

EJERCICIOS PROPUESTOS

DE

INGENIERIA AMBIENTAL 3º

Cátedra de Ingeniería Ambiental
ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Cataluña

Noviembre de 1987

EXAMEN FINAL DE JULIO

1. RESPONDER BREVE Y RAZONADAMENTE LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:
 1. ¿QUE DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD SE UTILIZAN PARA VALORAR LA CONCENTRACION MICROBIANA DE UN AGUA SEGUN LA TECNICA DEL NUMERO MAS PROBABLE? INDICAR LA EXPRESION NUMERICA DE LAS DISTRIBUCIONES, Y EL SIGNIFICADO DE CADA PARAMETRO.
 2. ¿QUE CARACTERISTICA DE UN AGUA RESIDUAL SUELE DETERMINARSE CON EL COCIENTE ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE COLIFORMES FECALES Y DE ESTREPTOCOCCOS FECALES? ¿CUAL ES EL VALOR MAS FRECUENTE EN UN AGUA RESIDUAL DOMESTICA?
 3. ¿QUE CIRCUNSTANCIA MODIFICA LA CAPACIDAD INTERPRETATIVA DEL COCIENTE CF/CF EN AGUAS COSTERAS CONTAMINADAS CON AGUA RESIDUAL? ¿QUE CARACTERISTICA DE LA FUENTE DE CONTAMINACION PUEDE VALORARSE CON ESTE COCIENTE EN TALES CASOS?
 4. LA ABSORCION DE ENERGIA RADIANTE POR EL AGUA DE UN EMBALE PRODUCE LA FORMACION DE VARIAS ZONAS DIFERENCIADAS. ¿COMO SE DETERMINA ESTE PROCESO FISICO? ¿COMO SE DEFINEN Y COMO SE DETERMINAN CADA UNA DE LAS ZONAS RESULTANTES?
 5. LOS MICROORGANISMOS DE LA ESPECIE THIOBACILLUS THIOOXIDANS OBTIENEN SU ENERGIA A PARTIR DE LA OXIDACION DE COMPUESTOS DEL AZUFRE, MIENTRAS QUE EL CARBONO LO OBTIENEN DE COMPUESTOS INORGANICOS. ¿COMO SE CLASIFICAN ESTOS MICROORGANISMOS EN FUNCION DE SU FUENTE DE CARBONO, Y DE SU FUENTE DE ENERGIA? ¿CUAL ES EL RADICAL QUIMICO OBTENIDO COMO SUBPRODUCTO EN ESE PROCESO DE OXIDACION?

UFB
ETS INGENIEROS DE CAMINOS

INGENIERIA AMBIENTAL 3º
1981-82

EXAMEN FINAL DE SEPTIEMBRE

2. RESPONDER BREVE Y RAZONADAMENTE LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

1. ¿QUE ES UN QUIMOSTATO? ¿QUE APLICACION TIENE EN ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES? ¿QUE SIGNIFICA MANTENER UN QUIMOSTATO EN ESTADO ESTACIONARIO? ¿CUANDO SE DICE QUE EL CONTENIDO DE UN QUIMOSTATO ES UNIFORME?
2. ¿CUALES SON LOS MICROORGANISMOS INDICADORES COMUNMENTE UTILIZADOS PARA VALORAR LA CALIDAD DE UN AGUA? ¿DE QUE SON REALMENTE INDICADORES? ¿QUE TECNICAS DE ANALISIS SE UTILIZAN PARA SU IDENTIFICACION Y CUANTIFICACION?
3. ¿CUALES SON LOS PROCESOS FISICO-QUIMICOS RESPONSABLES DEL DETERIORO DE LAS BOVEDAS DE LOS ALCANTARILLADOS DE HORMIGON? ¿QUE TIPO DE MICROORGANISMOS INTERVIENEN EN TALES PROCESOS? ESQUEMATIZAR EL PROCESO DEL DETERIORO.
4. ¿QUE CONDICIONES AMBIENTALES CONTRIBUYEN AL DESARROLLO DEL PROCESO DE EUTROFIZACION DE UNA MASA DE AGUA NATURAL? ¿QUE RESULTADOS BIOLÓGICOS INMEDIATOS LLEVA CONSIGO? ¿QUE CONSECUENCIAS INDIRECTAS TIENE SOBRE LA CALIDAD FISICA Y QUIMICA DEL AGUA?.
5. ¿COMO SE DEFINE EL EFECTO AMBIENTAL DE UNA ACCION? ¿QUE ES EL IMPACTO AMBIENTAL DE UNA ACCION? ¿QUE ES UNA "FUNCION DE VALOR" DE UN PARAMETRO DE CALIDAD?.

EXAMEN FINAL DE JUNIO (I)

3. RESPONDER BREVE Y RAZONADAMENTE LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

1.1 ¿QUE CLASIFICACION DE LAS AGUAS DE CONSUMO PUBLICO ESTABLECE LA NORMATIVA TECNICO-SANITARIA ACTUAL? ¿COMO SE DEFINEN CADA UNO DE ESTOS TIPOS EN LA NORMATIVA? ¿QUE NIVELES Y QUE TIPO DE CARACTERES DE CALIDAD UTILIZA LA NORMATIVA CUANDO ESTABLECE LIMITACIONES PARA LOS DIVERSOS COMPONENTES DEL AGUA?

1.2 ¿QUE ES UN QUIMOSTATO? ¿QUE APLICACION TIENE EN ESTUDIOS MEDIOAMBIENTALES? ¿QUE SIGNIFICA MANTENER UN QUIMOSTATO EN ESTADO ESTACIONARIO? ¿CUANDO SE DICE QUE EL CONTENIDO DE UN QUIMOSTATO ES UNIFORME? .

1.3 ¿UALES SON LOS PROCESOS RESPONSABLES DEL DETERIORO QUE SUFREN A VECES LAS BOVEDAS DE HORMIGON DE LAS ALcantarillas? ¿QUE MICROORGANISMOS INTERVIENEN EN ESTOS PROCESOS? ¿QUE CONDICIONES FAVORECEN ESTE PROCESO DE DETERIORO?

1.4. ¿COMO SE DEMUESTRA EL PROCESO DE CONVERSION DEL NH_3 EN NITRATO? ¿QUE MICROORGANISMOS LO LLEVAN A CABO? ¿COMO SE DEMUESTRAN, Y POR QUE, ESTOS MICROORGANISMOS EN FUNCION DE SU FUENTE DE CARBONO, SU FUENTE ENERGETICA Y SU ACEPTOR DE ELECTRONES?

1.5 ¿QUE REACCIONES DE OXIDACION-REDUCCION TIENEN LUGAR DURANTE LA "FISACION" DEL OXIGENO DISUELTU EN UN AGUA POR EL METODO DE WINKLER? ¿QUE INTERFERENCIA SE ELIMINA CON LA INTRODUCCION DE AZIDA SODICA?

NOTA: LAS RESPUESTAS NO HAN DE SOBREPASAR DOS PAGINAS DIN A4.

EXAMEN FINAL DE SEPTIEMBRE (I)

4. RESPONDER BREVE Y RAZONADAMENTE LAS SIGUIENTES PREGUNTAS:

1.1 ¿QUE SIGNIFICAN LAS SIGLAS DQO? ¿CUAL ES EL AGENTE OXIDANTE DE ESTE ENSAYO? ¿EN QUE CONDICIONES FISICAS, QUIMICAS Y TEMPORALES SE REALIZA ESTE ANALISIS? ¿CUAL ES LA REACCION DE OXIDACION-REDUCCION QUE SE UTILIZA PARA VALORAR EL OXIDANTE?

1.2 ¿COMO SE DENOMINA EL PROCESO DE CONVERSION DEL NITROGENO GAS EN NITROGENO ORGANICO? ¿QUE TIPO DE REACCION QUIMICA ES, Y POR QUE? ¿CUALES SON DOS DE LOS PROCESOS BIOLÓGICOS NATURALES QUE PARTICIPAN EN ESTA CONVERSION? ¿CUAL ES LA FUENTE DE ENERGIA Y DE CARBONO ORGANICO EN AMBOS CASOS?

1.3 ¿COMO SE DEFINE LA ALCALINIDAD DE UN AGUA? ¿QUE RELACION GUARDA CON LAS CONCENTRACIONES DE CATIONES Y ANIONES NO CONTENIDOS EN SU DEFINICION? ¿QUE UNIDADES DE MEDIDA SE UTILIZAN EN LA PRACTICA PARA EXPRESARLA? ¿QUE EFECTO TIENE LA ADICION DE ACIDO FOSFORICO EN LA ALCALINIDAD DE UN AGUA? ¿POR QUE?

1.4 ¿QUE REACCIONES DE OXIDACION-REDUCCION TIENEN LUGAR DURANTE LA "FIJACION" DEL OXIGENO DISUELTO EN UN AGUA POR EL METODO DE WINKLER? ¿QUE INTERFERENCIA SE ELIMINA CON LA INTRODUCCION DE LA AZIDA SODICA?

