

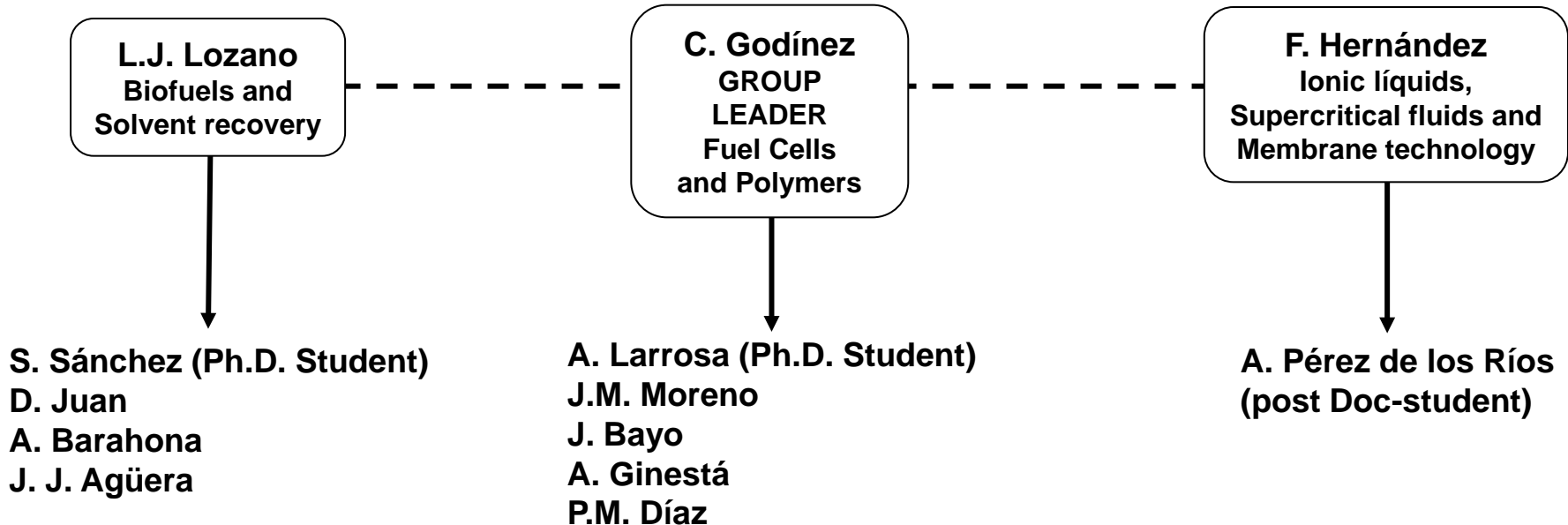
PILAS DE COMBUSTIBLE MICROBIANAS: DEPURACIÓN DE AGUA Y PRODUCCIÓN SIMULTÁNEA DE ENERGÍA

Dr. Carlos Godínez Seoane
Profesor Titular de Universidad
Departamento de Ingeniería Química y Ambiental
Universidad Politécnica de Cartagena

Cartagena, 5 de junio de 2008

Grupo INQUICA

Ingeniería QUImica CArtagena

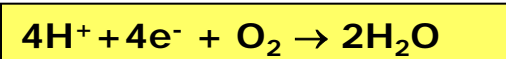
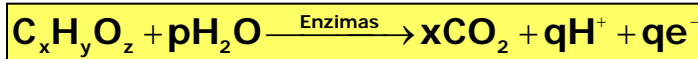
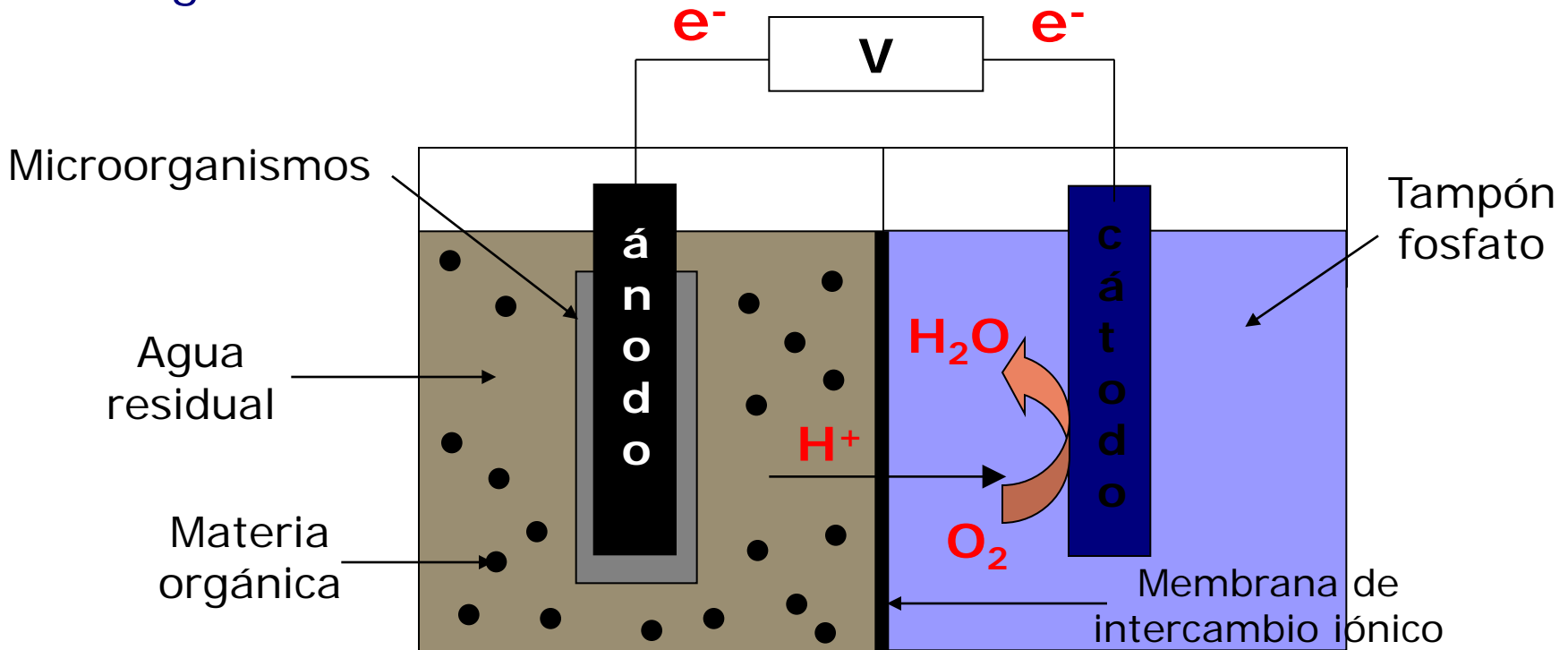


