



Ozonación Fotocatalítica

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y QUÍMICA
FÍSICA

INSTITUTO UNIVERSITARIO DEL AGUA, CAMBIO
CLIMÁTICO Y SOSTENIBILIDAD

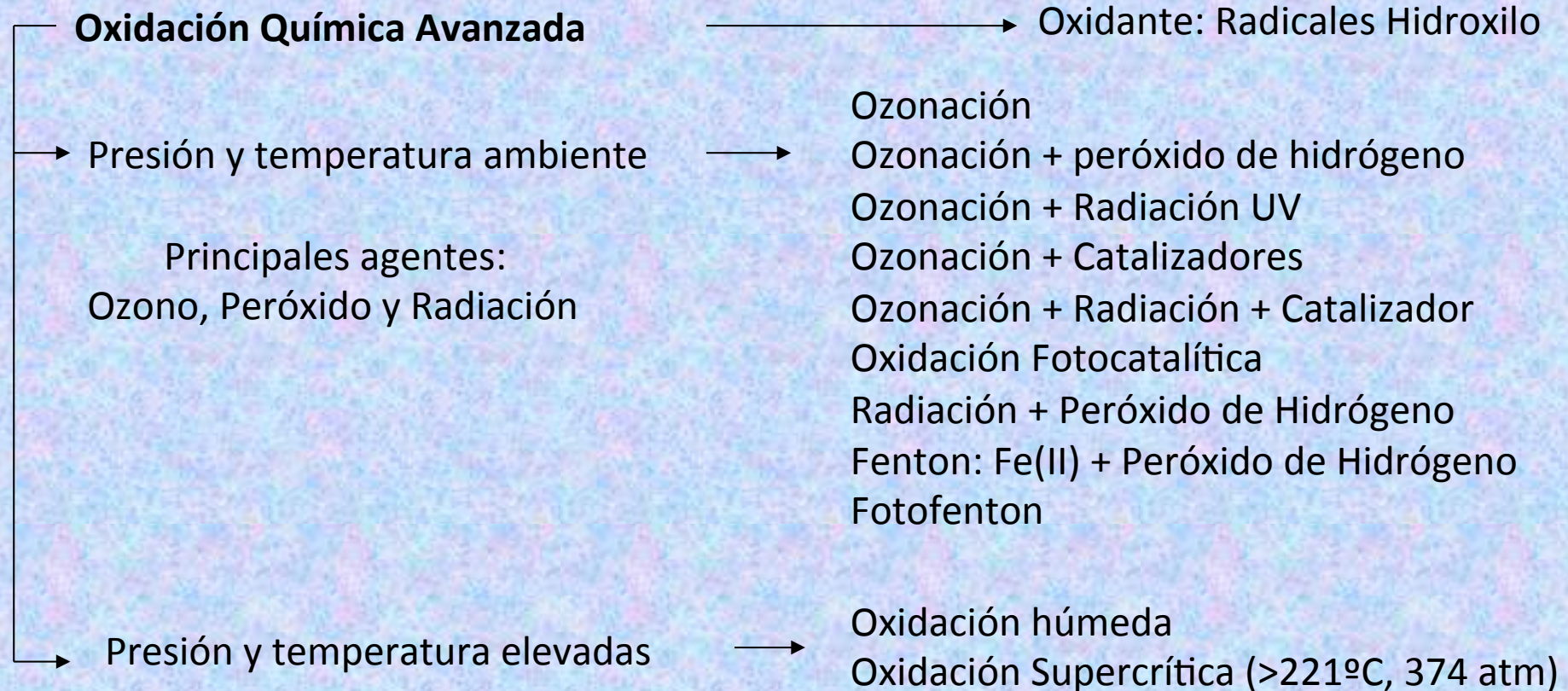
UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA
Badajoz 2016

Fernando J. Beltrán

Tecnologías Avanzadas Tratamientos de Efluentes Líquidos

Procesos de Adsorción e Intercambio Iónico

Procesos de Membrana



OZONACIÓN FOTOCATALÍTICA

Reacciones del ozono en el agua

Procesos de oxidación avanzada del ozono en agua

Oxidación fotocatalítica

Mecanismos de reacciones de Ozono en agua

R. Directas

- Transferencia de electrones u oxígeno

- * Reacciones de cicloadición

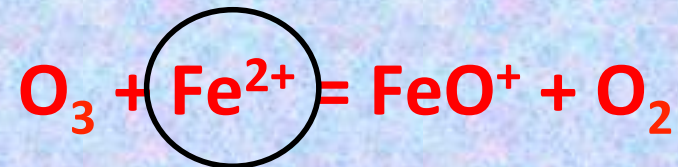
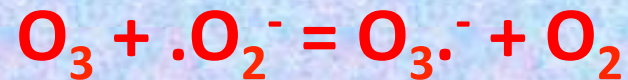
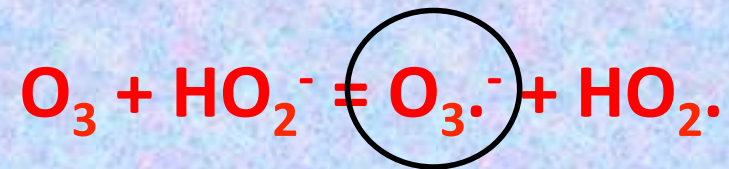
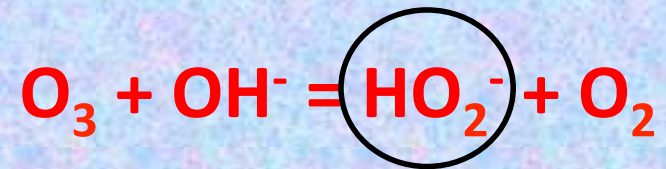
- * Reacciones de sustitución electrofílica