1.5 ¿COMO SE DENOMINA LA SITUACION ESPACIAL RESULTANTE DE LA ABSORCION DE ENERGIA RADIANTE POR UNA MASA DE AGUA? ¿COMO SE DENOMINAN Y COMO SE DEFINEN CADA UNA DE LAS ZONAS RESULTANTES?

NOTA: LAS RESPUESTAS NO HAN DE SOBREPASAR DOS PAGINAS DINIA4.

UPB

INGENIERIA AMBIENTAL 3°

ETS INGENIEROS DE CAMINOS

5. EL ALGA VERDE SELENASTRUM CAPRICORNUTUM, NORMALMENTE PRESENTE EN AGUAS OLIGOTROPICAS, ESTA CONSIDERADA COMO UNA DE LAS MAS APROPIADAS PARA ESTUDIOS DE EUTROFIZACION.

SE DESEA DETERMINAR LOS PARAMETROS CINETICOS DEL CRECIMIENTO DE ESTE ALGA, EN CONDICIONES AMBIENTALES EN LAS QUE EL FOSFORO ES EL ELEMENTO NUTRITIVO QUE CONTROLA EL CRECIMIENTO CELULAR. PARA ELLO, SE REALIZAN UNA SERIE DE ENSAYOS DE FLUJO CONTINUO, UTILIZANDO UN QUIMOSTATO SIN RECIRCULACION CELULAR.

LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS, UNA VEZ ALCANZADO EL ESTADO ESTACIONARIO DEL QUIMOSTATO, VIENEN RESUMIDOS EN LA SIGUIENTE TABLA.

TABLA I. RESUMEN DE ENSAYOS CINÉTICOS

θ_c dias	X_1 mg/l	S_0 µg/l PO ₄ -P	S_1 µg/l PO ₄ -P
0,951	11,1	64,8	51,0
0,940	11,7	63,3	48,8
0,955	15,7	100,0	80,5
0,967	13,5	93,3	76,5
0,910	14,7	96,3	78,0
0,960	19,2	128,0	104,0
0,873	20,1	130,0	104,7
0,870	18,3	128,0	105,3
0,867	23,8	161,0	131,3
0,924	25,8	162,0	129,7
0,920	27,5	164,0	129,9

UTILIZANDO EL MODELO CINÉTICO Y LAS HIPOTESIS REFLEJADAS POR

.../...

UPB

INGENIERIA AMBIENTAL 3º

ETS INGENIEROS DE CAMINOS
5. (CONTINUACION)
LAS EXPRESIONES

$$\mu = \frac{\hat{\mu} S_1}{K_s + S_1} \quad ; \quad \mu = Y \cdot q$$

$$q = \frac{S_0 - S_1}{X_1 \theta} \quad ; \quad \frac{1}{\theta_c} = Y q - k_d$$

DETERMINAR POR EL METODO DE CORRELACION DE LOS MINIMOS CUADRADOS :

1. LAS CONSTANTES CINÉTICAS K_s ($\mu\text{g/l}$ POR P) Y $\hat{\mu}$ (día^{-1})
2. LAS CONSTANTES CINÉTICAS Y ($\mu\text{g CELULAS}/\mu\text{g POR-P}$) Y k_d (día^{-1})

UPB

INGENIERIA AMBIENTAL 3°
1981-82

1 ETS INGENIEROS DE CAMINOS

6. LA SOCIEDAD PROPIETARIA DEL EMBALSE DE CERROALTO HA ENCARGADO UN ESTUDIO DESTINADO A EVALUAR LOS PARAMETROS CINETICOS DEL CRECIMIENTO DE LAS ALGAS DE LAS ESPECIES *CLORELLA*, LA MAS ABUNDANTES Y FRECUENTES EN SUS AGUAS, ASI COMO EL INVENTARIO DE LOS VERTIDOS DE FOSFORO Y NITROGENO QUE SE REALIZAN ACTUALMENTE EN EL EMBALSE. LOS RESULTADOS HIPOTETICOS DE TAL ESTUDIO Vienen REFLEJADOS EN LAS TABLAS SIGUIENTES:

TABLA I CARACTERISTICAS CINETICAS DE LAS ESPECIES *CLORELLA*

Parametro	Elemento Limitante	
	Fosforo	Nitrogeno
μ	1200 día ⁻¹	1200 día ⁻¹
K_s	5 µg/l P	100 µg/l N

TABLA II CONCENTRACIONES E INVENTARIO HIPOTETICO DE FOSFORO Y NITROGENO

Parametro	Elemento Nutritivo	
	Fosforo	Nitrogeno
Concentracion actual	20 µg/l P	95 µg/l N
Vertidos urbanos	30%	20%
Vertidos agricolas	40%	60%
Eslorentia natural	30%	20%

ENTRE LAS POSIBLES ALTERNATIVAS DE ACCION SE PROPONEN DOS ACCIONES A MEDIO PLAZO, Y UNA A LARGO PLAZO:

1. CONSTRUIR INSTALACIONES DE TRATAMIENTO DE LOS VERTIDOS URBANOS, DE MODO QUE SE CONSIGA ELIMINAR UN 80% DEL FOSFORO QUE CONTIENEN.
2. IMPLANTAR UN MAYOR CONTROL Y UNA MAYOR EFICACIA EN LAS TECNICAS DE ABONADO DE SUELOS AGRICOLAS, DE MODO QUE SE CONSIGA UNA REDUCCION DEL 40% DEL FOSFORO Y DEL 80% DEL NITROGENO CONTENIDO EN LOS VERTIDOS DE ESLORENTIA AGRICOLA.
3. EFECTUAR UNA CAMPAÑA DE REFORESTACION, QUE CONTENGA LA CRECIENTE EROSION DE LA CUENCA VERTIENTE, Y CONSIGA UNA REDUCCION DEL APORTE DE NITROGENO DE UN 80% Y DE UN 50% DEL FOSFORO.

../. ..

DETERMINAR:

1. EL ELEMENTO NUTRITIVO QUE LIMITA APARENTEMENTE EL CRECIMIENTO DE ESTAS ESPECIES DE ALGAS.
2. LA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO ESTIMADA A PARTIR DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES ANTERIORES.
3. LA ACTUACION A MEDIO PLAZO (1. y 2.) QUE CONSEGUIRÍA UNA REDUCCION MAYOR DE LA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO DE ESTAS ESPECIES DE ALGAS
4. EL BENEFICIO ADICIONAL QUE SE CONSEGUIRÍA, ADEMÁS DE LA ACTUACION A MEDIO PLAZO ANTERIOR, APLICANDO LA ACTUACION A LARGO PLAZO APUNTADA (No. 3).
5. LAS ESPECIES DE ALGAS QUE PODRIAN, CON EL TIEMPO, SUSTITUIR A LAS ALGAS ACTUALMENTE PRESENTES, HACIENDO EN CIERTO MODO IMPERANTES LAS ACTUACIONES EFECTUADAS.
6. LA CARACTERISTICA METABOLICA QUE CONFIERE A ESTAS POSIBLES ESPECIES DE ALGAS LA CAPACIDAD DE DESARROLLARSE EN CONDICIONES DESFAVORABLES PARA OTRAS ESPECIES.

2.-

7. LAS CONSTANTES CINÉTICAS CARACTERÍSTICAS DE UNAS BACTERIAS HETEROTROFAS HAN SIDO OBTENIDAS EXPERIMENTALMENTE EN EL LABORATORIO, UTILIZANDO AGUA RESIDUAL COMO SUSTRATO, Y VIENEN RESUMIDAS A CONTINUACION:

$$\hat{\mu} = 2,3 \text{ mg células/mg células-día}; \quad Y = 0,65 \text{ mg células/mg DQO}$$
$$K_s = 120 \text{ mg/l DQO} \quad ; \quad k_d = 0,05 \text{ mg células/mg células-día}$$

SE DESEA EVALUAR ESTOS RESULTADOS MEDIANTE UNA INSTALACION PROTOTIPO CONSTITUIDA POR UN QUIMOSTATO DE 1800 LITROS DE CAPACIDAD, AGITADO DE FLUJO QUE SE COMPORTE COMO UN REACTOR DE FLUJO CONTINUO Y MEZCLA COMPLETA, SIN RECIRCULACION.

SABIENDO QUE EL AGUA AFLUENTE TIENE UNA DQO DE $S_0 = 280 \text{ mg/l}$ Y UTILIZANDO EL MODELO DE MONOD PARA EL CRECIMIENTO BACTERIANO, DETERMINAR:

1. LOS BALANCES MASICOS DE SUSTRATO (S) Y DE MATERIA CELULAR (X), CONSIDERANDO $X_0 = 0$.
2. EL CAUDAL DE AGUA RESIDUAL, EN LITROS/DIA, QUE SERA NECESARIO INTRODUCIR EN EL REACTOR PARA QUE, EN ESTADO ESTACIONARIO, SE ALCANZE UNA DQO EFLENTE DE 35 mg/l
3. LA VELOCIDAD ESPECIFICA DE CRECIMIENTO CELULAR NETO ($\hat{\mu}_n$)
4. LA VELOCIDAD ESPECIFICA DE ASIMILACION DE SUSTRATO (g)
5. LA CONCENTRACION CELULAR EN EL QUIMOSTATO (A).

