

ÍNDICE GENERAL

Prólogo	15
I CONCEPTOS BÁSICOS.....	18
1. Dinámica sustrato-microorganismos	19
1.1. Procesos de consumo de sustrato y crecimiento microbiano.....	19
1.1.1. Influencia de la concentración de sustrato	22
1.1.2. Influencia de la concentración de biomasa	24
1.1.3. Influencia de la concentración de productos de la reacción. Inhibidores.....	26
1.1.4. Influencia de la temperatura.....	26
1.2. Procesos de pérdida de biomasa	28
1.2.1. Respiración endógena	29
1.2.2. Muerte y lisis celular.....	29
1.3. Energía de mantenimiento	30
1.4. Evolución dinámica	31
2. Cultivo continuo de microorganismos	34
2.1. Sistemas abiertos. Quimiostatos	34
2.2. Modelo de quimiostato	35
2.3. Ecuaciones de variación en modelos generales. Balances microscópicos de materia.....	37

2.4.	Estado estacionario	40
2.5.	Competición y cadenas tróficas	42
II	MODELOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	45
3.	Modelo de sistema de fangos activos	46
3.1.	Variables de estado y procesos.....	47
3.1.1.	Variables de estado.....	47
3.1.2.	Procesos.....	51
3.2.	Procesos enzimáticos extracelulares	53
3.2.1.	Hidrólisis aerobia	54
3.2.2.	Hidrólisis anóxica.....	55
3.2.3.	Hidrólisis anaerobia	56
3.3.	Organismos heterótrofos	57
3.3.1.	Crecimiento aerobio a partir de materia orgánica disuelta rápidamente biodegradable	58
3.3.2.	Crecimiento aerobio a partir de productos de fermentación anaerobia de la materia orgánica	60
3.3.3.	Crecimiento anóxico a partir de materia orgánica disuelta rápidamente biodegradable	61
3.3.4.	Crecimiento anóxico a partir de productos de fermentación anaerobia de la materia orgánica	65
3.3.5.	Fermentación anaerobia	66
3.3.6.	Respiración y muerte de organismos heterótrofos	67
3.4.	Microorganismos acumuladores de fósforo.....	68
3.4.1.	Acumulación de productos orgánicos de almacenamiento intracelular.....	68
3.4.2.	Acumulación aerobia de polifosfatos.....	70
3.4.3.	Acumulación anóxica de polifosfatos	71
3.4.4.	Crecimiento aerobio de organismos acumuladores de fosfatos	72

3.4.5.	Crecimiento anóxico de organismos acumuladores de fosfatos	74
3.4.6.	Respiración y muerte de organismos acumuladores de fosfatos	75
3.4.7.	Pérdida de polifosfatos asociada a la respiración y muerte de organismos acumuladores de fosfatos	76
3.4.8.	Pérdida de productos orgánicos de almacenamiento intracelular (X_{PHA}) asociada a la respiración y muerte de organismos acumuladores de fosfatos.....	77
3.5.	Microorganismos autótrofos	78
3.5.1.	Crecimiento aerobio de organismos nitrificantes.....	79
3.5.2.	Respiración y muerte de organismos nitrificantes	80
3.6.	Procesos físico-químicos del fósforo	80
3.6.1.	Coprecipitación de fósforo	81
3.6.2.	Redisolución de fósforo	81
3.7.	Matriz de coeficientes estequiométricos.....	81
3.7.1.	Constantes estequiométricas	89
4.	Crecimiento a partir de reservas intracelulares.....	92
4.1.	Variables de estado y procesos.....	94
4.1.1.	Variables de estado.....	94
4.1.2.	Procesos.....	95
4.2.	Procesos enzimáticos extracelulares	96
4.2.1.	Hidrólisis	96
4.3.	Procesos en microorganismos heterótrofos	97
4.3.1.	Almacenamiento aerobio de S_s	97
4.3.2.	Almacenamiento anóxico de S_s ($\text{NO}^{-3} \rightarrow \text{NO}^{-2}$).....	98
4.3.3.	Almacenamiento anóxico de S_s ($\text{NO}^{-2} \rightarrow \text{N}_2$).....	99
4.3.4.	Crecimiento aerobio de X_H	99
4.3.5.	Crecimiento anóxico de X_H ($\text{NO}^{-3} \rightarrow \text{NO}^{-2}$)	100
4.3.6.	Crecimiento anóxico de X_H ($\text{NO}^{-2} \rightarrow \text{N}_2$)	100