**Proporcionamos asistencia tecnológica diversa en
Ingeniería Química, Biotecnológica y Medio Ambiental**

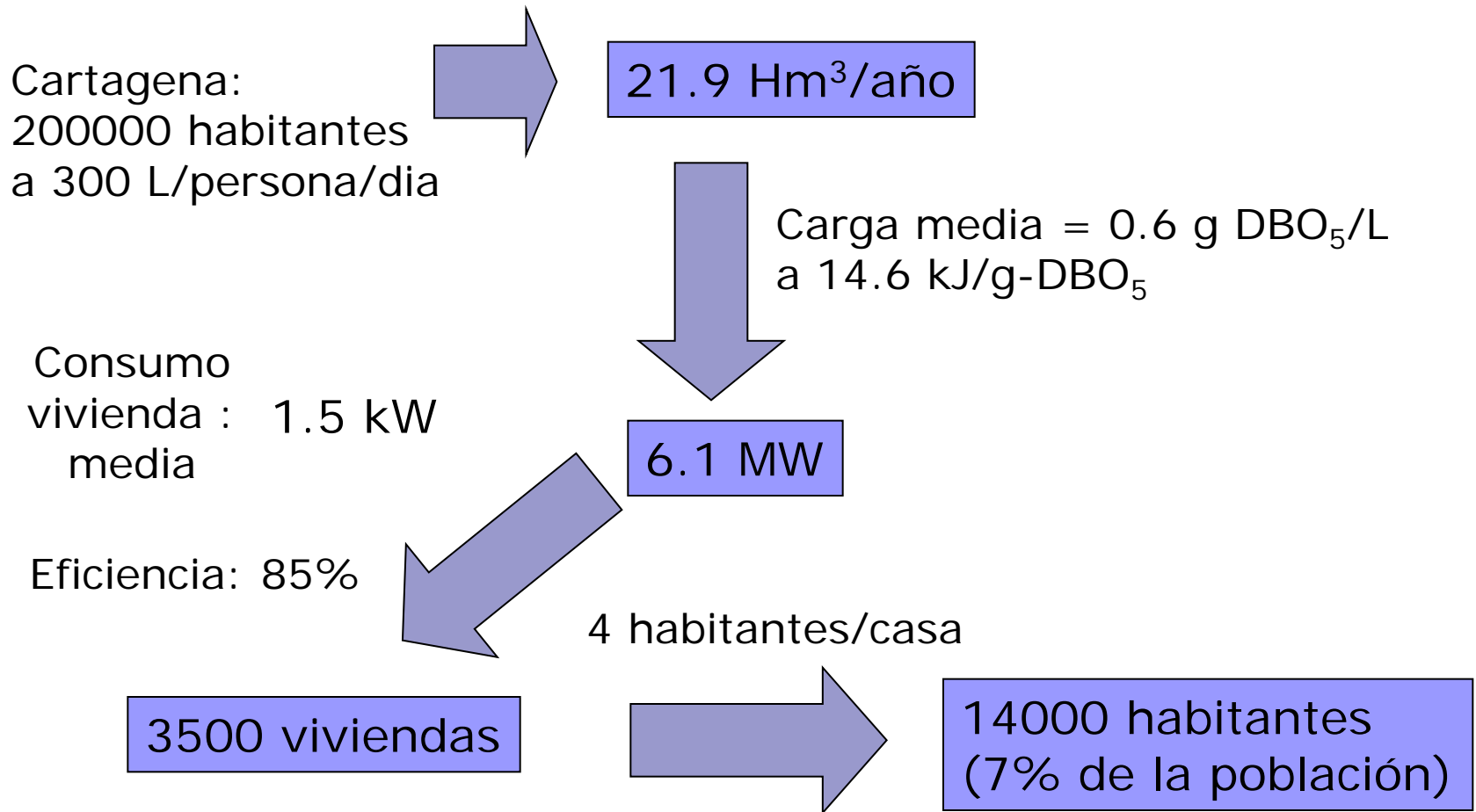
- 1. El grupo Inquica**
- 2. Pilas de combustible microbianas (MFCs)**
 - i. Estimación de su potencial
 - ii. Desarrollo histórico
 - iii. Estado de la tecnología
 - iv. Tendencias y campos de aplicación
 - v. Reacciones anódicas principales
- 3. Tipos de MFCs**
- 4. El proyecto Pedasur**
- 5. Índices de rendimiento**
- 6. Resultados actuales. Otros tests**
- 7. Propuesta de diseño UPCT**

Pilas de Combustible Microbianas

Sistemas bioelectroquímicos capaces de producir ciertas cantidades de energía mediante la depuración eficaz de aguas residuales



Estimación del potencial



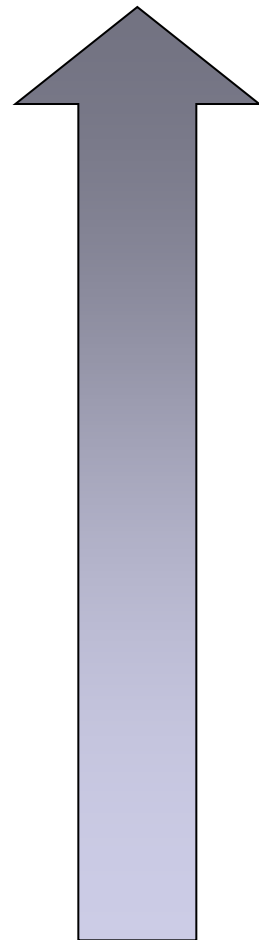
(Cálculos adaptados de Levin et al., *Int.J.Hydrogen Energy*, 2004, 29, 173-185)

