

# La relación de la Química con otras disciplinas científicas y tecnológicas

I CURSO DE DIVULGACIÓN

LOS AVANCES DE LA QUÍMICA Y SU IMPACTO EN LA SOCIEDAD

Carlos Miranda

29 de abril de 2009

La relación de la Química con otras disciplinas científicas y tecnológicas

Nazario Martin  
Departamento de Química Orgánica,  
Facultad de Ciencias Químicas  
Universidad Complutense de Madrid

## La Química y la alta tecnología. Materiales inteligentes

Los avances de la química y su  
impacto en la sociedad  
CSIC, Madrid  
25 de marzo de 2009

### Aplicaciones de la QUÍMICA en BIOMEDICINA

Penicilina resistente al medio ácido

Amoxicilina

Penicilina resistente a beta lactomasas

Oxacilina

Penicilina de amplio espectro

Ampicilina

Profármaco de penicilina

Pivampicilina

37

Los Avances de la Química y su Impacto en la Sociedad

## LA QUÍMICA DE LO NATURAL LOS PRODUCTOS NATURALES

Cafeína

M<sup>ra</sup> del Carmen de la Torre  
ctorre@iqoq.csic.es  
Departamento de Productos Naturales-  
Instituto de Química Orgánica General-CSIC

### Unidades fundamentales en una Refinería de petróleo

Unidades de destilación

Fluid cooking

Central termoelectrónica

Tanques de almacenamiento de crudo de petróleo

Control remoto planta

Laboratorio y Oficinas

atraque de petroleros

## Cambio climático. Gases de efecto invernadero.



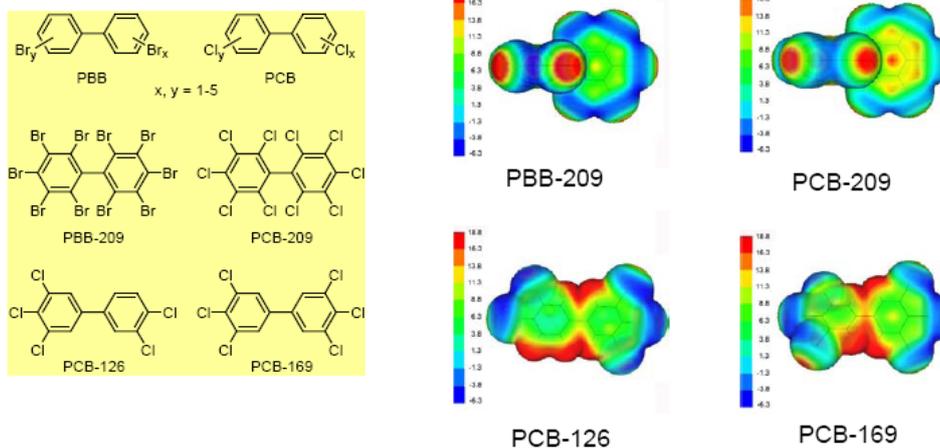
## Química Ambiental



## Suelos Medio Ambiente

B. Jiménez, IQOG, CSIC

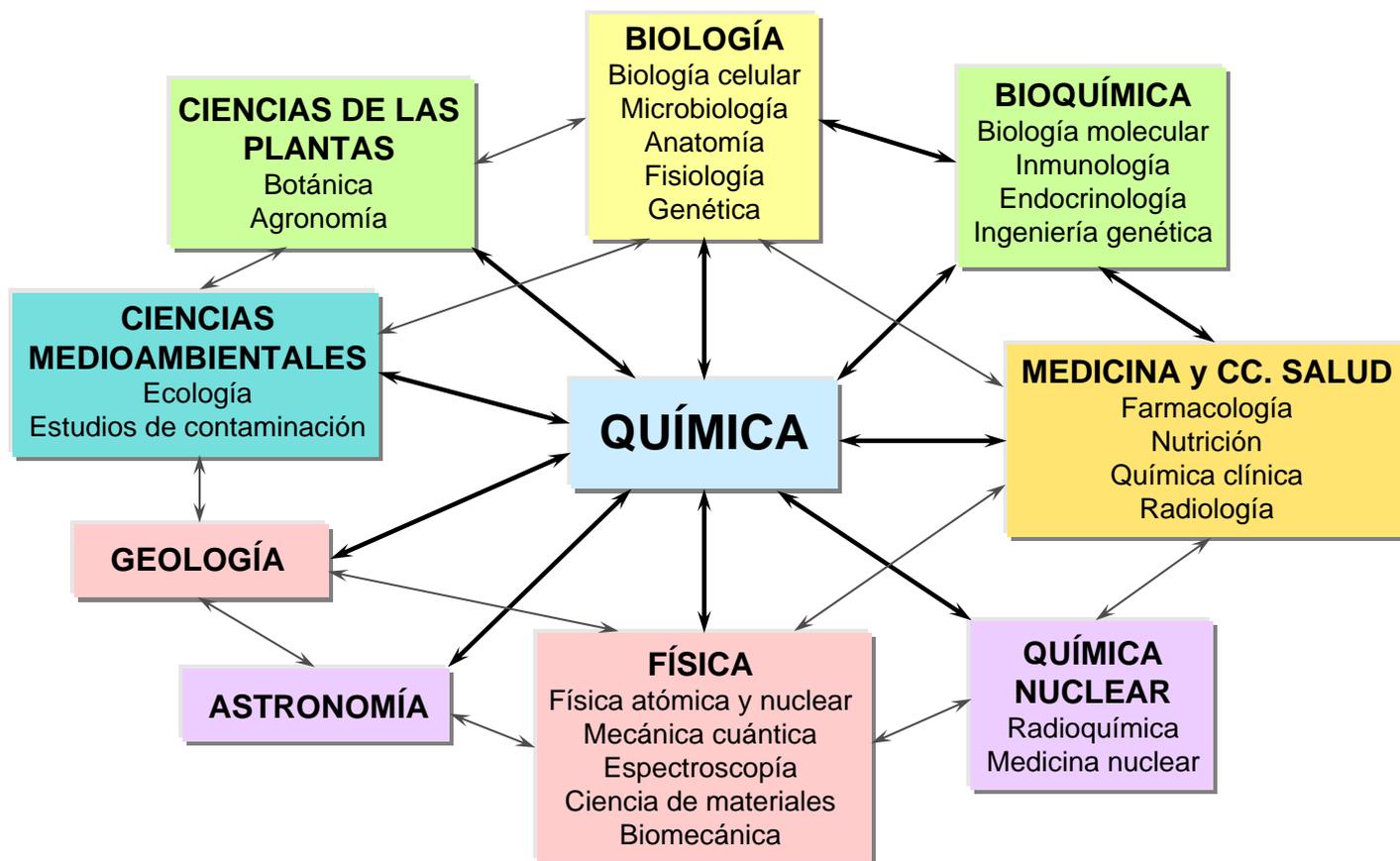
## Relaciones estructura-toxicidad. Estudio combinado experimental-computacional.



