UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

TOXICOLOGÍA DEL MERCURIO

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

ESPECIES QUÍMICAS

- **INORGÁNICAS**
  - **Hg; HgO; Hg^{2+}; Hg_2^{2+}**
- **ORGÁNICAS**
  - **$(CH_3)_2$ Hg; CH_3Hg^+; $C_6H_5Hg^+$**

EL MERCÚRICO

- Hg^{2+}
  - PRESENTE EN AGUAS BEBIDA
  - MUY ÁCIDO
  - FORMA COMPLEJOS CON LIGANDOS BIOLÓGICOS
  - ÁCIDO BLANDO. UNIÓN SCIS.

BIOMOVILIZACIÓN Y BIODISPONIBILIDAD

- **HgS CINABRIO**
  - **NO MOVILIZABLE**
- **Hg METAL VOLATIL.**
  - **MOVILIZACIÓN ATMOSFÉRICA**
- **PRESENCIA EN LA NATURALEZA**
  - **0,5 ppm**
  - **IRREGULAR DISTRIBUCIÓN**
  - **CONCENTRACIÓN EN BOLSAS DE Hg**
- **PROCESOS DE BIOCONCENTRACIÓN**
  - **ANIMALES MARINOS**
  - **CEREALES**

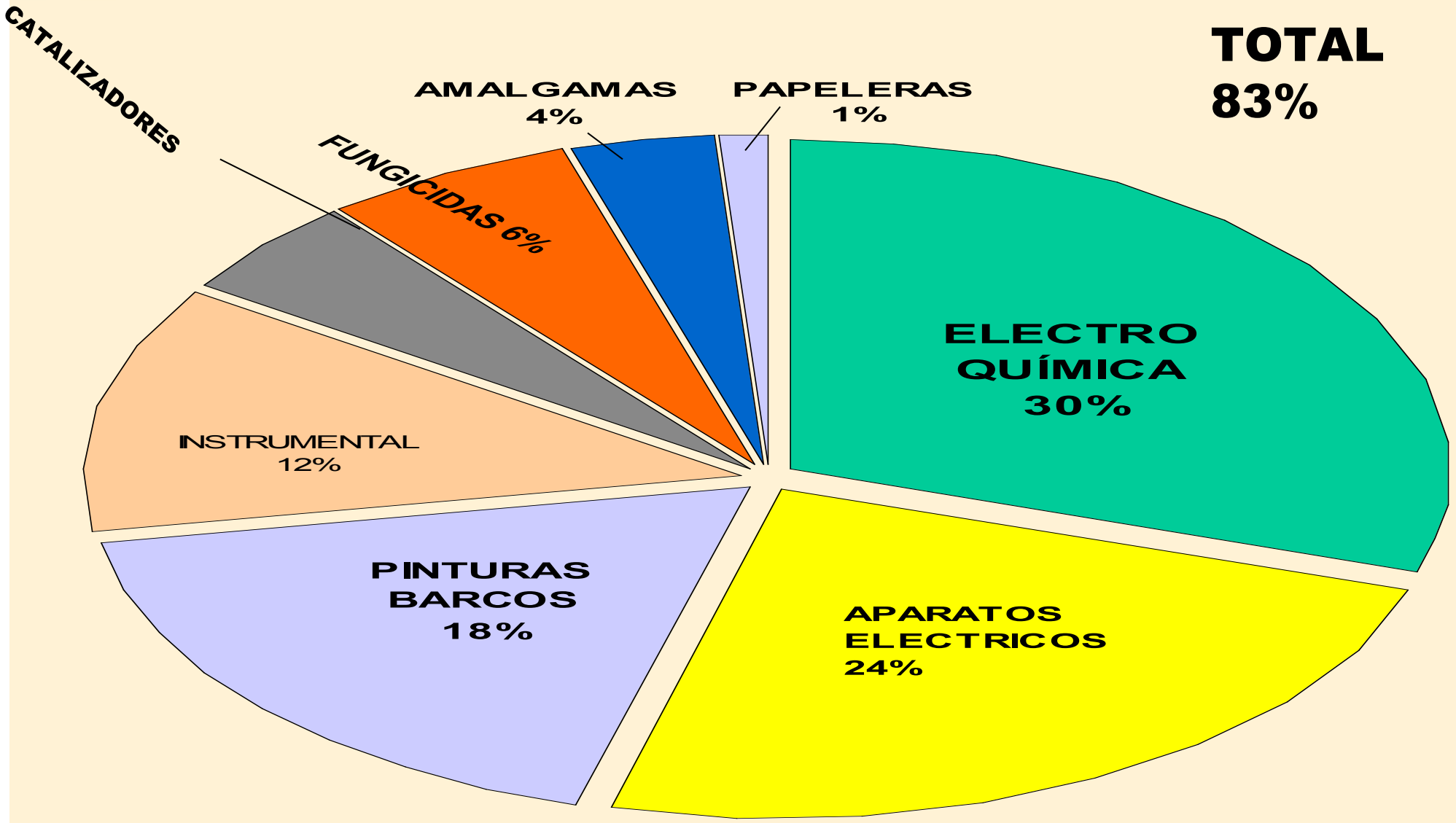
UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

FUENTES DE CONTAMINACIÓN

- **NATURALES**
  - **BIOMOVILIZACIÓN DEL Hg**
  - **CICLO ATMOSFÉRICO**
- **ANTROPOGÉNICAS**
  - **FUNGICIDA Y HERBICIDA**
  - **CONSERVANTE SEMILLAS**
  - **PAPELERAS**
  - **ELECTROQUIMICA**
  - **PINTURAS**
  - **CATALIZADORES**
  - **PILAS**
  - **COMBUSTIÓN CARBONES**
  - **VERTIDOS INDUSTRIALES**
  - **ALCANTARILLADO**

