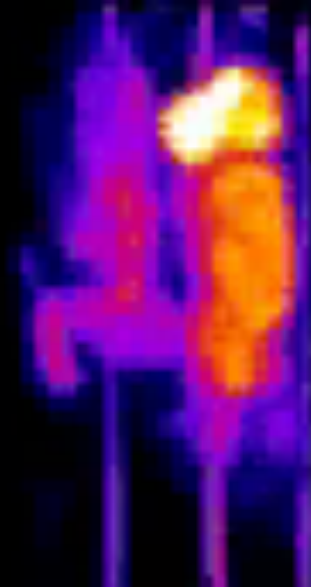
PET de alta resolución

^{18}F



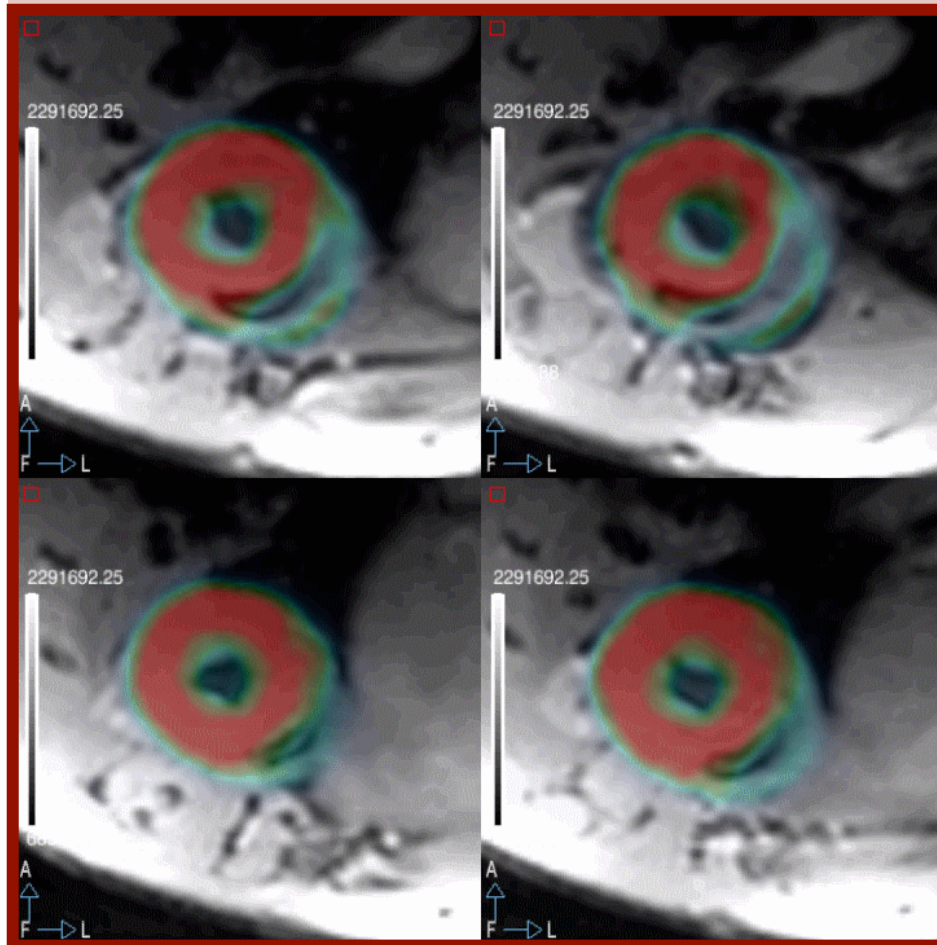
μ PET
HGUGM Madrid

^{18}F -FDG

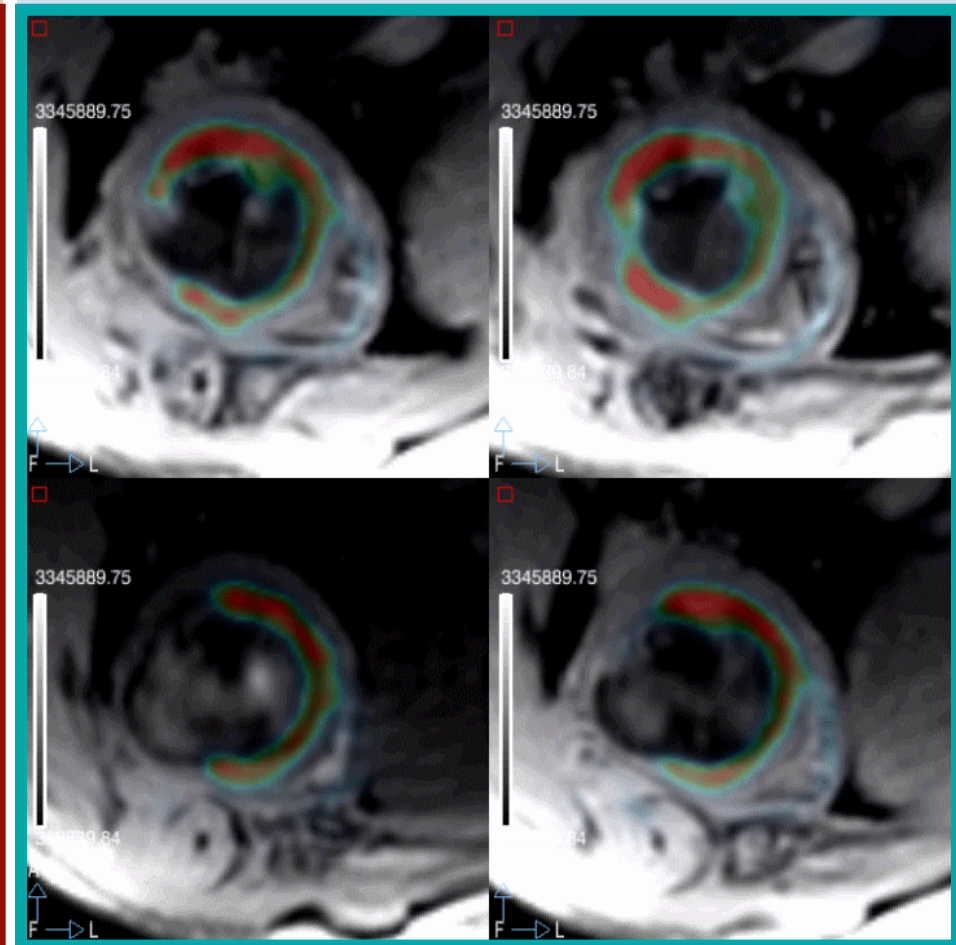


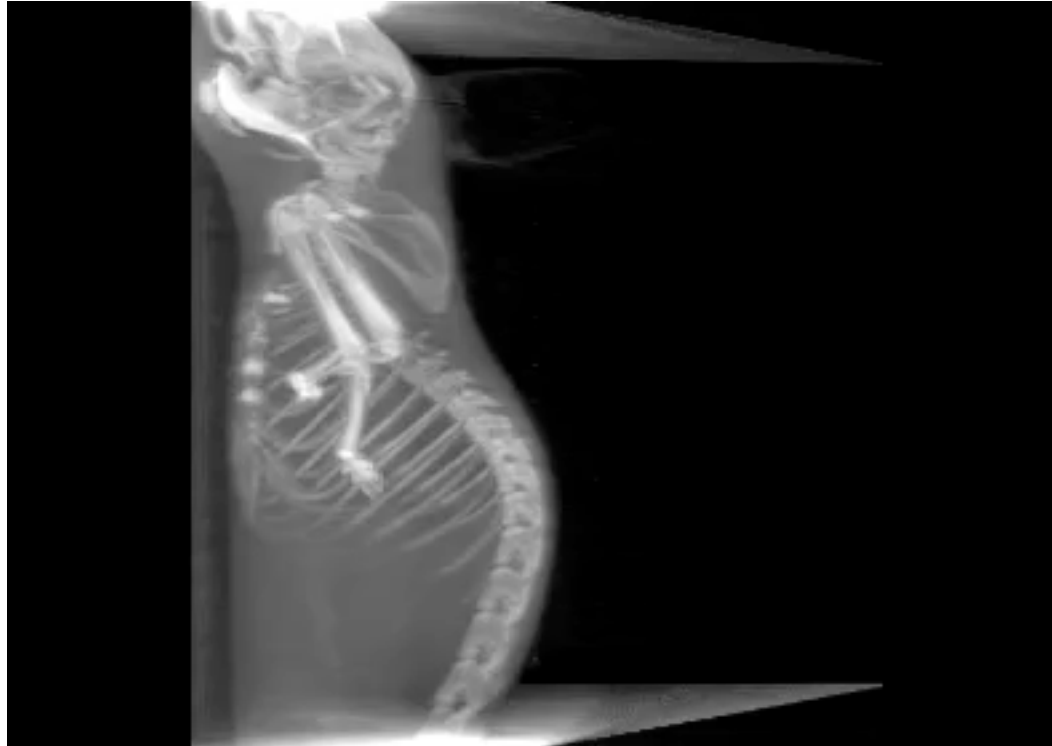
Small animal cardiac MRI-PET

SHAM



MI





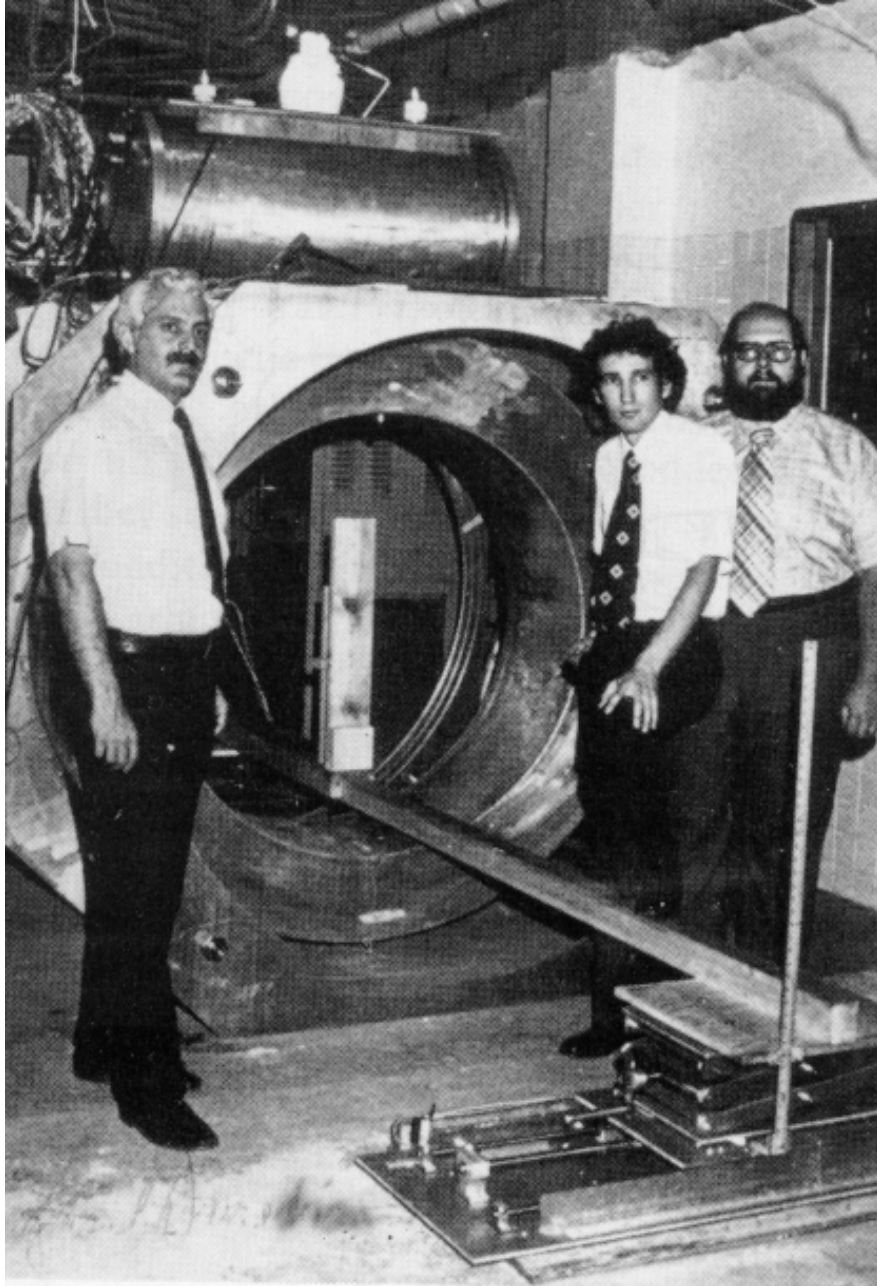
LMAI-UNED, Tomografía Axial Computerizada de ratón,
MicroCT Suinsa de alta resolución 2004



Resonancia Magnética Nuclear

- Física Nuclear y Física Cuántica
 - Átomo formado por electrones y núcleo
 - Núcleo con spin, como los electrones
 - Excitamos con ondas de FM (ondas de radio)
 - Escuchamos emisión con antenas de FM
- Matemáticas
 - Transformada de Fourier
 - Algebra matricial