Chem. Res. Toxicol. 2008, 21, 643

B. Herradón, IQOG, CSIC; J. M. Navas, INIA

# La Química, “la ciencia central”



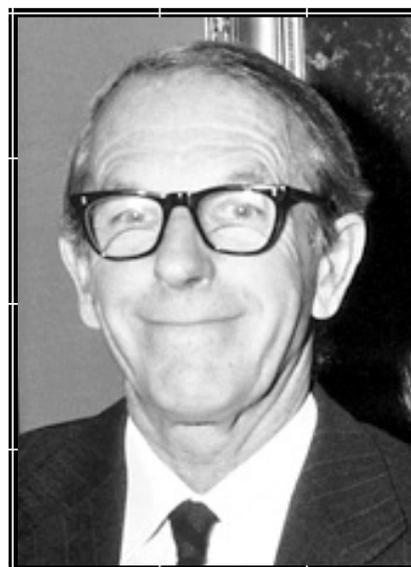
## Química en Biología: Secuenciación del ADN

Premio Nobel de Química (1980)

🌐 Determinación de la secuencia de bases de los ácidos nucleicos



Walter GILBERT



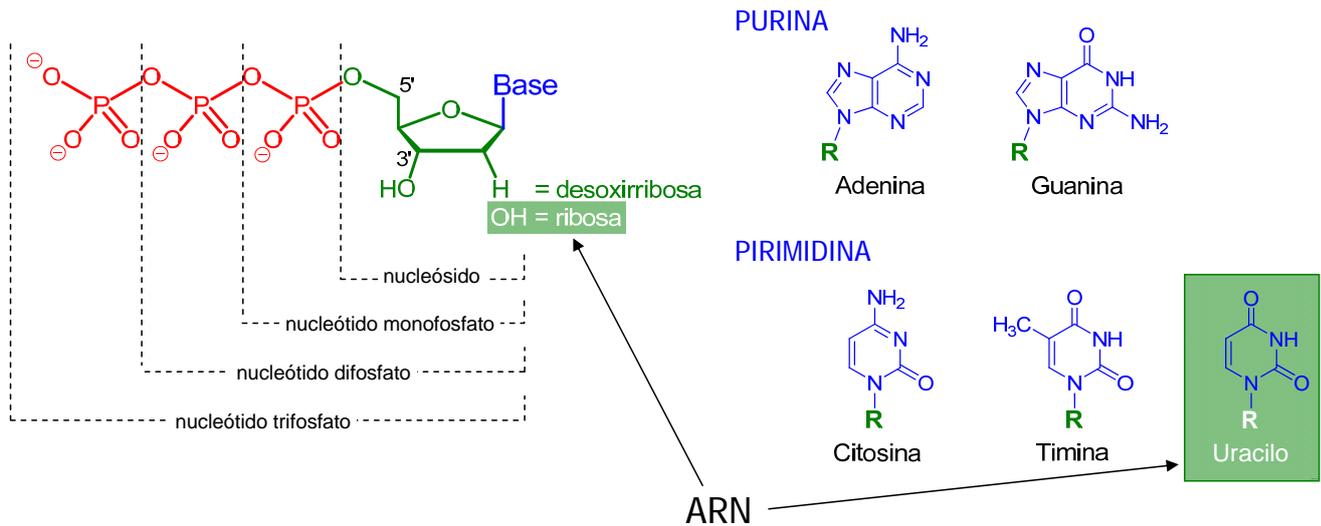
Frederick SANGER

# Aspectos estructurales de la molécula de ADN

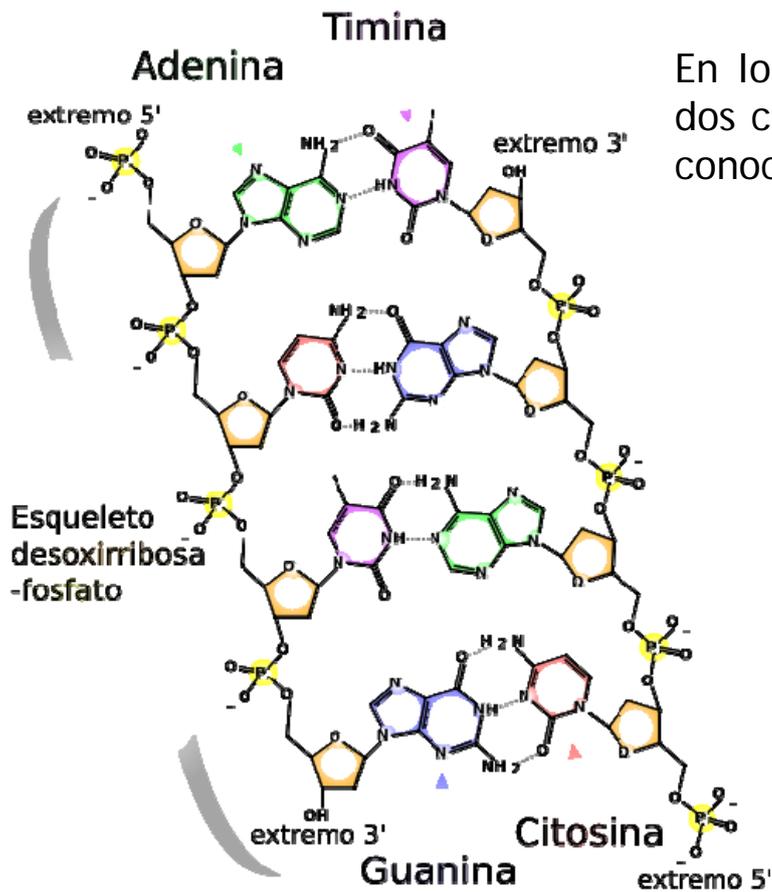
La molécula de ADN es un "polinucleótido" = polímero de nucleótidos

¿Qué es un nucleótido?

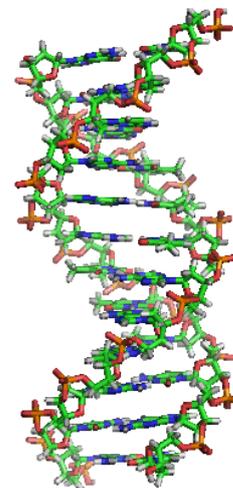
**NUCLEÓTIDO** = **Pentosa** (Azúcar de 5 át. de C) + **Base nitrogenada** + **Grupos fosfato** (de uno a tres)



