

*Treatment of real water from textile and
pharmaceutical industries by coupled
electrochemical separation and advanced
oxidation processes*

Carlota Ridruejo Arias
ridruejo@ub.edu

Dr. Enric Brillas Coso y Dr. Ignacio Sirés Sadornil

Laboratori d'Electroquímica dels Materials i del Medi Ambient
Departament de Química Física
Universitat de Barcelona

Introducción

Volumen de agua en la
Tierra $\approx 1400 \cdot 10^6 \text{ km}^3$



⇒ 98% agua salada (océanos, mares...)

⇒ 2% agua dulce

CONTAMINACIÓN

- Actividades urbanas
- Actividades industriales
- Actividades agrícolas

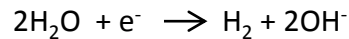


Introducción

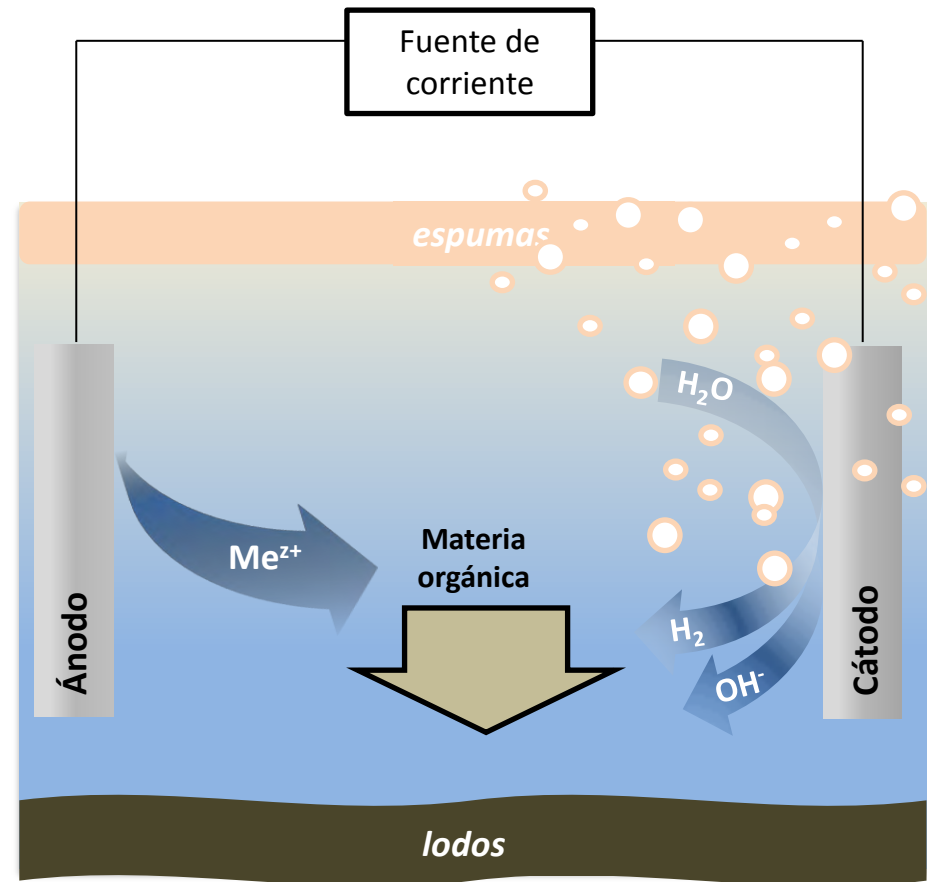
Electrocoagulación

Fundamento

- Disolución de los ánodos de Fe (o acero inoxidable) o Al dando lugar a sus iones correspondientes (Fe^{2+} o Al^{3+})
- Reducción del agua en medio neutro o alcalino en el cátodo



Generación de agentes desestabilizantes (hidróxidos de iones Fe^{2+} , Fe^{3+} o de Al^{3+}) que neutralizan las cargas de los coloides orgánicos y provocan su precipitación en forma de lodos. La presencia de H_2 también provoca la formación de espumas.