Desarrollo histórico

1839	Grove consigue la inversión de la electrólisis
1910	M.C.Potter (Univ. Durham) el primeros intentos de producir energía a partir de <i>E.Coli</i> .
1931	A partir de los experimentos de Potter, B. Cohen (Univ. Baltimore) construye las primeras MFC con las que conectadas en serie logra producir 35 V y 2 mA
1960's	Intentos de introducir MFC's en la industria espacial como medio para depurar las aguas en las naves espaciales
1973	Primeras MFC's con materiales y diseños actuales (Suzuki et al., Yokohama Institute of Technology)
1980's	Allen y Bennetto (Kings College, Londres) retoman las ideas de Suzuki y las estudian mas en detalle desarrollando MFC's alimentadas por carbohidratos, ésteres y aminoácidos
1990's	Potencias bajas (1 mW/m^2 - 3600 mW/m^2) y eficiencias bajas (15%) dependiendo del substrato, tipo de microorganismos y modelo de reactor. Carrera en diversos centros por aumentar la potencia y la eficiencia
2000	Se comprende el mecanismo a nivel de metabolismo microbiano
2004	B.E.Logan (Univ. Pennsylvania) demuestra que se puede utilizar agua residual para generar energía y depurar las aguas
2004-	Se orienta el campo de las MFC's como tratamiento de aguas alternativo, especialmente en países en vías de desarrollo, con

Estado de la Tecnología

$$P = V \cdot I$$



2007	Anodos en "cepillo"	Logan et al. 79 W/m ³	Univ. Pennsylvania EEUU
2006	MFC tubular con cátodo en "U"	Angenent et al. 20 W/m ³	Univ. St. Louis EEUU
2005	MFC tubular con mediadores (*)	Rabaey et al. 20 W/m ³	Univ. Gante Bélgica
2003	MFCs de cámara simple	Varios autores 0.5 – 2 W/m ³	
2001	MFCs de doble cámara		

(*) La producción energética máxima, de **143 W/m³**, se obtuvo en estos estudios, usando glucosa como combustible, ferricianuro como catolito y microorganismos preseleccionados

Tendencias de la tecnología y campos de aplicación

TENDENCIAS

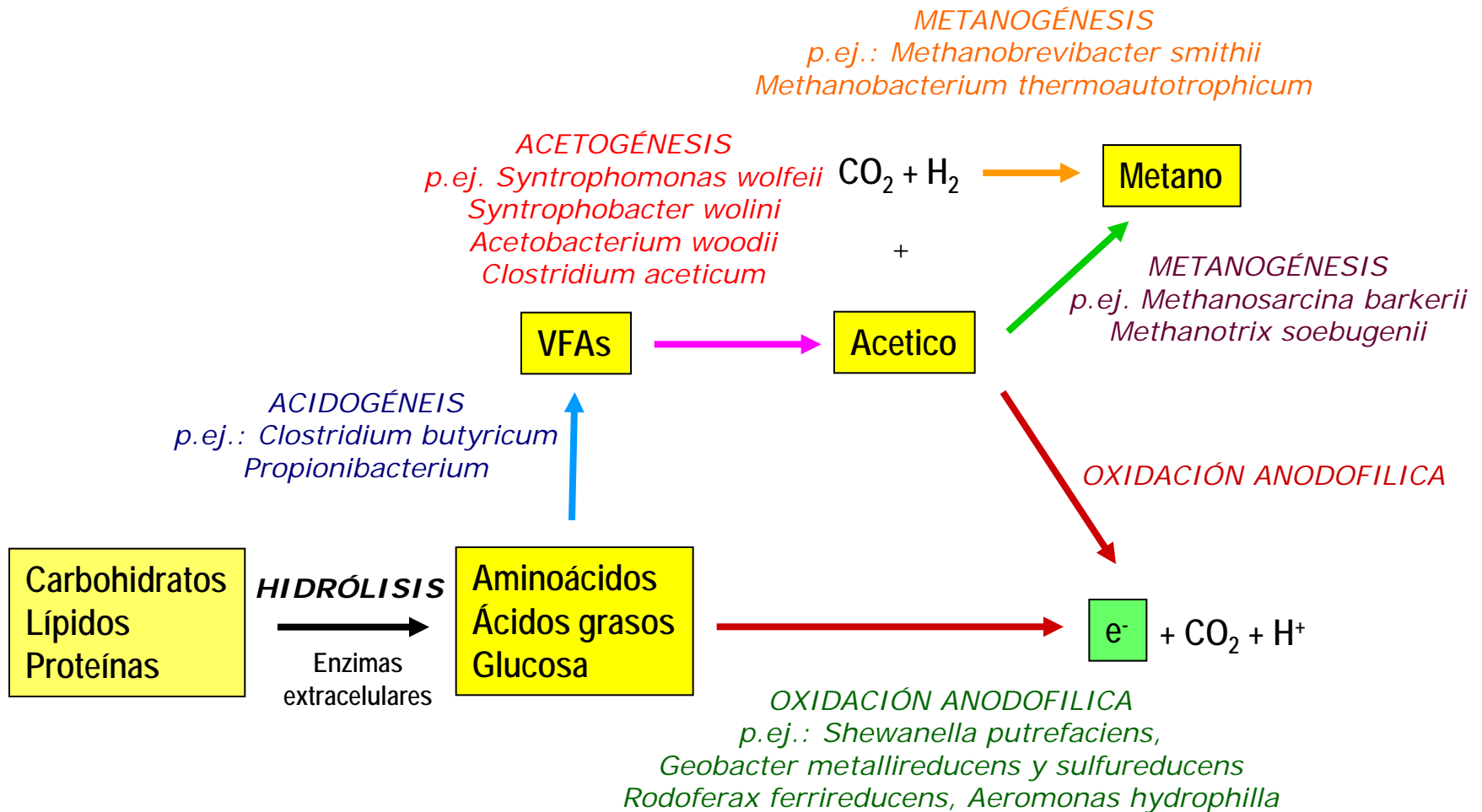
- Reducción de costes
(ánodos, cátodos, membranas)
- Diseños mas eficaces
- Modelización
- Microbiología