4.3.7.	Respiración endógena aerobia de X_H	100
4.3.8.	Respiración endógena anóxica ($NO^{-3} \rightarrow NO^{-2}$).....	101
4.3.9.	Respiración endógena anóxica ($NO^{-2} \rightarrow N_2$).....	101
4.3.10.	Respiración aerobia de X_{STO}	101
4.3.11.	Respiración anóxica de X_{STO} ($NO^{-3} \rightarrow NO^{-2}$)	102
4.3.12.	Respiración anóxica de X_{STO} ($NO^{-2} \rightarrow N_2$)	102
4.4.	Procesos en microorganismos autótrofos.....	102
4.4.1.	Crecimiento aerobio de X_{AOB} (nitrificación I).....	102
4.4.2.	Respiración endógena aerobia de X_{AOB}	103
4.4.3.	Respiración endógena anóxica de X_{AOB}	103
4.4.4.	Crecimiento aerobio de X_{NOB} (nitrificación II).....	104
4.4.5.	Respiración endógena aerobia de X_{NOB}	104
4.4.6.	Respiración endógena anóxica de X_{NOB}	105
4.5.	Procesos físico-químicos	105
4.5.1.	Transferencia interfacial.....	105
4.6.	Matriz de coeficientes estequiométricos.....	105
4.6.1.	Constantes estequiométricas.....	115
5.	Modelo de sistema de digestión anaerobia.....	117
5.1.	Variables de estado y procesos.....	117
5.1.1.	Variables de estado	117
5.1.2.	Procesos.....	119
5.2.	Procesos enzimáticos extracelulares	120
5.2.1.	Descomposición	120
5.2.2.	Hidrólisis de carbohidratos	122
5.2.3.	Hidrólisis de proteínas.....	123
5.2.4.	Hidrólisis de lípidos	123
5.3.	Acidogénesis.....	124
5.3.1.	Consumo de azúcares en acidogénesis.....	124
5.3.2.	Consumo de aminoácidos en acidogénesis	127

5.4.	Acetogénesis	128
5.4.1.	Consumo de ácidos grasos de cadena larga en acetogénesis.....	130
5.4.2.	Consumo de valerianato en acetogénesis	131
5.4.3.	Consumo de butirato en acetogénesis	132
5.4.4.	Consumo de propionato en acetogénesis	132
5.5.	Metanogénesis	133
5.5.1.	Consumo de acetato en metanogénesis aceticlástica	133
5.5.2.	Consumo de hidrógeno en metanogénesis hidrogenotrófica .	135
5.6.	Procesos de pérdida de biomasa	136
5.6.1.	Merma de microorganismos acidógenos degradadores de azúcares	136
5.6.2.	Merma de microorganismos acidógenos degradadores de aminoácidos.....	137
5.6.3.	Merma de microorganismos acetógenos degradadores de ácidos grasos de cadena larga.....	137
5.6.4.	Merma de microorganismos acetógenos degradadores de valerianato y butirato.....	137
5.6.5.	Merma de microorganismos acetógenos degradadores de propionato	138
5.6.6.	Merma de microorganismos metanógenos degradadores de acetato.....	138
5.6.7.	Merma de microorganismos metanógenos hidrogenotróficos	138
5.7.	Mecanismos de inhibición	139
5.8.	Efecto de la temperatura	141
5.9.	Procesos físico-químicos	141
5.9.1.	Equilibrios de disociación. Balance iónico	141
5.9.2.	Equilibrios gas-líquido	145
5.10.	Matriz de coeficientes estequiométricos.....	146
5.10.1.	Constantes estequiométricas.....	150

III APÉNDICES	153
A. Equilibrios ácido-base del carbono inorgánico	154
B. Procesos ANAMMOX	158
C. Test de autoevaluación	160
C.1. Dinámica sustrato-microorganismos	160
C.2. Cultivo continuo de microorganismos	163
C.3. Modelo de sistema de fangos activos	165
C.4. Crecimiento a partir de reservas intracelulares.....	167
C.5. Modelo de sistema de digestión anaerobia	169
Bibliografía	171
Índice alfabético	175