R. Indirectas

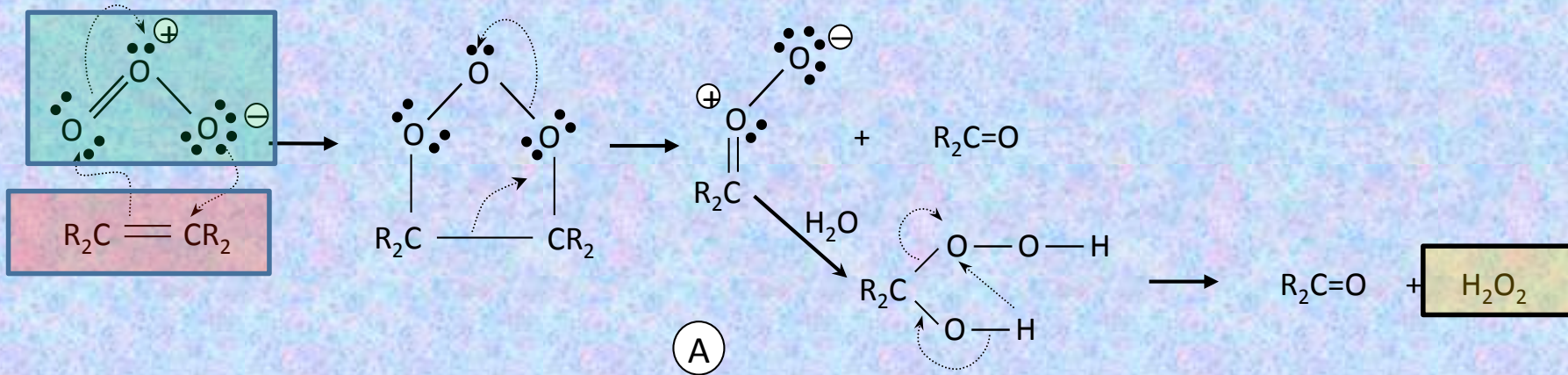
- Descomposición en radicales hidroxilo

REACCIONES DIRECTAS DEL OZONO

* Reacciones de transferencia

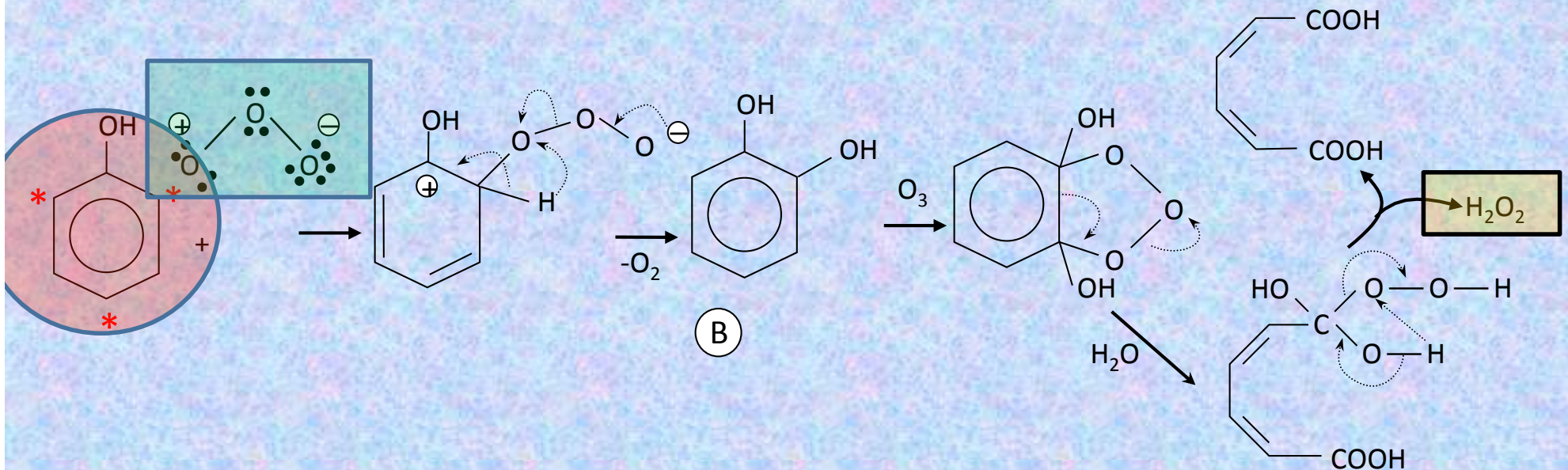


* R.Cicloadición



* Nucleophilic points (negatively charged)

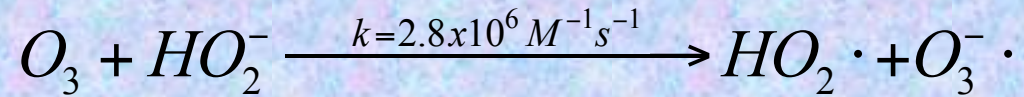
* R. Sustitución eletrofílica



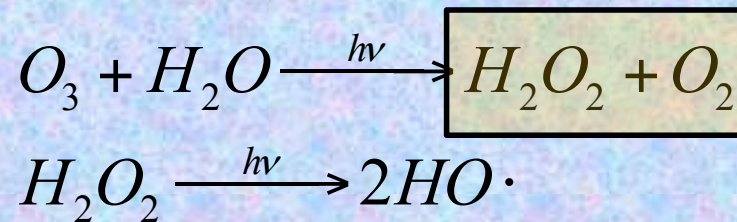
•R. Oxidación indirecta de ozono

POA con Ozono

O₃/H₂O₂



O₃/UV(254nm)