# Aspectos estructurales de la molécula de ADN

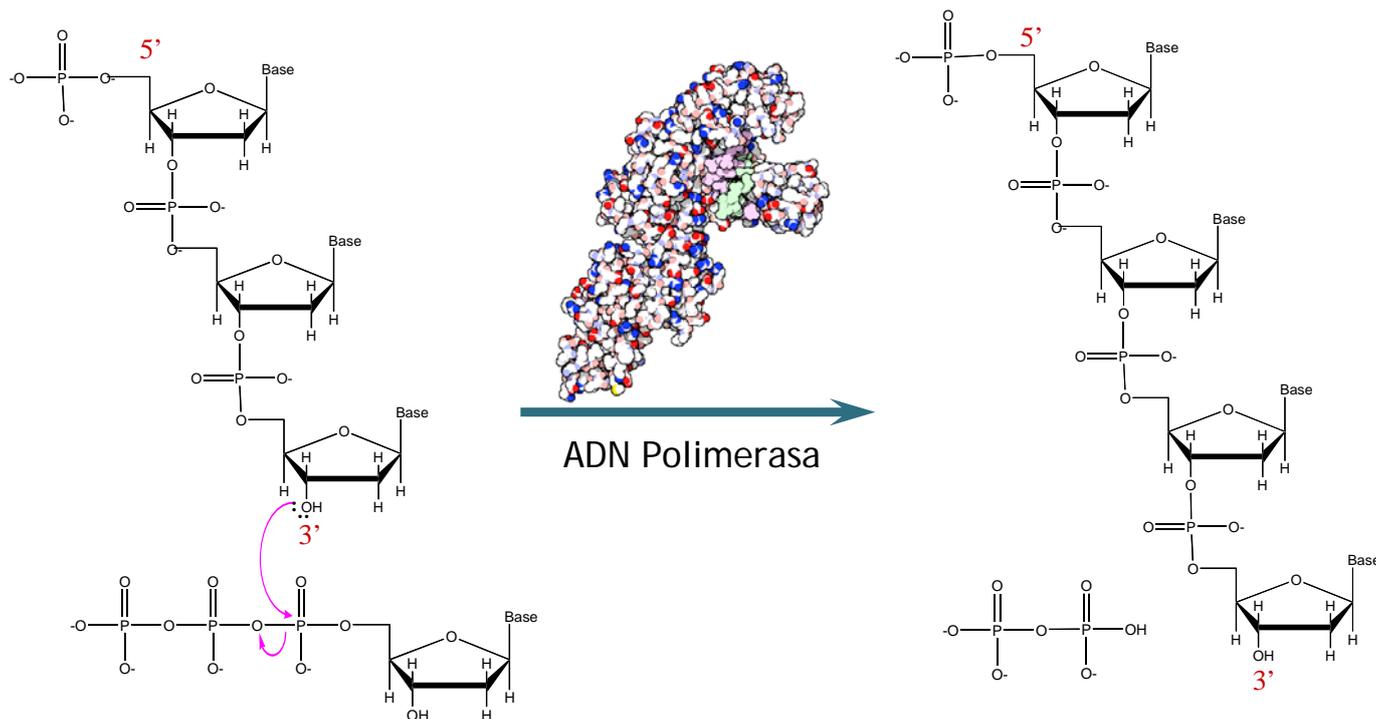


En los seres vivos está constituida por dos cadenas antiparalelas, formando la conocida "doble hélice"



Interacciones por enlaces de hidrogeno por pares A=T y C≡G

# Mecanismo de polimerización del ADN



El grupo OH en posición 3' del anillo de desoxirribosa es fundamental para la polimerización de la molécula de ADN

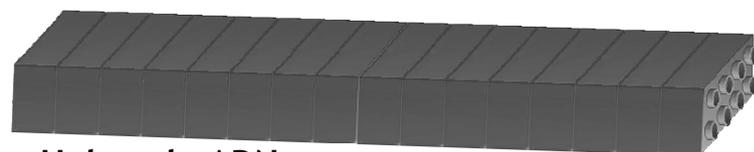
## Secuenciar el ADN: Planteamiento del problema

- El nucleótido es el bloque fundamental
- El OH en posición 3' es el responsable de la polimerización

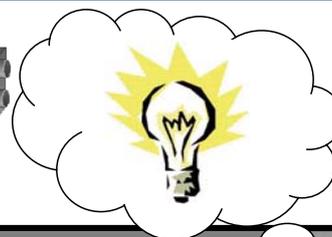
Grupo OH (3')



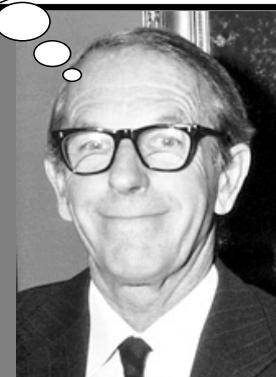
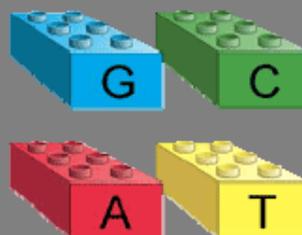
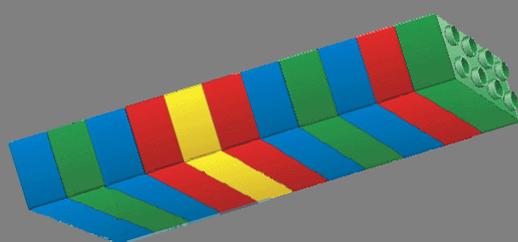
NUCLEÓTIDO



Hebra de ADN



¿Cómo conocer el orden de los nucleótidos?



# Secuenciar el ADN: Método de terminación de la cadena

- Se puede separar ADN en función del tamaño  
**Electroforesis Poliácridamida-Urea**  
(Resolución: 1 nucleótido)

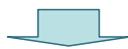
¿Distinta longitud?



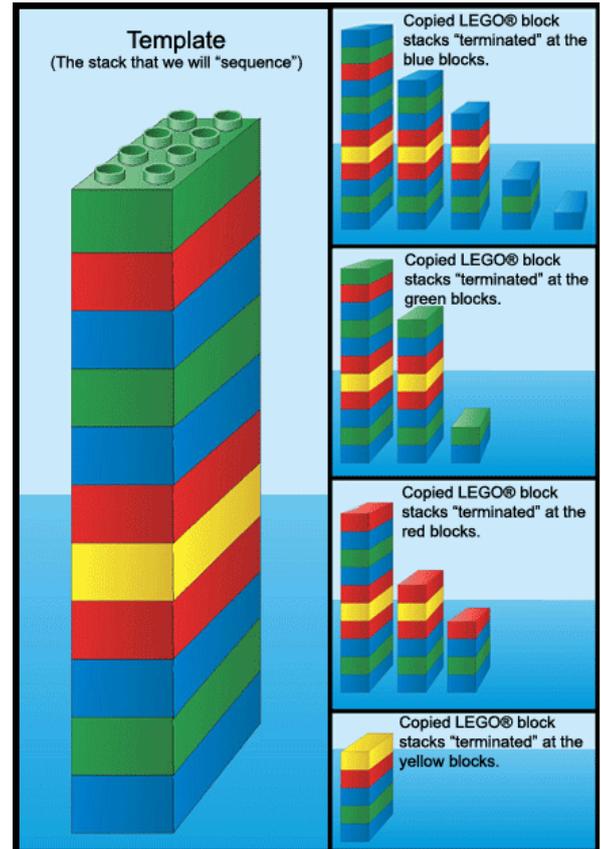
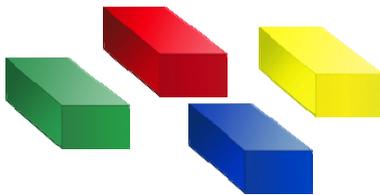
Sí

Parando la elongación de la cadena

¿Cómo?