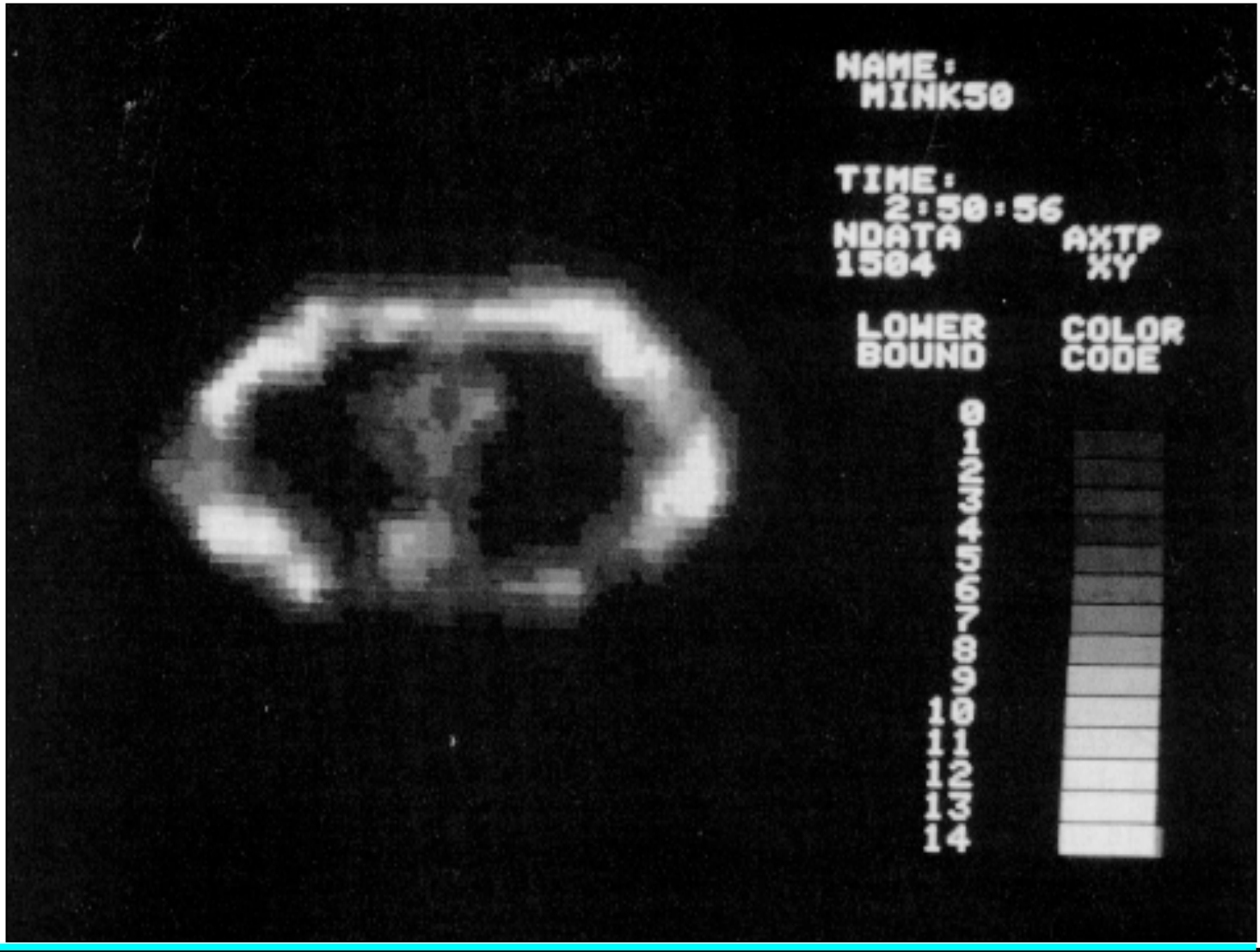


1977

R. Damadian
L. Minkoff
M. Goldsmith

1^a RM de cuerpo

*Smithsonian Institute
Washington*



T1-FFE

TR 140 ms

TE 4,5 ms

NEX 1

slices 45

thick 3 mm

FOV 300 mm

Acq.time 24 s

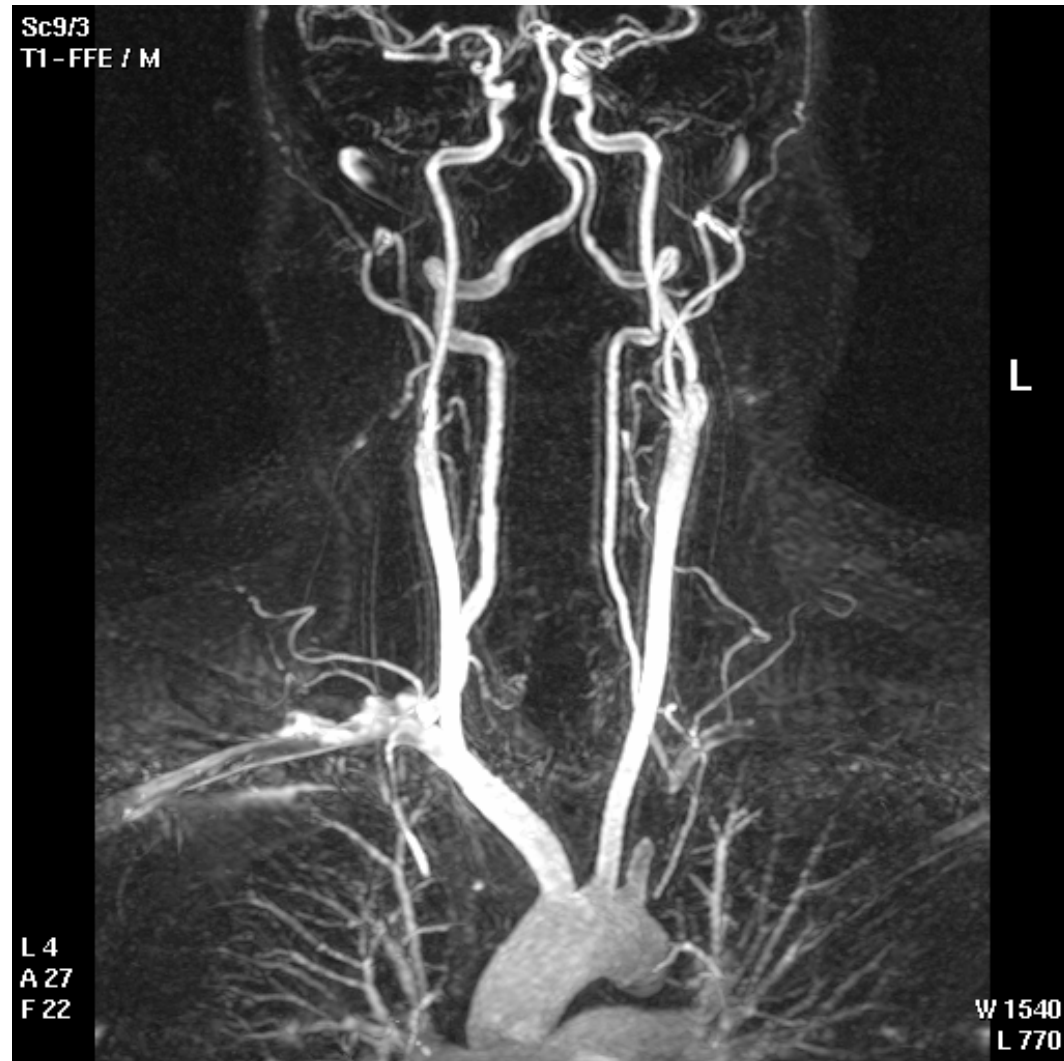
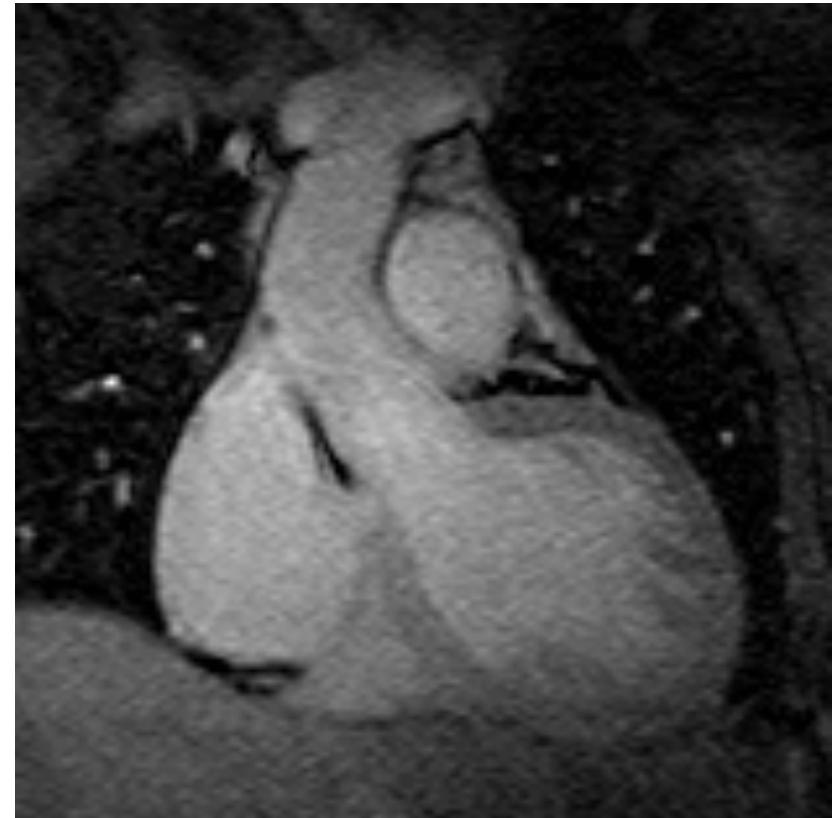
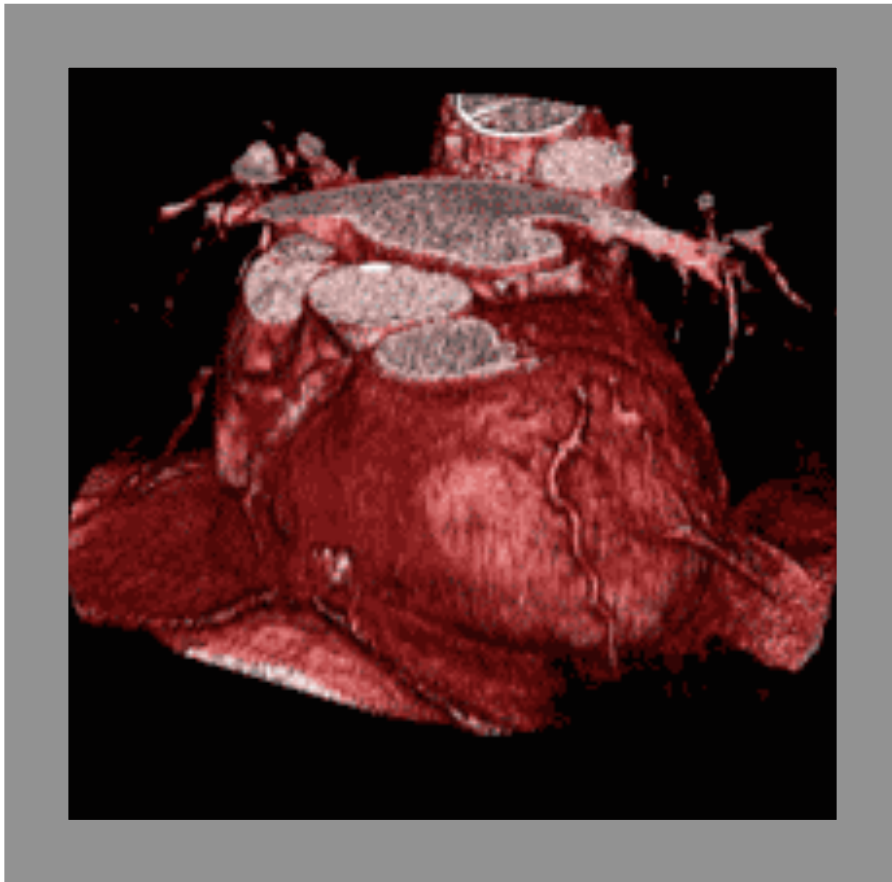




Imagen por resonancia magnética



Phase Contrast MRI

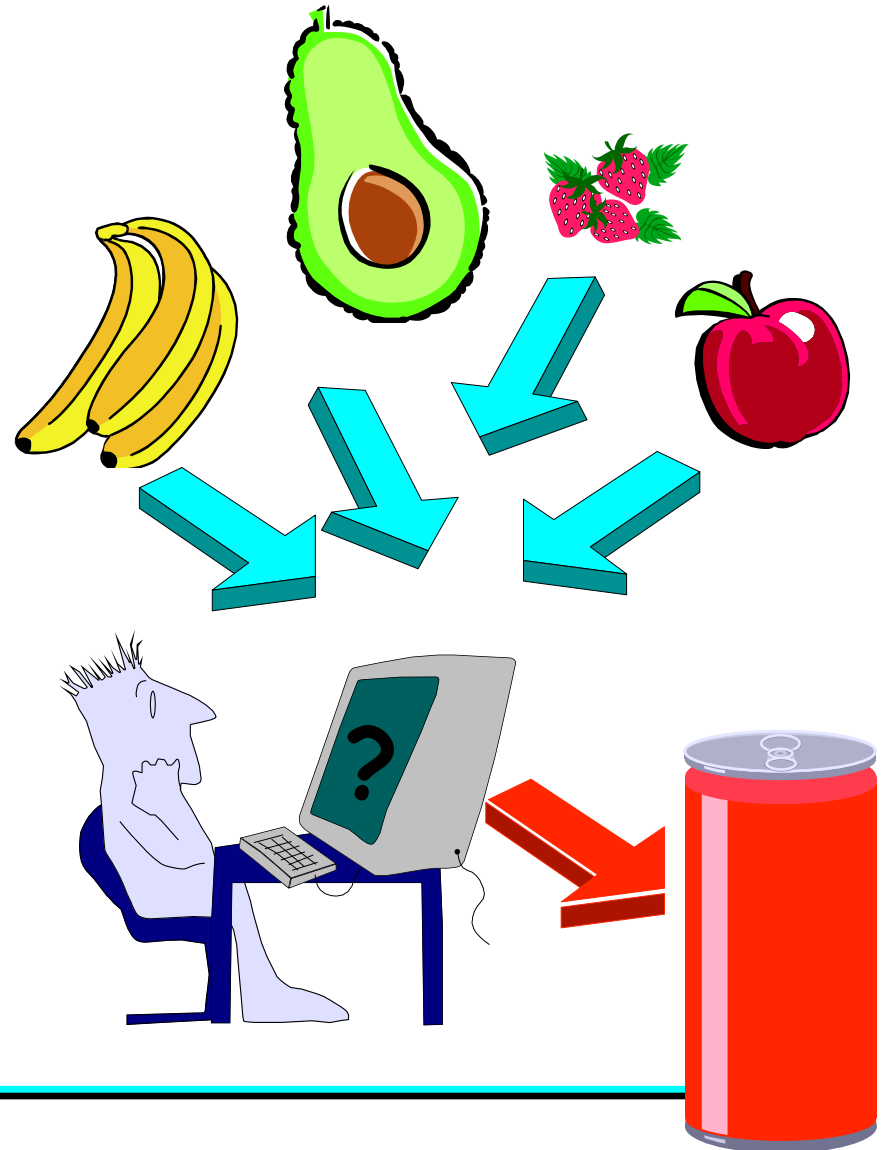
Phase contrast

- Magnitude and phase images
- Key for quantitative measurements of flow
- Velocities and volumes