CAMPOS DE APLICACIÓN:

- Industria procesadora de alimentos (conservera)
- Depuración de aguas residuales urbanas
- Piscifactorias y granjas de animales
- Plataformas petrolíferas
- Buques oceanográficos y submarinos
- Industria aeroespacial



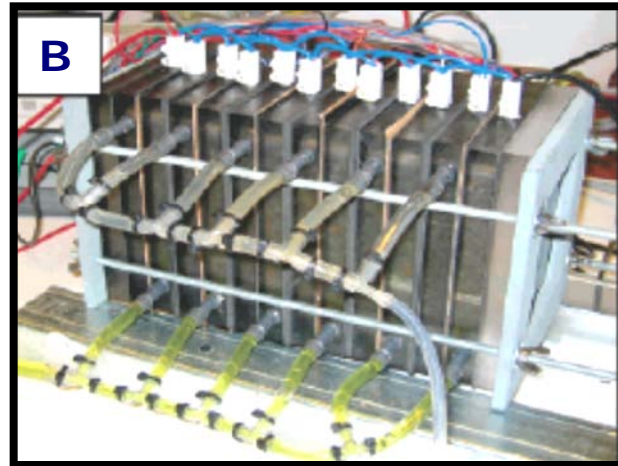
Reacciones anódicas



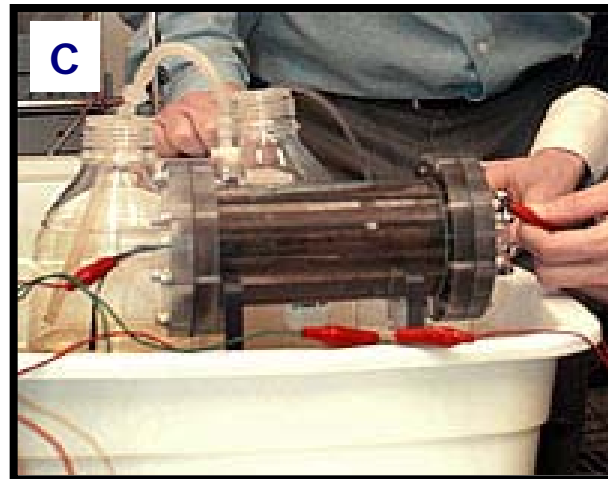
Tipos de MFCs



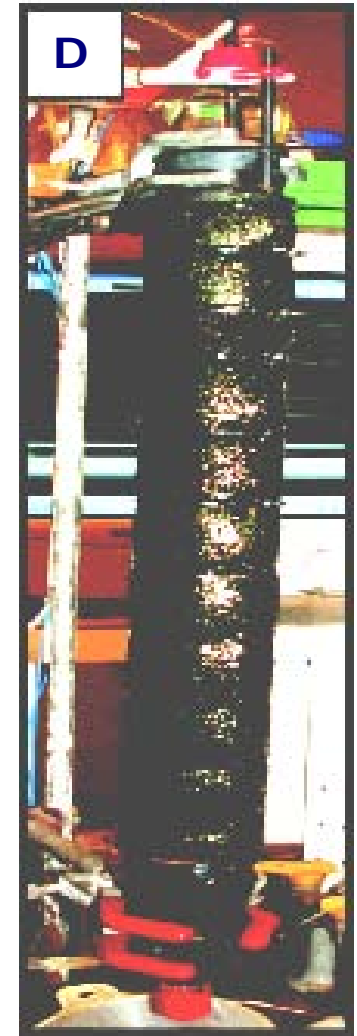
Discontinuas de doble cámara



Continuas de doble cámara

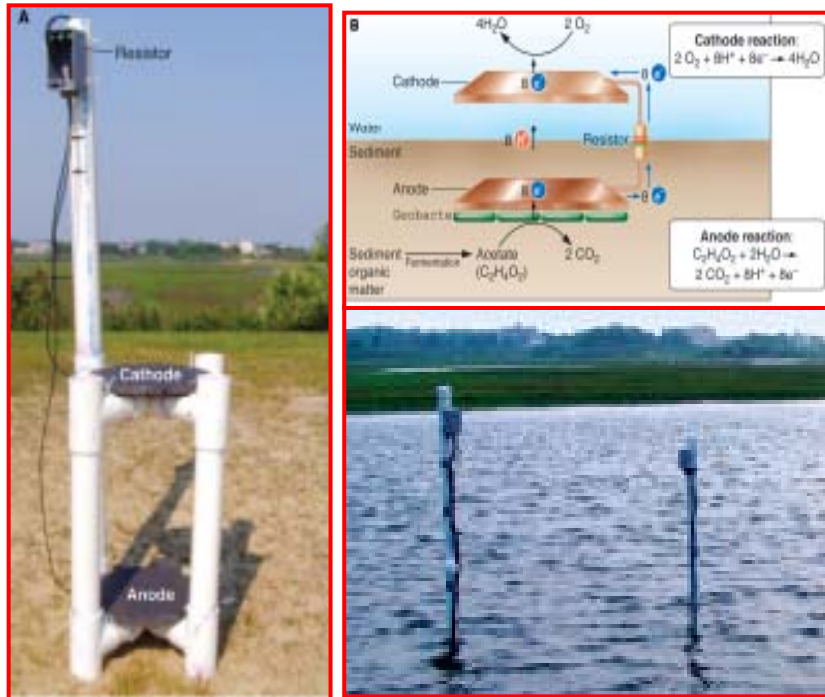


Continuas de cámara simple



Tubulares 10

Tipos de MFCs



Sin cámaras para sedimentos



Planta Piloto (ánodos de cepillo)

