

ÍNDICE

CAPITULO 1	INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO 2	OBJETIVOS.....	3
CAPÍTULO 3	DESARROLLO CONCEPTUAL	4
3.1	PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA	4
3.1.1	PROPIEDADES MISCELÁNEAS DEL AGUA	4
3.1.2	PROPIEDADES TÉRMICAS DEL AGUA	5
3.2	CALIDAD QUÍMICA DEL AGUA	6
3.3	CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA	13
3.3.1	SUSTANCIAS ORGÁNICAS.....	13
3.3.2	MICROORGANISMOS.....	24
3.3.3	CONTAMINACIÓN	26
3.3.4	EUTROFIZACIÓN.....	26
3.4	LEGISLACIÓN.....	27
CAPÍTULO 4	TRANSPORTE DE SUSTANCIAS INERTES Y REACTIVOS	28
4.1	FLUJO DE AGUA	28
4.2	MECANISMOS DE TRANSPORTE	28
4.2.1	ADVECCIÓN.....	28
4.2.2	DISPERSIÓN TURBULENTE.....	30
4.3	DERIVACIÓN DE LA ECUACIÓN ADVECCIÓN-DISPERSIÓN PARA EL TRANSPORTE DE UN SOLUTO.....	31
4.4	CARACTERIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE LA ECUACIÓN DE TRANSPORTE.....	32
4.5	TRANSPORTE REACTIVO (CÓDIGO RCB).....	34
4.5.1	ECUACIONES DE TRANSPORTE DE CALOR Y DE FLUJO.....	35
4.5.2	REACCIONES QUÍMICAS	36
CAPÍTULO 5	MODELO BIOQUÍMICO PROPUESTO.....	47
5.1	DEFINICIÓN DE ESPECIES	47
5.2	METABOLISMOS DEL MODELO Y LA CINÉTICA ASOCIADA	50
5.3	REACCIONES EN EQUILIBRIO.....	55
5.4	DEFINICIÓN DE LOS COEFICIENTES ESTEQUIOMÉTRICOS.....	55
5.5	MÉTODOS DE MEDIDA PARA LAS ESPECIES ORGÁNICAS DEL MODELO:.....	58
CAPÍTULO 6	APLICACIÓN.....	61
6.1	PARÁMETROS DEL MODELO	61
6.2	MODELO DE TRANSPORTE REACTIVO.....	63
6.2.1	DEFINICIÓN DEL MODELO	64
6.2.2	RESULTADOS DEL MODELO DE TRANSPORTE REACTIVO.....	69
6.3	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DEL MODELO	76
6.3.1	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD AL VARIAR EL CAUDAL DE AGUA CONTAMINADA.....	77
6.3.2	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD LA CANTIDAD DE BACTERIAS MODELADAS	82
CAPÍTULO 7	CONCLUSIONES.....	88
CAPÍTULO 8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	89
ANEJO I	92
ANEJO II	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Curvas genéricas de solubilidad en función de la temperatura (Gadalmes,2000).	4
Figura 3.2: Comportamiento de la humedad absoluta del aire al bajar la temperatura. ...	5
Figura 3.3: 1: Capa superficial: Epilimnion; Temperatura relativamente alta 2: Capa de transición: Mesolimnion o termoclina; alto $\Delta T/\Delta Z = 0,75^{\circ}\text{C}$. 3: Capa inferior: Hipolimnion; Temperatura relativamente baja (Galdames, 2000).	6
Figura 3.4: La solubilidad de los hidróxidos de metales viene determinada por el equilibrio del hidróxido de metal con el agua (Galdames, 2000).	9
Figura 3.5: Variación de la tasa de re-aireación según el tipo de cauce y la relación que existe con el déficit de oxígeno disuelto.	9
Figura 3.6: Medida y clasificación de los sólidos en agua de acuerdo al tamaño.	12
Figura 3.7: Estructura de las reacciones anabólicas.	16
Figura 3.8: Estructura de las reacciones catabólicas.	16
Figura 3.9: Sucesión de especies después de una descarga orgánica.	19
Figura 3.10: Reacción de oxidación de materia orgánica para obtener la medida del DQO.	21
Figura 3.11: Medición de la DBO.	22
Figura 4.1: El penacho se desplaza en la dirección del movimiento (Carrera, 2005). ..	29
Figura 4.2: Transporte por Advección donde además intervienen otros procesos de transporte de un soluto en un flujo unidimensional; Fetter (1988).	29
Figura 4.3: Flujo másico por gradiente de concentraciones. En término medio existe flujo de masa hacia arriba (Carrera, 2005).	30
Figura 4.4: Expansión y dilución de un contaminante en aguas superficiales (Carrera, 2005)	31.
Figura 4.5: Ecuaciones constitutivas y restricciones en el equilibrio (Caldentey, 2005).	36
Figura 4.6: Evolución de la concentración por catalización, donde K es el valor medio de saturación.	44
Figura 4.7: Evolución de la concentración por Monod inhibición.	44
Figura 6.1: Río Modelado en 1D con un vertido de agua cloacal.	61
Figura 6.2: Evolución de la concentración de oxígeno para un vertido de $0.3 \text{ (m}^3/\text{s)}$	70
Figura 6.3: Procesos que intervienen en el consumo/producción de oxígeno.	70
Figura 6.4: Evolución de la materia orgánica presente en el agua.	71
Figura 6.5: Pocosos que afectan a la evolución de la materia orgánica (Ss) en aguas superficiales.	72
Figura 6.6: Evolución espacial de las bacterias heterotróficas (X_H)	73
Figura 6.7: Procesos que generan las bacterias heterotróficas	73
Figura 6.8: Evolución espacial de las especies nitrogenadas y fosfatadas.	74
Figura 6.9: Evolución de las especies nitrificadoras con el espacio.	74
Figura 6.10: Evolución espacial del bicarbonato y del pH.	75
Figura 6.11: Evolución espacial de los organismos superiores presente en el medio superficial.	76
Figura 6.12: Variación de la concentración de oxígeno al varia el flujo de agua residual.	77
Figura 6.13: Degradación de materia orgánica en función del flujo másico de vertido. 78	
Figura 6.14: Evolución espacial de las bacterias heterótroficas en función del flujo másico considerado.	79
Figura 6.15: Procesos de denitrificación por NO_3^-	79