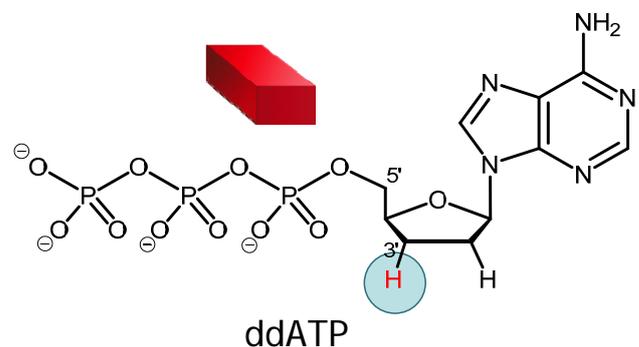
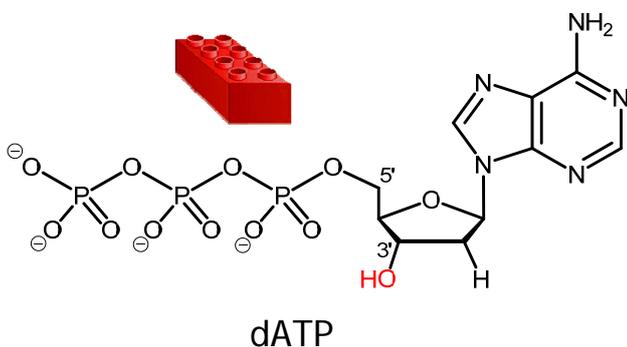


Neutralizando el punto de crecimiento



# Secuenciar el ADN: Didesoxinucleótidos trifosfatados

- DESOXINUCLEÓTIDOS (dNTP) vs DIDESOXINUCLEÓTIDOS (ddNTP)



Ausencia del grupo OH en posición 3' del anillo de ribosa

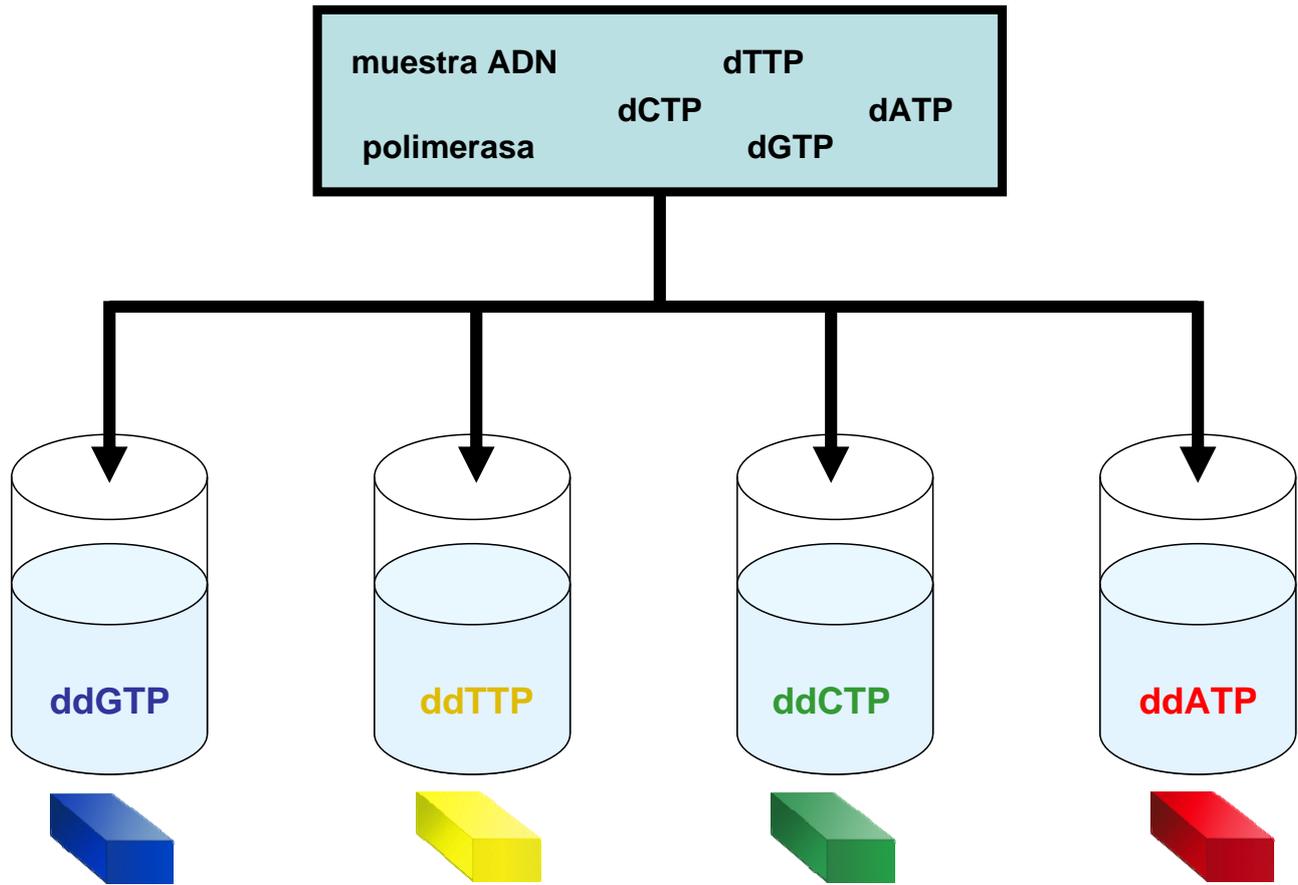


No se puede formar el enlace fosfodiéster



**Terminación química de la cadena de ADN**

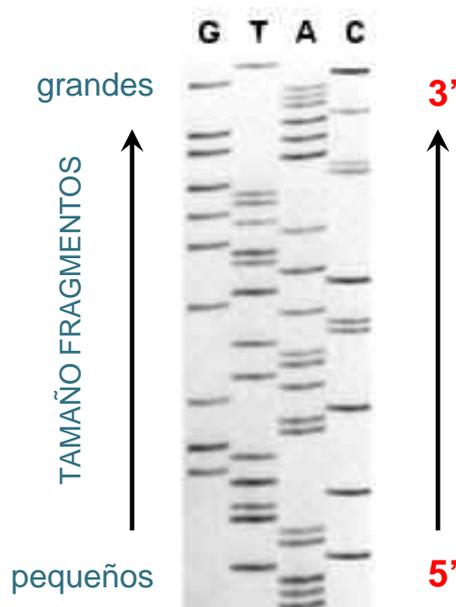
# Identificación de los fragmentos



# Identificación de los fragmentos

## MARCAJE

● Fósforo radiactivo ( $^{32}\text{P}$  y  $^{33}\text{P}$ )

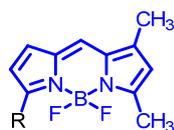


SOLUCIÓN:

**5'** AAATCAATTCTGTGAAC  
**GATAATCCAGTCATTGATG**  
**TTGCCAGAGACAAAGCT 3'**

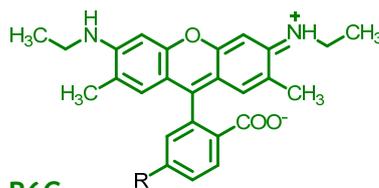
# Marcaje de los nucleótidos de terminación

## ● Marcaje con colorantes fluorescentes



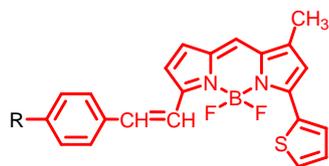
**Bodipy-FL-510**

[ $\lambda_{abs}$  (max) = 502 nm;  $\lambda_{em}$  (max) = 510 nm]



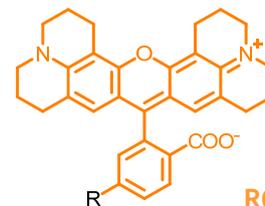
**R6G**

[ $\lambda_{abs}$  (max) = 525 nm;  $\lambda_{em}$  (max) = 550 nm]



**Bodipy-650**

[ $\lambda_{abs}$  (max) = 630 nm;  $\lambda_{em}$  (max) = 650 nm]