Introducción

Electrochemical Advanced Oxidation Processes (EAOPs)

Estos métodos están basados en la producción *in situ* de radicales hidroxilo $\bullet\text{OH}$ capaces de reaccionar de forma no selectiva con muchos contaminantes orgánicos hasta su completa mineralización gracias al elevado poder oxidante de dicha especie:
 $E^\circ (\bullet\text{OH}/\text{H}_2\text{O}) = 2,8 \text{ V/SHE}$

Características

Compatibilidad con el medio ambiente

Versatilidad

Rapidez

Modos de ataque

- Dehidrogenación
- Hidroxilación
- Reacción redox

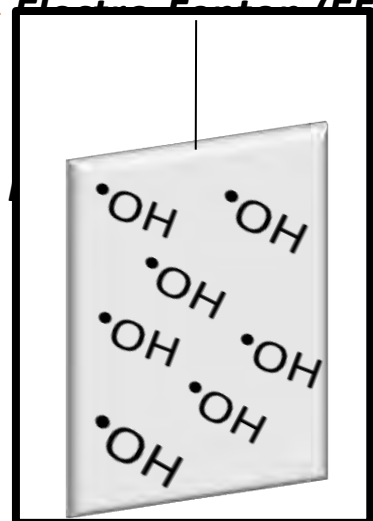
Introducción

Procesos Electroquímicos de Oxidación Avanzada (EAOPs)

Oxidación Anódica

Los contaminantes se oxidan bajo la acción de un ánodo de electrodo a un potencial de O_2 debido a la generación de radicales $\bullet OH$ adsorbidos sobre la superficie del electrodo.