NOTA: RESUMIR LOS RESULTADOS EN UNA TABLA.

UPB

INGENIERIA AMBIENTAL 3º

ETS INGENIEROS DE CAMINOS

8. SUPONIENDO QUE LA LEY DE POISSON

$$P(X=K) = \frac{e^{-V\lambda} (V\lambda)^K}{K!}$$

DESCRIBE ADECUADAMENTE LA PROBABILIDAD DE DETECTAR "K" MICROORGANISMOS EN UN VOLUMEN DE MUESTRA DE "V" ml, CUYA CONCENTRACION MEDIA TEORICA ES DE " λ " MICROORGANISMOS/ml.

DETERMINAR:

1. LA EXPRESION ANALITICA DE LA CONCENTRACION λ_m DE MICROORGANISMOS QUE CORRESPONDE AL MAXIMO VALOR DE LA PROBABILIDAD DE OBTENER "a" TUBOS POSITIVOS DE ENTRE "n" TUBOS IDENTICOS, A LOS QUE SE HA INOCULADO UN VOLUMEN "V" ml DE AGUA PROBLEMA.
2. LA EXPRESION DE LA PROBABILIDAD DE OBTENER LA COMBINACION 3-2-2 DE TUBOS POSITIVOS EN UNA SERIE DE 3 DILUCIONES SUCESIVAS, DE 3 TUBOS CADA UNA, EN LAS QUE SE HAN INOCULADO 10 ml, 1 ml, Y 0,1 ml DE AGUA PROBLEMA.
3. LA REPRESENTACION GRAFICA DE LA EXPRESION DE LA PROBABILIDAD DE OBTENER LA COMBINACION 3-2-2 A PARTIR DE UNA INOCULACION TAL COMO LA DESCRITA EN EL APARTADO 2 ANTERIOR.
¿QUE VALOR DE λ ESTA ASOCIADO GRAFICAMENTE CON EL VALOR MAXIMO DE DICHA PROBABILIDAD?
4. EL VALOR DE λ OBTENIDO PARA LA COMBINACION ANTERIOR A PARTIR DE LAS TABLAS CONTENIDAS EN STANDARD METHOD.
¿CUAL ES EL ERROR RELATIVO DE LA CONCENTRACION λ OBTENIDA GRAFICAMENTE?

UPB
ETS INGENIEROS DE CAMINOS

INGENIERIA AMBIENTAL 3°

9. - DETERMINAR LAS CONCENTRACIONES MICROBIANAS DE LAS MUESTRAS CUYOS RESULTADOS ANALITICOS SE RESUMEN A CONTINUACION:

TABLA V. RESULTADOS DE LABORATORIO. TECNICA DEL NMP
SERIES MULTIPLES DE $n=5$ TUBOS

NO. REGISTRO DEL AGUA	DILUCION UTILIZADA	TUBOS POSITIVOS			CONCENTRACION/100ml	
		10ml	1ml	0.1ml	NMP	Inter. Conf.
280	10^0	3	1	0		
340	10^3	3	2	1		
451	10^1	4	0	1		

10. DETERMINAR LAS CONCENTRACIONES MICROBIANAS DE LAS MUESTRAS CUYOS RESULTADOS ANALITICOS SE RESUMEN A CONTINUACION:

TABLA VI. RESULTADOS DE LABORATORIO. FILTRACION CON MEMBRANA

NO. REGISTRO DEL AGUA	DILUCION UTILIZADA	VOLUMEN FILTRADO, ml	RECuento COLONIAS	CONCENTRACION 100 ml
320	10^{-3}	2	18	
	10^{-3}	10	84	
	10^{-2}	5	Incontables	
370	10^{-5}	5	8	
	10^{-5}	20	20	
	10^{-4}	10	90	

6.- UPB
ETS INGENIEROS DE CAMINOS

INGENIERIA AMBIENTAL 3^o

11. EL ANALISIS MICROBIOLOGICO DE 10 MUESTRAS DE AGUA, RECOGIDAS SISTEMATICAMENTE EN UNA ESTACION COSTERA, HA PROPORCIONADO LOS SIGUIENTES RESULTADOS

TABLA VIII RESULTADOS ANALITICOS. DETERMINACION DE COLIFORMES FECALIS POR MEMBRANA FILTRANTE

Numero de Orden	Dilución Utilizada	Volumen Filtrado, ml	Numero de Colonias	CF/100 ml
1	10^0	20	8	
	10^0	100	31	
2	10^0	20	3	
	10^0	100	16	
3	10^0	2	19	
	10^0	10	87	
4	10^{-2}	10	7	
	10^{-2}	50	31	
5	10^{-1}	5	10	
	10^{-1}	20	34	
6	10^0	20	14	
	10^0	100	75	
7	10^0	10	20	
	10^0	50	108	
8	10^{-1}	5	10	
	10^{-1}	20	45	
9	10^0	50	8	
	10^0	100	22	
10	10^0	20	16	
	10^0	100	85	

UPB

ETS INGENIEROS DE CAMINOS

INGENIERIA AMBIENTAL 3º

11 . (CONTINUACION)

DETERMINAR:

1. LAS CONCENTRACIONES MICROBIANAS, EN CF/100ml, DE CADA UNA DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS.
2. LA DISTRIBUCION ESTADISTICA DE LA CONCENTRACION DE COLIFORMES FECALES, UTILIZANDO EL PAPEL DE PROBABILIDAD ADJUNTO.
3. LAS CONCENTRACIONES DE COLIFORMES FECALES QUE NO SE SUPERAN EN MAS DEL 50% Y DEL 90% DE LAS MUESTRAS
4. LA DESVIACION TIPICA "S" DE LA DISTRIBUCION OBTENIDA,
¿ PUEDE DECIRSE QUE LA ESTACION DE MUESTREO TIENE UN CARACTER SINGULAR? ¿ POR QUÉ?
5. EL CARACTER SATISFACTORIO O INSATISFACTORIO DE LA CALIDAD DEL AGUA COSTERA, RESPECTO A LA NORMA DE CALIDAD ESPAÑOLA: $CF_{50} = 200$ CF/100ml
 $CF_{90} = 1000$ CF/100ml

UPB
ETS INGENIEROS DE CAMINOS

INGENIERIA AMBIENTAL 3°

12. LA SIGUIENTE TABLA RESUME LOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLOGICOS REALIZADOS EN MUESTRAS DE AGUA RECOGIDAS SISTEMATICAMENTE EN UNA ESTACION DE MUESTREO DE LA PLAYA MARAZUL, DURANTE LA TEMPORADA ESTIVAL

TABLA VIII CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS
PLAYA MARAZUL

Dia	CT/100ml	CF/100ml	SF/100ml
1	48	6	162
2	76	56	146
3	34	3	141
4	2650	905	297
5	8550	8550	685
6	230	22	245
7	10	8	1280
8	16	6	110
9	28800	1280	1340
10	1080	40	2560
11	110	40	125
12	165	720	988

A LA VISTA DE ESTOS RESULTADOS, DETERMINAR:

1. LAS DISTRIBUCIONES ESTADISTICAS DE CADA UNO DE LOS MICROORGANISMOS INDICADORES, UTILIZANDO EL PAPEL DE PROBABILIDAD ADJUNTO.
2. LA CONCENTRACION DE CADA UNO DE LOS TRES MICROORGANISMOS QUE NO SE SUPERAN EN MAS DE UN 50% Y DE UN 90% DE LAS MUESTRAS, ASI COMO LAS DESVIACIONES TIPICAS "S" DE CADA UNO DE ELLOS.
3. EL CUMPLIMIENTO O NO DE LAS NORMAS DE CALIDAD ESPAÑOLAS,

UPB

ETS INGENIEROS DE CAMINOS

INGENIERIA AMBIENTAL 3º

12. (CONTINUACION)

EXPRESADAS POR $CF_{50} = 200$ CF/100ml Y $CF_{90} = 1000$ CF/100ml,
Y LAS NORMAS DE CALIDAD DE LA ORGANIZACION MUNDIAL DE
LA SALUD, EXPRESADAS POR $CF_{50} = 100$ CF/100ml Y $CF_{90} = 1000$ CF/100ml,
UTILIZANDO PARA ELLO EL METODO GRAFICO.

4. EL VALOR MAS ADECUADO DE LOS CUENTES CT/CF Y CF/SF
MAS CARACTERISTICOS DE LAS AGUAS COSTERAS ESTUDIADAS.

DESCRIBIR BREVE Y RAZONADAMENTE LOS CRITERIOS Y CONCLU-
SIONES QUE SE DERIVAN SOBRE EL ORIGEN, PROXIMO O REMOTO,
DE ESTOS MICROORGANISMOS PRESENTES EN LA PLAYA MARAZUL,
ASI COMO EL CARACTER ESTACIONARIO O VARIABLE DE LOS
VERTIDOS QUE AFECTAN LAS AGUAS DE ESTA PLAYA.