El Proyecto PEDASUR

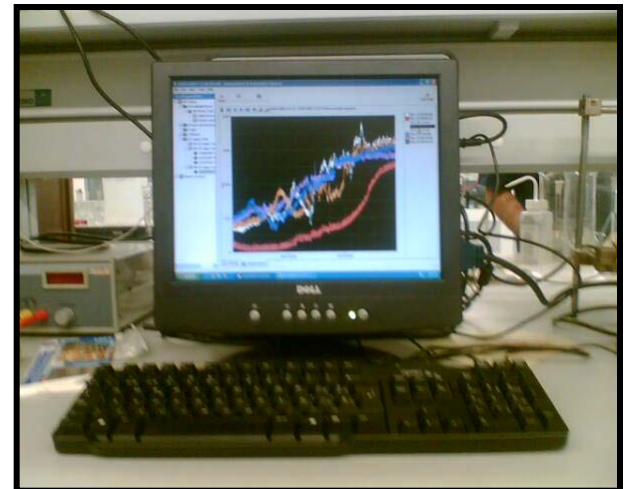
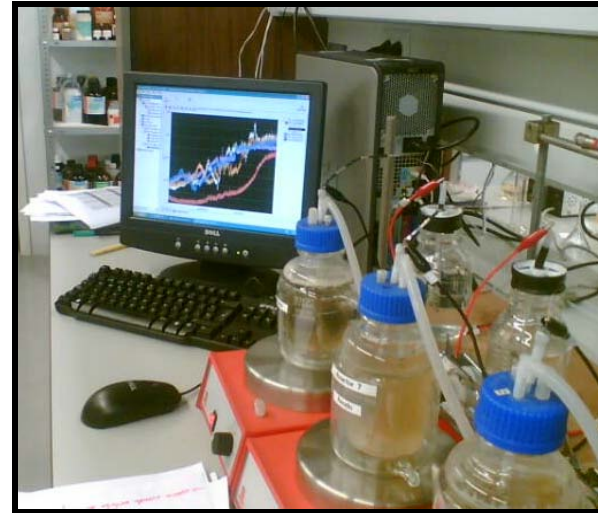
GENERALES:

- Evaluación la tecnología con aguas del sureste español.
- Consolidación de nueva línea de investigación (financiación privada y pública)

PARTICULARES:

- Construcción, comisionado, puesta en marcha y evaluación de reactores experimentales
- Estudio de materiales alternativos de coste reducido
- Estudio de condiciones de operación y variables de diseño en su relación con la eficiencia del sistema
- Modelización del proceso; estudio de cambio de escala
- Pilas en continuo y planta piloto

El Proyecto PEDASUR



Índices de rendimiento

- Máxima potencia instantánea
- Eficiencia coulombica

$$E (\%) = \frac{\text{coulombios totales producidos}}{\text{coulombios totales teóricos producibles}} = \frac{C_P}{C_T} \times 100$$