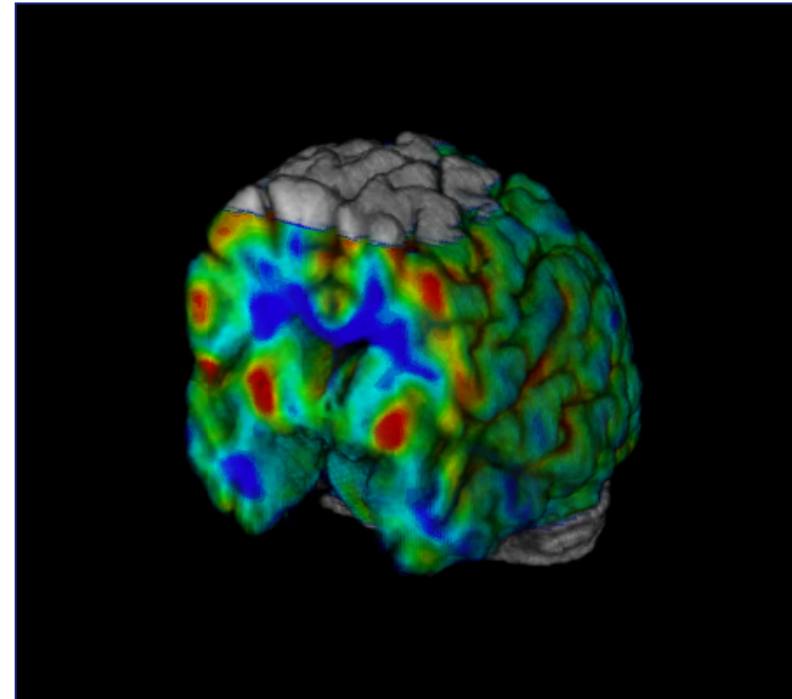
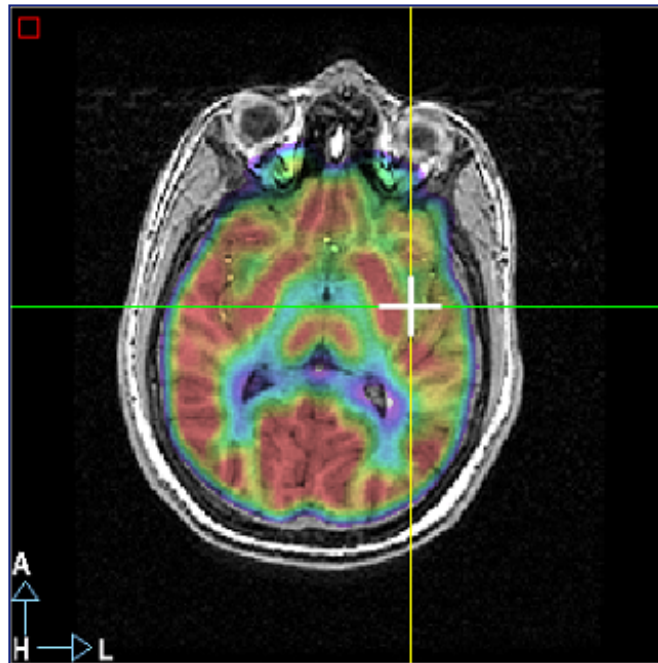
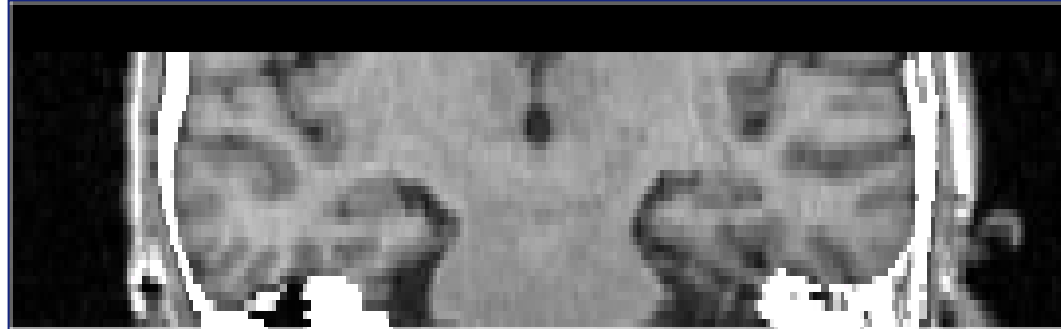


Fusión de imágenes

- Definición
 - Presentar de manera conjunta e integrada la información (anatómica o funcional) proporcionada por diferentes modalidades de imagen
- Objetivos
 - Obtener una imagen única con toda la información complementaria (anatomía / función)
 - Generar datos cuantitativos (sustracción, p.e.)



Fusión de imágenes

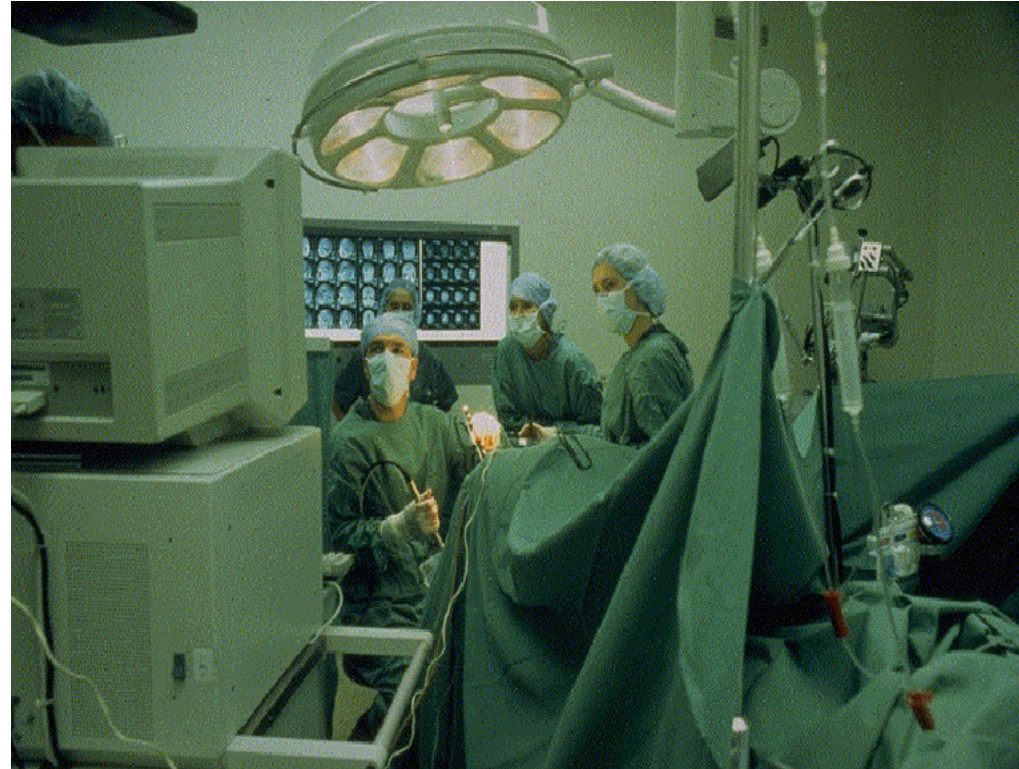
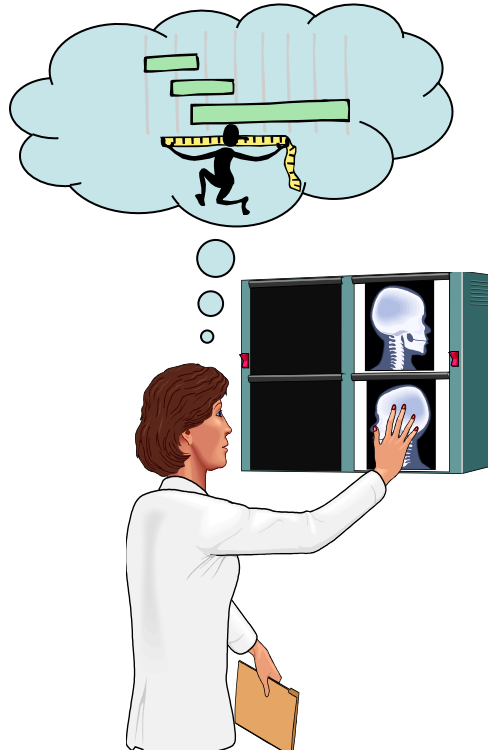


Laboratorio de Medida Avanzada por Imagen

Hospital General de Madrid, Gregorio Marañón de Madrid, LIM

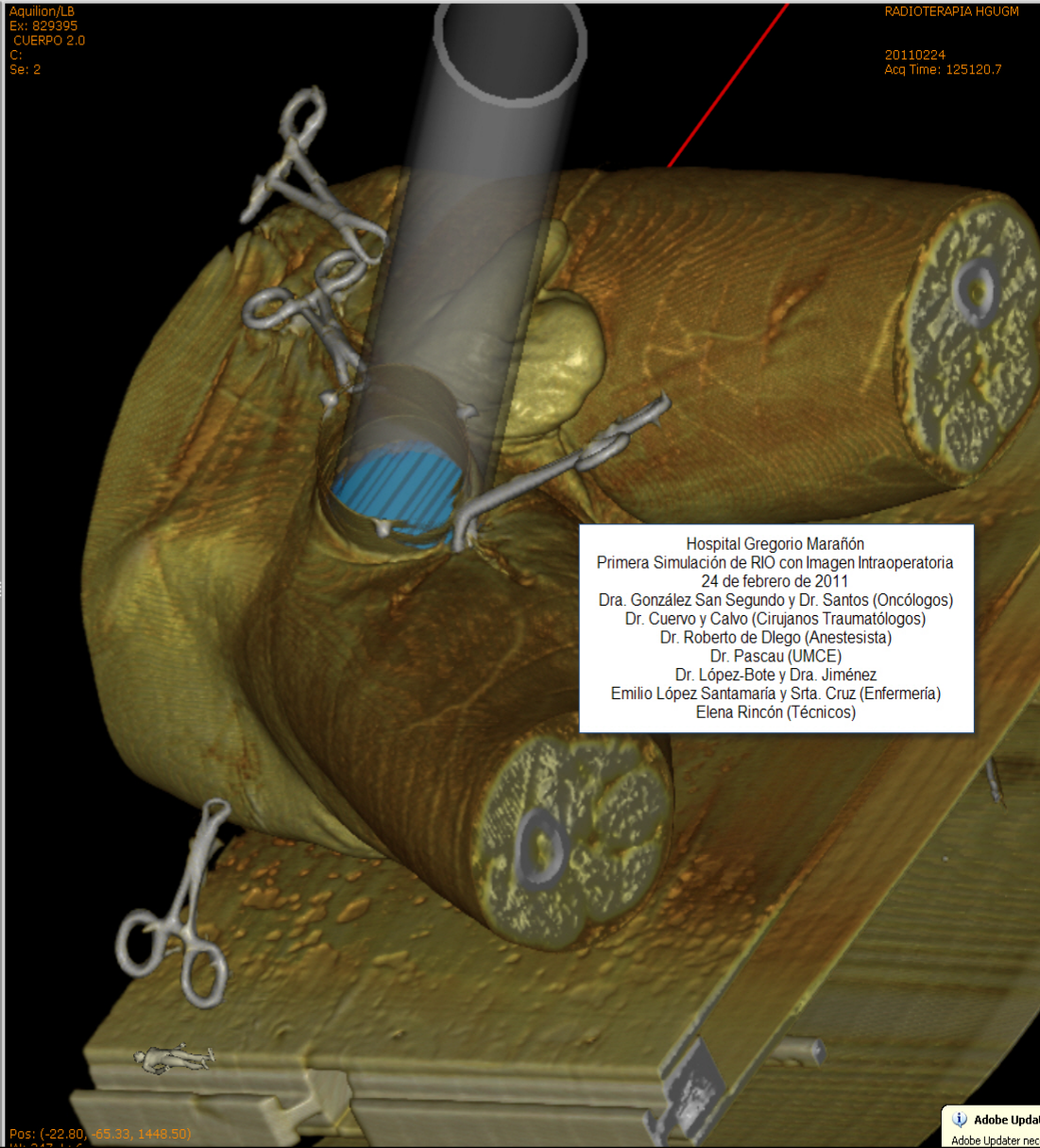
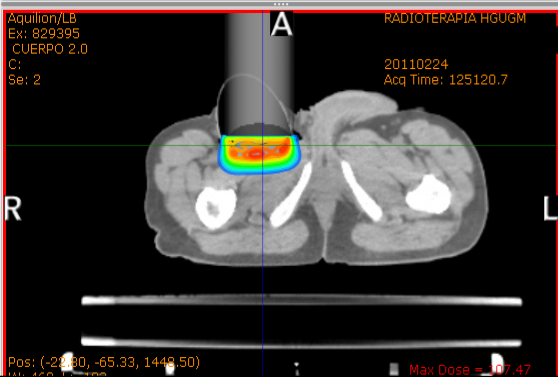
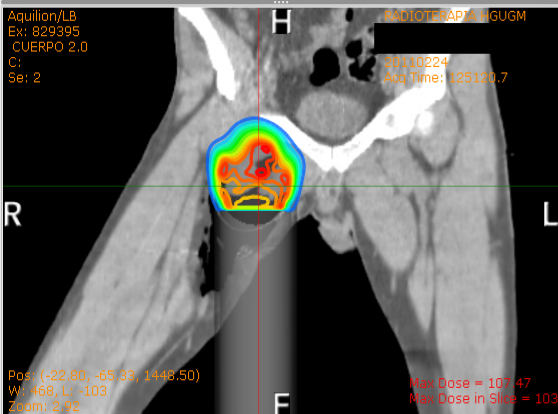
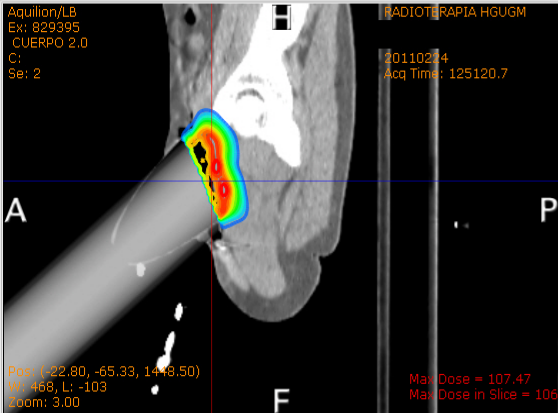
UNED