7-UPB
ETS INGENIEROS DE CAMINOS

INGENIERIA AMBIENTAL 3°
1981-82

13. LOS RESULTADOS DE LOS ANALISIS MICROBIOLOGICOS REALIZADOS EN MUESTRAS DE AGUA RECOGIDAS SISTEMATICAMENTE EN LA PLAYA DE AGUASVERDES VIENTEN RESUMIDOS EN LA SIGUIENTE TABLA

TABLA CALIDAD MICROBIOLOGICA PLAYA AGUASVERDES

Dia	CF/100ml	SF/100ml
1	185	100
2	121	80
3	3100	10560
4	305	2400
5	360	1860
6	22	620
7	67	77
8	3440	2040
9	95	488
10	14	676
11	1130	3600
12	18	392
13	2380	2520

DETERMINAR:

1. LAS DISTRIBUCIONES ESTADISTICAS DE CADA UNO DE LOS MICROORGANISMOS ANTERIORES, UTILIZANDO EL PAPEL DE PROBABILIDAD ADJUNTO.
2. LAS CONCENTRACIONES DE CADA MICROORGANISMO QUE NO SE SOBREPASAN EN MAS DE UN 50% Y DE UN 90% DE LAS MUESTRAS, ASI COMO LAS DESVIACIONES TIPICAS "S" DE CADA UNO DE ELLOS.
3. EL GRADO DE OBSERVANCIA, NUMERICA Y GRAFICA, DE LA NORMA ESPAÑOLA:
 $CF_{50} = 200 \text{ CF/100ml}$, $CF_{90} = 1000 \text{ CF/100ml}$
4. EL POSIBLE ORIGEN, PROXIMO O REMOTO, DE ESTOS MICROORGANISMOS EN LA PLAYA DE AGUASVERDES, ASI COMO EL CARACTER ESTACIONARIO DE LOS VERTIDOS QUE AFECTAN SUS AGUAS.

NOTA: RESUMIR LOS RESULTADOS EN UNA TABLA

9. UPB
ETS INGENIEROS DE CAMINOS

INGENIERIA AMBIENTAL 3°

14. LA SIGUIENTE TABLA RESUME LOS RESULTADOS ANALITICOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE LA DBO5 DE UNA MUESTRA DE AGUA, UTILIZANDO BOTELLAS DE DILUCION DE Vb = 300 ml DE CAPACIDAD.

TABLA .II RESULTADOS ANALITICOS DBO5

Volumen Muestra Vm, ml	Volumen Inoculo ml	Oxigeno Disuelto, mg/l Muestra ODm	Oxigeno Disuelto, mg/l Inoculada ODi
2,0	2,0	6,50	6,30
3,0	2,0	6,50	5,00
4,0	2,0	6,50	3,90
6,0	2,0	6,50	0,95

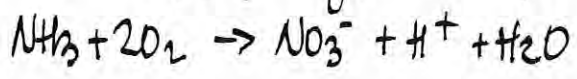
ANALISIS REALIZADOS CON EL INOCULO HAN PERMITIDO CONOCER SU DBO5, IGUAL A 85 mg/l O2. POR OTRA PARTE, EL AGUA DE DILUCION CONTIENE 8,90 mg/l DE OXIGENO DISUELTO.

DETERMINAR:

1. LA DBO5 DE LA MUESTRA DE AGUA, EXPRESADA EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS
2. LA DBO CARBONOSA TOTAL, EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS, DE LA MUESTRA DE AGUA ANTERIOR, SUPONIENDO APLICABLE UNA LEY DEL TIPO:

$$DBO_t = DBO_L (1 - 10^{-kt}) ; k = 0,12 \text{ dia}^{-1}$$

3. LA DBO ASOCIADA CON LA OXIDACION TOTAL DEL AMONIACO CONTENIDO EN LA MUESTRA DE AGUA, 24,0 mg/l NH3-N, SEGUN LA REACCION



4. LA DBO TOTAL DE LA MUESTRA DE AGUA.

NOTA: RESUMIR LOS RESULTADOS EN UNA TABLA, EXPRESANDOLOS EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS.

$$DBO_5 = (OD_{b_i} - OD_i) \frac{V_b}{V_m} - (OD_{b_0} - OD_m)$$

UPB
ETS INGENIEROS DE CAMBOS

INGENIERIA AMBIENTAL 3^o

15. LA SIGUIENTE TABLA RESUME LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DETERMINACION DE LA DBO5 DE DOS MUESTRAS DE AGUA "A" Y "B", UTILIZANDO BOTELLAS DE DILUCION DE $V_b = 250$ ml DE CAPACIDAD.

TABLA I RESULTADOS ANALITICOS DE DBO5

Muestra	Volumen V_m , ml	Oxigeno Disuelto, mg/l Muestra OD_m	Incubada OD_i
A	2,0	3,50	5,20
	4,0	3,50	2,30
	6,0	3,50	0,10
B	6,0	5,00	4,30
	8,0	5,00	3,15
	10,0	5,00	2,10

EL VOLUMEN DE INOCULO UTILIZADO EN LOS DOS CASOS HA SIDO DE 2,0 ml, HABIENDOSE DETERMINADO SIMULTANEAMENTE QUE SU DBO5 ES DE 125 mg/l. EL AGUA DE DILUCION CONTIENE 9,0 mg/l DE OXIGENO DISUELTO.
DETERMINAR:

- LA DBO5 DE CADA UNA DE LAS MUESTRAS, EXPRESADA EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS
- LA DBO CARBONOSA TOTAL DE CADA MUESTRA, EXPRESADA EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS, SUPONIENDO UNA LEY DE VARIACION DEL TIPO:

$$DBO_t = DBO_L (1 - 10^{-kt}) \quad , \quad k = 0,10 \text{ dia}^{-1}$$

- LA DBO ASOCIADA A LA OXIDACION TOTAL DEL AMONIACO CONTENIDO EN CADA MUESTRA, 25,0 Y 17,0 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ RESPECTIVAMENTE, SEGUN LA REACCION:



- LA DBO TOTAL DE LAS MUESTRAS, EXPRESADAS EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS.

NOTA: RESUMIR LOS RESULTADOS EN UNA TABLA

$$DBO_5 = (OD_{b_1} - OD_i) \frac{V_b}{V_m} - (OD_{b_0} - OD_m) \quad , \quad \text{mg/l}$$

10.-

16. LOS RESULTADOS DE LA DETERMINACION DE LA DBO5 DEL AFLUENTE Y EFLENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE EL CERRITO VOLEN RESUMIDOS EN LA SIGUIENTE TABLA.

TABLA RESULTADOS DBO5

Muestra	Volumen V_m, ml	Oxigeno disuelto OD_m	OD_i
Afluente	3,0	5,20	4,60
	5,0	5,20	2,40
	7,0	5,20	0,16
Efluente	10,0	4,80	7,20
	15,0	4,80	6,40
	20,0	4,80	5,60

SABRIENDO QUE:

1. LAS BOTELLAS DE INCUBACION TUVIERON UN VOLUMEN DE 250 ml
 2. EL INOCULO UTILIZADO PARA ANALIZAR EL AFLUENTE HA SIDO EL PROPIO EFLENTE, SIENDO EL VOLUMEN AÑADIDO DE 5,0 ml
 3. EL OXIGENO DISUELTO EN EL AGUA DE DILUCION ES DE 8,80 mg/l
- DETERMINAR, EXPRESANDO LOS RESULTADOS EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS,

1. LA DBO5 DE CADA UNA DE LAS MUESTRAS

2. LA DBO CARBONOSA TOTAL DE CADA MUESTRA, SUPONIENDO APLICABLE UNA LEY DEL TIPO

$$DBO_t = DBO (1 - 10^{-Kt}) \quad ; \quad K = 0,12 \text{ dia}^{-1}$$

NOTA: RESUMIR LOS RESULTADOS EN UNA TABLA

$$DBO_5 = (OD_{b_1} - OD_i) \frac{V_b}{V_m} - (OD_{b_0} - OD_m)$$

17. LA DETERMINACION DE LA DBO5 DEL AFLUENTE DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES VIENE RESUMIDA EN LA TABLA SIGUIENTE: DETERMINACION DBO5

Muestra	Volumen V_m , ml	Oxígeno Disuelto mg/l OD_m	Oxígeno Disuelto mg/l OD_i	Amoníaco mg/l NH_3-N
Afluente	4,0	4,80	3,70	21,0
	5,0	4,80	2,30	
	6,0	4,80	1,40	
	7,0	4,80	0,40	

SABIENDO QUE:

1. EL VOLUMEN DE LAS BOTEJAS DE INCUBACION OSCILA EN EL INTERVALO DE 250 ± 5 ml.

2. EL INOCULO UTILIZADO ES EL AFLUENTE DE LA PLANTA, CUYA DBO5 = 45 mg/l, SU OXIGENO DISUELTUO ES 5,80 mg/l, Y EL VOLUMEN DE INOCULO ES 5,0 ml

3. EL OXIGENO DISUELTUO EN EL AGUA DE DILUCCION ES DE 8,90 mg/l

DETERMINAR, EXPRESANDO LOS RESULTADOS CON CIFRAS SIGNIFICATIVAS.