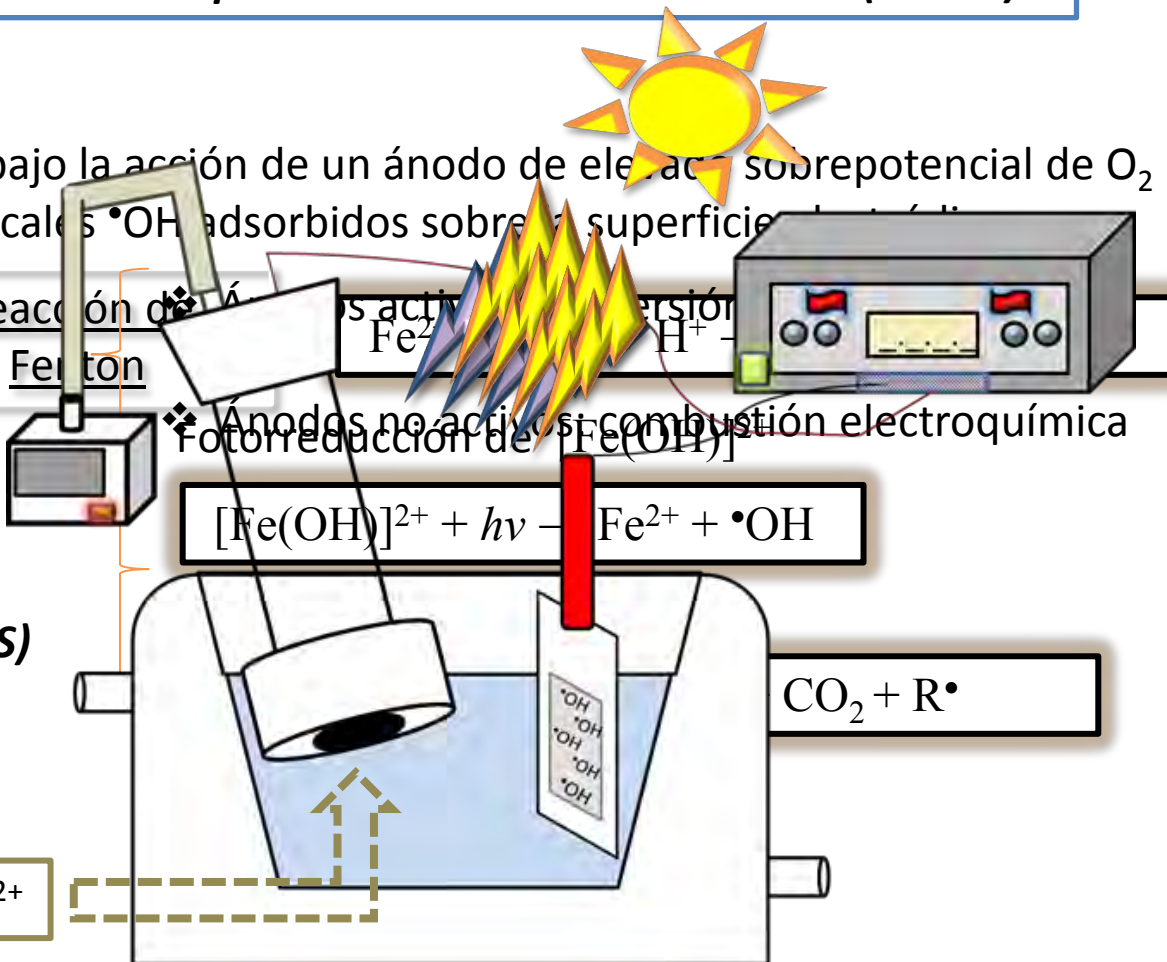
Tipos de Reacción de Ánodo para OA



Tipos de Reacción de Ánodo para OA

UVA (FEF)

solar (FEFS)

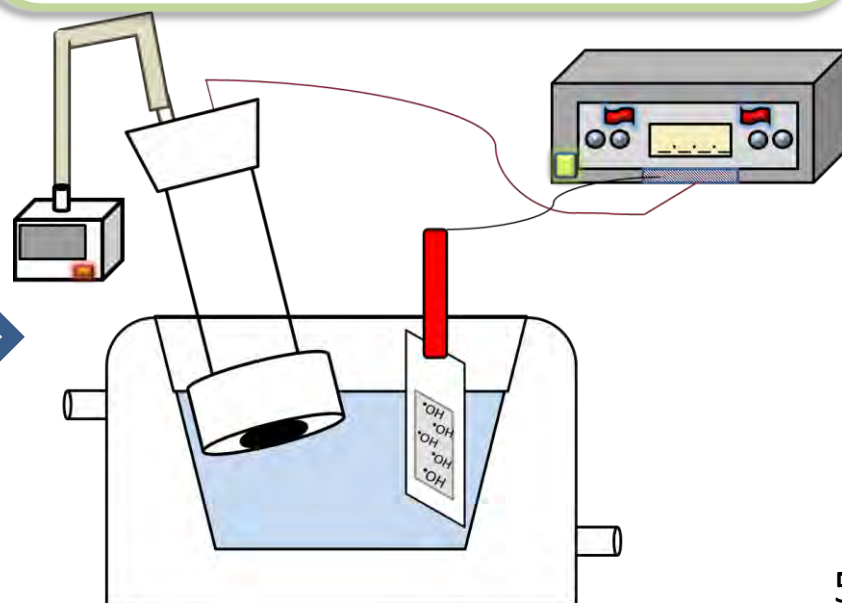
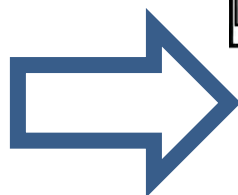
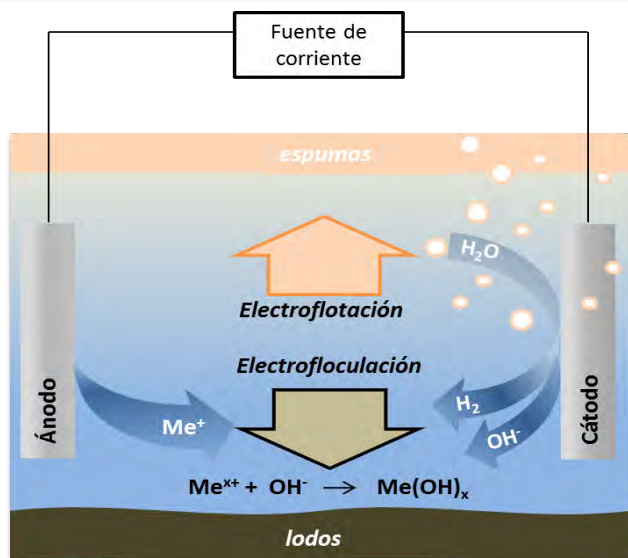


Introducción

Un proceso de separación electroquímica tal como la electrocoagulación, como pretratamiento, dando lugar a la disminución de gran parte de la materia orgánica presente en la disolución de aguas residuales sintéticas.