Nos permiten nuevas formas de trabajar



“...más cerca de la física, más lejos de la metafísica”, Edouard Seguin(1843-98)





Hospital Gregorio Marañón
 Primera Simulación de RIO con Imagen Intraoperatoria
 24 de febrero de 2011
 Dra. González San Segundo y Dr. Santos (Oncólogos)
 Dr. Cuervo y Calvo (Cirujanos Traumatólogos)
 Dr. Roberto de Diego (Anestésista)
 Dr. Pascau (UMCE)
 Dr. López-Bote y Dra. Jiménez
 Emilio López Santamaría y Srta. Cruz (Enfermería)
 Elena Rincón (Técnicos)

Dosimetry Planning

PencilBeam_LALUZ

SSD 1350 (mm)

Ref Point
X: 0 Y: 0 Z: 0

Dose (cGy) Isod % Rate MU
0 90 200 0.0

Angulation (Degrees)
 0 15 30 45
 60 80

Diameter (mm)
 40 70 90
 60 80

Energy (MeV)
 6 12 20
 9 16

Isodose Curves (2D-3D)

Isodose percentage level

Dosimetry Planning

Segmentation

Viewing Tools

Adobe Updater
Adobe Updater necesita la participación del usuario



Ejemplo: Radiobiología

- Modelos estadísticos no extensibles
 - Como estudiar los gases o las poblaciones
 - Hipótesis básicas,
 - Dosis crítica de aniquilación de los tumores
 - $1+1=2$, si 1 y 1 están cerca
 - Maximización (minimización) de una función de coste (puede ser la entropía)



Radiobiología

$$S = \frac{1}{z-1} \left(1 - \int_0^{\infty} f^z(x) dx \right) \quad \int_0^{\infty} f(x) dx = 1 \quad \int_0^{\infty} f^z(x) dx = M$$

Hipótesis: $\exists \Delta: f(x) > 0, \forall x > \Delta$ (II)
 (El Δ para el cual no sobrevive ninguna célula)

$$\int_0^{\infty} f(x) dx = \int_0^{\Delta} f(x) dx + \int_{\Delta}^{\infty} f(x) dx \quad \gamma \text{ para } S, \text{ tenemos}$$

$$-\frac{z}{z-1} f^{z-1}(x) + \alpha + \beta z f^{z-1}(x) = 0 \Rightarrow f(x) = \alpha^{\frac{1}{z-1}} \left(\frac{x}{z-1} \right)^{\frac{z-1}{z-1}} (1 - \beta(x-\Delta))^{\frac{z-1}{z-1}} \quad \text{(II)}$$

$$\text{I} \& \text{II} \Rightarrow 1 - \beta(z-\Delta) = 0 \Rightarrow \Delta = \frac{1}{\beta(z-1)}; \Delta > 0 \Rightarrow \frac{1}{\beta(z-1)} > 0 \Rightarrow \begin{cases} z < 1 \Rightarrow \beta < 0 \\ z > 1 \Rightarrow \beta > 0 \end{cases}$$

$$\int_0^{\Delta} f(x) dx = \alpha^{\frac{1}{z-1}} \left(\frac{x}{z-1} \right)^{\frac{z-1}{z-1}} \int_0^{\Delta} (1 - \beta(x-\Delta))^{\frac{z-1}{z-1}} dx$$

$$\begin{cases} y = 1 - \beta(x-\Delta) \\ dy = -\beta dx \\ x = 0 \Rightarrow y = 1 \\ x = \Delta \Rightarrow y = 1 - \beta(\Delta - \Delta) = 0 \end{cases}$$

$$= \frac{\alpha^{\frac{1}{z-1}}}{\beta(z-1)} \left(\frac{x}{z-1} \right)^{\frac{z-1}{z-1}} \int_0^1 y^{\frac{z-1}{z-1}} dy$$

$$= \frac{\alpha^{\frac{1}{z-1}}}{\beta(z-1)} \left(\frac{x}{z-1} \right)^{\frac{z-1}{z-1}} = 1 \Rightarrow \beta = \frac{\alpha^{\frac{1}{z-1}}}{z-2} \left(\frac{x}{z-1} \right)^{\frac{1}{z-1}} \quad \text{(IV)}$$

$$\int_0^{\Delta} f^z(x) dx = \alpha^{\frac{z}{z-1}} \left(\frac{x}{z-1} \right)^{\frac{z}{z-1}} \int_0^{\Delta} (1 - \beta(x-\Delta))^{\frac{z}{z-1}} dx$$

$$= \frac{\alpha^{\frac{z}{z-1}}}{\beta^z(z-1)^z} \left(\frac{x}{z-1} \right)^{\frac{z}{z-1}} \int_0^1 y^{\frac{z}{z-1}} (1-y) dy$$

$$\int_0^1 y^{\frac{z}{z-1}} (1-y) dy = \int_0^1 y^{\frac{z}{z-1}} dy - \int_0^1 y^{\frac{z}{z-1}+1} dy = -\frac{z-1}{z-1} - \frac{z-1}{z-1} = -\frac{z-1}{z-1} = \frac{z-1}{z-1}$$

$$M = \frac{\alpha^{\frac{z}{z-1}}}{\beta^z(z-1)^z} \left(\frac{x}{z-1} \right)^{\frac{z}{z-1}} \Rightarrow \beta < 0 \Rightarrow \beta > 0 \Rightarrow z-1 > 0 \Rightarrow z < 2$$

Según IV: $\beta = -\frac{\alpha^{\frac{1}{z-1}}}{z-2} \left(\frac{x}{z-1} \right)^{\frac{1}{z-1}}$

Según II: $\beta = \frac{\alpha^{\frac{1}{z-1}}}{M(z-1)} \left(\frac{x}{z-1} \right)^{\frac{1}{z-1}}$

$$\therefore \frac{\alpha^{\frac{1}{z-1}}}{M(z-1)} \left(\frac{x}{z-1} \right)^{\frac{1}{z-1}} = \frac{\alpha^{\frac{1}{z-1}}}{(z-2)} \left(\frac{x}{z-1} \right)^{\frac{1}{z-1}}$$

$$\alpha^{\frac{1}{z-1}} = \frac{M}{z-2} \left(\frac{x}{z-1} \right)^{\frac{z-1}{z-1}} \Rightarrow \alpha^{\frac{1}{z-1}} = \left(\frac{M}{z-2} \right)^{\frac{z-1}{z-1}} \left(\frac{x}{z-1} \right)^{\frac{z-1}{z-1}} \quad \text{(VI)}$$

$$\beta = -\frac{1}{z-2} \left(\frac{z-2}{M} \right)^{\frac{z-1}{z-1}} \quad \text{(VII)}$$

$$\Delta = -\frac{z-2}{z-1} \left(\frac{M}{z-2} \right)^{\frac{z-1}{z-1}} \quad \text{(VIII)} \Rightarrow \Delta > 0 \Rightarrow z < 1$$

$$f(x) = \left(\frac{z-2}{M} \right)^{\frac{z-1}{z-1}} \left(1 + \frac{z-1}{z-2} \left(\frac{z-2}{M} \right)^{\frac{1}{z-1}} x \right)^{\frac{z-1}{z-1}}$$

$$S_z = \int_{\Delta}^{\infty} f(x) dx = \int_{\Delta}^{\infty} \left(1 + \frac{z-1}{z-2} \left(\frac{z-2}{M} \right)^{\frac{1}{z-1}} x \right)^{\frac{z-1}{z-1}} dx$$

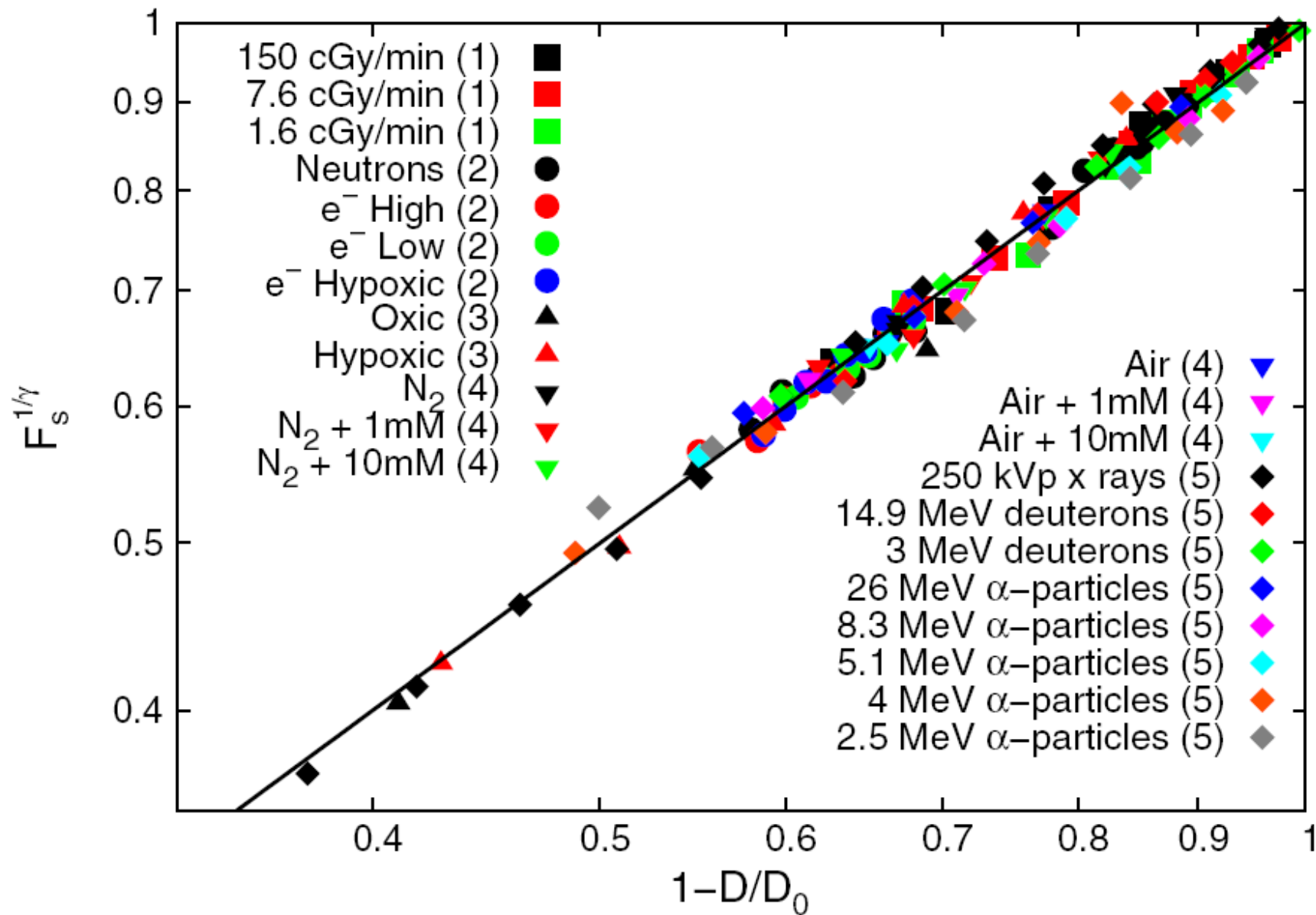
$$S_z = -\frac{z}{z-1} \int_{\Delta}^{\infty} y^{-\frac{z}{z-1}} dy = \frac{z-1}{z-2} \left(-\frac{z-2}{z-1} \right)^{\frac{z-1}{z-1}}$$

$$\frac{z}{z-1} = \frac{z-2}{z-1} \Rightarrow S_z = \left(1 + \frac{z-1}{z-2} \left(\frac{z-2}{M} \right)^{\frac{1}{z-1}} \right)^{\frac{z-1}{z-1}}$$

II: Ajuste perfecto cuando $E = \alpha dt = \alpha D$
 VIII: Los valores de la radiación letal son $\frac{z-2}{z-1}$ (Lomax)



$$\varepsilon = -(D - D_0)/D_0; \quad \text{Log}(F_S) = \gamma \text{Log}(\varepsilon)$$