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

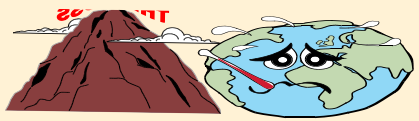
USOS INDUSTRIALES DEL Hg



UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

CICLO NATURAL DEL Hg

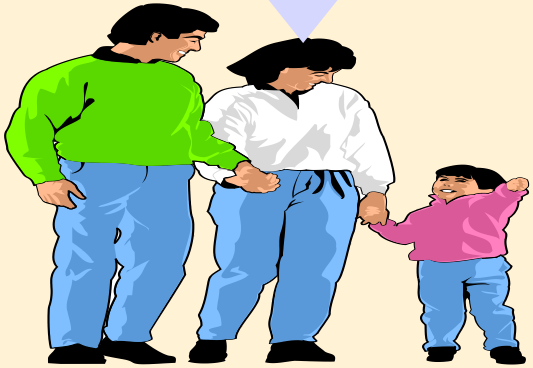
ATMÓSFERA



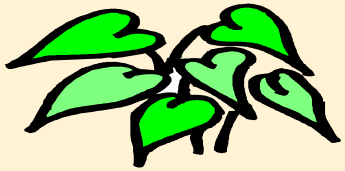
VULCANISMO
DESGASIFICACIÓN

RIOS
OCÉANOS

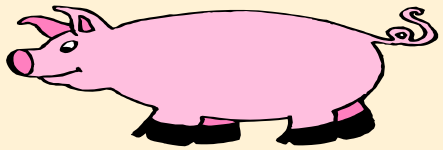
SUELO



PECES



PLANTAS



GANADO

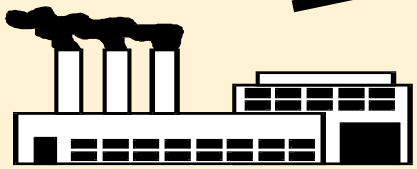
CICLO DEL AGUA

INHALACIÓN

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

CICLO ANTROPOGÉNICO DEL Hg

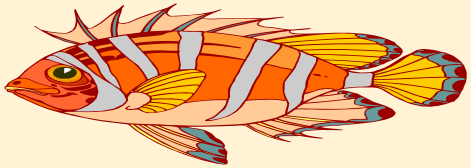
ATMÓSFERA



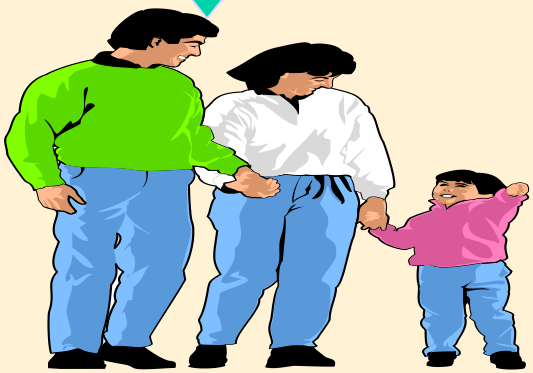
①USO INDUSTRIAL
CARBONES

②VERTIDOS

RIOS
OCÉANOS

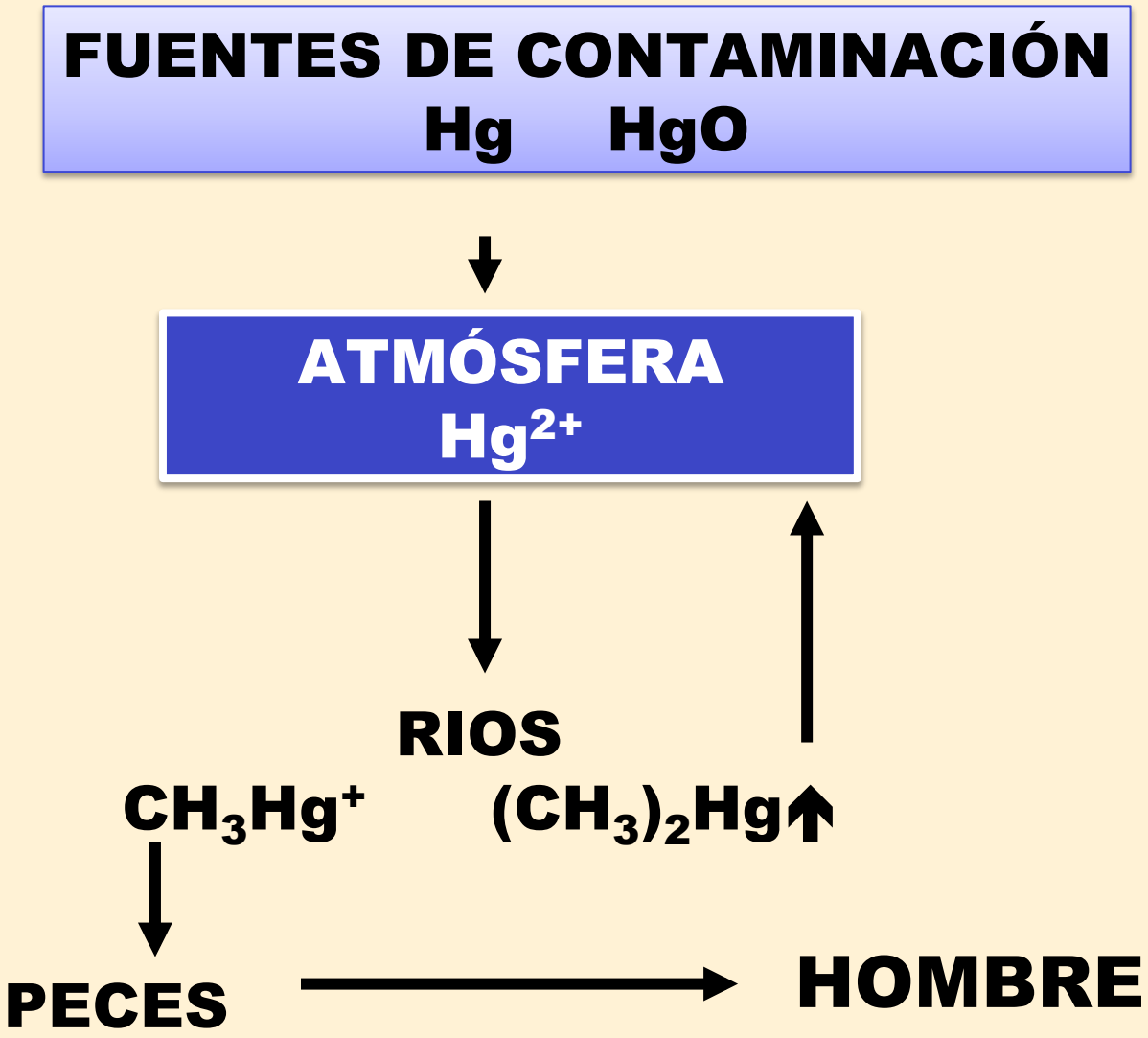


PECES
