

# ÍNDICE

---

<b>RESÚMENES.....</b>	<b>xix</b>
<b>PREFACIO.....</b>	<b>xxvii</b>
<b>NOTACIÓN.....</b>	<b>xxxii</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.    DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES .....	3
1.1.    PROCESO BIOLÓGICOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	3
1.1.1.    Fundamentos del proceso de fangos activos.....	5
1.1.2.    Clasificación de los microorganismos presentes en un proceso de fangos activos.....	7
1.2.    PARÁMETROS QUE DEFINEN EL PROCESO BIOLÓGICO .....	7
2.    TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS.....	9
2.1.    INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS DE MEMBRANA.....	9
2.2.    MATERIALES DE MEMBRANA .....	10
2.3.    PARÁMETROS QUE DEFINEN EL COMPORTAMIENTO DE LA MEMBRANA .....	11
2.4.    MEMBRANAS DE MICROFILTRACIÓN Y ULTRAFILTACIÓN .....	13
2.5.    ENSUCIAMIENTO DE LAS MEMBRANAS.....	13
2.5.1.    Polarización por concentración .....	15
3.    BIORREACTOR DE MEMBRANAS (MBR).....	17
3.1.    EVOLUCIÓN DE LOS BIORREACTORES DE MEMBRANA .....	19
3.2.    VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL PROCESO MBR .....	21
3.3.    CONFIGURACIÓN DEL BIORREACTOR DE MEMBRANAS .....	24
3.4.    CONFIGURACIÓN DE LAS MEMBRANAS DEL MBR.....	28
3.5.    LIMPIEZA DE LAS MEMBRANAS .....	29
3.6.    INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA BIOMASA EN EL FUNCIONAMIENTO DEL MBR .	31
.....	31
4.    BIORREACTOR DE MEMBRANAS PARA EL TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS .....	37
5.    BIBLIOGRAFÍA.....	41



4.3.	MÉTODO DE ADICIÓN ESTÁNDAR.....	103
4.4.	ANÁLISIS DE PROTEÍNAS .....	106
4.4.1.	Método BCA .....	106
4.4.2.	Método Micro BCA.....	110
4.4.3.	Método Lowry modificado.....	112
4.5.	ANÁLISIS DE CARBOHIDRATOS.....	115
4.5.1.	Método Dubois .....	115
4.5.2.	Método Antrona .....	117
4.6.	ANÁLISIS DE ADN .....	120
4.7.	CROMATOGRAFÍA DE EXCLUSIÓN POR TAMAÑO DE ALTA RESOLUCIÓN (HPSEC).....	122
4.8.	ESPECTROFOTÓMETRO DE FLUORESCENCIA (FSEEM) .....	122
5.	ANÁLISIS DEL AGUA RESIDUAL .....	123
6.	RESPIROMETRÍA DEL FANGO ACTIVO .....	123
7.	CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DEL LICOR DE MEZCLA.....	125
7.1.	ANÁLISIS MICROSCÓPICO DEL FANGO ACTIVO .....	125
7.2.	MICROSCOPIA DE FLUORESCENCIA .....	125
7.2.1.	Fijación de la muestra .....	129
7.2.2.	Tinción de proteínas.....	130
7.2.3.	Tinción de carbohidratos .....	131
7.2.4.	Tinción de ácidos nucleicos.....	132
7.2.5.	Tratamiento y evaluación de las imágenes tomadas al microscopio de epifluorescencia .....	133
7.3.	VIABILIDAD CELULAR .....	136
8.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	138
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	139
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>		<b>143</b>
1.	ENSAYOS PRELIMINARES .....	145
1.1.	CONSERVACIÓN DE MUESTRAS .....	145
1.2.	SELECCIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN .....	146