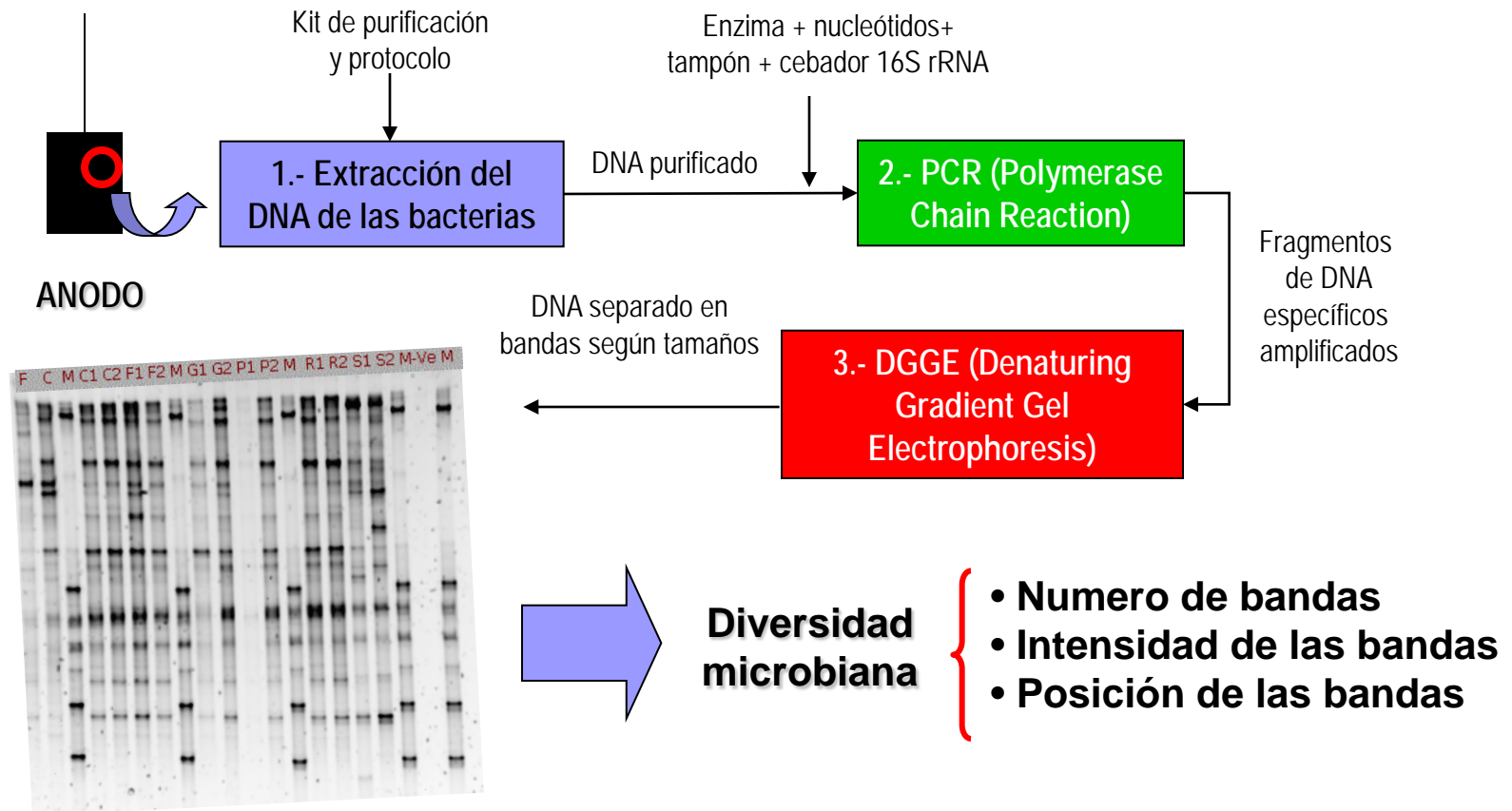
Porcentaje de eliminación de DQO

$$\% \text{ Eliminación DQO} = \frac{(DQO)_0 - DQO}{(DQO)_0} \times 100$$

- SST, SSV, COT
- pH, ácidos grasos volátiles (VFA)
- Análisis de diversidad microbiana

Índices de rendimiento

Análisis de la diversidad microbiana



Permite discernir si un determinado tratamiento tiene un efecto seleccionador sobre la comunidad microbiana anódica

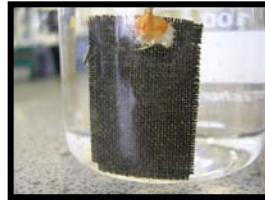
Resultados: materiales anódicos



grafito



papel



fieltro



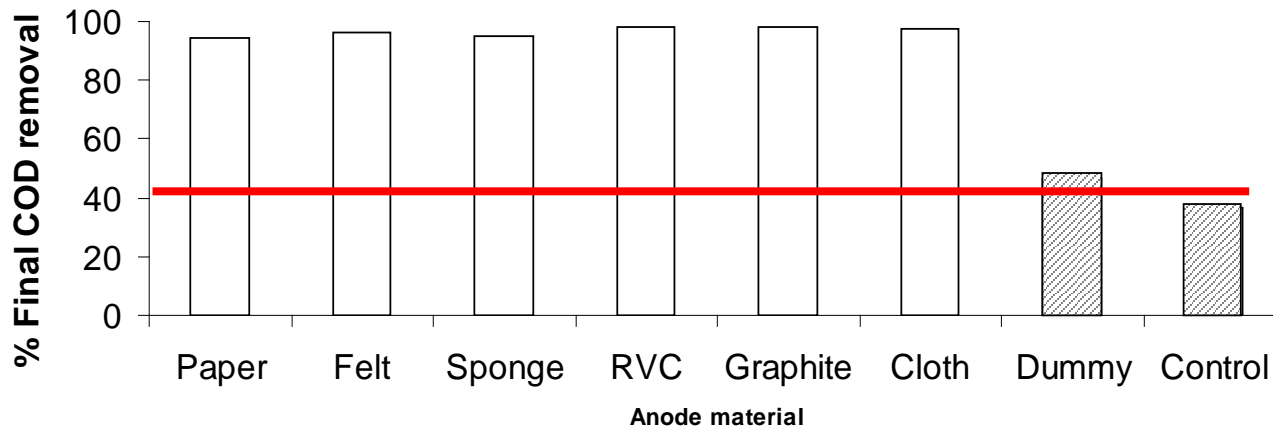
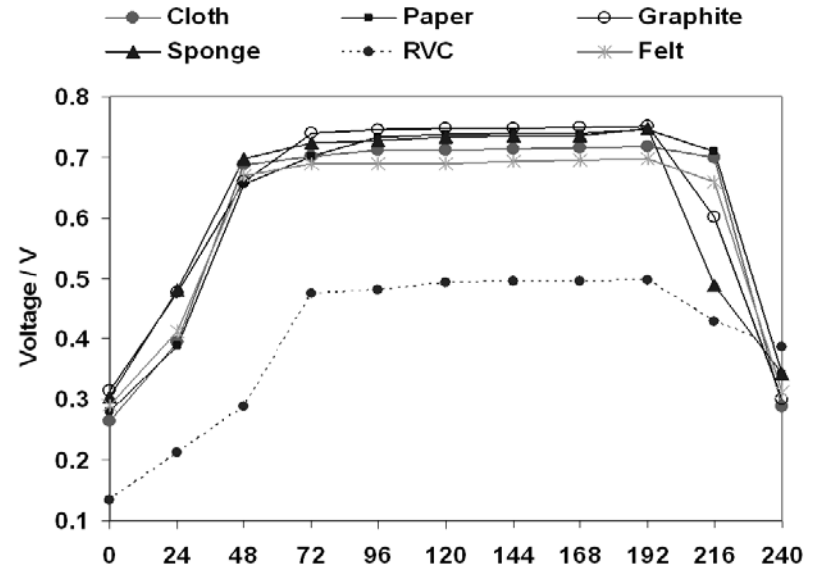
esponja