METILMERCURIO

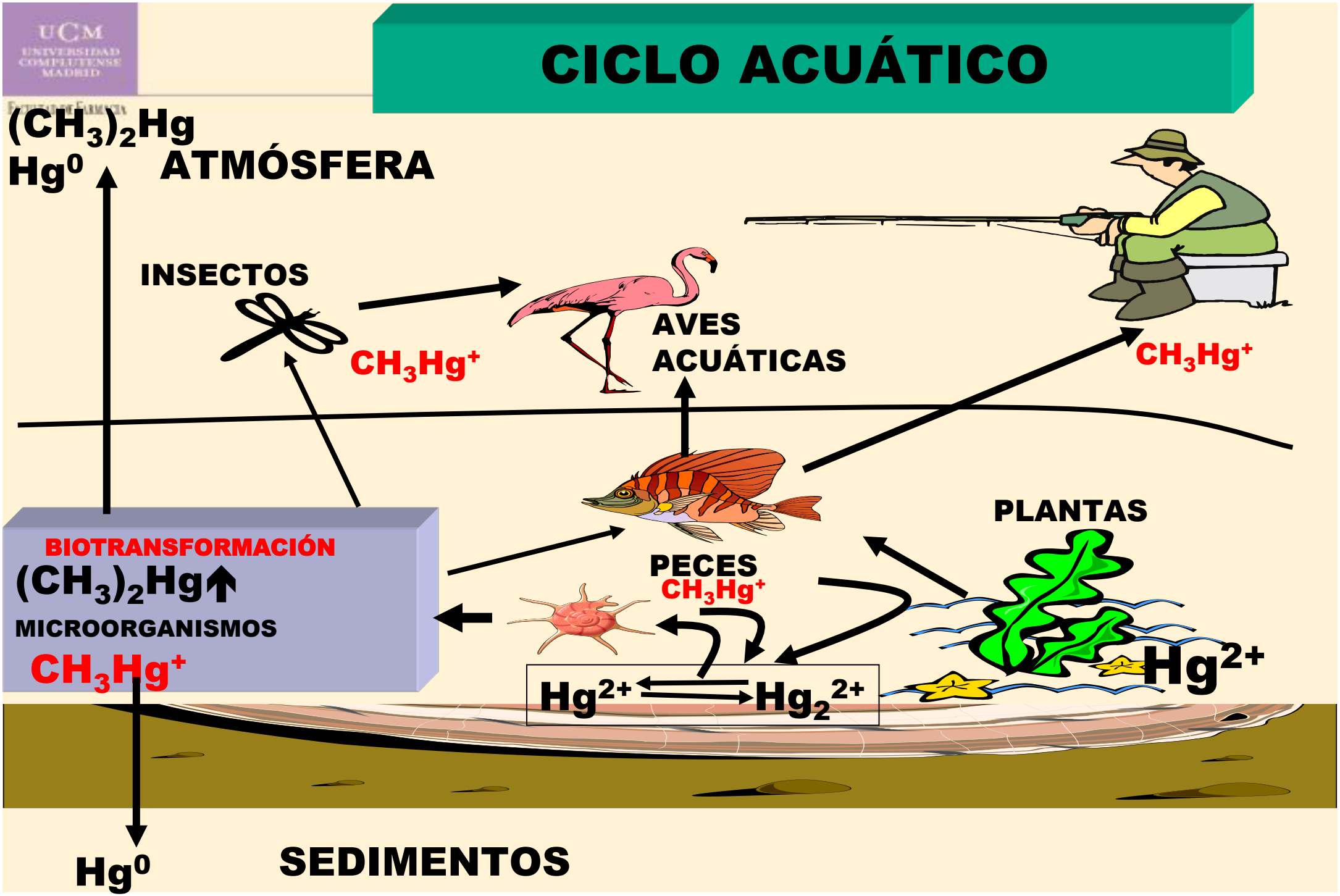


③USO AGRÍCOLA
SEMILLAS
GRANOS
FENILMERCURIO

CICLO DE BIOTRANSFORMACIÓN



CICLO ACUÁTICO

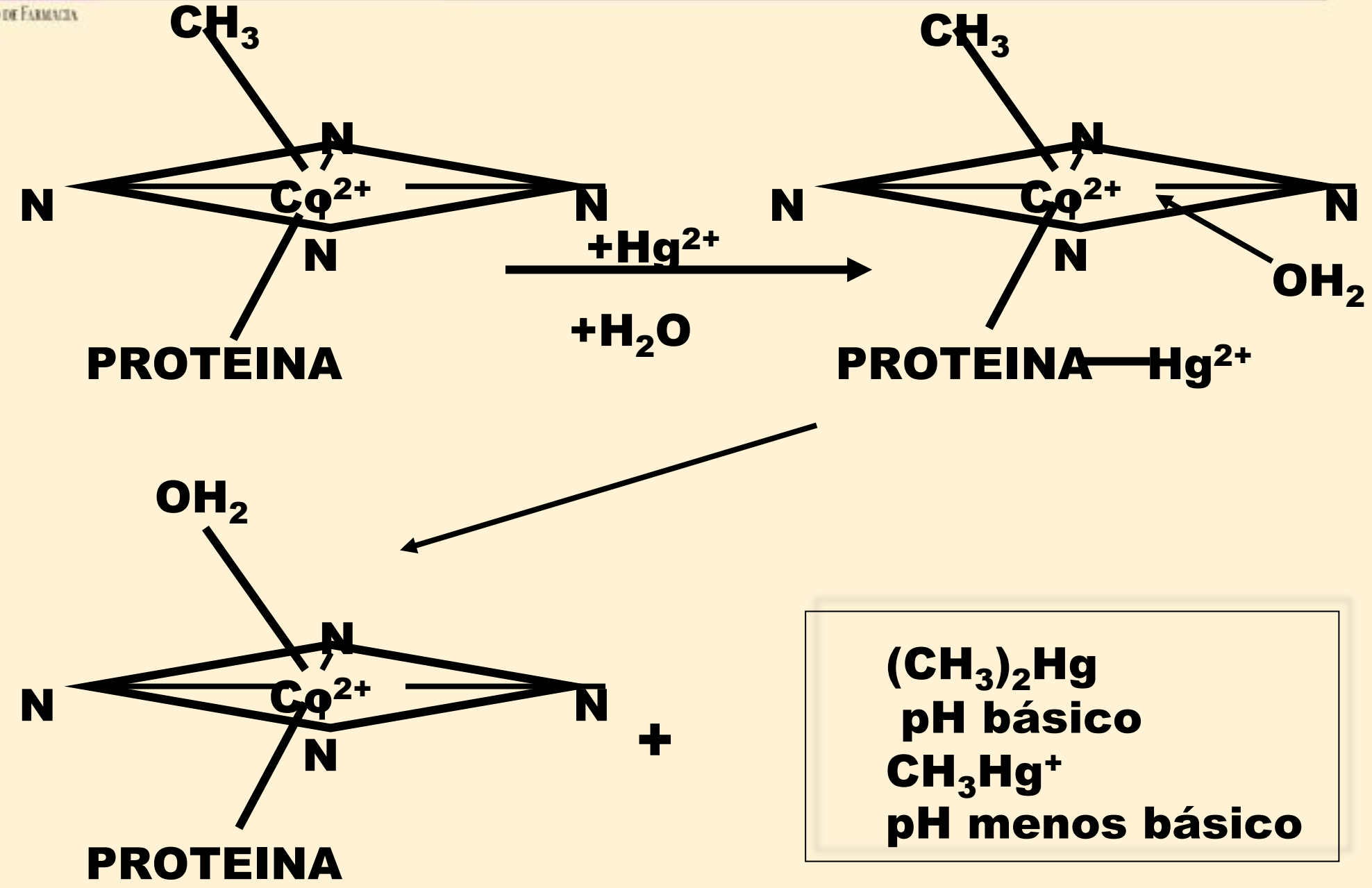


BIOTRANSFORMACIÓN DEL MERCURIO EN EL AGUA

- **TODAS LAS FORMAS DE Hg SE TRANSFORMAN EN Hg^{2+} EN EL AGUA POR REACCIÓN CON O_2**
- **Hg^{2+} SE REDUCE A Hg°**
  - **BACTERIAS PSEUDOMONAS**
  - **PROCESO ANAERÓBICO**
- **EL Hg^{2+} SE METILA EN AGUAS CONTINENTALES O LITORALES**
  - **METILACIÓN AERÓBICA**
    - **EN NUMEROSOS MICROORGANISMOS Y BACTERIAS**
    - **METILACIÓN DEL COMPLEJO HOMOCISTEINA-Hg EN LOS PROCESOS CELULARES QUE NORMALMENTE PRODUCEN METIONINA**
  - **METILACIÓN ANAEROBIA**
    - **BACTERIAS METANOGÉNICAS**
    - **DERIVADOS METILCOBALAMINA**