Sistemas integrados EC/EAOPs

Un postratamiento basado en procesos electroquímicos de oxidación avanzada (EAOPs) capaces de generar agentes oxidantes *in situ* obteniendo la completa mineralización de los contaminantes.



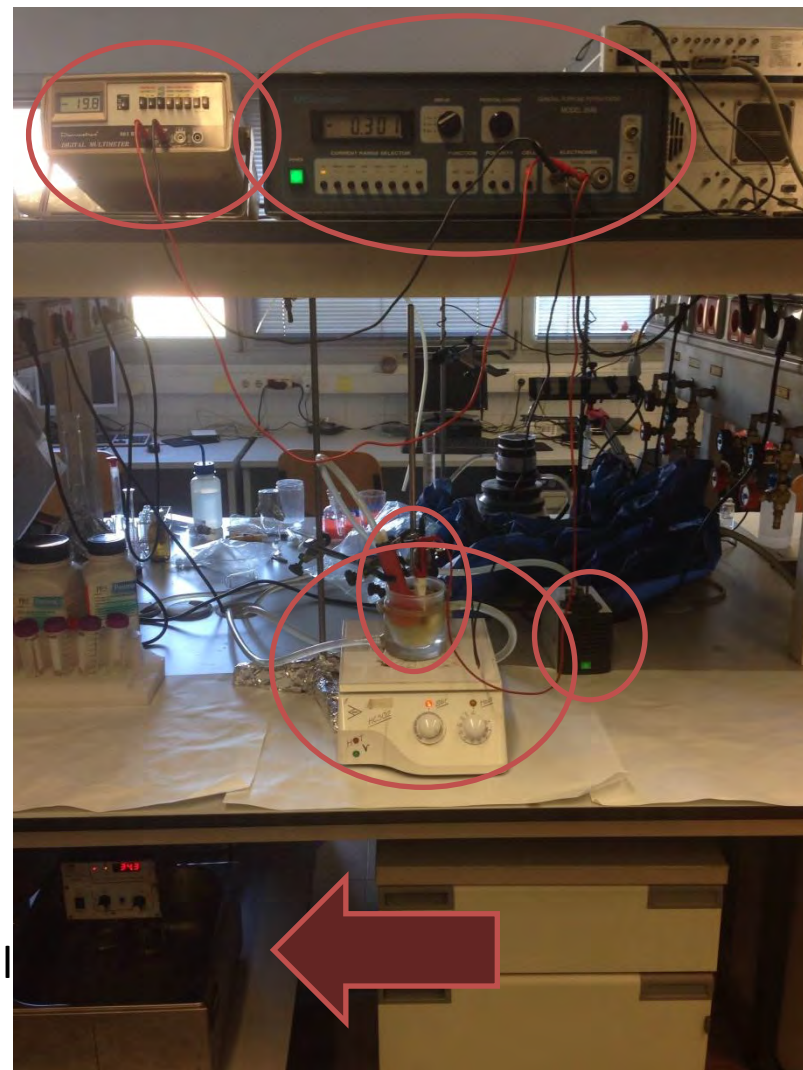
Objetivos

- ☐ Degradación electroquímica de compuestos modelo (industria textil y farmacéutica) en **disoluciones sintéticas** a partir de los siguientes procesos tanto individualmente, como de forma acoplada: EC, OA, EF, FEF y FEFS .
- ☐ Capacidad de degradación de contaminantes en **aguas residuales industriales** por métodos electroquímicos (EC, EAOPs y EC/EAOPs)
- ☐ Estos estudios se van a realizar a escala pre-piloto con el fin de obtener el sistema EC/EAOP más viable a nivel industrial.

Metodología

Ensayos tanque agitado 100 mL

- ➔ Potenciostato/galvanostato AMEL $i_{\text{máx}}=1$ A
- ➔ Multímetros digital DEMESTRES
- ➔ Termostato SELECTA
- ➔ Agitador magnético BIBBY
- ➔ Celdas de vidrio (150mL) con camisas de termostatización
- ➔ Bombas de aire KNF LAB
- ➔ Electrodo estándar de 3 cm²
BDD (NeoCoat), Pt (SEMPESA), grafito (Carbone Lorraine), DSA, Fe, Al, acero inoxidable
Electrodo de difusión de gas (E-TEK y Electrocell)
- ➔ Lámparas UVA (6W) PHILIPS