RVC



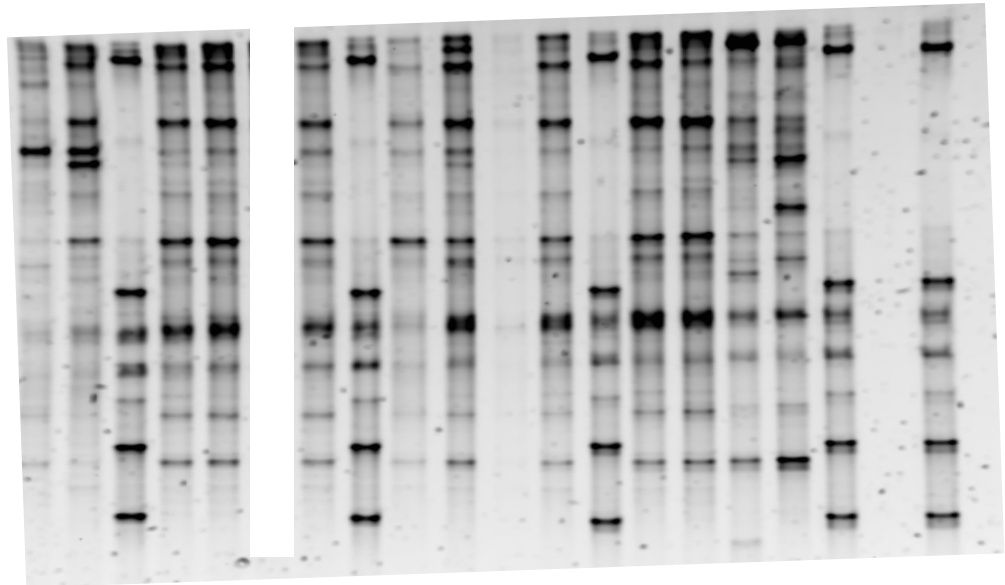
tela



Estudio de materiales para el ánodo

Material	Power density (mW/m ²)	COD _R (%)
Graphite	30,00	79,38
Sponge	11,27	99,1
Cloth	7,7	100
Felt	4,54	76,43
Paper	0,96	82,93
RVC	0,34	85,64

F C M C1 C2 F1 F2 M G1 G2 P1 P2 M R1 R2 S1 S2 M Ve M



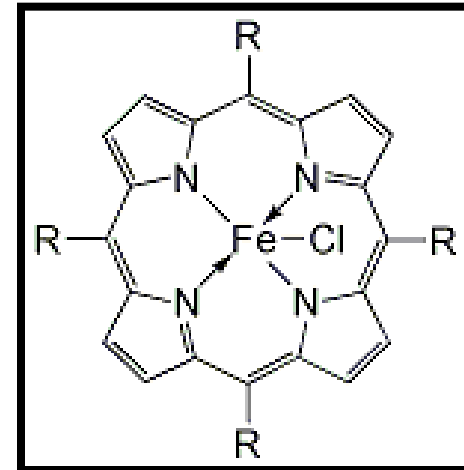
Grafito y tela de carbono muestra el mejor compromiso entre propiedades y coste

Estudio de materiales para el cátodo

- **Propiedades catalíticas deseadas en el material:**

- Transporte de O₂
- Centros activos reductores del O₂
- Coste reducido

- **Materiales prometedores: porfirinas**



R	Nombre de la porfirina
C ₆ H ₅	5,10,15,20-tetraphenylporphyrin (TPP)
C ₁₀ H ₈	5,10,15,20-tetra(1-naphthyl)porphyrin (TNP)
C ₆ H ₄ -SO ₃	5,10,15,20-tetra(4-sulphonatophenyl)porphyrin (TSPP)
C ₆ H ₅ -NH ₂	5,10,15,20-tetra(4-aminophenyl)porphyrin (TAPP)
C ₆ H ₅ -NO ₂	5,10,15,20-tetra(4-nitro-phenyl)porphyrin (TNPP)
C ₆ H ₅ -OH	5,10,15,20-tetra(4-hydroxyphenyl)porphyrin (THPP)
C ₆ H ₅ -CH ₃	5,10,15,20-tetra(4-methylphenyl)porphyrin (TMPP)
C ₆ H ₅ -OCH ₃	5,10,15,20-tetra(4-methoxyphenyl)porphyrin (TMOPP)
C ₁₀ H ₇ -SO ₃ H	5,10,15,20-tetra(4-sulfonatophenyl)porphyrin
C ₁₀ H ₇ -OH	5,10,15,20-tetra(4-hydroxynaphthyl)porphyrin (THNP)

Estudio de materiales para el cátodo

Evaluación del rendimiento:

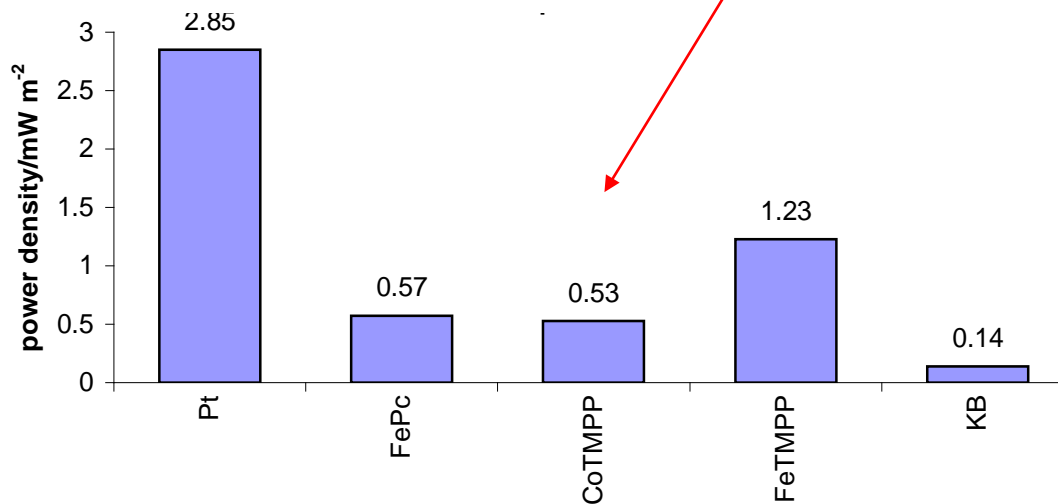
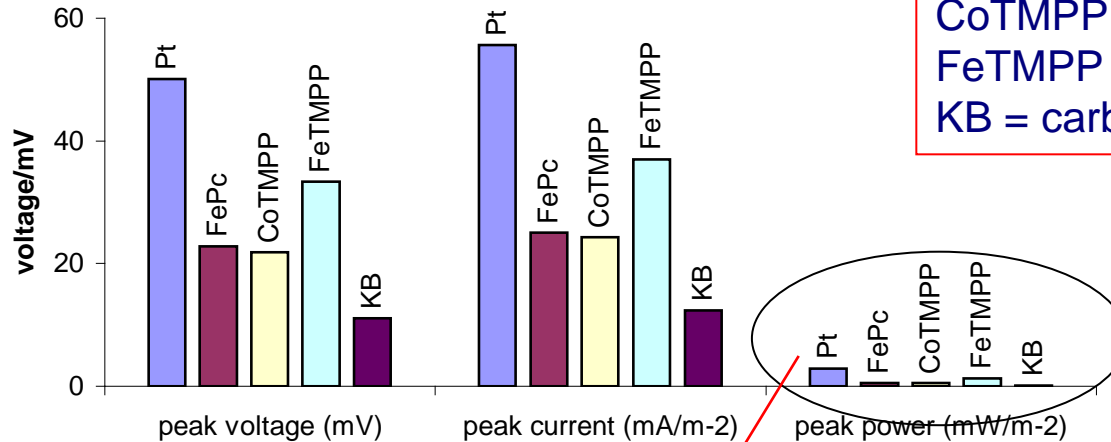
Pt = Pt/Ti