O₃/Catalizadores (en Investigación y desarrollo)



O₃/UV/Catalizadores (en Investigación y desarrollo)

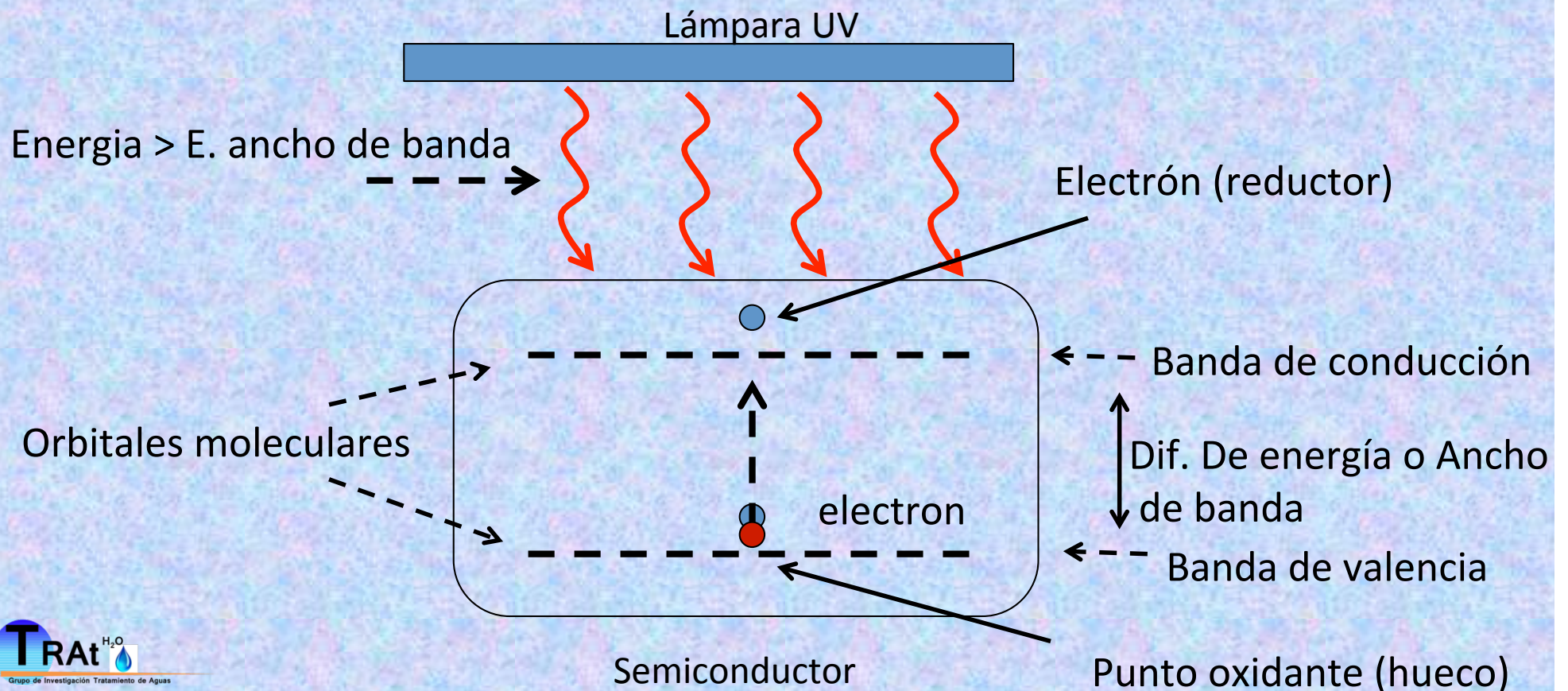


OXIDACIÓN FOTOCATALÍTICA

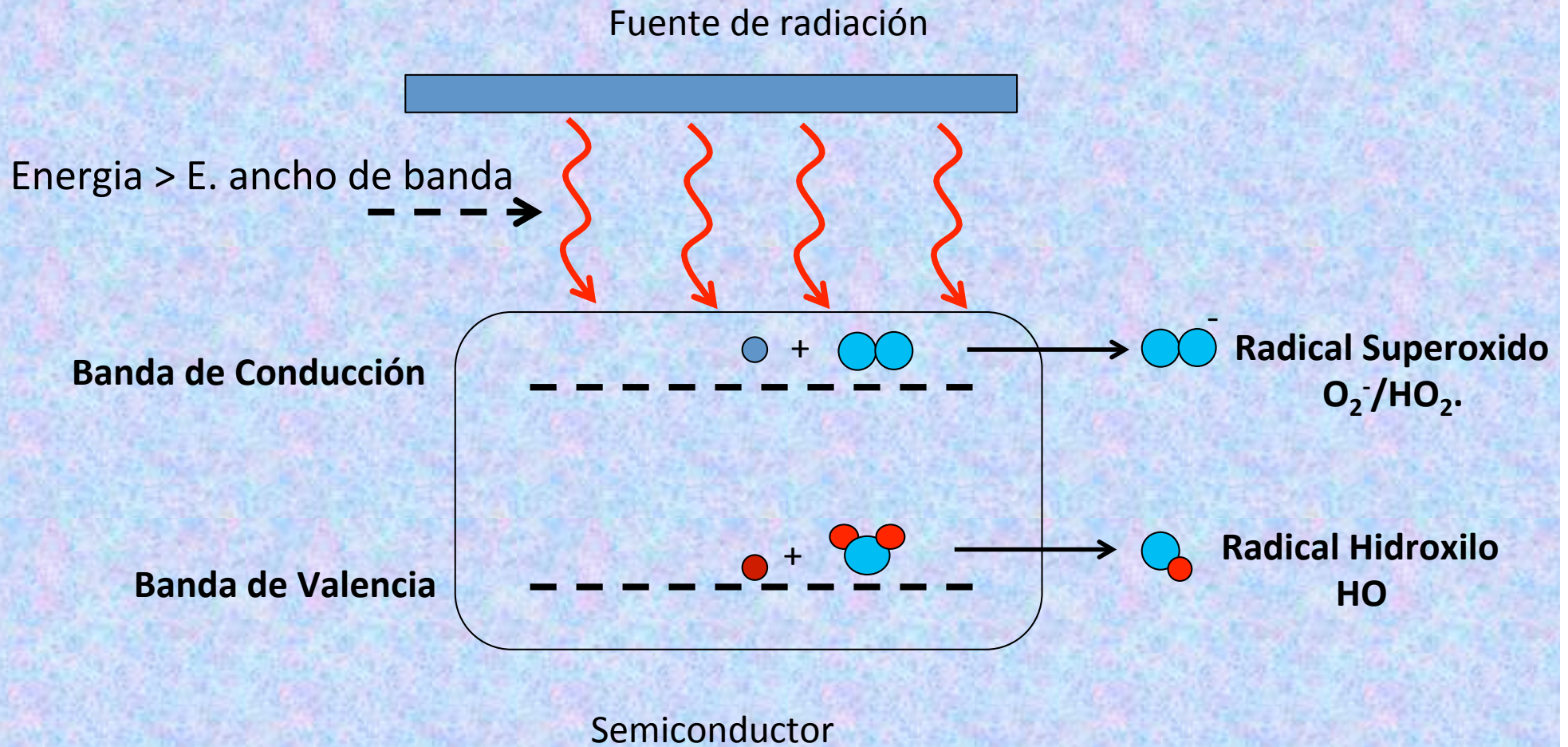
1972: Fujishima y Honda División de la molécula de agua utilizando electrodos de TiO_2 y Pt