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

METILACIONES ANAEROBIAS



$(CH_3)_2Hg$
pH básico
CH_3Hg^+
pH menos básico

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

CONCENTRACIONES DE Hg EN LAS CADENAS TRÓFICAS

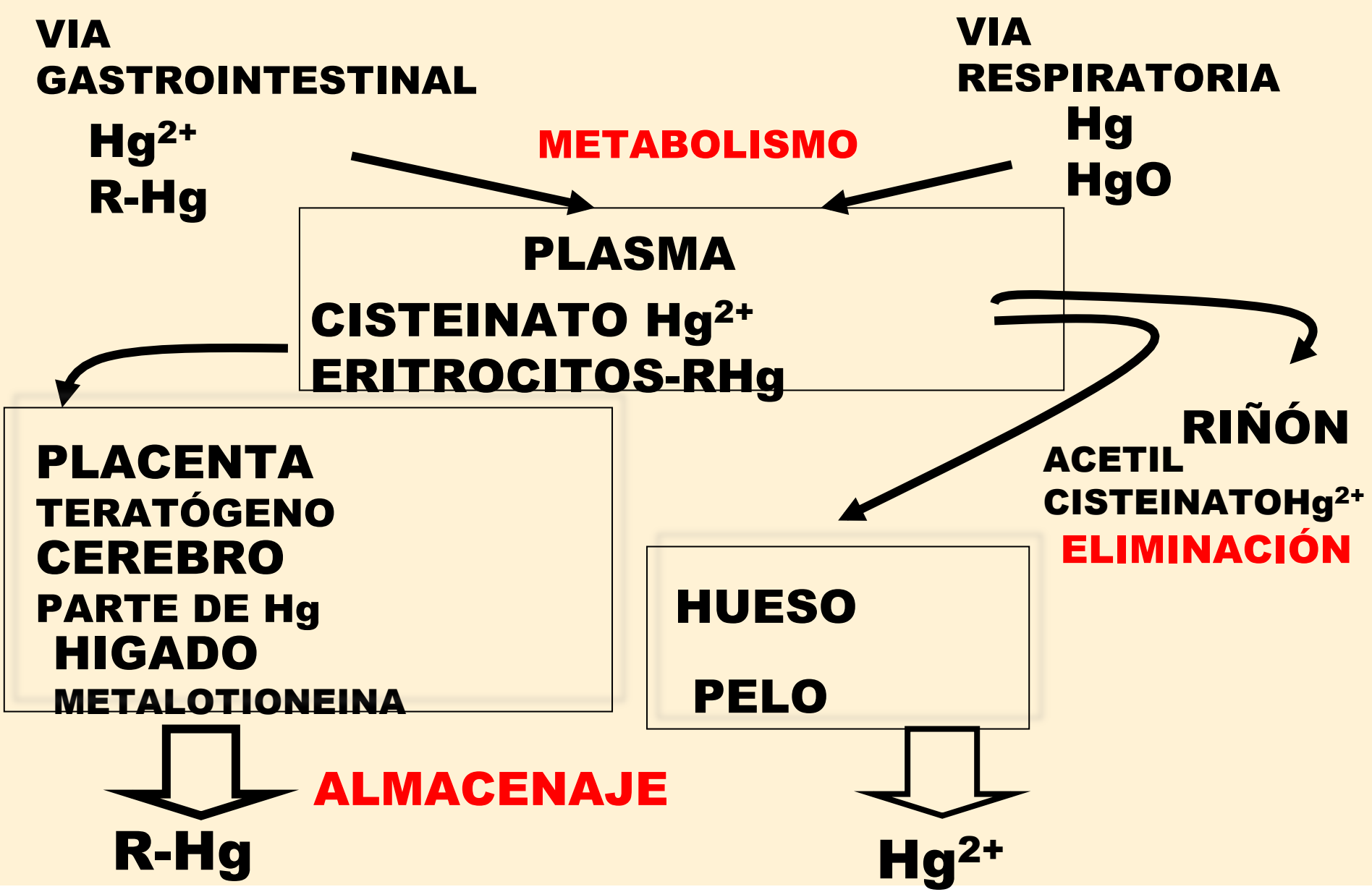
- **AGUAS DE BEBIDA**
  - **5-100 ng/L**
    - **VALOR MEDIO 25 ng/L**
    - **EN FORMA DE Hg(II)**
- **ALIMENTOS**
  - **20 ng/g**
    - **EN GENERAL NO DETECTABLE**
    - **EN FORMA DE METIL MERCURIO**
- **ATMÓSFERA**
  - **VERANO**
    - **2-3 ng/m^3**
  - **INVIERNO**
    - **3-4 ng/m^3**

BIOCONCENTRACIÓN

- **PECES DEPREDADORES**
  - **ATÚN➔2,8L AGUA/Kg/min ➔Hg 0,1 ppb AGUA MAR ➔0,28μg/min/Kg Hg ➔403 μg/DIA/Kg ➔1% ABSORCIÓN ➔4 μg/DIA/Kg**
  - **PESCADO 30-180 μg/Kg**
- **CEREALES 3 μg/Kg**
- **LECHE Y DERIVADOS 6μg/Kg**
- **CARNES 10-20 μg/Kg**

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

METABOLISMO DEL Hg



UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

ABSORCIÓN DEL Hg

- **VIA GASTROINTESTINAL**
  - **Hg 0,01% (INGESTA ACCIDENTAL)**
  - **Hg^{2+} 15%**
  - **R-Hg 80%**
- **VIA RESPIRATORIA**
  - **Hg 80%**
  - **HgO 80-90%**
- **FÁCIL ABSORCIÓN DÉRMICA**