1. LA DBO5 DEL AFLUENTE.

2. LA DBO ASOCIADA AL AMONIACO CONTENIDO EN EL AGUA.

NOTAS: RESUMIR LOS RESULTADOS EN UNA TABLA

$$DBO_5 = (OD_{b_1} - OD_i) \frac{V_b}{V_m} - (OD_{b_0} - OD_m)$$



18. LA DETERMINACION DE LA DBO5 DEL AFLUENTE Y DEL EFLUENTE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL MUNICIPIO DE BELLAMAR VIENEN RESUMIDOS EN LA SIGUIENTE TABLA:

DETERMINACION ANALITICA DE LA DBO5

Muestra	Volumen V_m , ml	Oxígeno Disuelto, mg/l		Amoníaco Disuelto mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$
		OD _m	OD _i	
Afluente	4.0	3.20	3.60	28.0
	5.0	3.20	2.40	
	6.0	3.20	1.35	
	7.0	3.20	0.25	
Efluente	15.0	5.80	6.80	10.0
	20.0	5.80	6.00	
	25.0	5.80	5.20	

SABIENDO QUE:

- EL VOLUMEN DE LAS BOTELLAS DE INCUBACION OSCILA EN EL INTERVALO DE 250 ± 5 ml.
- EL INOCULO UTILIZADO PARA ANALIZAR EL AFLUENTE HA SIDO EL PROPIO EFLUENTE, UTILIZANDOSE PARA ELLO UN VOLUMEN DE 6.0 ml
- EL OXIGENO DISUELTO DEL AGUA DE DILUCION ES DE 9.10 mg/l O_2 .

DETERMINAR, EXPRESANDO LOS RESULTADOS CON CIFRAS SIGNIFICATIVAS :

- LA DBO5 DEL AFLUENTE Y DEL EFLUENTE.
- LA DBO CARBONOSA TOTAL DE AMBAS MUESTRAS, SUPONIENDO APLICABLE UNA LEY DEL TIPO: $\text{DBO}_t = \text{DBO}_L(1 - 10^{-kt})$; $k = 0.12 \text{ día}^{-1}$.
- LA DBO ASOCIADA AL AMONIACO PRESENTE EN LAS MUESTRAS.

NOTAS: RESUMIR LOS RESULTADOS EN UNA TABLA

$$\text{DBO}_5 = (\text{OD}_i - \text{OD}_m) \frac{V_b}{V_m} - (\text{OD}_b - \text{OD}_m)$$



UPB
ETS INGENIEROS DE CAMINOS

INGENIERIA AMBIENTAL 3°

19. ESTUDIOS REALIZADOS POR LA AGENCIA DEL MEDIO AMBIENTE DE LOS ESTADOS UNIDOS (USEPA) CON OBJETO DE ESTIMAR LA PRECISION DEL METODO ANALITICO DE LA DBOS DIERON LOS RESULTADOS QUE SE RESUMEN EN LA SIGUIENTE TABLA.

TABLA XI PRECISION DEL METODO DE LA DBOS

Numero de Replicas	DBOS MEDIA mg/l	Desviacion tipica, mg/l
58	2.1	0.7
58	175.0	26.0

DETERMINAR:

1. EL INTERVALO DE CONFIANZA DEL 95% PARA CADA UNO DE LOS DOS TIPOS DE AGUA CONSIDERADOS.
2. EL COEFICIENTE DE VARIACION EN AMBOS CASOS
3. LA PROBABILIDAD DE QUE AL ANALIZAR UNA MUESTRA DE AGUA, CUYA DBOS SEA 2.1 O 175.0, OBTENGAMOS UN VALOR IGUAL O SUPERIOR A 1.5 VECES SU VALOR REAL.
4. LOS COMENTARIOS QUE PUEDEN HACERSE EN CUANTO A LA UTILIZACION PRACTICA DE LOS VALORES DE LA DBOS COMO PARAMETRO DE CONTROL DEL RENDIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO, O COMO PARAMETRO DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUAS RECEPTORAS

NOTA: RESUMIR LOS RESULTADOS EN UNA TABLA UTILIZAR EL PAPEL DE PROBABILIDAD ADJUNTO.

UPB

INGENIERIA AMBIENTAL 3°

ETS INGENIEROS DE CAMINOS

20. LA TABLA SIGUIENTE RESUME LOS PARES DE VALORES DE LA DBO₅ Y LA DQO OBTENIDOS DEL ANALISIS DE LAS AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DE UNA CENTRAL LECHERA, DURANTE UN PERIODO DE DOS MESES.

TABLA XII RESULTADOS ANALITICOS DE DBO₅ Y DQO

DBO ₅	DQO	DBO ₅	DQO	DBO ₅	DQO
563	861	289	354	203	495
38	134	598	686	375	460
582	744	693	896	143	245
269	396	16	150	828	870
133	277	29	133	64	181
141	317	554	614	474	555
121	271	72	226	17	133
658	706	146	259	330	527
58	121	169	512	12	148
848	971	419	552	219	354
16	88	195	302	88	185
636	672	208	311	42	145

DETERMINAR:

1. LA DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DE LOS VALORES DE LA DBO₅ Y LA DQO, UTILIZANDO EL PAPEL DE PROBABILIDAD ADJUNTO.
2. LOS VALORES MEDIOS Y LAS DESVIACIONES TÍPICAS DE LA DBO₅ Y LA DQO OBSERVADAS DURANTE EL PERIODO DE DOS MESES ESTUDIADO. ¿QUE VARIABILIDAD MUESTRAN ESTOS DOS PARAMETROS?
3. EL COEFICIENTE "a" DE LA RECTA DE CORRELACION

$$DBO_5 = a DQO$$

BASÁNDOSE, POR UNA PARTE, EN LOS PARES DE VALORES

UPB

ETS INGENIEROS DE CAMINOS

INGENIERIA AMBIENTAL 3º

20. (CONTINUACION)

DBO₅ = DQO, Y DE OTRA PARTE, EN LOS VALORES MEDIOS DE LA DBO₅ Y DE LA DQO, DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO.

4. LOS COEFICIENTES "a" Y "b" DE LA LINEA DE REGRESION

$$DBO_5 = a DQO + b$$

ASI COMO EL COEFICIENTE DE CORRELACION "r²", UTILIZANDO EL METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS.

5. LOS COMENTARIOS QUE SUGIEREN LOS VALORES DEL COEFICIENTE "a" OBTENIDOS POR LOS METODOS DESCRITOS EN LOS APARTADOS 3 Y 4 ANTERIORES.

¿ QUE PUEDE DECIRSE DE LA BIODEGRADABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES EN CUESTION?

NOTA: RESUMIR LOS RESULTADOS EN UNA TABLA.

UPB

INGENIERIA AMBIENTAL 3°

ETS INGENIEROS DE CAMINOS

21. CON OBJETO DE EVALUAR LA TOXICIDAD GLOBAL DEL EFLUENTE DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES URBANAS, SE HA REALIZADO UN ENSAYO BIOLÓGICO UTILIZANDO COMO INDICADOR UNA DE LAS ESPECIES MEJOR CONOCIDA EN LA ZONA DEL VERTIDO, TANTO POR SU INTERÉS ECONÓMICO COMO POR SU SENSIBILIDAD A CAMBIOS DE LA CALIDAD NATURAL DE LAS AGUAS RECEPTORAS.

LOS RESULTADOS DEL ENSAYO, OBTENIDOS AL CASO DE 96 HORAS, SE RESUMEN EN LA SIGUIENTE TABLA

TABLA XIII ENSAYO BIOLÓGICO DE TOXICIDAD

% en Volumen de Efluente	Supervivencia %
2	80
3	55
5	35
7	10

DETERMINAR:

1. EL VALOR DEL $96hCL50$ CARACTERÍSTICO DE ESTE EFLUENTE
2. LA TOXICIDAD DEL EFLUENTE, MEDIDO EN UNIDADES DE TOXICIDAD
3. LAS LIMITACIONES MÁXIMA ABSOLUTA Y MEDIA DE 24 HORAS QUE SERÍA RECOMENDABLE APLICAR EN LAS AGUAS RECEPTORAS, SUPONIENDO QUE EL EFLUENTE CONTIENE SUSTANCIAS BIOACUMULABLES.
4. LA DILUCIÓN INICIAL MEDIA QUE SERÍA NECESARIO ALCANZAR EN EL PUNTO DE VERTIDO, DE MODO QUE NO SE SOBREPASEN LOS LÍMITES ANTERIORES. DILUCIÓN SE DEFINE COMO EL COCIENTE C_0/C_1
5. LA TOXICIDAD MEDIA A QUE HABRÍA DE REDUCIRSE EL EFLUENTE ANTES DE SU VERTIDO, DE MODO QUE UTILIZANDO UN EFUSOR SUBMARINO BIEN PROYECTADO (DILUCIÓN $\approx 400:1$) PERMITA CUMPLIR LA NORMATIVA ANTERIORMENTE RECOMENDADA.