**ROX**

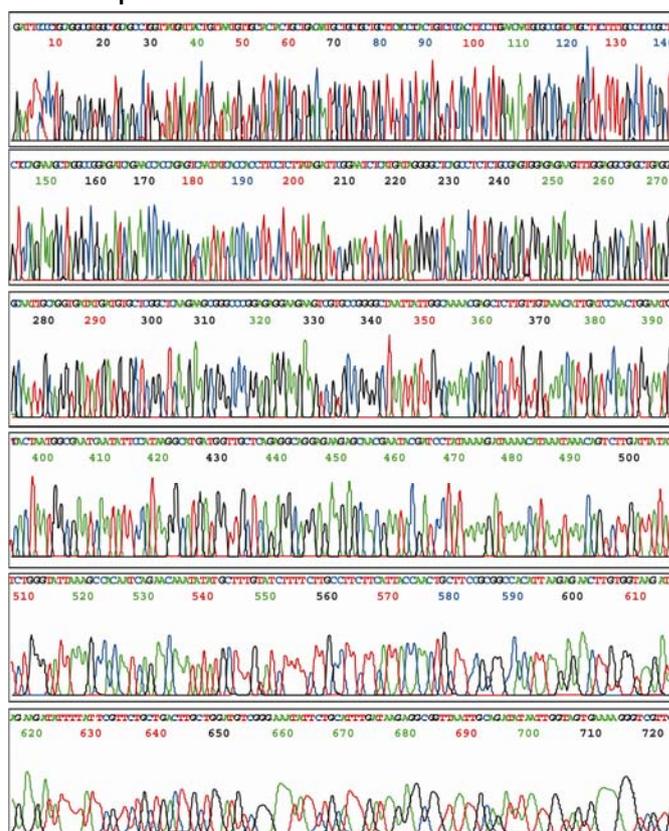
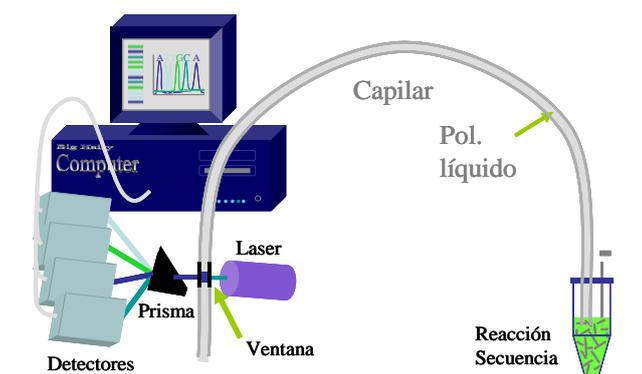
[ $\lambda_{abs}$  (max) = 575 nm;  $\lambda_{em}$  (max) = 602 nm]

### VENTAJAS:

- Una sola reacción de secuenciación
- Fácil automatización

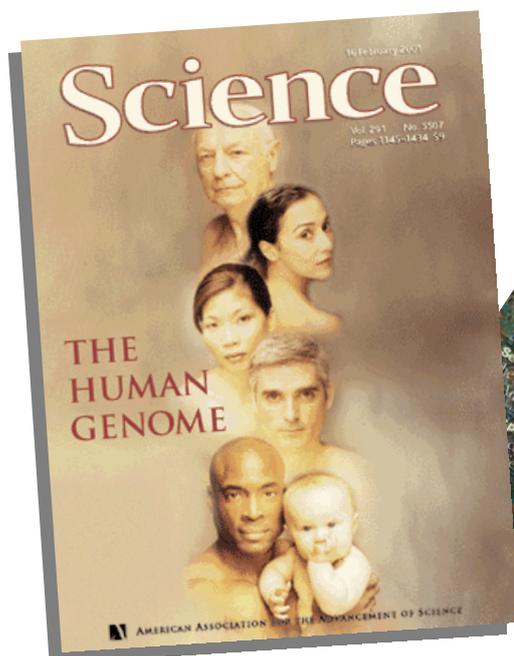
# Marcaje de los nucleótidos de terminación

## ● Separación de fragmentos por electroforesis capilar

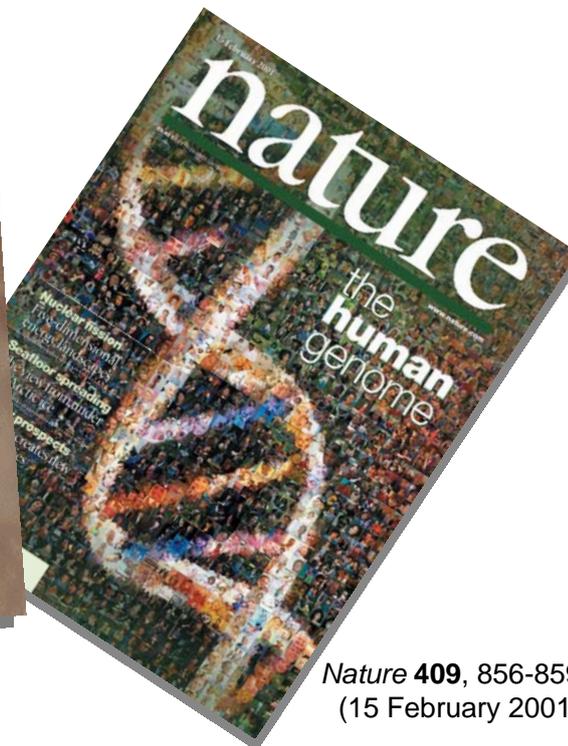


# Proyecto GENOMA HUMANO

🌐 Febrero de 2001



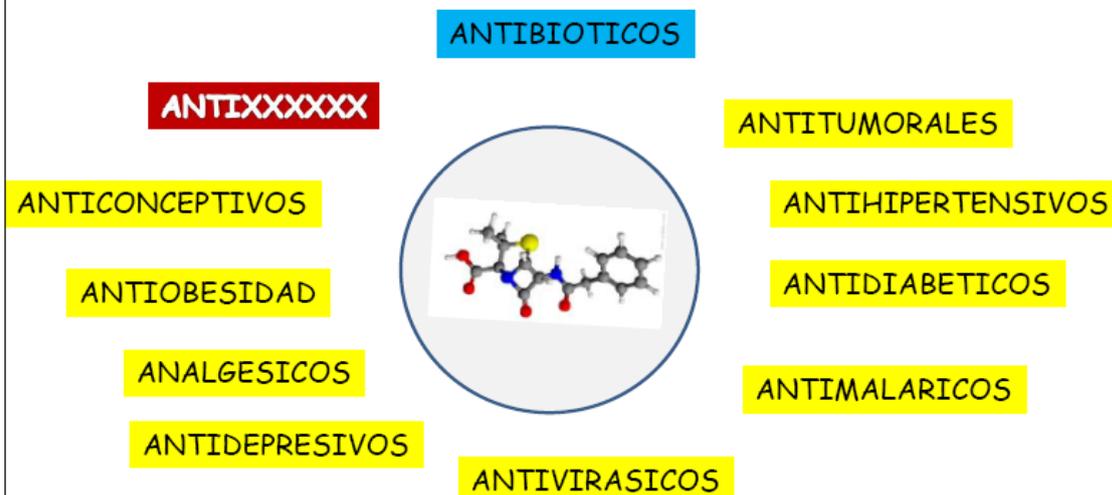
*Science* **291**, 1304-1351  
(16 February 2001)