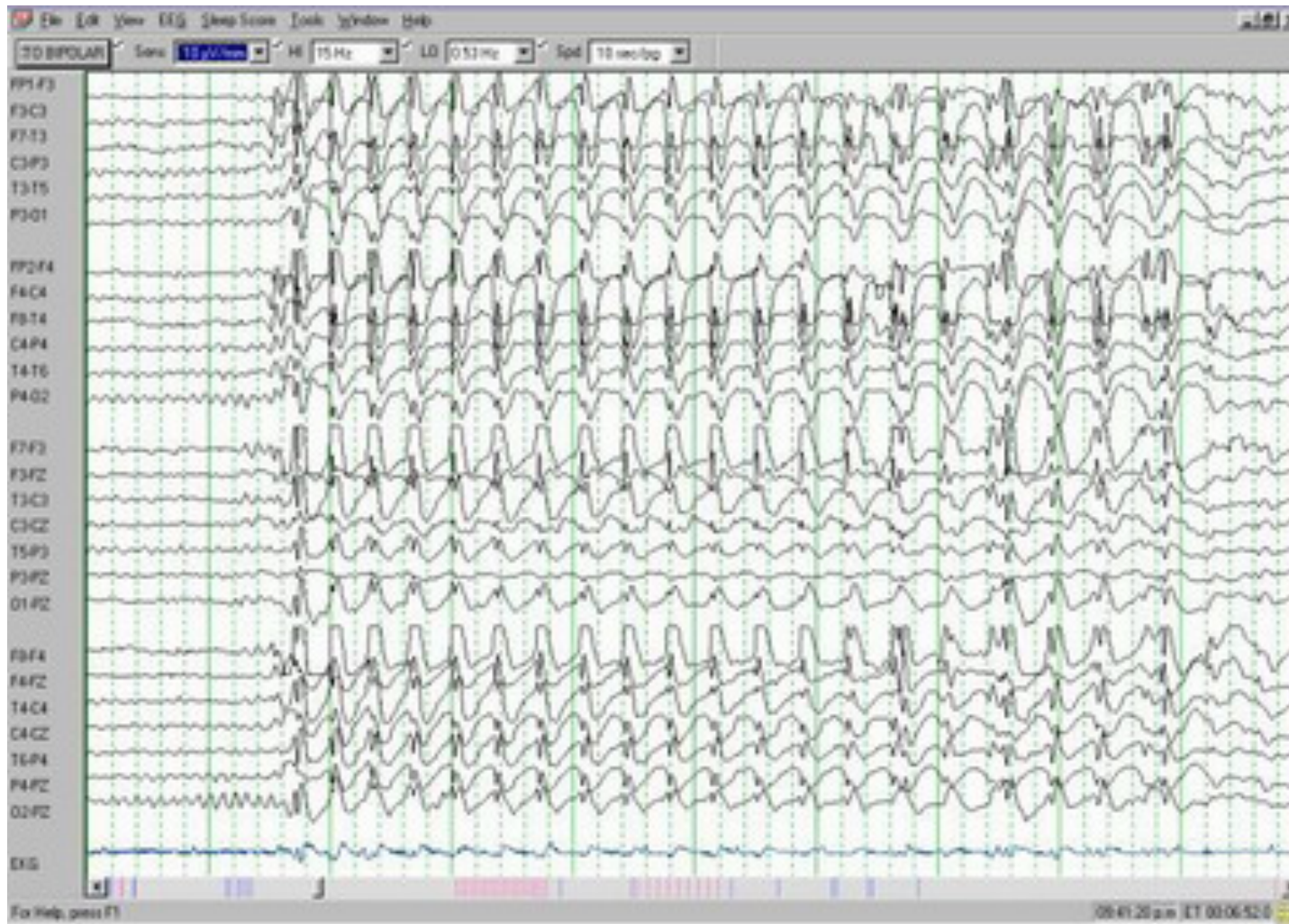


Cardiología

- Matemáticas
 - Teoría del caos
 - Periodicidad
 - (medible) significa enfermedad
 - Caos
 - (medible) significa salud
 - Ablaciones cardiacas
 - Resolución de las ecuaciones de dinámica de fluidos
 - Etc ...

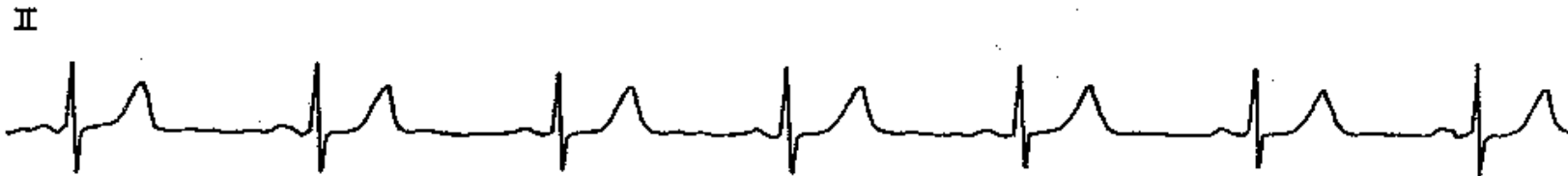


Señales complejas: Extracción características



Periodicidad y enfermedad

HEALTHY HEARTBEAT: NORMAL SINUS RHYTHM



DYING HEART: AGONAL RHYTHM

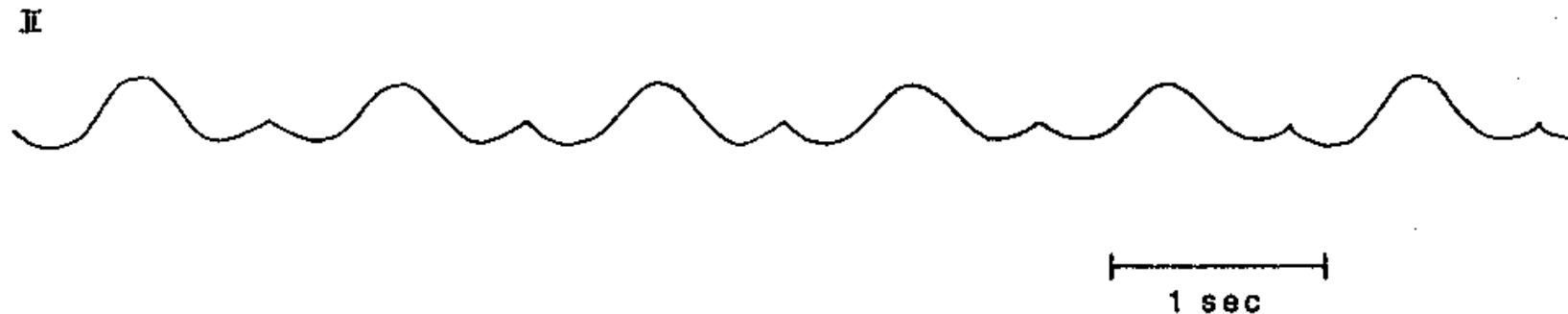
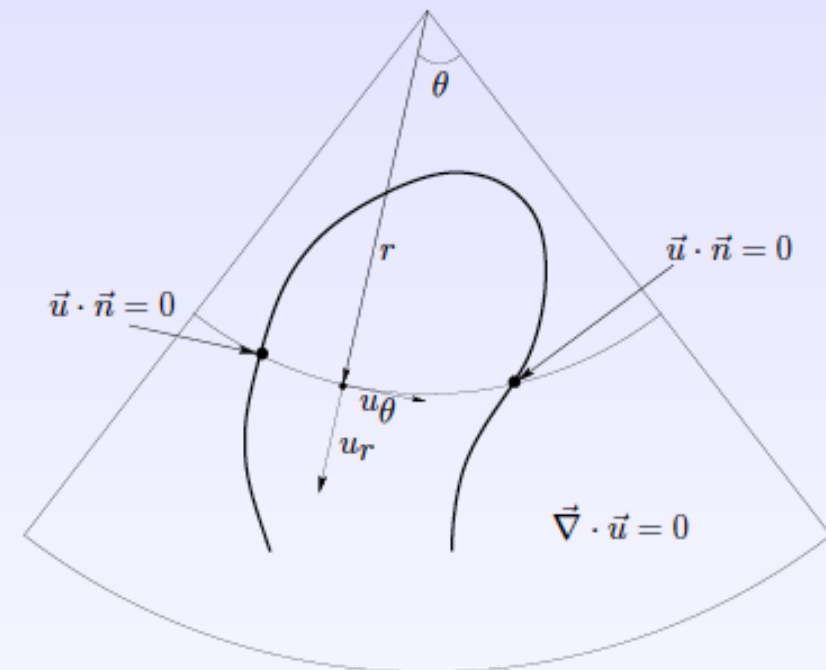
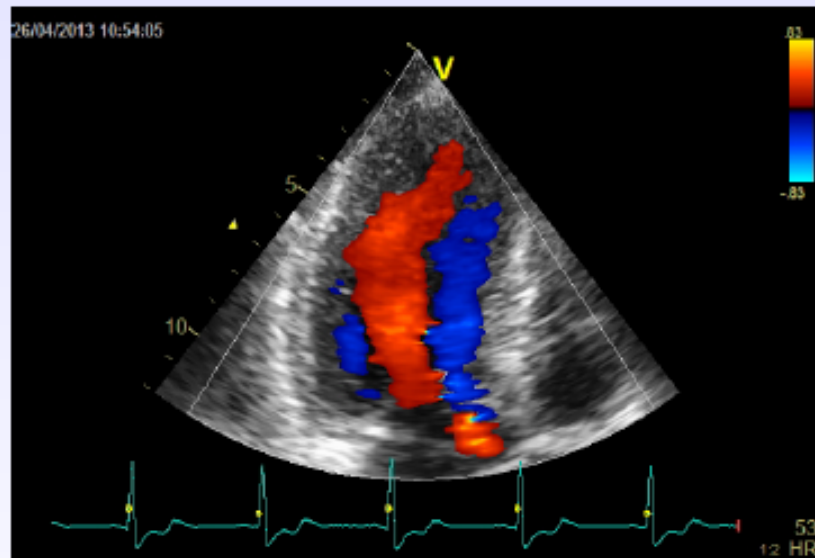


FIG. 5.—Normal electrocardiogram (ECG) compared with recording from a patient with cardiac arrest who could not be resuscitated showing slow periodic oscillations of voltage. Note loss of distinct waveforms (decomplexification) with severe pathologic disturbance of cardiac membrane function, associated in this instance with probable hyperkalemia and ischemia. Of additional interest in this case is the cycle-to-cycle alternation in waveform morphology in the dying heart. A variety of different types of alternans phenomena (so-called *period 2*) have been reported with perturbed cardiac function [2, 35].



2D+t color Doppler velocimetry

- How to obtain the 2D velocity field from Doppler echocardiography?
- Hypothesis: Planar flow in the apical long axis view of the LV



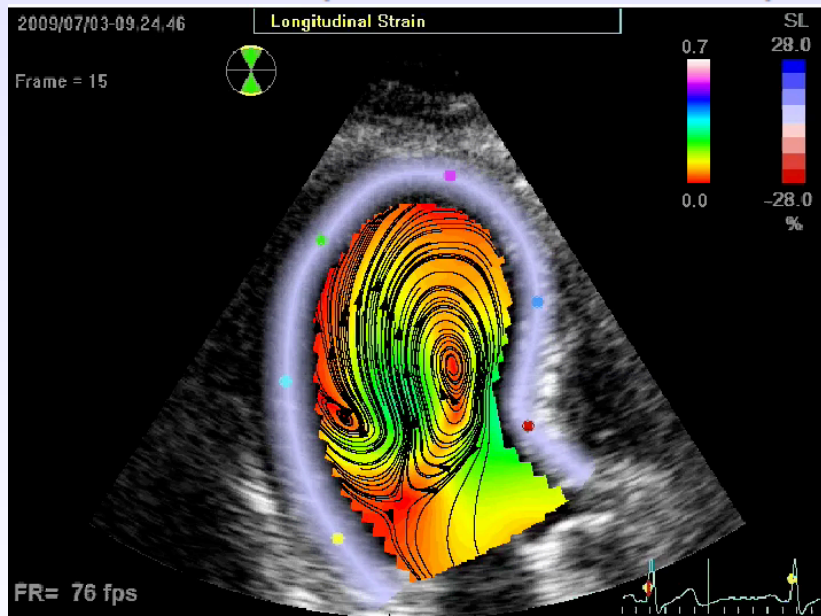
- Solution: choose linear combination of u_θ^1 and u_θ^2 that minimizes $|u_\theta^1 - u_\theta^2|$

D. García IEEE Trans Med Imaging. 2010

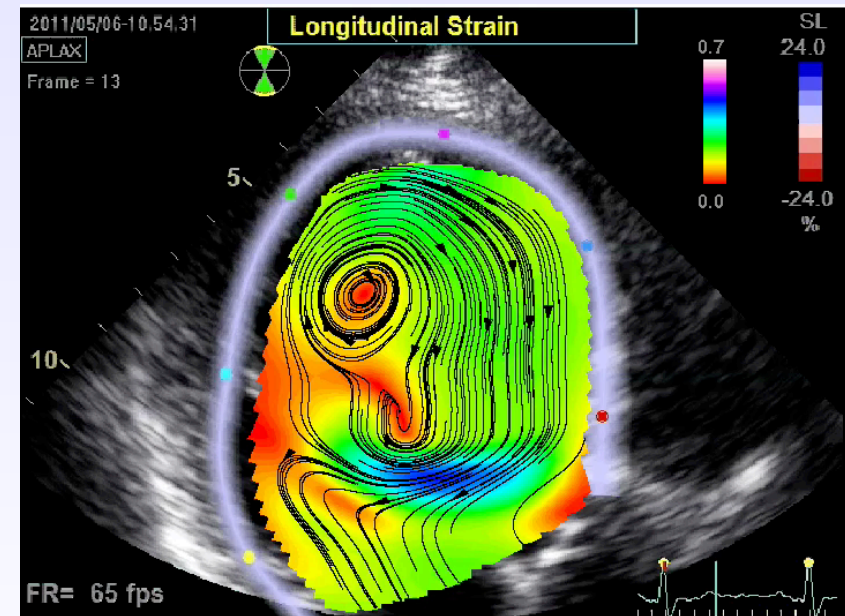
Clinical Setting

- The 2D+t color Doppler velocimetry captures the formation and evolution of the intraventricular vortex.