Metodología

Ensayos plantas prepiloto 2,5 L y 10 L

Fuente de alimentación GRELCO $i_{\text{máx}}=20$ A

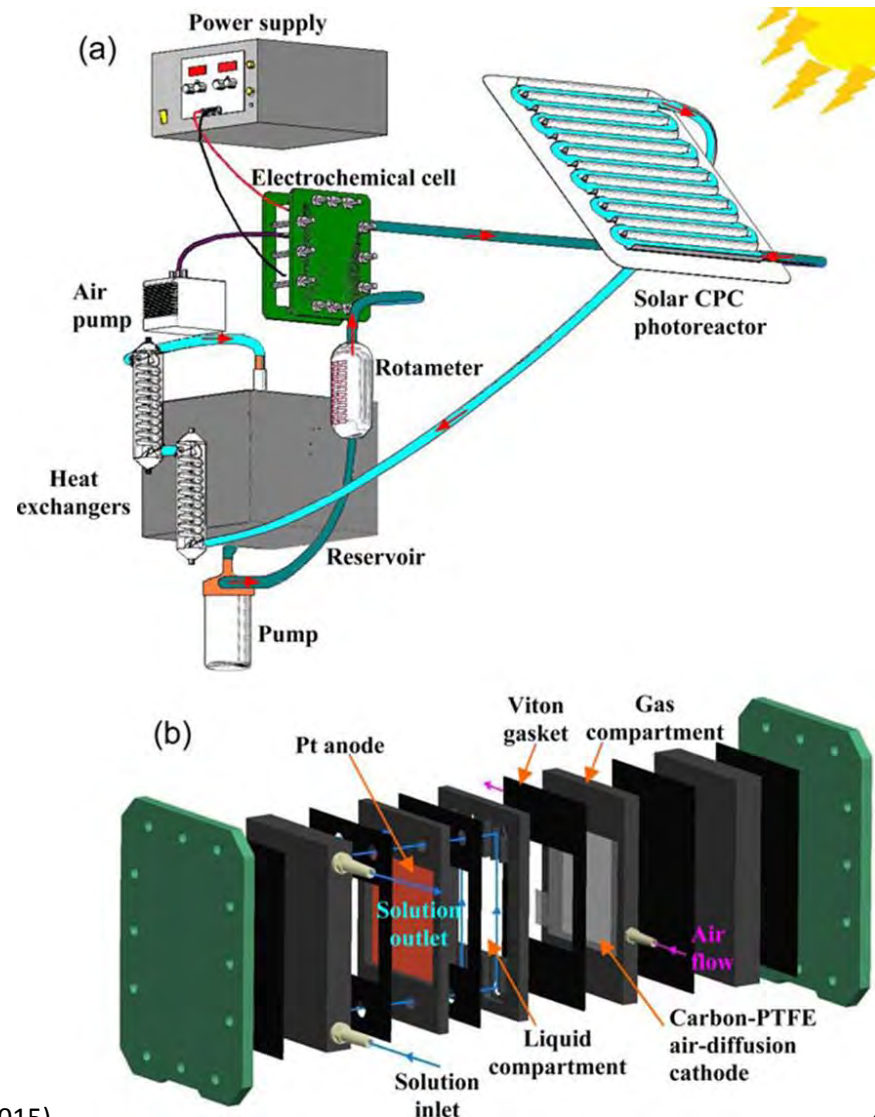
Depósito de 15 L con termostato

Bomba peristáltica, rotámetro,
intercambiadores de calor

Celda electroquímica tipo filtro-prensa

Electrodos BDD, Pt o de difusión de aire de 90
 cm^2 (10 L) o 20 cm^2 (2,5L)

Fotorreactor CPC de 1,57 L (para FEFS)



Metodología

Equipos para análisis de resultados



Espectrofotómetro
UV-Vis SHIMADZU

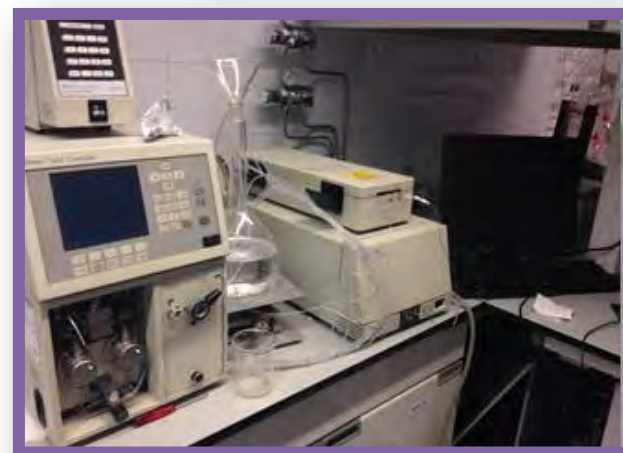
Analizador de
Carbono Orgánico
Total SHIMADZU