1978: Frank y Bard Eliminación de contaminantes ambientales

Descripción del proceso

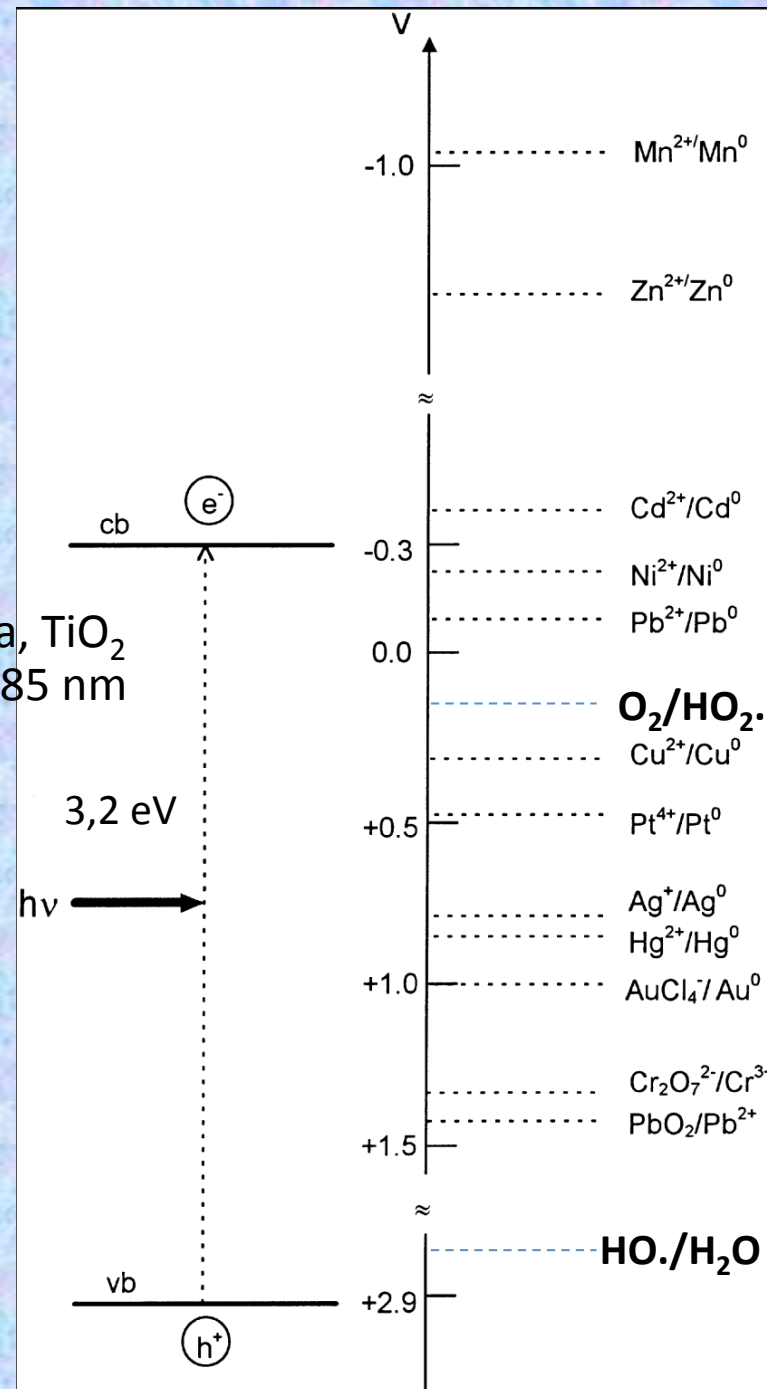


OXIDACIÓN FOTOCATALÍTICA



Potencial Redox de TiO₂ (Anatasa)

Anatasa, TiO₂
λ=385 nm



PROCESOS DE OXIDACIÓN FOTOCATALÍTICA

PROBLEMAS A RESOLVER:

Baja eficiencia o nivel de eliminación de contaminantes

Separación del semiconductor del agua

Posible pérdida de actividad y/o estabilidad del semiconductor

POSIBLES CAUSAS

Recombinación de los portadores de carga o proceso de inhibición

Baja utilización de la energía solar, zona visible del espectro de radiación electromagnética

Tamaño de partícula del semiconductor y superficie activa

PROCESOS DE OXIDACIÓN FOTOCATALÍTICA

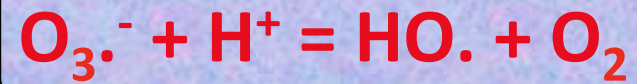
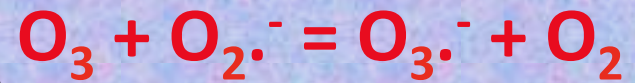
POSIBLES PASOS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DEL SISTEMA

Utilizar agentes más oxidantes que el oxígeno: Ozono

Mejorar la eficiencia del semiconductor para un mayor aprovechamiento de la energía (visible del sol)

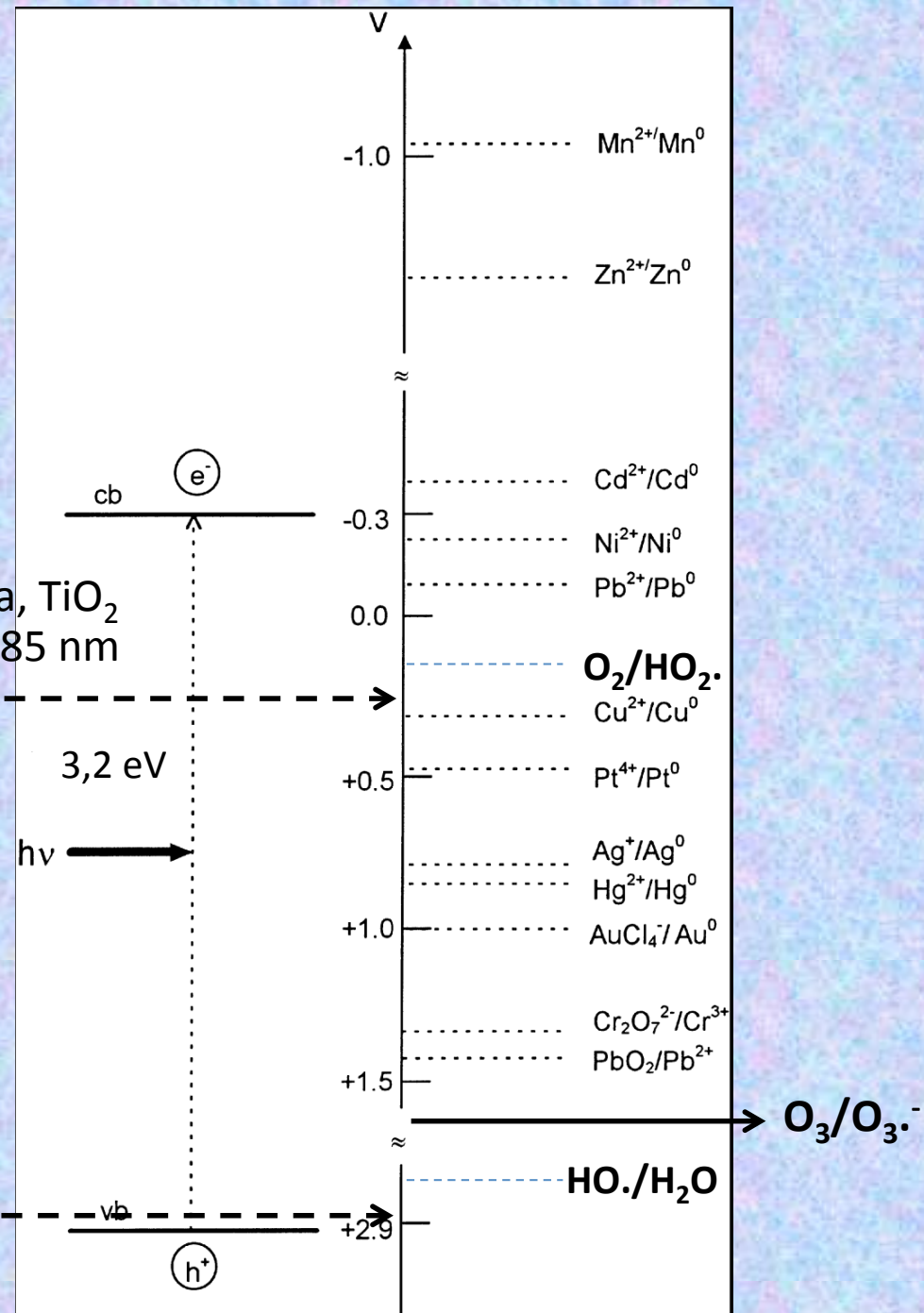
mejorar la estructura del catalizador y composición para una mejor y más fácil separación del agua

PRINCIPALES REACCIONES DE OZONO:

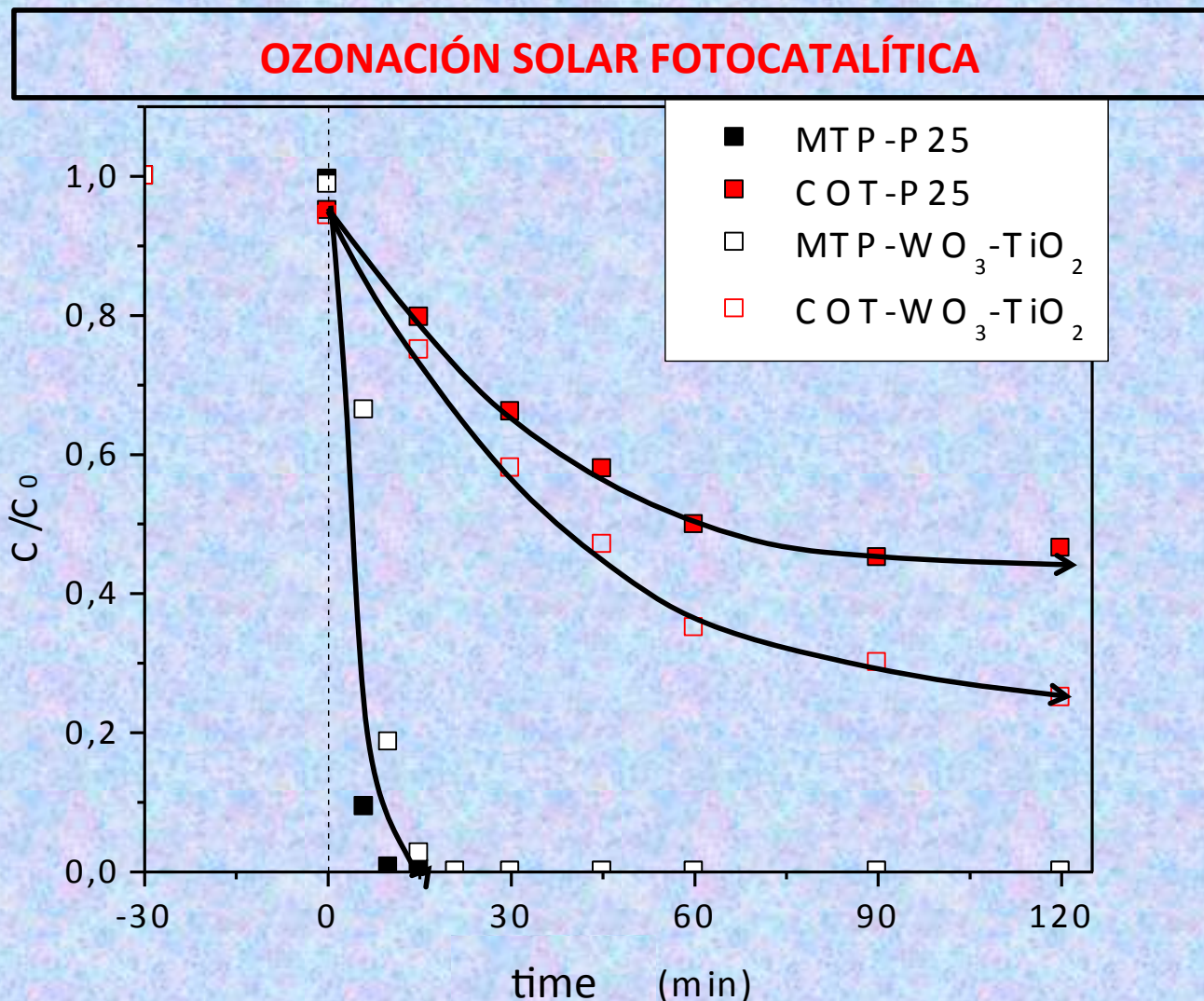


WO₃
2,8 eV
λ=443 nm

Anatasa, TiO₂
 λ=385 nm



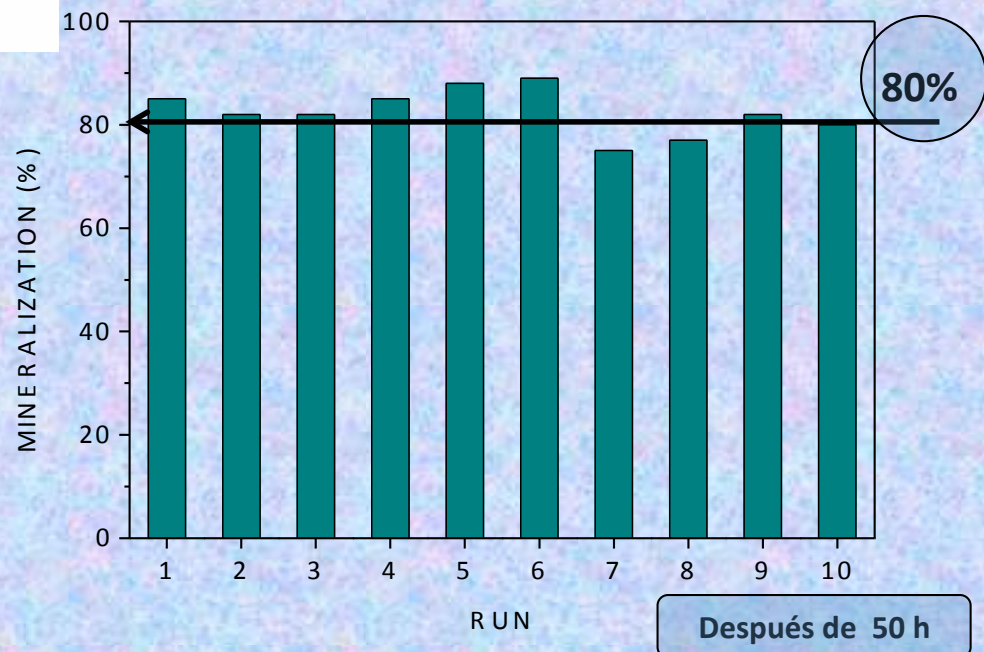