My heart (hopefully healthy!)

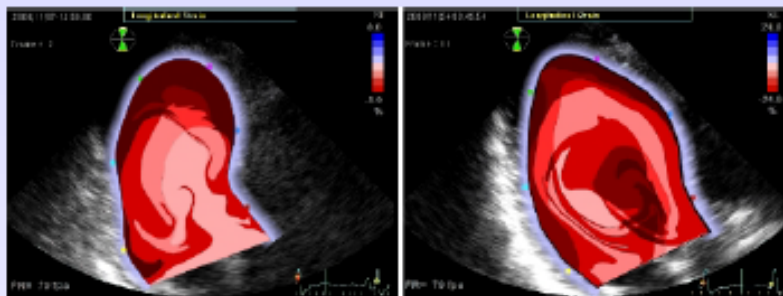


Severe Dilated cardiomyopathy



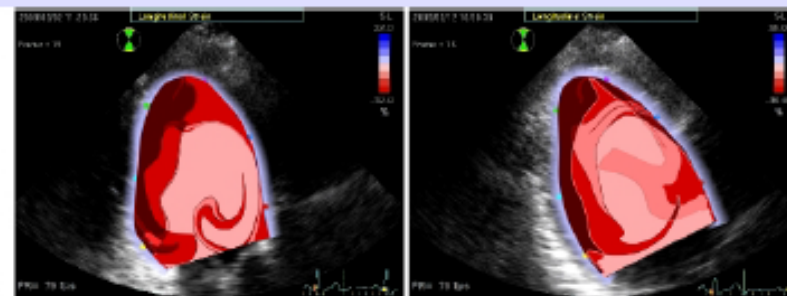
Vortex Contribution: Mixing

- NIDCM and Healthy



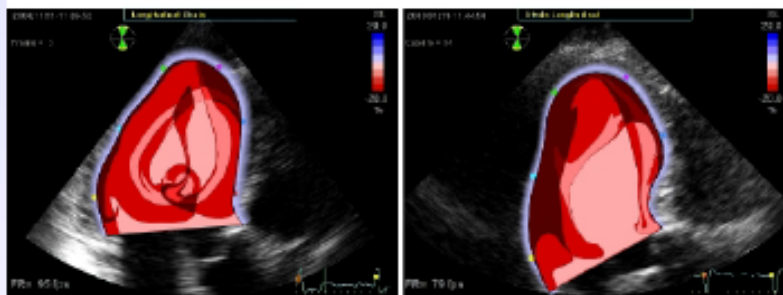
Patient-1

Patient-2



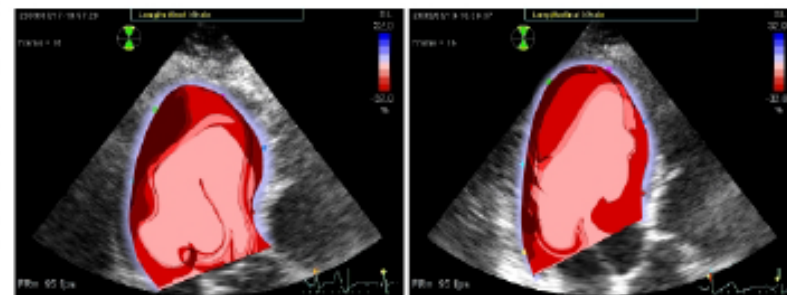
Healthy-1

Healthy-2



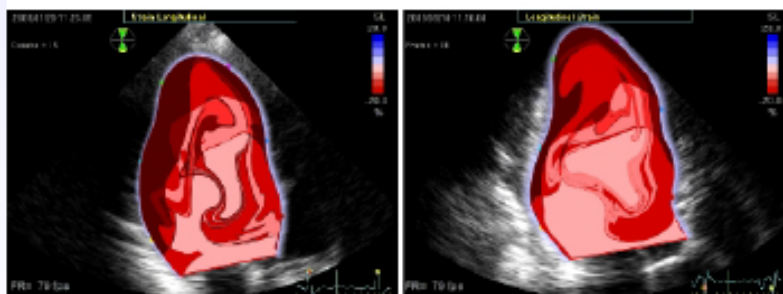
Patient-3

Patient-4



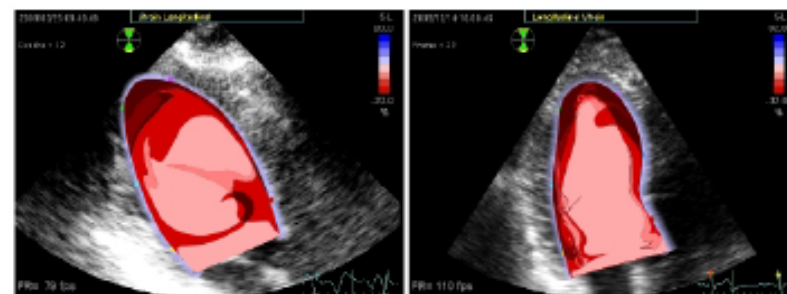
Healthy-3

Healthy-4



Patient-5

Patient-6



Healthy-5

Healthy-6

Residence Time (beats): 0 1 2 ≥ 2 ≥ 3 ≥ 4

¿Las mates/física las más difíciles?

Alumnos	Al.	%
Biología y Geología	50.454	81,1%
CC. Soc., G. y H.	50.454	81,6%
E. Física	50.454	93,0%
E. Plástica y V.	50.454	88,1%
→ Física y Química ←	50.454	75,6%
Inglés	49.474	77,5%
→ L. Castellana y L. ←	50.454	75,8%
→ Matemáticas ←	50.454	70,9%
Música	50.454	87,5%
Religión	25.714	95,9%
H. Religiones	3.561	95,9%
Tecnologías	50.454	84,8%

CURSO 4º

Alumnos	Al.	%
Biología y Geología	25.438	91,3%
→ CC. Soc., G. y H. ←	44.529	84,6%
E. Física	44.529	95,6%
E. Plástica y V.	10.713	89,8%
Ética	44.529	94,1%
→ Física y Química ←	26.262	85,3%
Inglés	43.917	84,7%
Informática	26.224	93,7%
→ L. Castellana y L. ←	44.529	83,2%
Latín	10.517	86,4%
→ Matemáticas A ←	15.599	69,8%
→ Matemáticas B ←	28.930	81,9%
Música	9.530	92,0%
Religión	22.669	96,8%
H. Religiones	2.975	97,5%

Datos 2009/2010 Comunidad de Madrid, 3º y 4º ESO



EDUCACIÓN

Matemáticas y Física supera a Medicina como la carrera de más difícil acceso

Las titulaciones del área biosanitaria vuelven a ser este año las que mayor nota de corte exigen. Matemáticas en la Complutense exige la calificación más alta con un 12,93 y Medicina, un 12,49



SUSANA PÉREZ DE PABLOS | AGENCIAS

Madrid - 19 JUL 2012 - 00:11 CEST



Madrid, 22 de junio de 2017

- Tenemos los mejores estudiantes y parece que sólo las entienden una pequeña élite

¿Y mañana por la mañana, qué?

- Tomografía;
 - 3D, 3D+t, multidimensional
- Tensor de difusión
- Flujos en AMC
- Programación de ablaciones cardiacas
- Cirugía virtual
- Secuencias RM más rápidas (reconstr.)
- Modelado de la osteotomías
- Etc.... Y todo aquello que pueda imaginar



Conclusiones

- Matemáticas y Física las grandes desconocidas
- Matemáticas/Física como herramientas importantes/fundamentales (también) de la medicina
- Hace falta un lenguaje común
- Necesidad de una enseñanza más interdisciplinar y una sociedad científicamente más culta
- Si esto es útil entonces algo debe cambiar
- Nuevos empleos “*queremos ser multidisciplinares en medicina*”
- ¡Todo esto no es barato! ¿Quién lo paga?



Raquel Yotti¹,
Pablo Martínez-Legázpi^{1,º},
Candelas Pérez del Villar¹,
M. Mar Desco²,
Daniel Rodríguez-Pérez²,
Cristina Cortina¹,
José Luís Rojo³,
Javier Bermejo¹,
Oscar Sotolongo²,
J. Antonio “Antón” Santos⁴,
Manuel Desco⁵
Juan Duarte⁶
José Manuel Nuche⁶
Pedro García Barreno⁵
Juan Francisco del Cañizo⁵

Y a todos los técnicos, enfermeras, compañeros y estudiantes que me han soportado los últimos “taintos” años

¹ Dpt Cardiología, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid

² Dpt Física Matemática y Fluidos, UNED, Madrid

³ Dpt Teoría de la Señal y Comunicación, Univ. Rey Juan Carlos I, Alcorcón, Madrid

⁴ Dpt. Oncología Radioterápica, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid

⁵ Unidad de Medicina y Cirugía Experimental, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid

⁶ Cirugía Cardiovascular, Hospital de la Princesa de Madrid

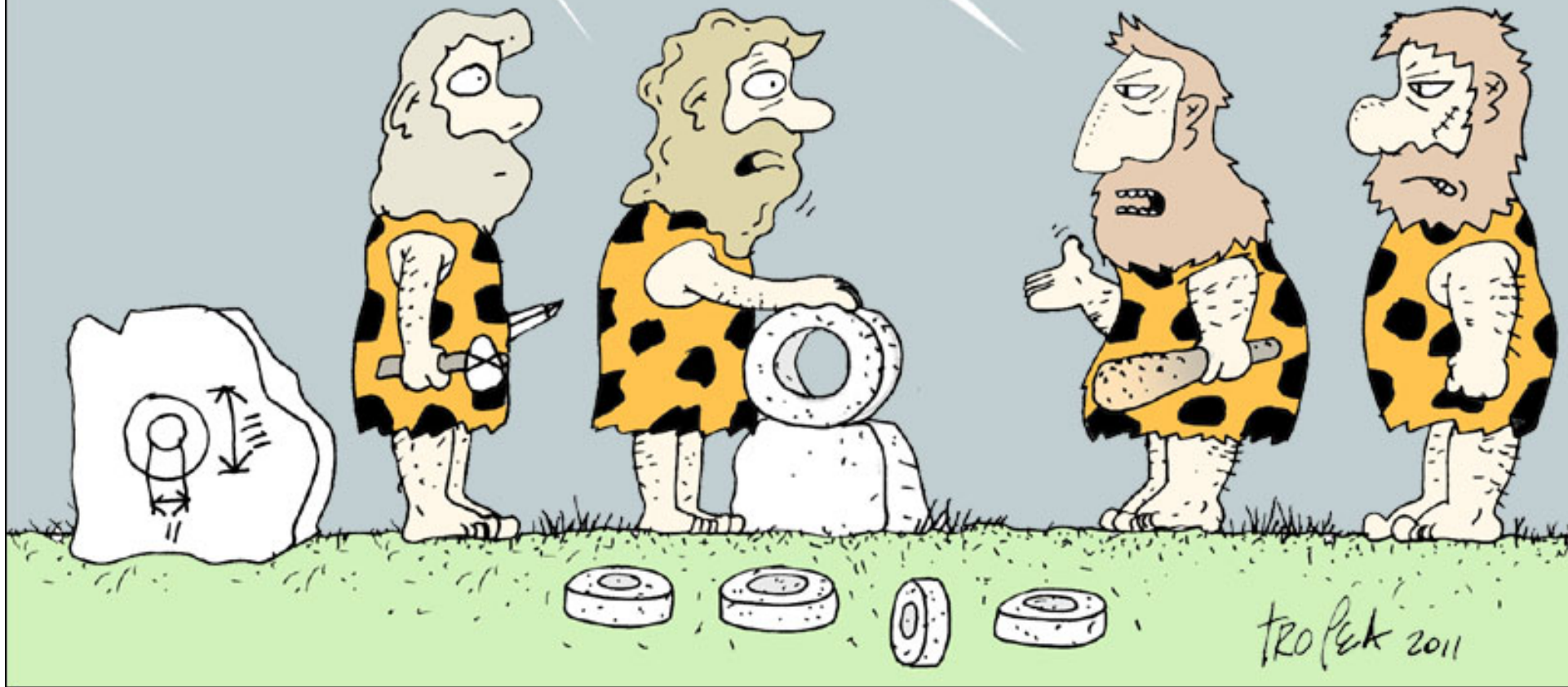
***“No olvides jamás el beneficio recibido;
olvida en el acto el que has hecho”***

Publio Siro

¿Y PARA QUE SE PUEDE USAR ESTO?