EXAMEN FINAL DE JUNIO

1. Responder brevemente y razonadamente las siguientes preguntas:

1. ¿Qué hipótesis fundamentales se tienen en cuenta para valorar los recuentos de colonias obtenidos por el método de Filtración con membrana? ¿Qué límites aproximados, en número de colonias, definen el intervalo de confianza del 95% de un recuento de 100 colonias en una placa ?.
2. ¿Qué características, orgánicas y funcionales, tienen las algas verde-azules ? ¿Cuál es, y como se denominan por ello estas algas, la fuente de carbono, la fuente de energía y el aceptor de electrones de estos microorganismos ?.
3. ¿Cómo se define la DQO de una muestra de agua ? ¿Cuál es el agente oxidante, las condiciones del ensayo y la duración del mismo ? ¿Cuál es la DQO de una disolución de 425 mg/l de fátalo monopotásico ($C_8O_4H_5K$)?.
4. ¿Qué es un criterio de calidad ? ¿Qué es una norma de calidad ? ¿Qué representa y qué unidades tiene una velocidad de emisión másica ?.
5. ¿Cuáles son las reacciones de oxidación-reducción que tienen lugar durante la valoración del oxígeno disuelto mediante el método de Winkler ? ¿Qué interferencia se elimina con la adición de azida sódica ?.
6. ¿Cuál es el fenómeno responsable de la filtración mediante un filtro de arena rápido ? ¿Cuál es su velocidad de filtración característica ? ¿Y la duración de sus carreras ? ¿Cómo se efectúa la limpieza de estos filtros, y que porcentaje de agua tratada se gasta en el proceso de lavado ?.
7. ¿Qué elementos esenciales componen un sistema de tratamiento individual o autónomo de aguas residuales ? ¿Qué objetivos fundamentales tienen cada uno de ellos ? ¿Dónde tiene lugar el tratamiento de la materia orgánica disuelta ?.
8. ¿Qué objetivos tiene el tratamiento secundario de un agua residual ? ¿Qué tiempos medios de permanencia hidráulica y de permanencia celular suelen adoptarse en este tipo de instalaciones ? ¿Qué concentraciones medias de DBO_5 y de MES pueden alcanzarse en el efluente de este proceso ?.
9. ¿Cuáles son los procesos responsables del tratamiento de un agua residual en una laguna de estabilización ? ¿Qué profundidad media, qué tiempo medio de permanencia hidráulica y qué número medio de lagunas suelen adoptarse en la práctica ? ¿Cuál es el fenómeno responsable de la desinfección conseguida con este tipo de lagunas ?.
10. ¿Cómo se define la dilución inicial y la dilución por dispersión horizontal conseguidas por un emisario submarino ? ¿Qué valores suelen alcanzarse para cada una de estas diluciones ? ¿Qué valor máximo suele considerarse para la dilución física mínima conseguida mediante un emisario submarino ?.

NOTA: Las respuestas deben realizarse en un máximo de DOS páginas DIN A4.
C = 12 ; O = 16 ; H = 1 ; K = 39 .

3-

2. Las constantes cinéticas características de una determinada especie microbiana heterótrofa han sido obtenidas experimentalmente en el laboratorio, utilizando un agua residual como sustrato, y vienen resumidas a continuación:

$$\hat{\mu} = 2,1 \text{ mg células/ mg células-día} \quad ; \quad Y = 0,60 \text{ mg células/ mg DQO}$$

$$K_S = 135 \text{ mg/l DQO} \quad ; \quad k_d = 0,05 \text{ mg células/ mg células-día}$$

Se desea contrastar estos resultados mediante una instalación prototipo semi-industrial, constituida por un quimostato de 300 litros de capacidad, agitado de modo que se comporte como un reactor de flujo continuo y mezcla completa, sin recirculación celular.

Teniendo en cuenta que:

1. El agua residual afluyente tiene una DQO de 1200 mg/l,
2. El modelo de Monod estima satisfactoriamente la velocidad de crecimiento celular,
3. La concentración celular afluyente es prácticamente nula ($X_0=0$),
4. El proceso biológico ha alcanzado estado estacionario,

DETERMINAR:

1. Los balances máxicos de sustrato (S) y de materia celular (X), indicando su deducción algebraica,
2. La DQO del efluente (S_1) que cabe esperar para un caudal afluyente de 80 litros al día.
3. La velocidad específica de crecimiento celular neto (μ_n),
4. La velocidad específica de asimilación de sustrato (q),
5. La concentración celular en el quimostato (X_1),
6. El tiempo medio de permanencia celular, en días.

NOTA: Resumir los resultados en una Tabla.

3. La siguiente tabla resume los resultados de los análisis microbiológicos realizados en muestras de agua recogidas durante los meses de junio, julio y agosto de 1983 en la playa de La Cala Dorada

Tabla Calidad Microbiológica de las aguas costeras en la playa de La Cala Dorada

Día	CF / 100 ml	EF / 100 ml
1	180	4 100
2	50	1 300
3	271	448
4	12 500	6 300
5	4 830	18 200
6	1 850	3 630
7	29	2 600
8	1 050	9 570
9	320	9 000
10	11 400	29 400

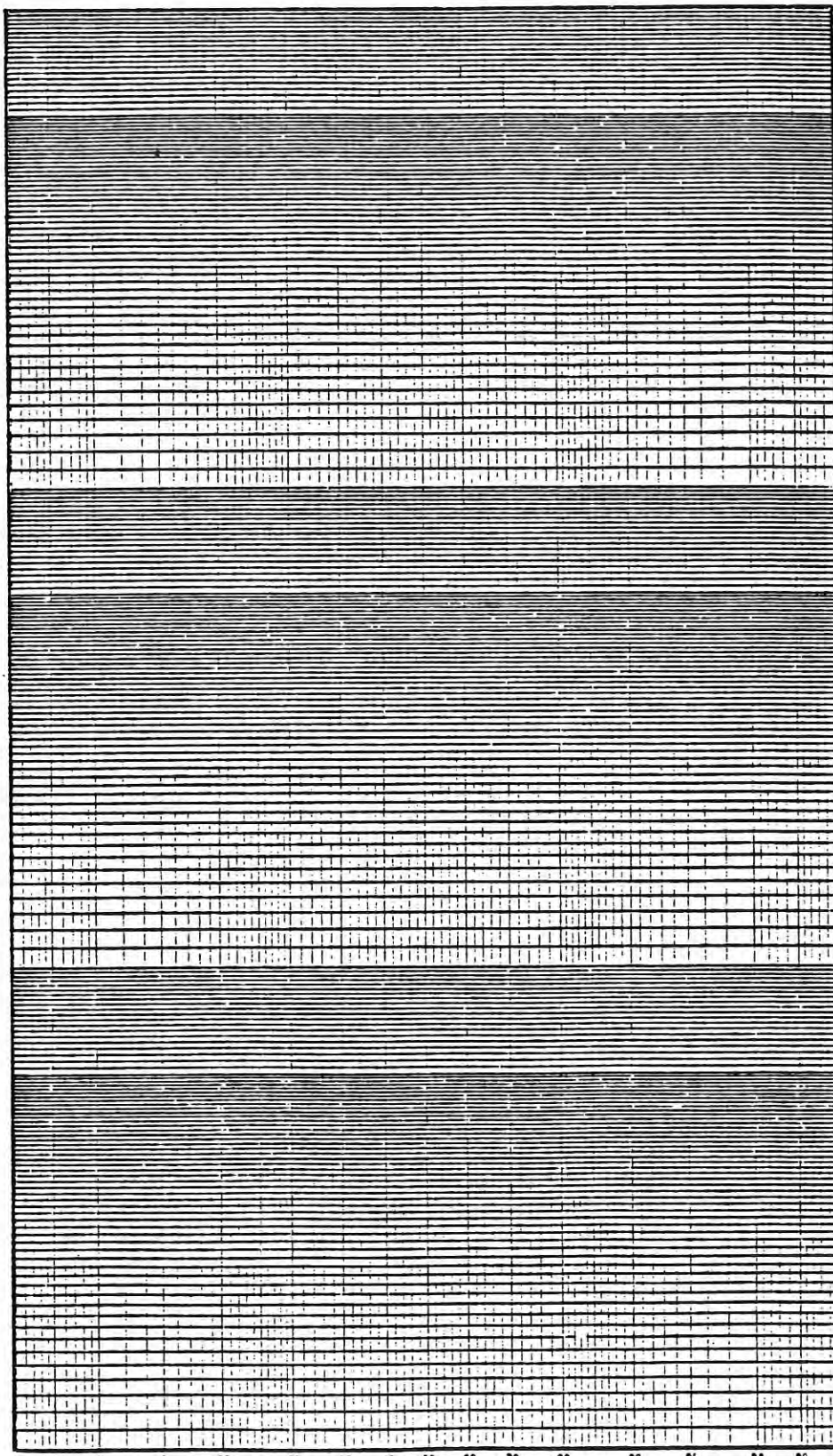
A partir de estos resultados, DETERMINAR:

1. Las distribuciones estadísticas de cada uno de los microorganismos indicadores, utilizando el papel de probabilidad adjunto,
2. La concentración de cada uno de estos dos microorganismos que no se superan en más de un 50 y un 90% de las muestras, así como las desviaciones típicas de cada uno de ellos,
3. El cumplimiento o no de las normas de calidad españolas y de las normas recomendadas por la OMS/PNUMA, razonando la respuesta,
4. El valor más adecuado del cociente CF/EF característico de las aguas de esta playa,
5. La justificación del origen, próximo o remoto de los microorganismos detectados en la playa La Cala Dorada, así como del carácter estacionario o variable de los vertidos que afectan sus aguas.