*Nature* **409**, 856-859  
(15 February 2001)

# Química en Medicina

## Aplicaciones de la QUÍMICA en BIOMEDICINA



# Química y Medicina: Contrastes radiológicos

La relación de la Química con otras disciplinas científicas y tecnológicas

## RADIOGRAFÍA



CONTRASTES RADIOLÓGICOS



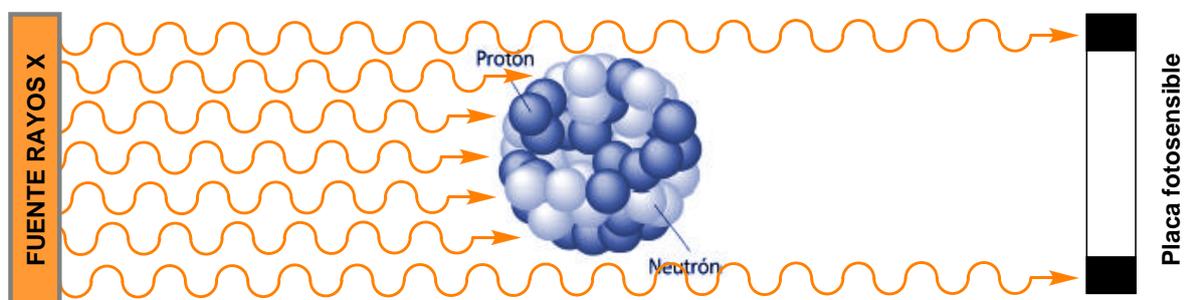
- Sustancia susceptible de ser empleada en exámenes médicos de rayos X
- Distinguen tejidos blandos por diferencia de opacidad frente a rayos X

# Química y Medicina: Contrastes radiológicos

La relación de la Química con otras disciplinas científicas y tecnológicas

## Contrastes densos

- Basados en compuestos químicos que contienen átomos pesados
- Ofrecen una mayor opacidad a los rayos X

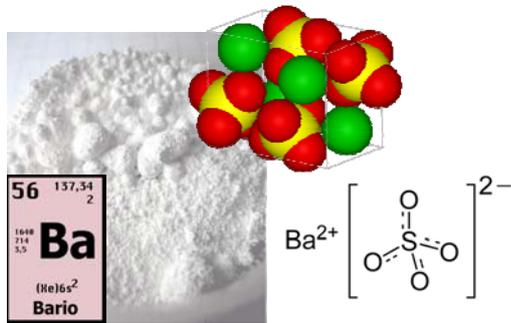


# Química y Medicina: Contrastes radiológicos

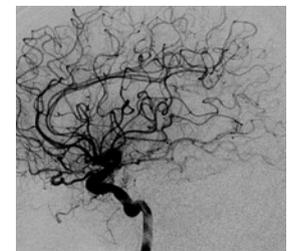
La relación de la Química con otras disciplinas científicas y tecnológicas

## Contrastes densos

### Sulfato de Bario



### Compuestos de yodo

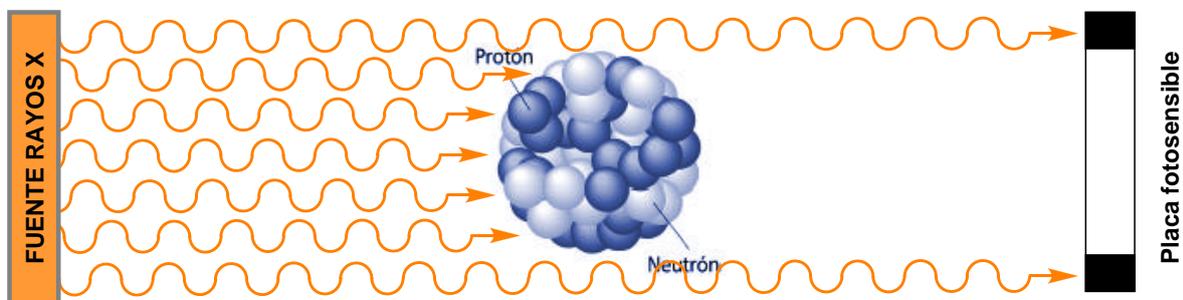


# Química y Medicina: Contrastes radiológicos

La relación de la Química con otras disciplinas científicas y tecnológicas

## Contrastes densos

- Basados en compuestos químicos que contienen átomos pesados
- Ofrecen una mayor opacidad a los rayos X

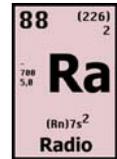


## Contrastes hipodensos

- Basado en el uso de un gas o de aire
- Presentan una menor opacidad

- Empleo de isótopos radioactivos para diagnóstico clínico y tratamiento de enfermedades:
  - Algunos tipos de cáncer
  - Enfermedades cardiovasculares
  - Desórdenes neurológicos...

- Henri Danlos (físico francés) en 1901 empleó radio para tratar heridas de piel producidas en enfermos de tuberculosis



## Radioisótopos más empleados

Radioisótopo	Símbolo	Radiación	Vida media	Uso
Tritio	$^3_1\text{H}$	$\beta$	12.32 años	Trazador bioquímico
Sodio-24	$^{24}_{11}\text{Na}$	$\beta$	14.95 horas	Circulación sanguínea
Fósforo-32	$^{32}_{15}\text{P}$	$\beta$	14.28 días	Terapia anti-leucemia
Cobalto-60	$^{60}_{27}\text{Co}$	$\beta, \gamma$	5.27 años	Terapia cancerosa
Arsénico-74	$^{74}_{33}\text{As}$	$\beta^+$	17.8 días	Localización tumores cerebrales
Tecnecio-99	$^{99m}_{43}\text{Tc}$	$\gamma$	6.01 horas	Escáner cerebral
Yodo-131	$^{131}_{53}\text{I}$	$\beta$	8.04 días	Terapia tiroidea

# Tomografía por emisión de positrones

- Técnica de análisis en tiempo real no invasiva

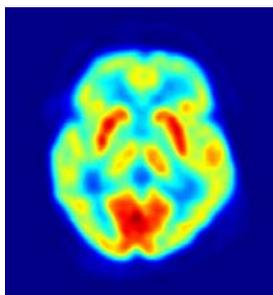
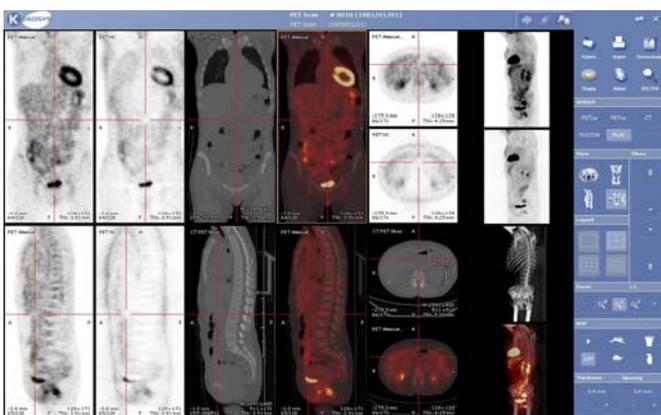


Imagen típica PET cerebral



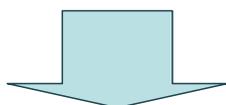
- En combinación con TAC (tomografía axial computerizada)