FePc = Ftalcianina de Fe

CoTMPP = Porfirina de Co

FeTMPP = Porfirina de Fe

KB = carbon Ketjen



Estudio de materiales para el cátodo

Comparación provisional:

Catalizador	Carga (g/cm ²)	Mm (g/mol)	Coste (euros/g)	Coste unitario (euros/cm ²)	Potencia max (mW/cm ²)
Pt/Ti	0,460	(-)	(-)	3,45	2,85
FeTMPP	0,001	824,12	735	11,43	1,23
CoTMPP	0,001	791,76	32,8	0,44	0,53
Fe-Pc	0,001	568,32	13,5	0,14	0,57

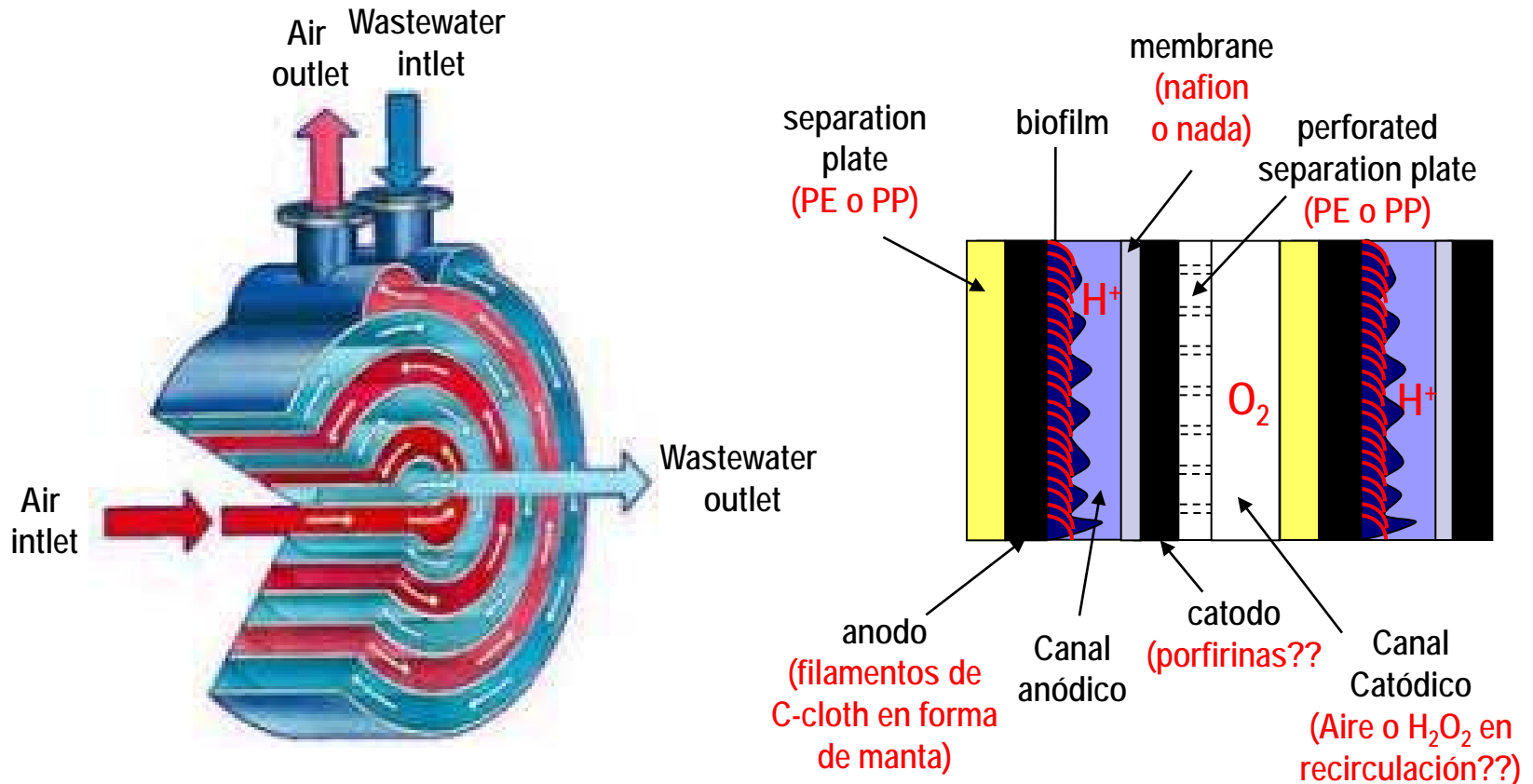
Futuros tests:

- Variación de la carga de metal en el catalizador
- Otros catalizadores: MnO_x, perovskitas, espinelas, piroclorina y otras porfirinas
- Estudio cinético en semipilas: voltametría de barrido lineal y cíclica

Otras áreas:

- Evaluación de distintos oxidantes catódicos
- Análisis de la influencia de distintas temperaturas sobre el proceso
- Estudios de impedancia
- Pilas en continuo; balance de materia

Diseño UPCT



La configuración en espiral tiene ventajas: es mas compacta, tiene alta superficie especifica, mayores coeficientes de transferencia,...



Gracias

Plantas nómadas. Gilberto Esparza (Méjico)