MOPU : CF50 = 200 CF/ 100 ml
CF90 = 1 000 CF/ 100 ml

OMS/PNUMA : CF50 = 100 CF/ 100 ml
CF90 = 1 000 CF/ 100 ml

NOTA: Resumir los resultados en una tabla.



5 1 2 5 10 20 30 40 50 60 70 80 90 95 98 99

4. Los resultados de la determinación de la DBO_5 del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales de " Las Colina " vienen resumidos en la siguiente tabla

Tabla Determinación de la DBO_5 . Las Colinas.

Muestra	Volumen V_m , ml	Oxígeno Disuelto, mg/l	
		OD_m	OD_i
Afluente	2,0	4,90	5,30
	4,0	4,90	2,90
	6,0	4,90	0,50
Solución patrón de 150 mg/l glucosa y 150 mg/l ácido glutámico	4,0	7,90	4,95
	6,0	7,90	3,35

Teniendo en cuenta que:

1. Las botellas de incubación tienen un volumen de 250 ± 5 ml,
2. El inóculo utilizado para analizar el afluente ha sido el propio efluente de la planta, cuya DBO_5 es de 38 mg/l, cuyo oxígeno disuelto es $OD = 8,40$ mg/l, habiéndose utilizado un volumen de $V = 6,0$ ml,
3. El oxígeno disuelto en el agua de dilución es $OD_{b0} = 8,90$ mg/l,

DETERMINAR, EXPRESANDO LOS RESULTADOS EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS:

1. La DBO_5 del afluente,
2. La DBO carbonosa total de la muestra, suponiendo aplicable una ley del tipo

$$DBO_t = DBO (1 - 10^{-kt}), \text{ con } k = 0,10 \text{ día}^{-1}$$
3. La DBO carbonosa total teórica de la disolución patrón,
4. La DBO_5 teórica de la disolución patrón,
5. El error absoluto y relativo cometido al analizar la disolución patrón.

NOTA: Resumir los resultados en una tabla.

$$DBO_5 = (OD_{b1} - OD_i) \frac{V_b}{V_m} - (OD_{b0} - OD_m)$$

Glucosa: $C_6H_{12}O_6$ Acido Glutámico : $C_5H_9O_4N$

$C = 12$; $H = 1$; $O = 16$; $N = 14$

1. Responder breve y razonadamente las siguientes preguntas:
 1. ¿ Cómo se define ecología ?. ¿ Qué constituye el medio ambiente de un ser vivo ?.
 2. ¿ Qué expresiones estadísticas se tienen en cuenta en el método interpretativo del NMP ?. ¿Cuál es la expresión de la probabilidad de obtener 1(+) y 4(-) en una serie de 5 tubos conteniendo cada uno un volumen de V ml de agua ?. ¿ Qué representa y qué unidades tiene el NMP asociado a ese resultado ?.
 3. ¿ Qué especies de microorganismos convierten el NH_3 en NO_3^- ?. ¿ Qué tipo de proceso químico es este ?. ¿ Cuáles son , y como se denominan por ello, la fuente de carbono, la fuente de energía, y el aceptor de electrones de estos microorganismos ?.
 4. ¿ Qué especies de microorganismos y qué procesos fisico-químicos intervienen en la degradación de las bóvedas de las alcantarillas de hormigón ?. ¿ Cómo puede evitarse esta situación ?.
 5. ¿ Cómo se define la dureza de un agua ?. ¿ Qué elementos químicos contribuyen fundamentalmente a ella ?. ¿ Qué dos unidades de medida se utilizan más frecuentemente ?. ¿Cuál es el factor de conversión entre ellas ?.
 6. ¿ Qué especies químicas disueltas tiene un agua en contacto con una atmósfera conteniendo CO_2 ?. ¿ Cómo se define la alcalinidad de un agua ?. ¿ Qué propiedad le confiere la alcalinidad a un agua ?. ¿ Qué cambio experimentará la alcalinidad de un agua sobresaturada de CO_2 cuando se expone a una atmósfera normal ?. ¿ Por qué?. ¿ Cómo variará el pH ?.. ¿ Por qué ?.
 7. ¿ Cómo se define la DQO de una muestra de agua ?. ¿Cuál es el agente oxidante, las condiciones del ensayo y la duración del mismo ?. ¿Cuál es la DQO teórica de una disolución de 425 mg/l de falato monopotásico ($\text{C}_8\text{O}_4\text{H}_5\text{K}$)?.
 8. ¿ Qué dos categorías de caracteres de calidad establece la normativa vignete sobre aguas de consumo público ?. ¿ Qué tipos de agua establece esta normativa en función de ellos ?. ¿ Qué condiciones ha de satisfacer cada uno de estos tipos de agua ?.

NOTA : Las respuestas deben realizarse en un máximo de DOS páginas DIN A4.

2. La siguiente Tabla resume los resultados de los análisis microbiológicos realizados en muestras de agua recogidas durante la temporada estival en la playa de La Pineda.

Tabla Calidad microbiológica de las aguas costeras en la playa de La Pineda

Día	CF/ 100 ml	EF/ 100 ml
1	36	820
2	54	90
3	210	1900
4	10	260
5	2500	1260
6	370	730
7	970	3650
8	6	520
9	65	1800

A partir de estos resultados, DETERMINAR:

1. Las distribuciones estadísticas de cada uno de los microorganismos indicadores, utilizando el papel de probabilidad adjunto e indicando claramente las variables representadas en cada eje coordenado, así como el correspondiente pie de figura.
2. La concentración de cada uno de estos dos microorganismos que no se supera en más de un 50 y un 90% de las muestras, así como las desviaciones típicas de cada uno de ellos.
3. El cumplimiento o no de las normas de calidad españolas y de las normas de calidad de la Comunidad Económica Europea (CEE), razonando la respuesta.

NOTA : Resumir los resultados en una Tabla.

MOPU : CF50 = 200 CF/100 ml
CF90 = 1 000 CF/100 ml

CEE : CF80 = 100 CF/100 ml
CF95 = 2 000 CF/100 ml
EF90 = 100 EF/100 ml

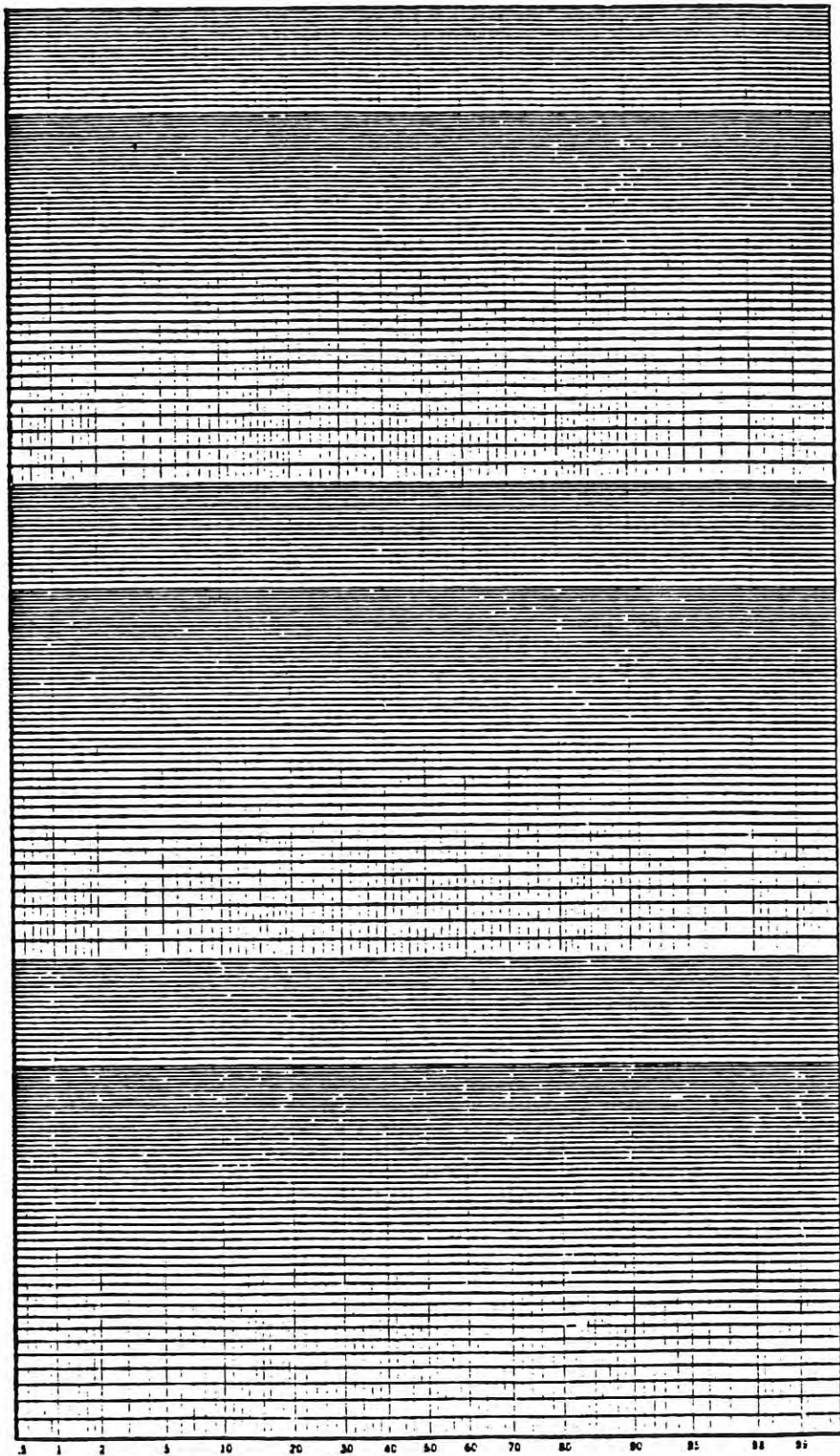


Figura 1.