Figura 6.16: Procesos de denitrificación por NO_2^-	80
Figura 6.17: Evolución de la concentración de oxígeno disuelto en agua en función de el tipo agua.	82
Figura 6.18: Evolución espacial de la concentración de materia orgánica disuelta (Ss) en función de la concentración de bacterias presentes en el agua.....	83
Figura 6.19: Evolución espacial del amonio en el medio modelado en función del tipo de agua considerada.....	84
Figura 6.20: Evolución espacial del nitrito en función de la concentración de bacterias.	85
Figura 6.21: Concentración de nitrato en el medio según las bacterias presentes en el agua.....	85
Figura 6.22: Evolución espacial de las bacterias heterotróficas en función de la concentración inicial.....	86
Figura 6.23: Evolución espacial de las bacterias nitrificadoras en primer estadio en función de la concentración inicial.....	86
Figura 6.24: Evolución espacial de las bacterias nitrificadoras de segundo estadio en función de la concentración inicial.....	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Calor específico del agua en función de su estado.....	5
Tabla 3.2: Concentraciones típicas de iones inorgánicos mayoritarios en aguas superficiales (Gadalmes, 2000).	7
Tabla 3.3: Iones inorgánicos generados por actividades antrópicas (Gadalmes, 2000)...	8
Tabla 3.4: Efectos de algunos contaminantes inorgánicos sobre la salud(Gadalmes, 2000).....	8
Tabla 3.5: Valores de la Constante de la ley de Henry en función del tipo de gas y de la temperatura en condiciones normales (Galdames, 2000).....	10
Tabla 3.6: Valores de la concentración de saturación de gases en condiciones normales (Galdames, 2000).	11
Tabla 3.7: Concentración de saturación de oxígeno en (mg/l) según la temperatura.....	11
Tabla 3.8: Nivel mínimo de Oxígeno Disuelto, en mg/l, para diferentes tipos de especies acuáticas.....	12
Tabla 3.9: Contaminación de sustancias orgánicas debida al hombre.	13
Tabla 3.10: Tamaños que se consideran para los diferentes tipos de microorganismos.	24
Tabla 3.11: Clasificación de bacterias según su forma	24
Tabla 3.12: Clasificación según los componentes de movilidad y su descripción.....	24
Tabla 4.1. Intervalos de $k_r(1/d)$ a 20°C, según Peavy, Rowe and Tchobanoglous, 1985.	40
Tabla 5.1: Especies orgánicas que han sido introducidas en el modelo.	48
Tabla 5.2: Nomenclatura de los procesos modelados en el modelo bioquímico para el código de transporte reactivo.....	50
Tabla 5.3: Constantes cinéticas de 1er orden del modelo de transporte reactivo, (s^{-1}). 54	
Tabla 5.4: Constantes de inhibición y de catalización del modelo de transporte reactivo, (mol/l).	54
Tabla 5.5: Parámetros estequiométricos (Reichert,2001).....	55
Tabla 6.1: Parámetros físicos para la definición del modelo.....	62
Tabla 6.2 :Formulación de los compuestos orgánicos, Reichert (2001).	63
Tabla 6.3: Valores de los parámetros estequiométricos, Reichert (2001).	63
Tabla 6.4: Valores de las especies orgánicas para un flujo circulante de 20(Kg/m ² *s) y un flujo másico de agua residual de 3 (Kg/m ² *s).	65
Tabla 6.5: Especies consideradas en el modelo en la condición inicial circulante en el río y en el vertido.....	66
Tabla 6.6 : Valores de las constantes de inhibición y media saturación del modelo de transporte reactivo, (mol/l).	66
Tabla 6.7 : Se muestran los valores de las constantes cinéticas de 1er orden del modelo de transporte reactivo, (s^{-1}).	67
Tabla 6.8: Valores del flujo de agua residual en función de la población considerada, en color gris el flujo seleccionado como patrón	77
Tabla 6.9: Valores de las bacterias para cada tipo de agua modelada.....	81
Tabla 6.10: Valores del indice DQO que generan los tres tipos de agua.	81