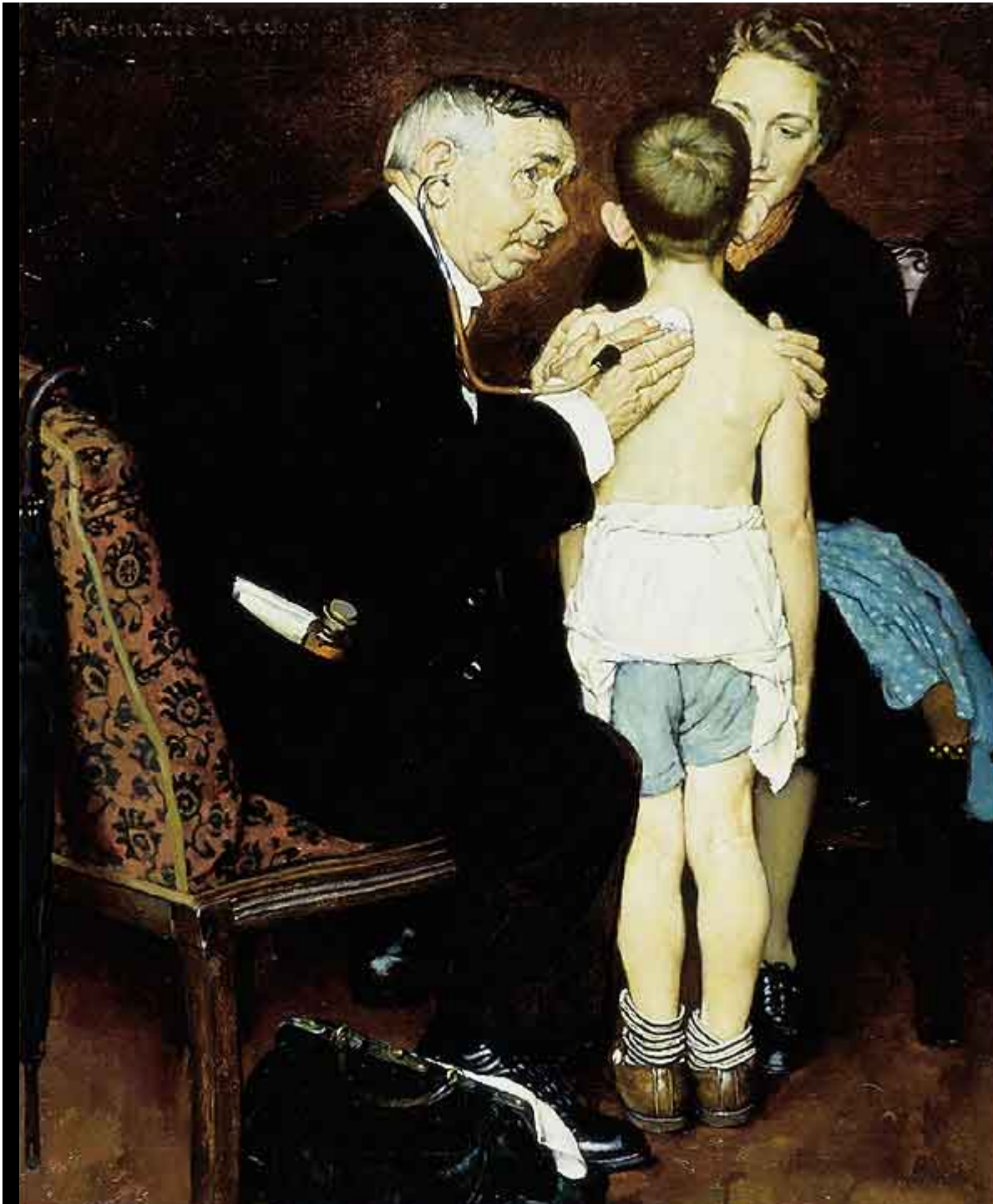
NO SABEMOS, LO QUE HACEMOS ES INVESTIGACION BASICA

QUE BONITO, NOSOTROS NOS MATAMOS EMPUJANDO PIEDRAS Y ARRASTRANDO ANIMALES SALVAJES, MIENTRAS LOS SEÑORES SE ENTRETienen HACIENDO COSAS QUE NO SIRVEN PARA NADA



Gracias por su atención!!





¡Gracias
por su
atención!

CT y Radon



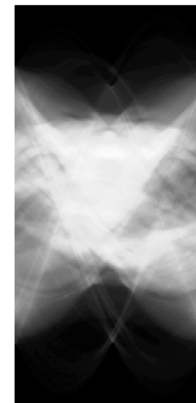
radius



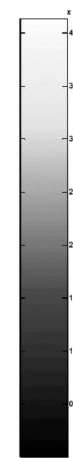
θ (degrees)



radius



θ (degrees)



***THE BOOK OF NATURE IS
WRITTEN IN THE LANGUAGE OF
MATHEMATICS***

GALILEO GALILEI (1600)

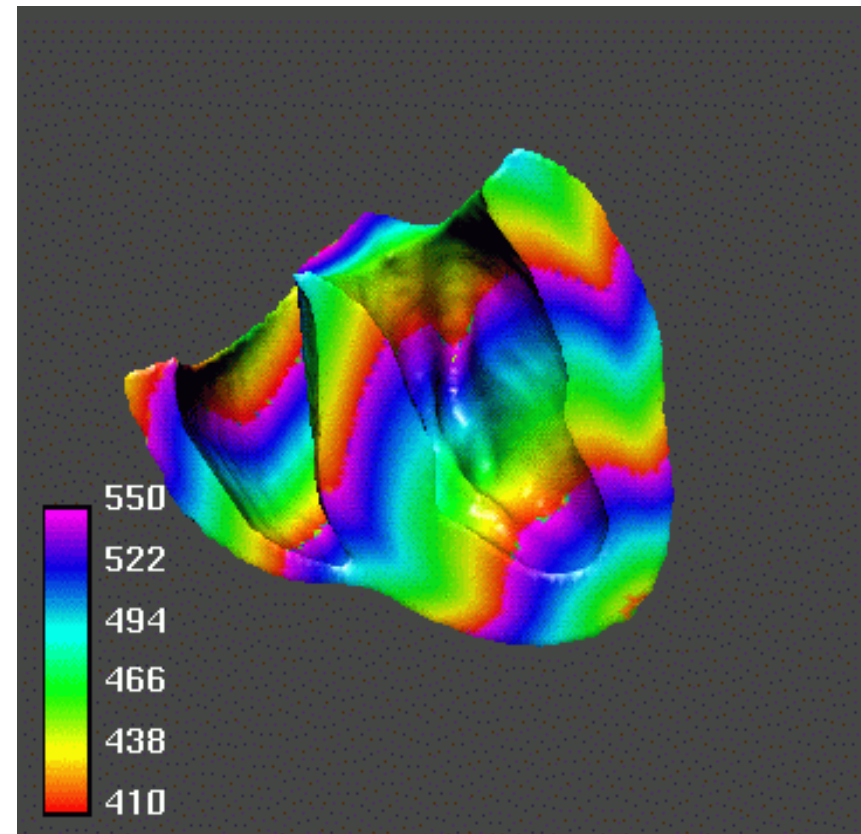
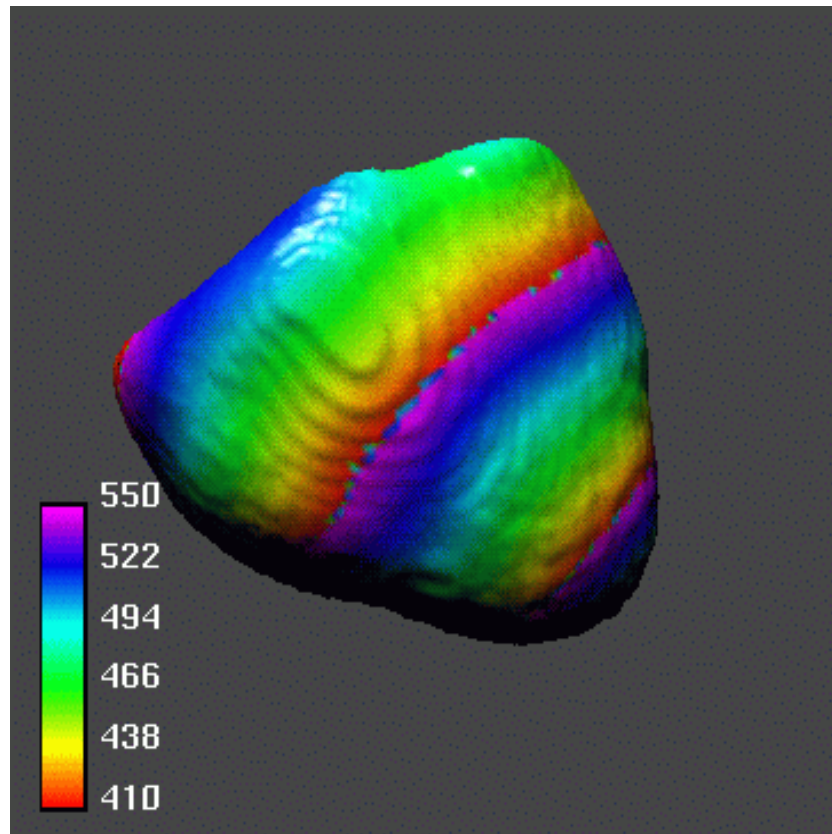


Mathematics in the Cell

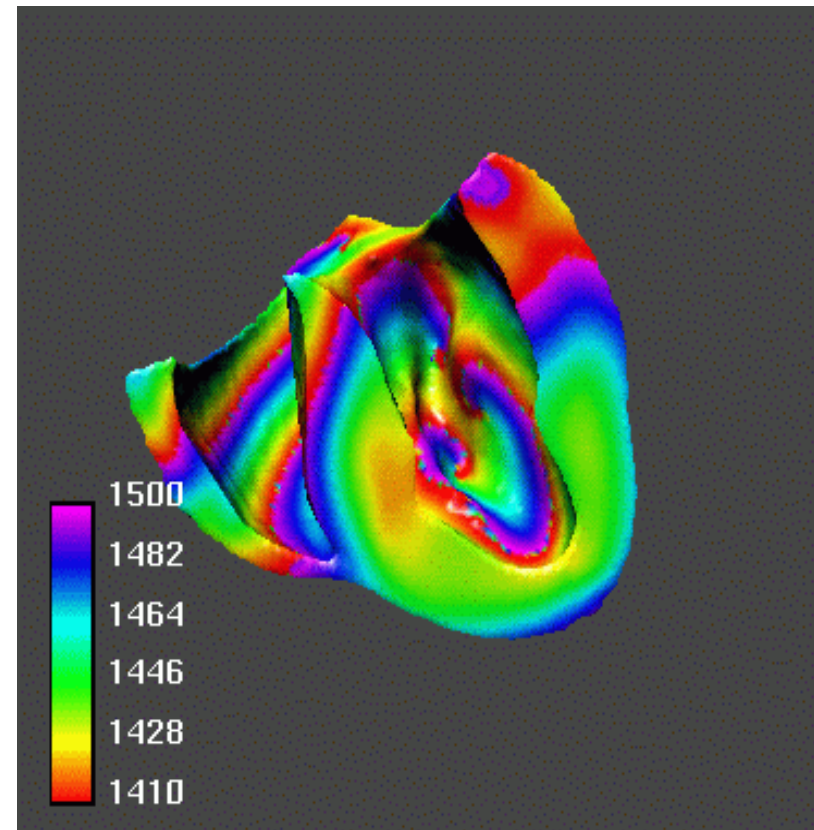
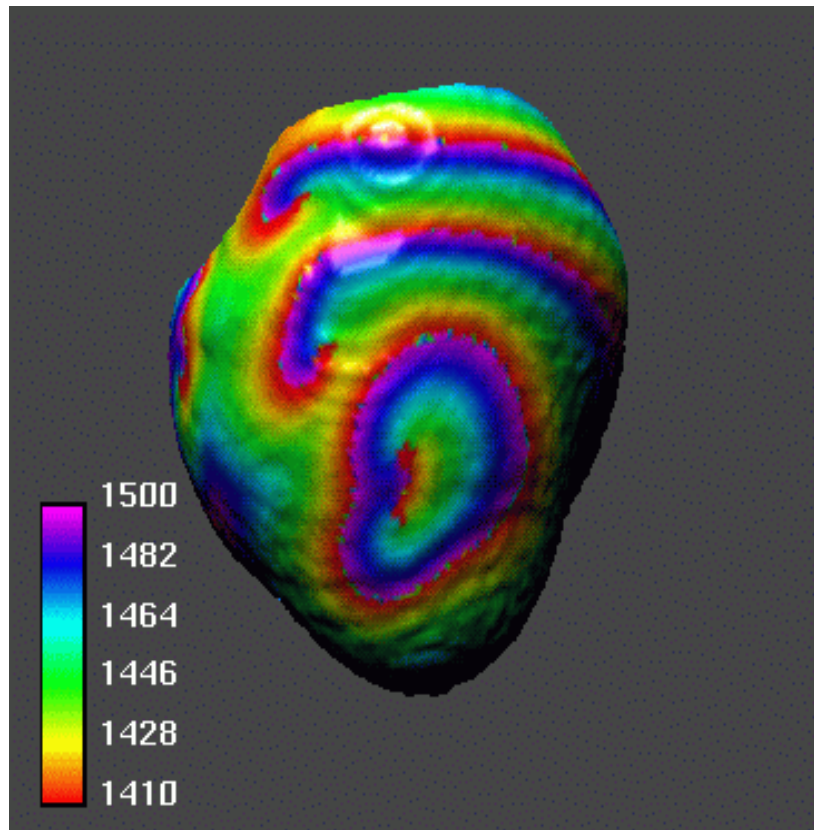
- Mathematics--the ultimate microscope
- Compute protein structure and function
- Understand viruses
- Design chemotherapy drugs