LC-MS SHIMADZU
detector DAD



Cromatógrafo de
iones SHIMADZU



HPLC SHIMADZU

Plan de trabajo

Tarea/Trimestre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Puesta a punto de métodos y técnicas	X											
2. Degradación electroquímica en aguas sintéticas		X	X	X			X	X				
3. Valoración de electrodos en EC		X	X	X			X	X				
4. Estancia en el extranjero									X	/		
5. Evaluación de los métodos individuales en aguas residuales					X	X	X	X	X	X		
6. Evaluación de sistemas acoplados en aguas residuales					X	X	X			X	X	
7. Asistencia a congresos		X	X			X	X			X	X	
8. Redacción y defensa de la tesis											X	X

Resultados

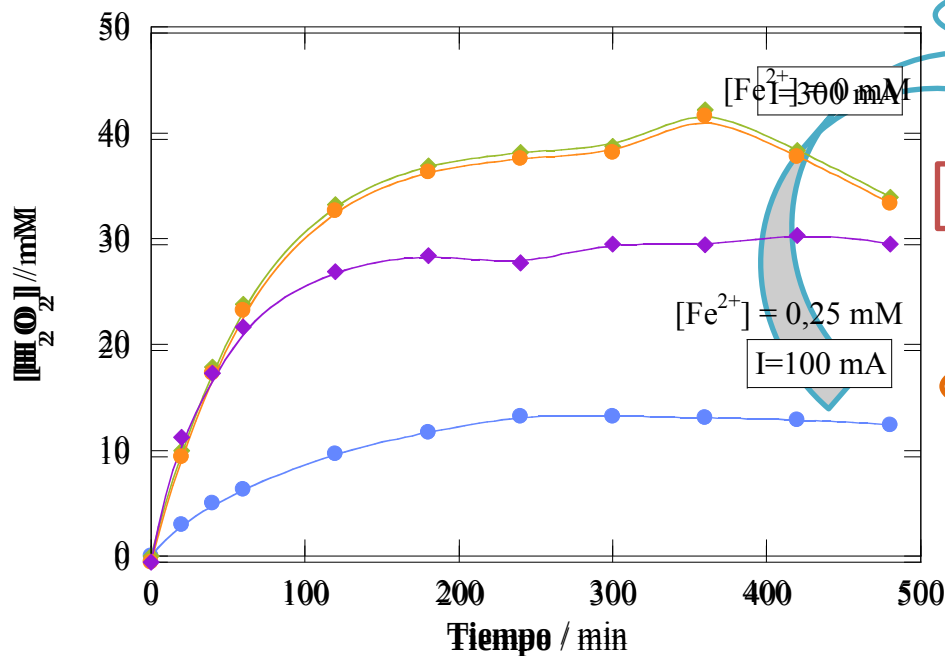
Electrogeneración de H_2O_2

Na_2SO_4 50 mM + Fe^{2+} 0,25 mM + Fe^{3+} 300 mM, $pH=3$, $T=35^\circ C$ ($I=300$ mA)

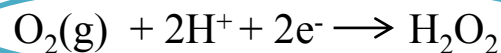
Cátodo: electrodo de difusión de aire

Ánodo: BDD ($3cm^2$)

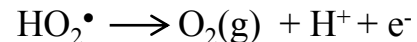
Efecto de la intensidad de corriente



Generación catódica de H_2O_2 :



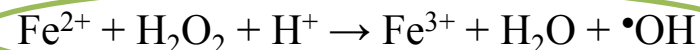
$$v_{\text{generación } H_2O_2} = v_{\text{destrucción } H_2O_2}$$



Oxidación anódica:



Reacción de Electro-Fenton:



***MUCHAS GRACIAS
POR SU ATENCIÓN***