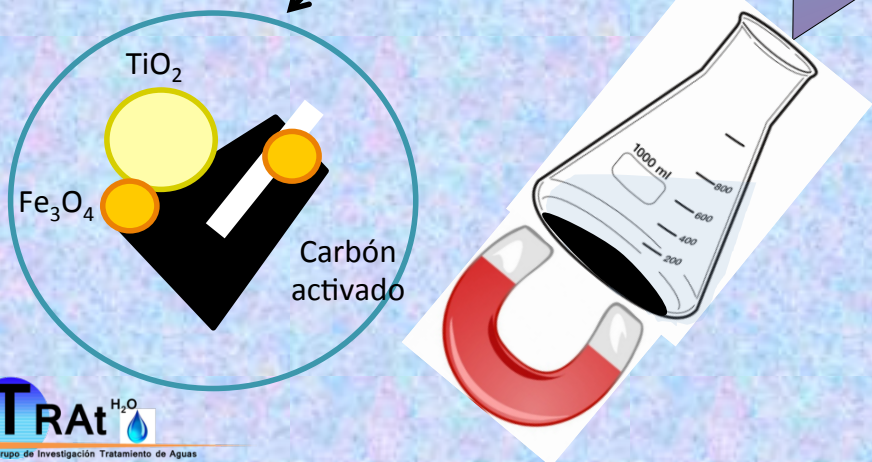
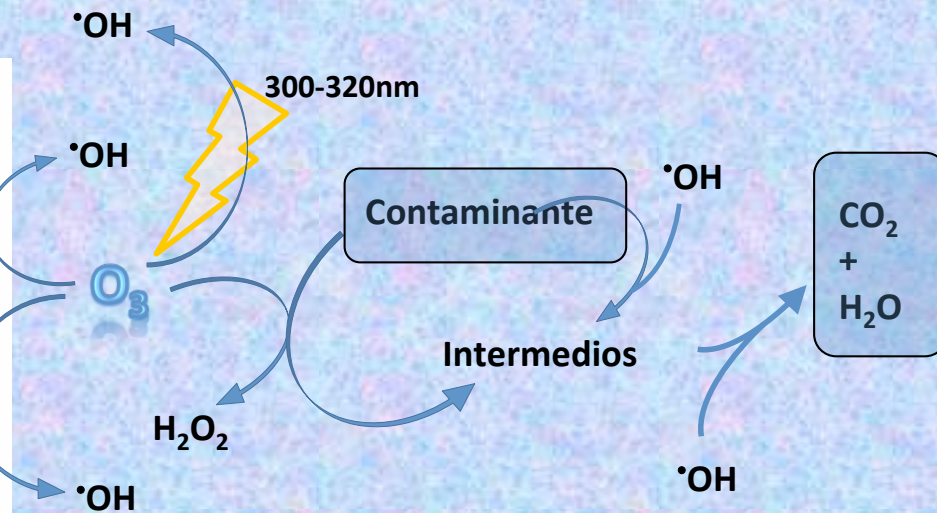
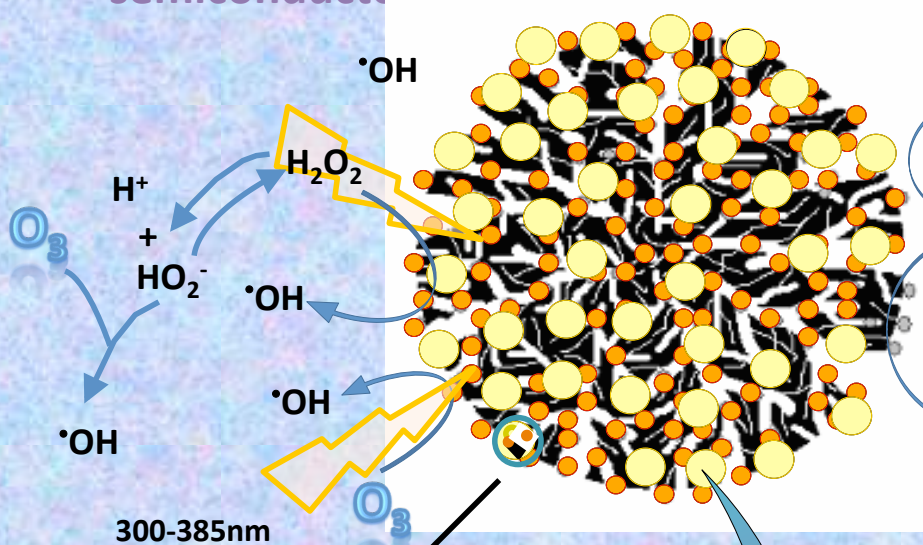
PAREJAS DE SEMICONDUCTORES: TiO_2 - WO_3