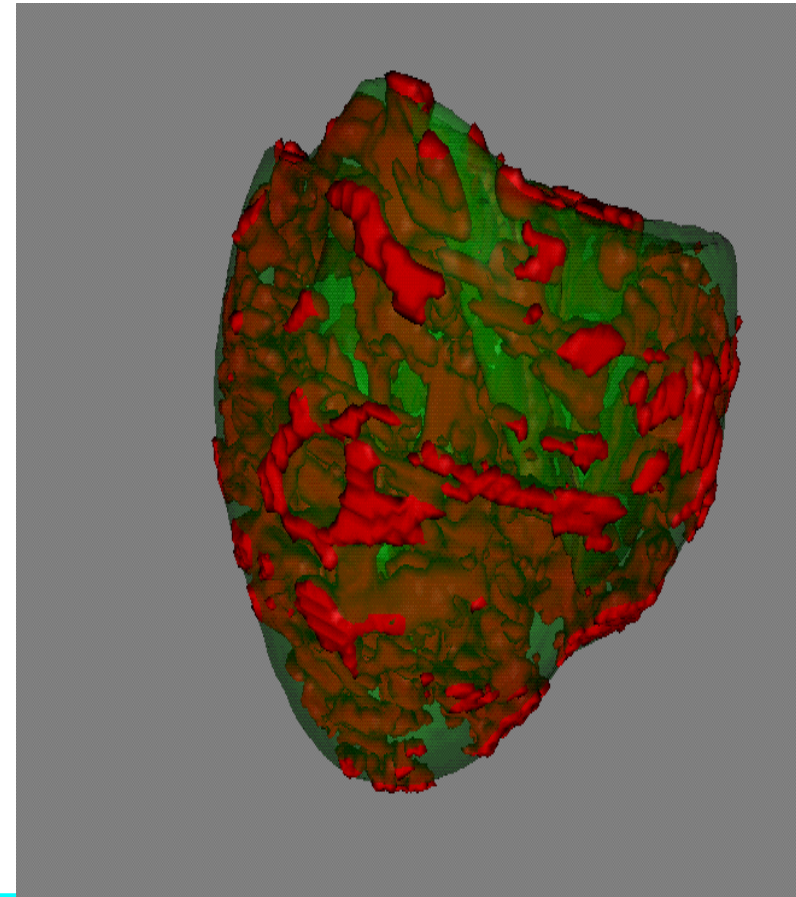
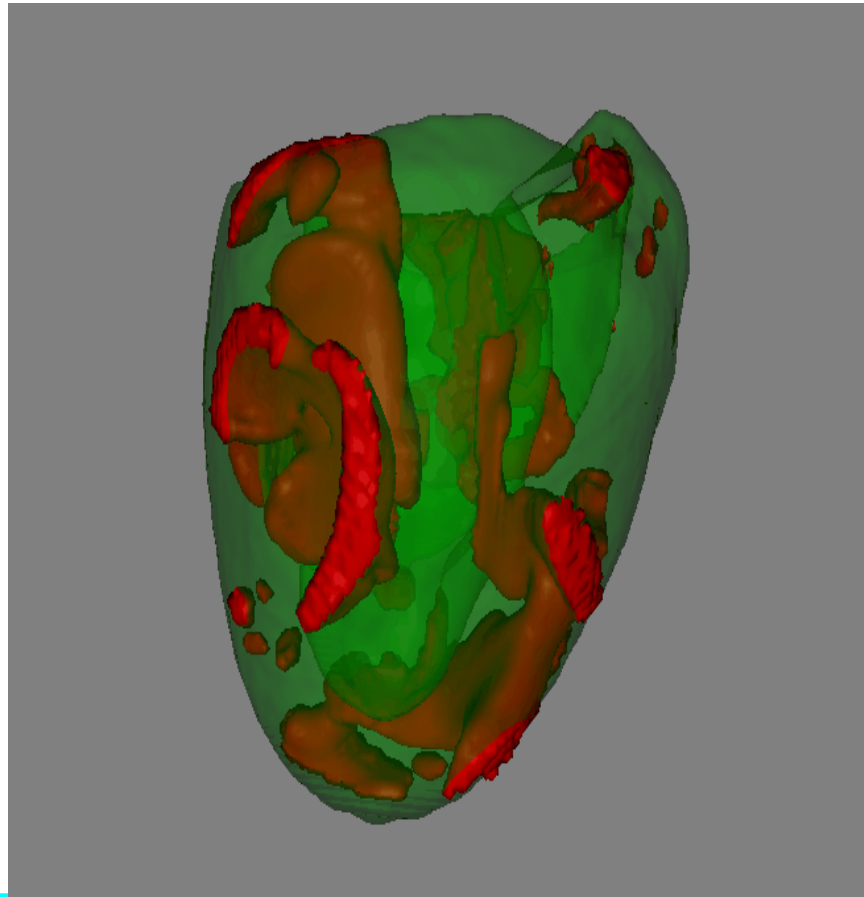
Normal Heartbeat



Spiral Waves-Tachycardia



Onset of Fibrillation

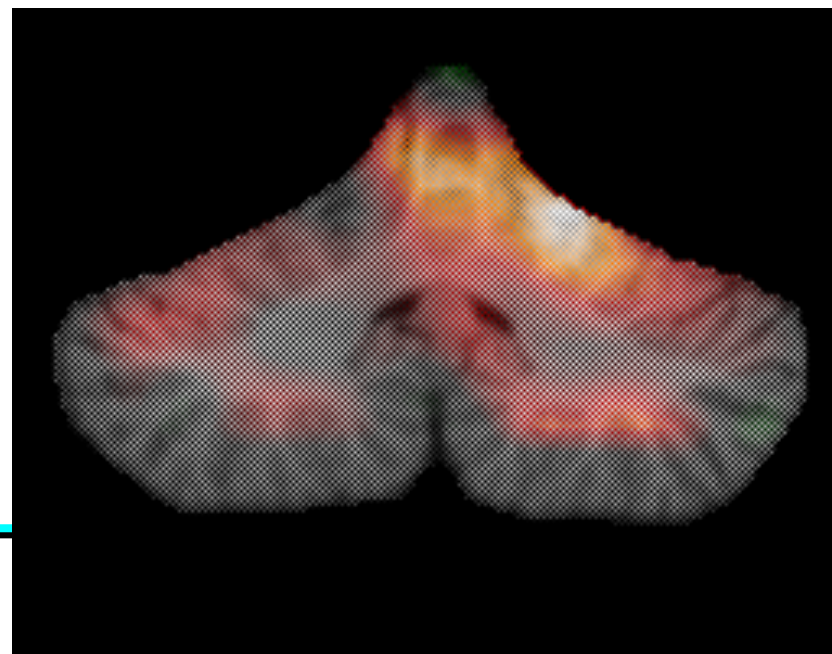
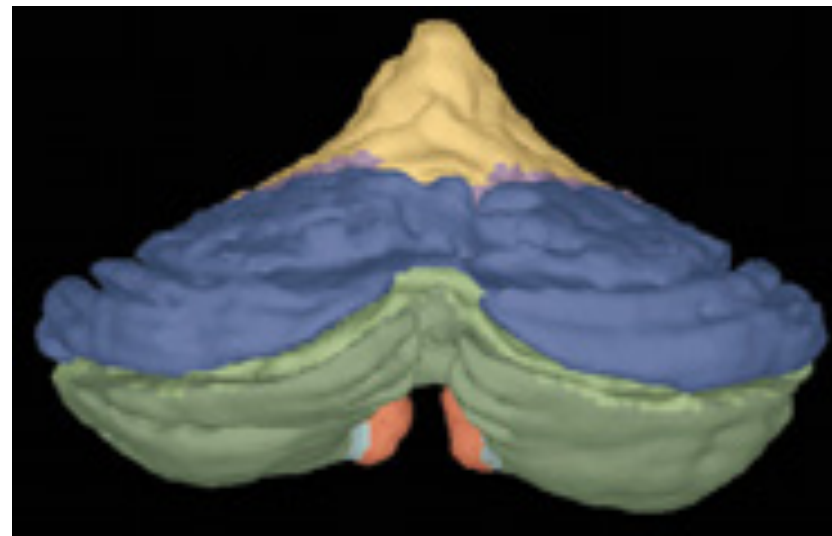
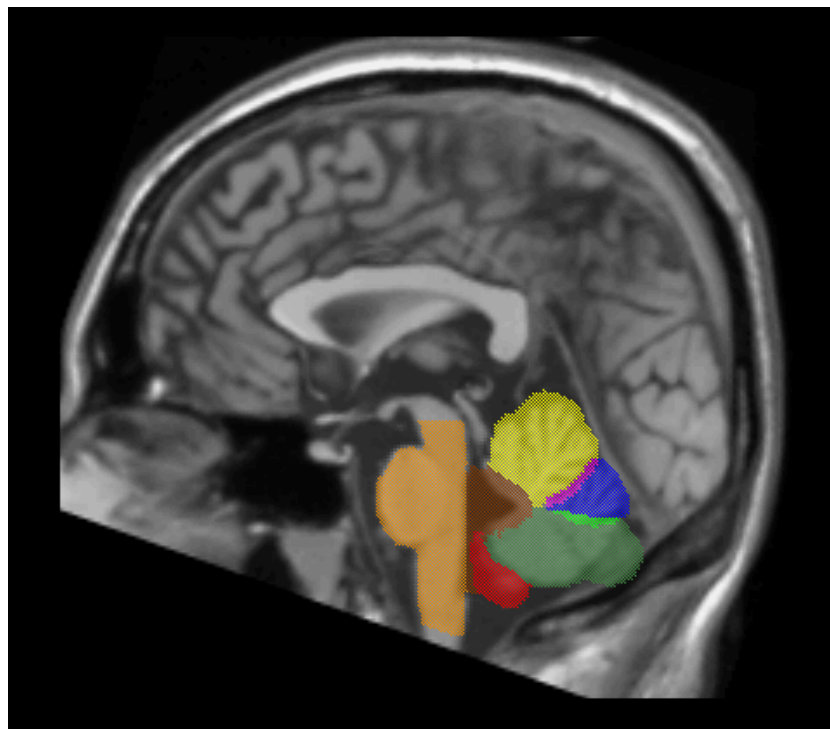


Mathematics in the Heart

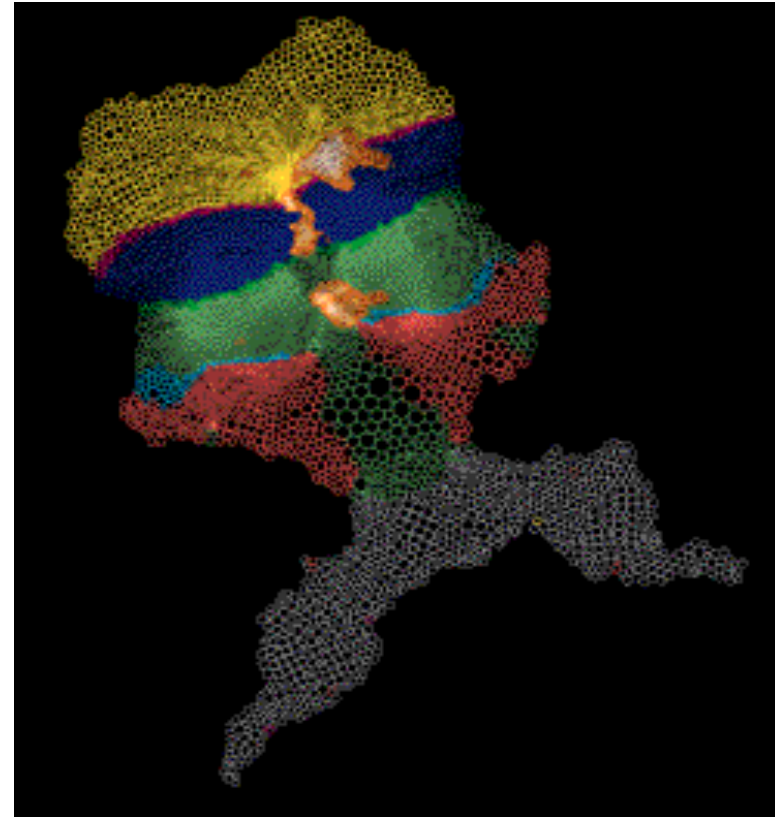
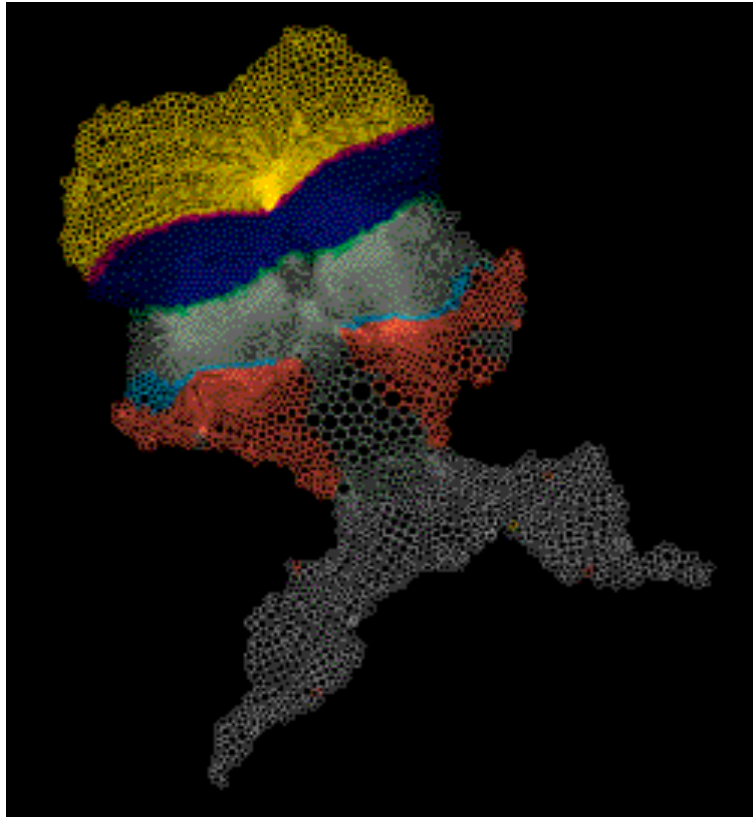
- Arrhythmias-chaos theory
- Signal conduction geometry--fractals
- Fiber structure--finite element methods
- Conduction waves--differential equations & topology
- Visualization--computer graphics



The Cerebellum



Euclidean Flat Map



Mathematics in Biology and Medicine

- Mathematics--the ultimate microscope
- Biological systems *in silico*--experiments possible
- Organ templates--computational diagnosis and treatment



Where can math help out?

- Too big--biosphere
- Too slow--macro evolution
- Too remote in time--early extinctions
- Too complex--brain, stock market
- Too small--molecular structure
- Too fast--photosynthesis
- Too remote in space--life at the extremes
- Too dangerous or unethical--epidemiology of infectious agents, war weapons and strategies

Joel Cohen, Rockefeller University



Laboratorio de Medida Avanzada por Imagen
Dpto. Física Matemática y de Fluidos
UNED