PASO A TRAVÉS DE MEMBRANAS

	Hg/HEMATIES/PLASMA
CH_3Hg^+	10
Hg^{2+}	0,4
Hg	2

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

PERIODO DE SEMIELIMINACIÓN DEL CH_3Hg

- **LA CONCENTRACIÓN EN UN ÓRGANO DEPENDE DE UNA FUNCIÓN EXPONENCIAL:**

$C=C_0 \bullet e^{-bt}$

C_0=CONC. A TIEMPO CERO
C=CONC A TIEMPO t
b=CONSTANTE ELIMINACIÓN
t=TIEMPO

$t_{1/2}=\ln 2/b=0{,}693/b$ $t_{1/2}$=PERIODO DE SEMIELIMINACIÓN

CANTIDAD ACUMULADA

$A=a/b$

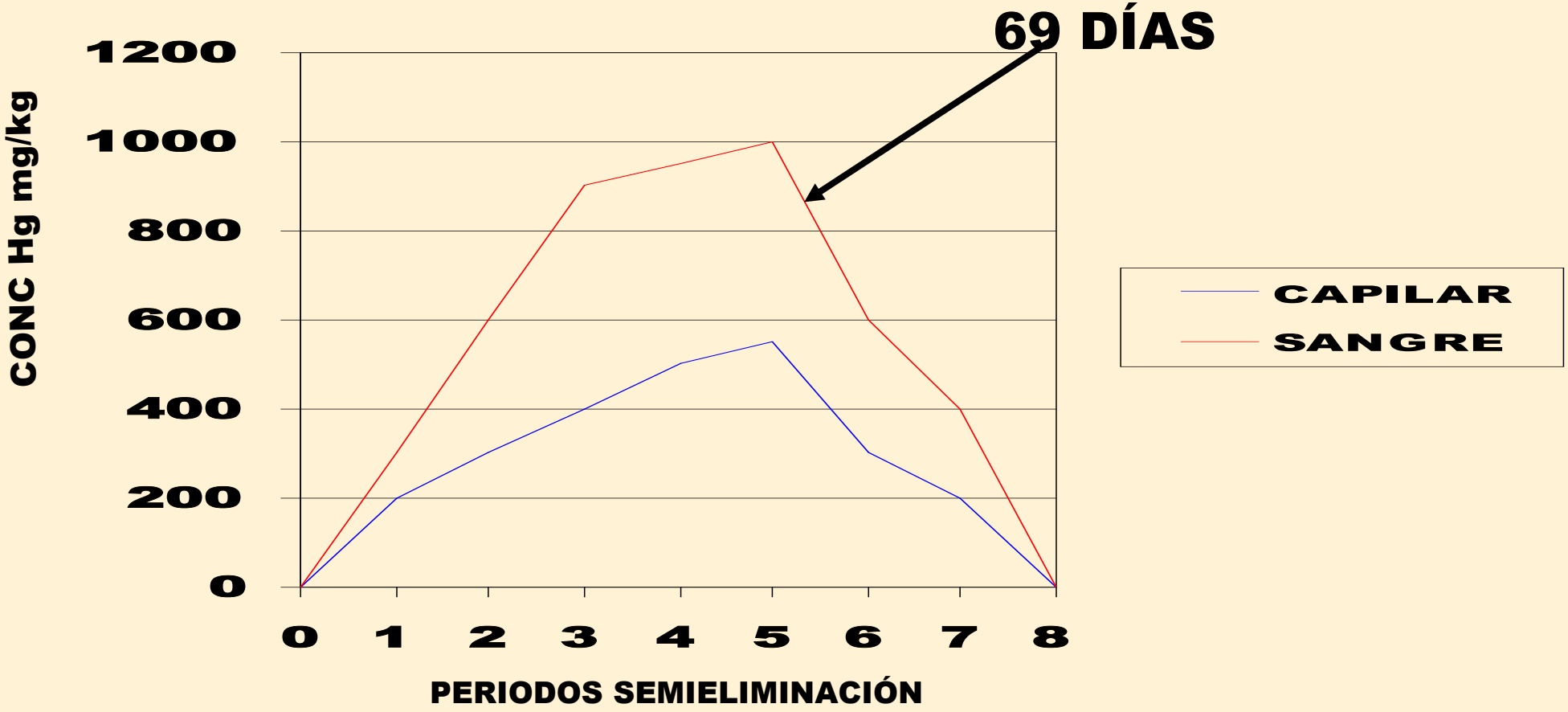
A=CANTIDAD ACUMULADA
a=CANTIDAD ABSORBIDA DIARIA

- LA CANTIDAD ACUMULADA DEPENDE
- DEL APORTE DIARIO
- DE LA CONSTANTE DE ELIMINACIÓN

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

CANTIDAD DE CH_3Hg ACUMULADA

INGESTA DIARIA DE 10μg CH_3Hg
PERIODO DE SEMIELIMINACIÓN 69 DÍAS
Hg SANGRE/CABELLO=250



LA CANTIDAD ACUMULADA CRECE RÁPIDAMENTE AL PRINCIPIO DE LA EXPOSICIÓN Y SE SOSTIENE A LOS 69 DÍAS (TIEMPO SEMIELIMINACIÓN)

TOXICOLOGÍA DE LAS ESPECIES DE Hg

- **AGUDA**
- **CRÓNICA**

TOXICOLOGÍA AGUDA DE LAS ESPECIES DE Hg

- **Hg**
  - **DEBILIDAD**
  - **ESCALOFRÍOS**
  - **SABOR METÁLICO**
  - **NAUSEAS**
  - **VÓMITOS**
  - **DIARREA**
  - **TOS**
  - **OPRESIÓN TORÁCICA**
  - **BASTA UNA EXPOSICIÓN BREVE AL VAPOR DE Hg PARA PRODUCIR LOS SÍNTOMAS EN POCAS HORAS**
  - **LA TOXICIDAD PULMONAR PROGRESA A NEUMONITIS**
  - **LA RECUPERACIÓN ES COMPLETA**

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

TOXICOLOGÍA AGUDA DE LAS ESPECIES DE Hg

- **Hg^{2+}**
  - **PRECIPITA PROTEÍNAS MUCOSA**
    - **ASPECTO CENICIENTO BOCA FARINGE INTESTINO**
  - **DOLOR INTENSO CON VÓMITOS**
  - **EFECTO CORROSIVO MUCOSA ESTÓMAGO**
  - **SHOCK Y MUERTE**
  - **RECUPERACIÓN CON TRATAMIENTO RÁPIDO**
- **MERCURIALES ORGÁNICOS**
  - **SUELE SER CRÓNICA**
  - **PARÁLISIS Y MUERTE**
  - **NO RECUPERABLE**

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

TOXICOLOGÍA CRÓNICA DE LAS ESPECIES DE Hg

- **Hg**
  - **EFECTOS NEUROLÓGICOS**
  - **SÍNDROME VEGETATIVO ASTÉNICO**
    - **BOCIO**
    - **TAQUICARDIA**
    - **PULSO LÁBIL**
    - **GINGIVITIS**
    - **IRRITABILIDAD**
    - **TEMBLORES**
    - **PÉRDIDA MEMORIA**
    - **SALIVACIÓN INTENSA**
  - **EFECTOS REVERSIBLES**

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

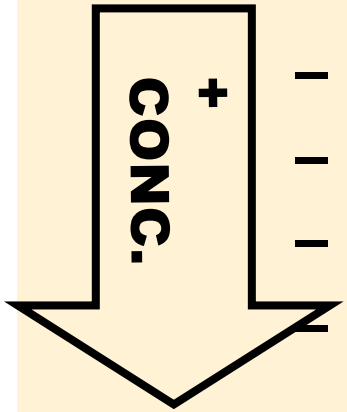
TOXICOLOGÍA CRÓNICA DE LAS ESPECIES DE Hg

- Hg^{2+}
  - FUERTE SABOR METÁLICO
  - ESTOMATITIS
  - GINGIVITIS
  - AFLOJAMIENTO DIENTES
  - ALIENTO FÉTIDO
  - TOXICIDAD RENAL GRAVE
    - NECROSIS TUBULAR RENAL
  - ENFERMEDAD ROSA
    - » REACCIÓN HIPERSENSIBILIDAD
    - ERITEMA EXTREMIDADES TORAX Y CARA
    - FOTOFOBIA
    - TAQUICARDIA
    - DIARREA
  - BUENA RECUPERACIÓN