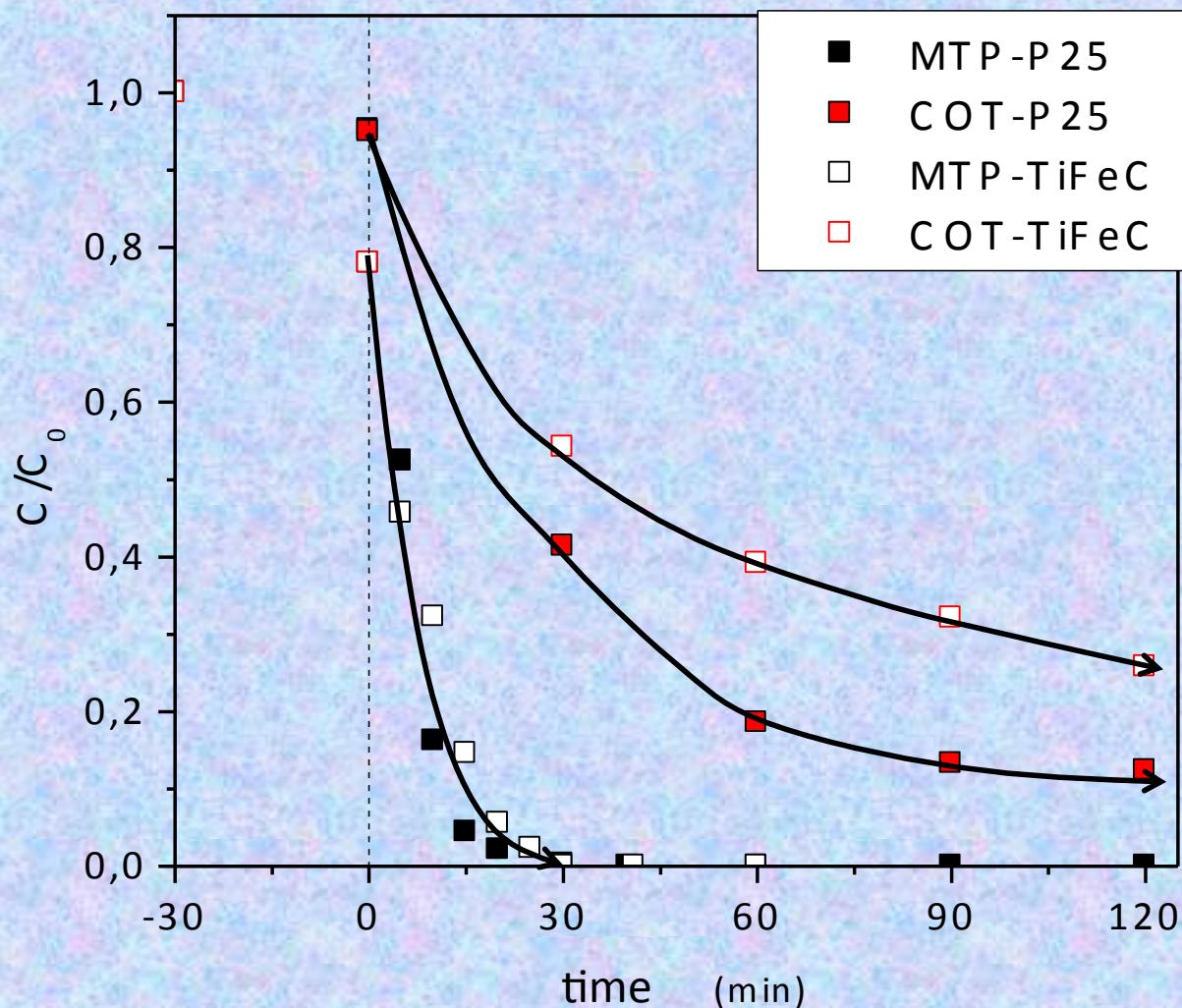
Cambios en las concentraciones normalizadas de MTP y COT con TiO_2 y WO_3 - TiO_2 de semiconductores. Condiciones: $C_{\text{MTP}}=2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ in agua residual urbana, $C_{\text{OT}_0}=35 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $C_{\text{CAT}}=0.5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, $Q_g=20 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$, $C_{\text{O}_3\text{ge}}=10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $V_R=0.5 \text{ L}$, $\text{pH}=8.3$

MEJORA DE LA SEPARACIÓN DEL SEMICONDUCTOR DEL AGUA

Magnetización del semiconductor



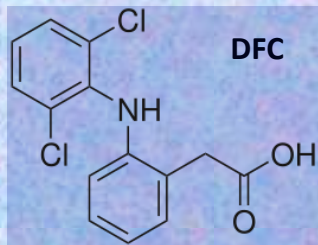
OZONACIÓN SOLAR FOTOCATALÍTICA



Cambios en la concentración normalizada de MTP y en el COT con TiO_2 y TiFeC de semiconductores. Condiciones: $C_{\text{MTP}}=5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $C_{\text{CAT}}=0.25 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, $Q_g=20 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$, $C_{\text{O}_3\text{ge}}=10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, $V_R=0.25 \text{ L}$, $\text{pH}=6$

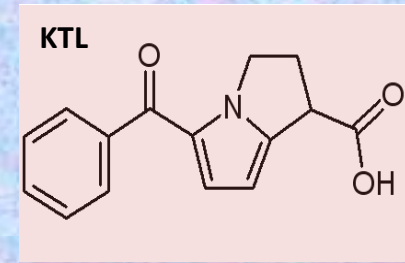
Contaminantes Emergentes

Fármacos, Productos cuidado personal, etc



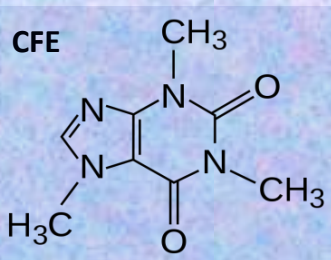
Diclofenac (DCF)
(anti-inflammatory)

Ketorolac (KTL) (anti-inflammatory)



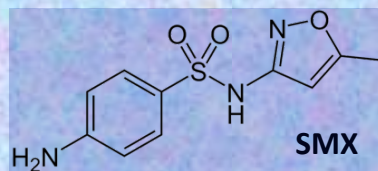
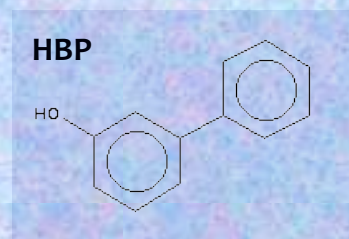
Caffeine (CFE)
(stimulant)

Hydroxybifenil (HBP)



Sulfamethoxazol (SMX)
(antibiotic)

Antipirine (ATP)
(antipirético, analgésico)



Metoprolol (MTP)
(β -blocking)

Acetaminofeno (ACT)
(analgésico)