Información y diagnósticos  
**MUY PRECISOS**

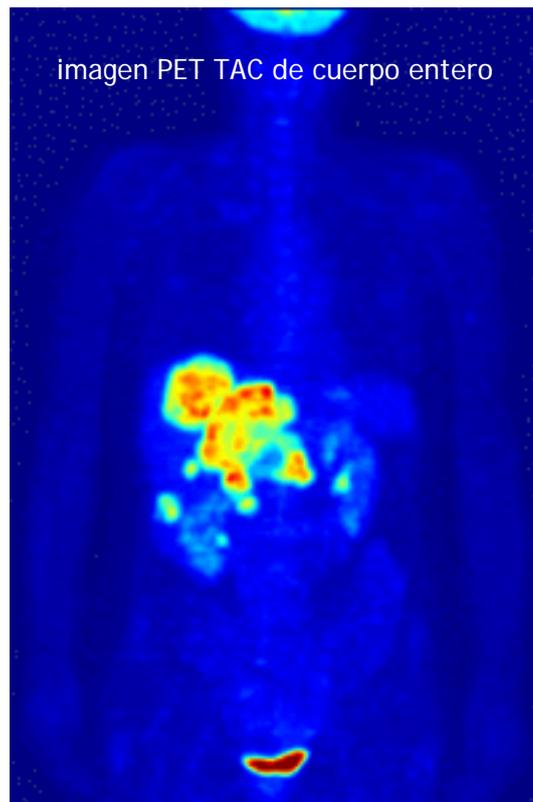
imagen de PET TAC cuerpo entero

# PET: Radiotrazadores

- Administrado por vía intravenosa, vía oral o vía respiratoria
- Se acumula en los órganos con afinidad por el radiotrazador
- Emisión de radiación gamma en los órganos donde se localiza

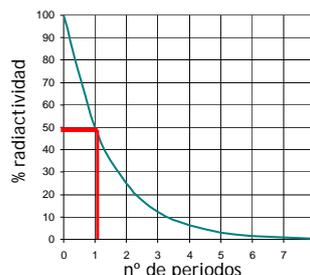


Medición de la  
**ACTIVIDAD METABÓLICA**



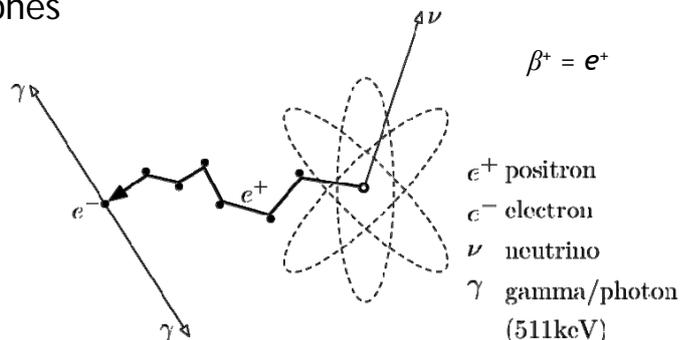
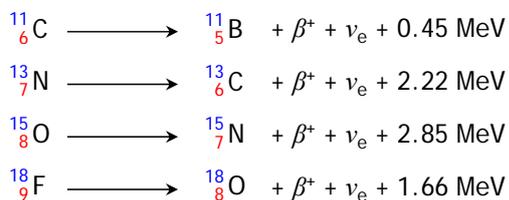
# PET: Radionucléidos

- Isótopos de vida media corta:
  - $^{11}\text{C}$ , ~20 minutos
  - $^{13}\text{N}$ , ~10 minutos
  - $^{15}\text{O}$ , ~2 minutos
  - $^{18}\text{F}$ , ~110 minutos



Periodo de semidesintegración

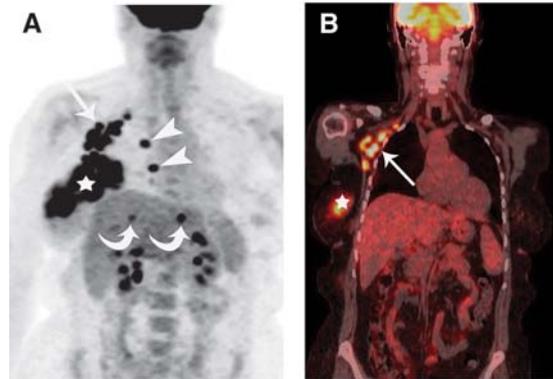
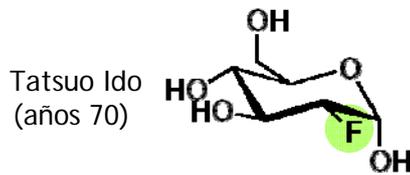
- Se incorporan en moléculas que sabemos como utiliza nuestro cuerpo
- Desintegración por emisión de positrones



# PET: Radiotrazadores

## FLUORDESOXIGLUCOSA (FDG)

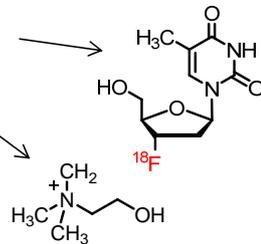
### 2-[<sup>18</sup>F]Fluor-2-desoxi-D-glucosa



## OTROS

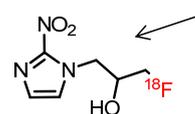
### Metabolismo

- <sup>18</sup>F-Fluorotimidina
- <sup>11</sup>C-Timidina
- <sup>11</sup>C-Aminoácidos
- <sup>11</sup>C-Glucosa
- <sup>15</sup>O-Oxígeno



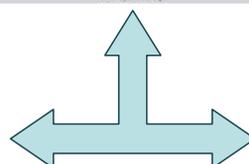
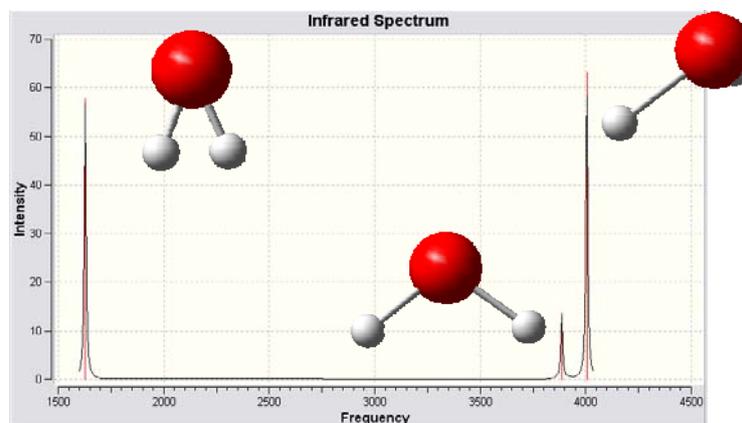
### Angiogénesis

- <sup>15</sup>O-Agua
- <sup>18</sup>F-Fluoromisonidazol
- <sup>15</sup>O-Oxígeno