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

TOXICOLOGÍA CRÓNICA DE LAS ESPECIES DE Hg

- **MERCURIALES ORGÁNICOS**



- REDUCCIÓN CAMPO VISUAL
- DIFICULTAD AUDITIVA **IRREVERSIBLE**
- ATAXIA **REVERSIBLE**
- PARÁLISIS Y MUERTE

- TERATOGENIA
  - AFECTA AL FETO
    - RETARDO MENTAL
    - DEFICIENCIAS NEUROMUSCULARES

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

EL Hg COMO CONTAMINANTE DEL MEDIO AMBIENTE

- ES UNO DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES
- SE VIERTE A LAS AGUAS DE RIOS Y MARES
  - BIOCONCENTRACIÓN $70*10^6$ T Hg EN SEDIMENTOS
  - PONE EN PELIGRO LA VIDA DE NUMEROSAS ESPECIES MARINAS
  - TRAGEDIA DE LA BAHIA DE MINAMATA (JAPÓN)
    - 111 MUERTES POR CONSUMO DE PESCADO CONTAMINADO. 1953-1960. CIENTOS DE AFECTADOS.
  - BIOTRANSFORMACIÓN A METIL MERCURIO POR PLACTON ACUÁTICO.
- ANÁLISIS QUÍMICO DIFICIL
  - NO DETECTABLE CON TÉCNICAS CLÁSICAS
  - DETECTABLE POR ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

EL Hg COMO CONTAMINANTE DEL MEDIO AMBIENTE

- **CONTAMINANTE DOMÉSTICO**
  - **CONTAMINANTE DE CIUDADES**
  - **ALCANTARILLAS 200-400 Kg/HAB/AÑO Hg**
- **CONTAMINANTE AGRÍCOLA**
  - **FENILMERCURIO**
  - **TRAGEDIA IRAQ POR CONSUMO DE PAN CONTAMINADO CON FENILMERCURIO CON MILES DE AFECTADOS**

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

EL Hg COMO CONTAMINANTE DEL MEDIO AMBIENTE

- **CONTAMINANTE ATMOSFÉRICO**
  - **IMPORTANTE EN ZONAS ALTAMENTE INDUSTRIALIZADAS**
  - **MUY FUERTE EN COMBUSTIÓN CARBÓN Y COMBUSTIBLES FÓSILES**
    - **HASTA 3000 T/AÑO Hg**
  - **INDUSTRIAS ELECTROLÍTICAS DE PRODUCCIÓN DE CLORO Y ALCALIS**
  - **CONCENTRACIÓN ATMOSFÉRICA DE Hg ELEVADA**
    - **MEDIA 20 ng/m^3 Hg**
    - **ATMÓSFERA: ESPECIES DE Hg INORGÁNICAS POCO TÓXICAS**
    - **POR EL CICLO DEL AGUA PASA A LA LITOSFERA Y ES BIOTRANSFORMADO A METIL MERCURIO MUY TÓXICO**

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA PLANETARIA POR MERCURIO

DATOS SATÉLITE NIMBUS 7 (NASA)
HEMISFERIO NORTE EN ROJO LAS MAYORES CONC Y EN VERDE LAS MENORES

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

- **VERTIDOS RESIDUALES INDUSTRIAS PRODUCTORAS DE CLORO Y ALCALIS**
- **RESIDUOS PROCEDENTES DE PAPELERAS E INDUSTRIAS DE CELULOSA**
  - **FENILMERCURIO COMO PROTECTOR PULPA CELULOSA**
- **ARRASTRE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA**
  - **CICLO DEL AGUA**

<u>CONC Hg EN AGUAS NO CONTAMINADAS</u>

RIOS Y LAGOS	**0,02-1 ng/ml**
MAR	**0,3 ng/ml**

ANÁLISIS Y LOCALIZACIÓN CONTAMINACIÓN AGUAS

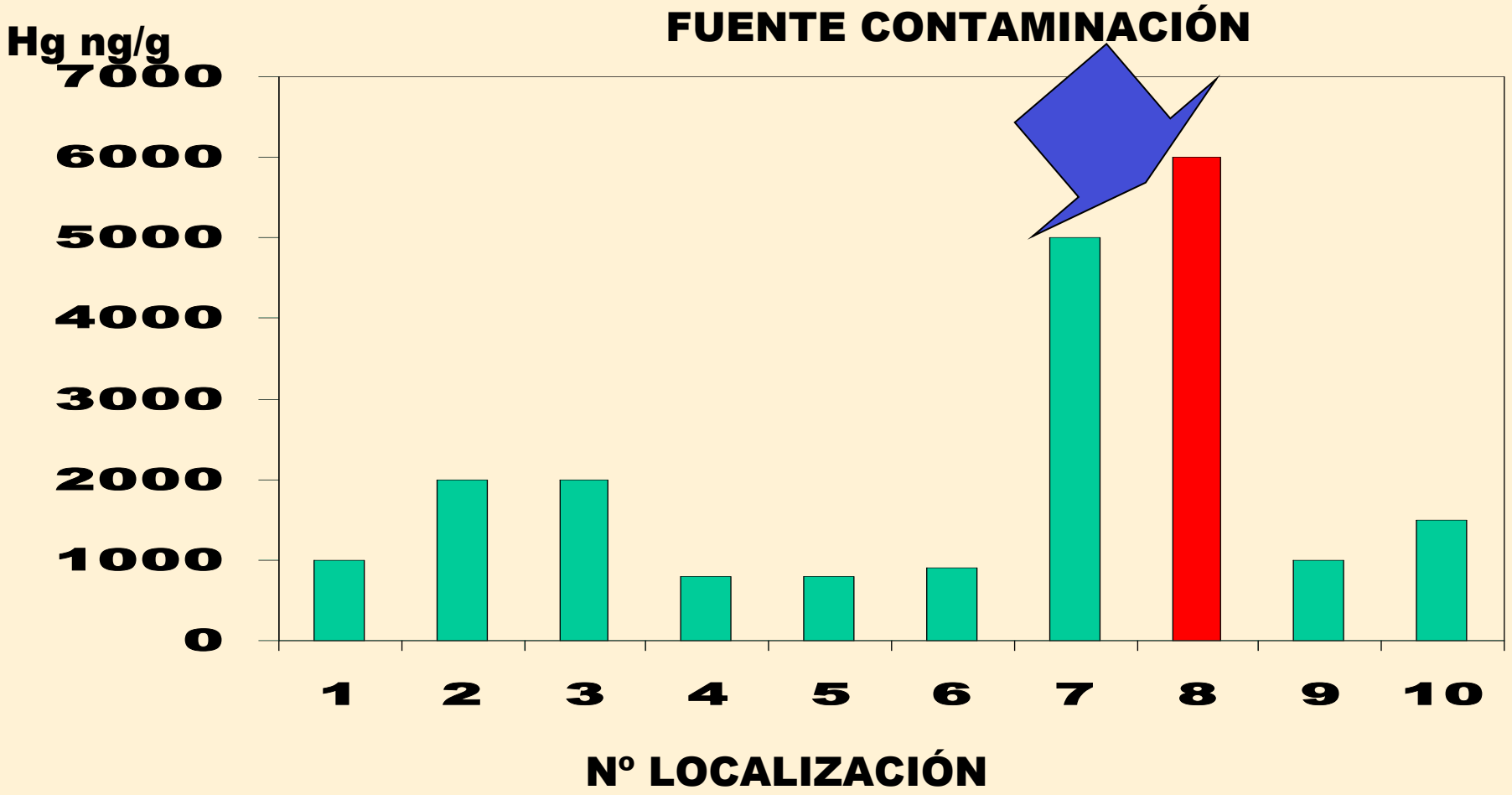
- **PRIMERA IDENTIFICACIÓN METILMERCURIO EN PESCADO**
  - **EN UN LUCIO DEL BÁLTICO EN 1965**
  - **ANÁLISIS POR ESPECTROGRAFÍA DE MASAS**
  - **DESCUBRIMIENTO CADENA TRÓFICA Hg**
- **LÍMITE MÁXIMO Hg PESCADO FRESCO**
    - **1000 ng/g**
  - **BIOCONCENTRACIÓN EN PECES**
- **TRASLADO AL HOMBRE POR LAS CADENAS TRÓFICAS**
    - **DIETA NORMAL HASTA 5ng/g Hg**
    - **DIETA ALTA EN PESCADO 650 ng/g Hg CONCENTRADO EN TEJIDOS Y ÓRGANOS**