## Índice General

---

1.3.	SELECCIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS.....	147
2.	CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL LICOR DE MEZCLA.....	150
2.1.	PRODUCTOS SOLUBLES MICROBIANOS (SMP) Y SUSTANCIAS POLIMÉRICAS EXTRACELULARES EXTRAÍDAS (eEPS) .....	150
3.	CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL LICOR DE MEZCLA .....	162
3.1.	REOLOGÍA DEL FANGO ACTIVO .....	162
3.2.	RESISTENCIAS A LA FILTRACIÓN .....	170
3.2.1.	Cálculo de las resistencias a la filtración.....	170
3.2.2.	Influencia de los SSLM en las resistencias a la filtración	175
3.2.3.	Influencia de la viscosidad en las resistencias a la filtración .....	178
3.2.4.	Influencia de los SMP y eEPS en las resistencias a la filtración .....	179
3.3.	TIEMPO DE SUCCIÓN CAPILAR.....	186
3.4.	DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULAS.....	190
4.	CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DEL LICOR DE MEZCLA .....	194
4.1.	CARACTERIZACIÓN ÓPTICA DEL LICOR DE MEZCLA CON MICROSCOPIO DE CONTRASTE DE FASES.....	194
4.2.	VIABILIDAD CELULAR .....	199
4.3.	CARACTERIZACIÓN DE EPS MEDIANTE MICROSCOPIA DE EPIFLUORESCENCIA .....	201
5.	MBR INDUSTRIAL.....	208
5.1.	CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL .....	208
5.2.	CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL LICOR DE MEZCLA.....	210
5.2.1.	Productos solubles microbianos (SMP) y sustancias poliméricas extracelulares (eEPS).....	210
5.3.	CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL LICOR DE MEZCLA.....	217
5.3.1.	SSLM y SSVLM .....	217
5.3.2.	Ensayos de ultrafiltración del licor de mezcla. Resistencias a la filtración .....	218
5.3.3.	Tiempo de succión capilar .....	224

5.3.4. Reología del fango activo .....	224
5.3.5. Potencial zeta .....	226
5.4. RESPIROMETRÍA .....	227
6. CORRELACIONES ENTRE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN Y LAS CARACTERIZACIONES REALIZADAS .....	231
6.1. INFLUENCIA DEL TRH Y LA $C_m$ EN LOS PARÁMETROS MEDIDOS EN EL LICOR DE MEZCLA PROCEDENTE DEL MBR URBANO .....	231
6.2. COMPARACIÓN ENTRE LAS eEPS Y SMP PROCEDENTES DE LOS TRES MBR ESTUDIADOS: URBANO E INDUSTRIALES.....	237
6.3. REGRESIÓN DE MÍNIMOS CUADRADOS PARCIALES (PLS).....	241
6.3.1. MBR urbano .....	241
6.3.2. MBR Industrial.....	246
7. ESTUDIO DEL ENSUCIAMIENTO DE LAS MEMBRANAS POR LAS PROTEÍNAS DE LAS eEPS .....	256
7.1. ESTUDIO CON PROTEÍNAS COMERCIALES .....	256
7.1.1. Determinación del punto isoeléctrico de las proteínas ..	256
7.1.2. Cromatografía de exclusión por tamaño de alta resolución de las proteínas sintéticas.....	258
7.1.3. Concentración de proteínas sintéticas por precipitación mediante adición de sulfato amónico .....	258
7.2. ESTUDIO CON PROTEÍNAS PURIFICADAS DE LAS eEPS .....	260
7.2.1. Determinación del punto isoeléctrico y comparación con proteínas sintéticas comerciales.....	260
7.2.2. Determinación del ratio proteína/carbohidrato mediante tres métodos de extracción y purificación de proteínas por precipitación .....	262
7.2.3. Caracterización de las SMP, eEPS y las proteínas purificadas de las eEPS mediante HPSEC. Comparación con proteínas sintéticas	263
7.2.4. Espectro de excitación y emisión .....	264
7.2.5. Ensayos de UF con disoluciones de las proteínas purificadas de las eEPS .....	266

## Índice General

---

7.2.6. Influencia de la adición de alginato de sodio, en las disoluciones de proteínas de los eEPS purificadas, en los ensayos de UF . .....	268
8. BIBLIOGRAFÍA .....	272
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....</b>	<b>279</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>287</b>