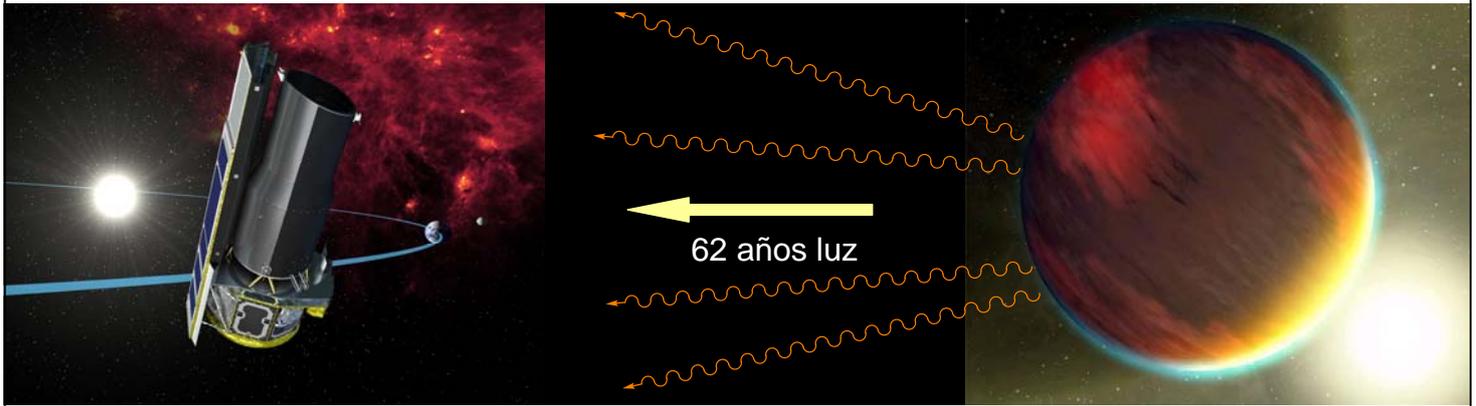
# Química y Astrofísica: Detección de moléculas

- Espectros de emisión y absorción de planetas y estrellas
- Espectro IR de las moléculas (vibraciones)

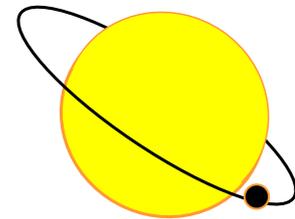
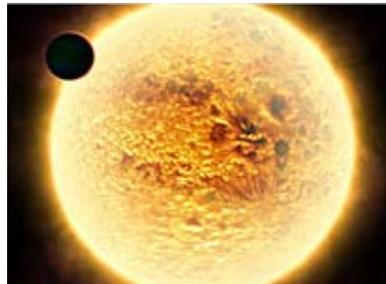
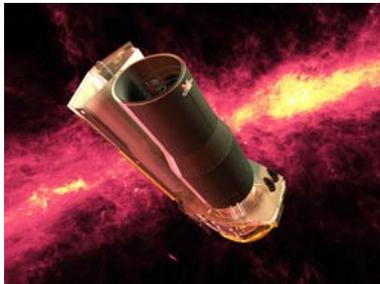


# Astrofísica: Detección de moléculas por IR

## Detección de agua en el planeta HD189733b

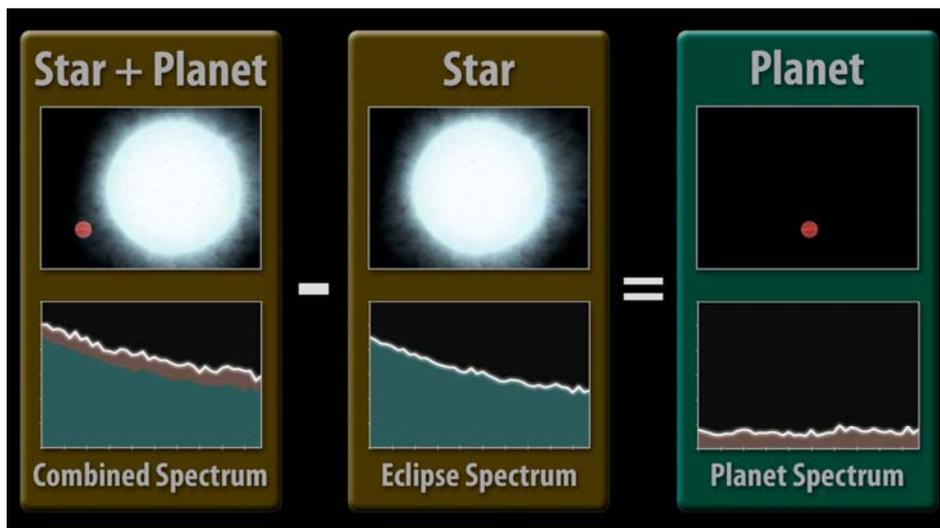


## Orbita inclinada alineada con la órbita terrestre

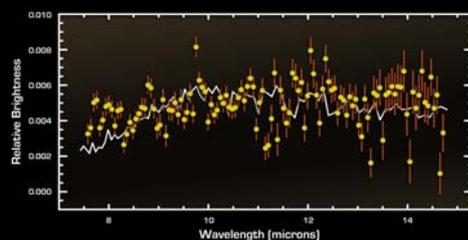


# Química y Astrofísica

## Aislamiento del espectro IR del planeta

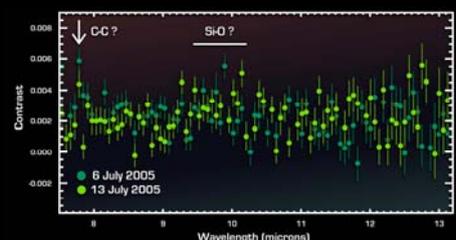


## Resultado



Infrared Spectrum of HD 189733b  
NASA / JPL-Caltech / C. J. Grillmar (SSC/Caltech)

Spitzer Space Telescope • IRS  
iss007-04c



Infrared Spectrum of HD 209458b  
NASA / JPL-Caltech / J. Richardson (Goddard Space Flight Center)

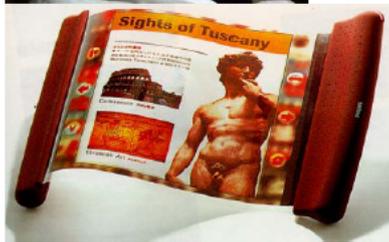
Spitzer Space Telescope • IRS  
iss007-04a

# Materiales de alta tecnología



## Productos y prototipos basados en OLEDs. El Futuro

- Luz
- **Pantallas**



# Materiales: Química, Física e Ingeniería

## Materiales compuestos (COMPOSITES)



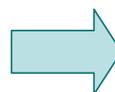
● Fibra de Carbono



● Fibra de vidrio

## PROPIEDADES

- Elevada resistencia
- Bajo peso
- Muy duraderos
- Alternativa al hormigón armado y el acero



Aplicaciones en  
Ingeniería y  
Construcción

# Construcciones novedosas

## 🌐 San Diego (EE.UU.)



## 🌐 Friedberg (Alemania)



## 🌐 Asturias (España)



# Química e Ingeniería

## 🌐 Madrid (M-111)

### Cómo se hizo la M-111

La carretera que conecta Barajas con la localidad de Fuente El Saz se sitúa a la cabeza de la innovación constructiva gracias al uso de nuevos materiales que sustituyen el hormigón



**Suelos enriquecidos**  
En la construcción de la M-111 se han utilizado productos de naturaleza enzimática (compuestos por moléculas derivadas de plantas)

**Ventajas**  
Es un producto biodegradable  
Mejora las propiedades mecánicas de los suelos  
Mayor capacidad para soportar las cargas del tráfico y la acción de agentes naturales

El peso aproximado de cada viga está en torno a 300 kg/m