ANÁLISIS Y LOCALIZACIÓN CONTAMINACIÓN AGUAS

- **ANÁLISIS POR ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA**
  - **SUPUSO UNA REVOLUCIÓN**
    - **PERMITE DETECTAR CONC 0,02ng/g Hg**
  - **SE PUEDE DETERMINAR LA LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA FUENTE CONTAMINADORA**
    - **ANÁLISIS POR ACT. NEUTRÓNICA DE LOS PECES CAPTURADOS EN DIVERSAS LOCALIZACIONES DEL CURSO DE UN RIO**

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

ANÁLISIS POR ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA PECES CAPTURADOS RIO MORRUMSAM



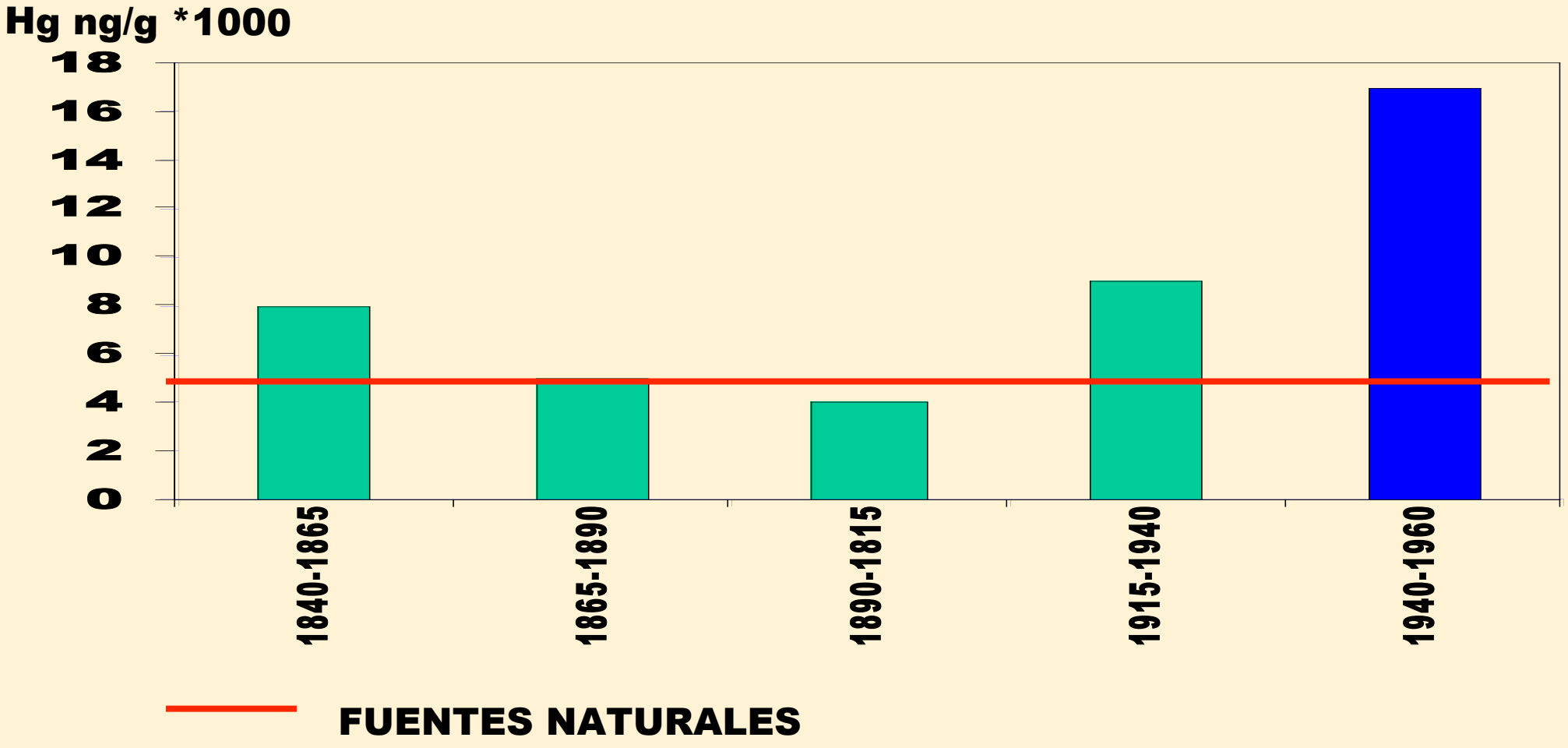
UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

ANÁLISIS POR ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA DE PLUMAS DE AVES

- SE EMPLEA PARA ESTUDIAR LA CONTAMINACIÓN POR Hg EN LOS ÚLTIMOS 150 AÑOS
- SE UTILIZAN PLUMAS DE AVES DE MUSEOS
- SE USAN AVES MARINAS QUE SE ALIMENTAN DE PECES
  - DETECIÓN DE METILMERCURIO
- O TERRESTRES QUE SE ALIMENTAN DE GRANOS
  - DETECCIÓN DE FENILMERCURIO
- SON INDICADORES DE CONTAMINACIÓN

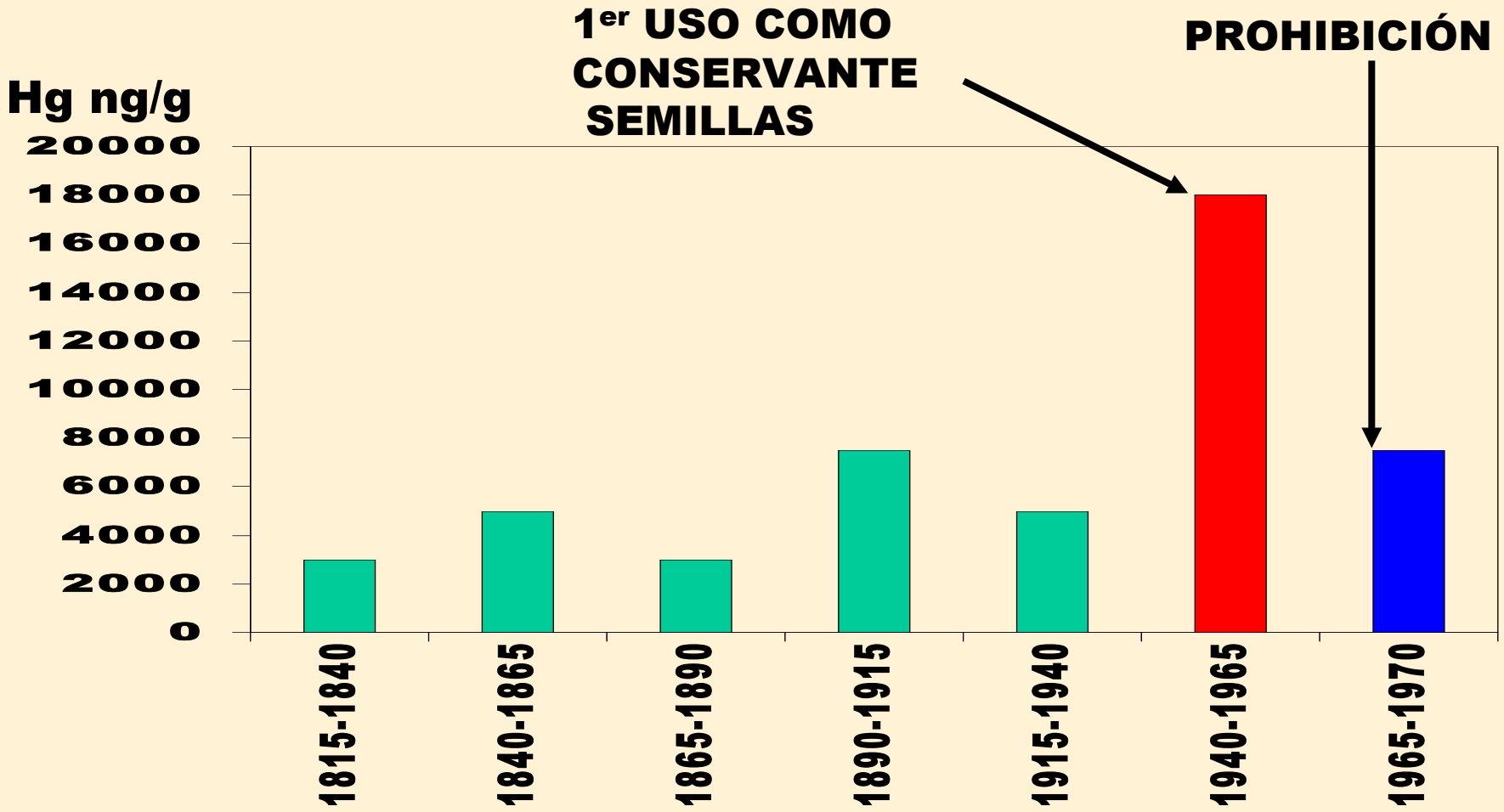
UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

CONTENIDO Hg
PLUMAS AGUILA MARINA(MUSEOS)



UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

CONTENIDO Hg
PLUMAS AZOR



UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

EL MERCURIO COMO TÓXICO OCUPACIONAL

- ESCRITORES
  - EDAD MEDIA
    - PRIMERAS DESCRIPCIONES DE SU EFECTO TÓXICO
  - SULFURO DE MERCURIO
    - PIGMENTO ROJO PARA LA ILUSTRACIÓN DE TEXTOS
- SOMBRERREROS
  - S. XVI HASTA PRINCIPIOS S.XX
  - NITRATO DE MERCURIO
    - FABRICACIÓN TERCIOPELO A PARTIR DE PELO DE CONEJO
  - ERETISMO MERCURIAL
    - RECOGIDO EN ALICIA EN EL PAIS DE LAS MARAVILLAS
    - LOCURA
  - ACTUALMENTE AFECTA A TAXIDERMISTAS
- DENTISTAS AMALGAMAS DE Hg
- MINEROS
  - CINABRIO
    - LIBERA VAPORES Hg(II) MUY TÓXICOS

UCM
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID
FACULTAD DE FARMACIA

EL MERCURIO COMO TÓXICO OCUPACIONAL

- **EXPOSICIÓN OBREROS**
  - **FABRICAS DE SODIO Y CLORO**
    - **SON PRODUCTOS DE GRAN PRODUCCIÓN**
    - **ES LA PRINCIPAL FUENTE DE EXPOSICIÓN CONTAMINACIÓN**
  - **FABRICACIÓN DE**
    - **TERMÓMETROS**
    - **BARÓMETROS**
    - **TERMOSTATOS**
    - **TROMPAS DE VACÍO**
    - **TUBOS FLUORESCENTES**
    - **LAMPARAS DE MERCURIO**
    - **BATERIAS SECAS LARGA DURACIÓN**
      - **HgO**
    - **PINTURAS PIGMENTO ROJO**
    - **CATALIZADORES**
      - **SÍNTESIS ÁCIDO ACÉTICO**
    - **DETONANTE CARTUCHOS**
      - **FULMINATO DE Hg MUY ABSORBIBLE**

EL MERCURIO COMO TÓXICO IATROGÉNICO

- PRIMERAS REFERENCIAS 1500 a.c
- ANTISIFILÍTICOS
  - BENZOATO DE MERCURIO
  - MOZART, BEETHOVEN, SCHUBERT
- DERMATOLOGÍA
  - SORIASIS
  - CLORURO MERCURIOSO Y CALOMELANOS
- ANTISÉPTICO
  - MERCUROCROMO
- ACRODINIA
  - ENFERMEDAD POR CALOMELANOS
  - TÍPICO NIÑOS
  - CUADRO CLÍNICO
    - EXANTEMA→GRANDES MANCHAS
    - LEUCOPENIA
    - TUMEFACCIÓN GLANDULAR
    - PÉRDIDA TONO MUSCULAR→ SOLO BEBES (RARAS POSTURAS CUNA)

TRATAMIENTO

- **INTOXICACIÓN AGUDA**
  - **VAPORES DE MERCURIO**
    - **BAL 4-10 DÍAS**
    - **PENICILAMINA 10-15 DÍAS MÁS**
    - **CORTICOIDES**
    - **ANTIBIÓTICOS PARA EVITAR INFECCIONES SECUNDARIAS**
  - **INGESTIÓN COMPUESTOS DE Hg**
    - **LAVADO DE ESTÓMAGO**
- **INTOXICACIÓN CRÓNICA**
  - **QUELANTES**
  - **DOSIS ALTAS COMPLEJO B**
  - **REDUCCIÓN TABACO Y ALCOHOL**
  - **ALGUNOS SÍNTOMAS SON IRREVERSIBLES PERO MEJORAN**