3. Los resultados de la determinación de la DBO_5 del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio de Vallehermoso vienen resumidos en la siguiente tabla

Tabla Determinación de la DBO_5 . Vallehermoso

Muestra	Volumen V_m , ml	Oxígeno Disuelto, mg/l	
		OD_m	OD_i
Afluente	3,0	2,50	4,80
	5,0	2,50	2,40
	7,0	2,50	0,10
Disolución patrón de 200 mg/l glucosa y 200 mg/l ácido glutámico	4,0	8,20	4,70
	6,0	8,20	2,75

Temiendo en cuenta que:

1. las botellas de incubación tienen un volumen de 300 ± 5 ml,
2. El inóculo utilizado para analizar el afluente ha sido el propio efluente de la planta, cuya DBO_5 es de 25 mg/l, cuyo oxígeno disuelto es $OD = 7,20$ mg/l, habiéndose utilizado un volumen de 8,0 ml en cada inoculación,
3. El oxígeno disuelto en el agua de dilución es $OD_{b0} = 8,80$ mg/l.

DETERMINAR, EXPRESANDO LOS RESULTADOS EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS :

1. La DBO_5 del afluente,
2. La DBO carbonosa total teórica de la disolución patrón,
3. La DBO_5 teórica de la disolución patrón, suponiendo aplicable una ley del tipo

$$DBO_t = DBO (1 - 10^{-kt})$$
, con $k = 0,11 \text{ día}^{-1}$
4. La DBO_5 experimental de la disolución patrón,
5. El error absoluto y relativo cometido al analizar la disolución patrón.

NOTA : Resumir los resultados en una Tabla

$$DBO_5 = (OD_{b1} - OD_i) \frac{V_b}{V_m} - (OD_{b0} - OD_m)$$

Peso Molecular ($C_6H_{12}O_6$) = 180
glucosa

Peso molecular ($C_5H_9O_4N$) = 147
ácido glutámico

C = 12 ; H = 1 ; O = 16 ; N = 14

EXAMEN FINAL DE SEPTIEMBRE

1. Responder breve y razonadamente las siguientes preguntas:

1. ¿ Qué especies de microorganismos convierten el NH_3 en NO_3^- ?
¿ Qué tipo de proceso químico es este ? . ¿ Cuáles son la fuente de carbono, la fuente de energía y el aceptor de electrones de estos microorganismos ? . ¿ Cómo se denominana por ello estos microorganismos ? .
2. ¿ Qué especies químicas disueltas tiene un agua en contacto con una atmósfera conteniendo CO_2 ? . ¿ Cómo se define la alcalinidad de un agua ? . ¿ Qué propiedad le confiere la alcalinidad a un agua ? .
¿ En qué unidades se suele expresar la alcalinidad ? .
3. ¿ Cuáles son las reacciones de oxidación-reducción que tienen lugar durante la valoración del oxígeno disuelto por el método de Winkler ? .
¿ Qué interferencia se elimina con la azida sódica ? .
4. ¿ Cómo se define la DQO de una muestra de agua ? . ¿ Cuál es el agente oxidante, las condiciones del ensayo y la duración del mismo ? . ¿ Cuál es la DQO de una disolución de 425 mg/l de falato monopotásico ($\text{C}_8\text{O}_4\text{H}_5\text{K}$) ? .
5. ¿ Qué es coagular y qué es flocular la materia en suspensión de un agua de abastecimiento ? . ¿ Cómo se efectúan estos procesos en la práctica ? . ¿ Cuál es el coagulante más generalmente utilizado ? .
6. ¿ Cómo se define la carga superficial de un decantador ? . ¿ Qué unidades tiene ? . ¿ Qué valores suelen adoptarse en el tratamiento de aguas de abastecimiento ? . ¿ Qué dice la ley de Hazen de decantación ? .
7. ¿ Cuál es el fenómeno operativo en un filtro lento de arena ? . ¿ Cuál es su velocidad de filtración característica ? . ¿ Y la duración de sus carreras ? . ¿ Qué ventajas y qué inconvenientes principales tienen este tipo de filtros ? .
8. ¿ Qué especies integran el cloro libre residual ? . ¿ Qué especies especies integran normalmente el cloro combinado residual ? . ¿ Qué estado de valencia tiene el cloro en uno y otro tipo de compuestos ? .
¿ Qué significa clorar un agua al punto de ruptura ? .
9. ¿ Cuales son los procesos responsables del tratamiento de un agua residual en una laguna de estabilización ? . ¿ Qué profundidad media, qué tiempo medio de permanencia hidráulica y qué número medio de lagunas suele adoptarse en la práctica ? . ¿ Cuál es el fenómeno responsable de la desinfección conseguida con este tipo de lagunas ? .
10. ¿ Cómo se define la dilución inicial y la dilución por dispersión horizontal conseguidas por un emisario submarino ? . ¿ Qué valores suelen alcanzarse para cada una de estas diluciones ? . ¿ Qué valor máximo suele considerarse para la dilución física mínima conseguida mediante un emisario submarino ? .

NOTA: Las respuestas deben realizarse en un máximo de DOS páginas DIN A4.

C = 12 ; O = 16 ; H = 1 ; K = 39

2. La siguiente tabla resume los resultados de los análisis microbiológicos realizados en una muestra de agua recogida, durante la temporada estival, en la playa de Marabierto.

Tabla Resultados microbiológicos de una muestra de agua recogida en la playa de Marabierto.

Volumen filtrado ml	Dilución utilizada	Número de colonias		
		CT	CF	EF
20	1:1	-	-	-
5	1:1	72	46	-
20	1:10	31	20	300
5	1:10	9	4	98
20	1:100	-	-	36
5	1:100	-	-	-

A partir de estos resultados y sabiendo que en las zonas próximas a esta playa no hay ninguna granja o criadero de animales,

DETERMINAR:

1. La concentración, en número de microorganismos por 100 ml, de los tres indicadores de contaminación fecal contenidos en la muestra de agua analizada.
2. El valor característico del cociente CF/EF de esta muestra.
¿ Qué indicación proporciona este cociente sobre el origen próximo o remoto de la contaminación detectada ?. ¿Cuál es el fundamento de esta conclusión ?.

NOTA: Resumir los resultados en una tabla, expresando los resultados con sólo DOS cifras significativas.

11. 3. Los resultados de la determinación de la la Demanda Bioquímica de Oxígeno del afluente de la planta de tratamiento del municipio de Monteclaro vienen resumidos en la siguiente tabla:

Tabla Determinación de la DBO. Municipio de Monteclaro

Muestra	Volumen V_m , ml	Oxígeno disuelto, mg/l	
		OD_m	OD_i
Afluente a los 5 días de incubación	2,0	3,20	5,90
	4,0	3,20	3,30
	6,0	3,20	1,00
Afluente a los 20 días de incubación	1,0	3,20	6,60
	2,0	3,20	4,90
	3,0	3,20	3,35

Teniendo en cuenta que:

1. Las botellas de incubación tienen un volumen de 300 ± 5 ml
2. El inóculo utilizado para analizar el afluente ha sido el propio efluente de la planta, cuya DBO_5 es de 30 mg/l, cuyo oxígeno disuelto es $OD = 3,0$ mg/l, habiéndose utilizado un volumen de inóculo de 8,0 ml
3. El oxígeno disuelto en el agua de dilución es $OD_{b0} = 8,80$ mg/l
4. Todos los análisis se han realizado añadiendo una sustancia inhibidora del proceso de nitrificación, por lo que se puede considerar que toda la demanda de oxígeno es carbonosa
5. La DBO carbonosa total obtenida experimentalmente con una disolución de 200 mg/l de glucosa y 200 mg/l de ácido glutámico ha sido de 380 mg/l

DETERMINAR, EXPRESANDO LOS RESULTADOS EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS:

1. La DBO_5 del afluente.
2. La DBO carbonosa total del afluente.
3. El valor de la constante "k" característica de esta muestra, supuesto aplicable un modelo del tipo:

$$DBO_t = DBO (1 - 10^{-kt})$$

4. La DBO carbonosa total teórica de la disolución patrón.
5. El error absoluto y relativo cometido al analizar la disolución patrón.

NOTA: Resumir los resultados en una tabla

$$DBO_5 = (OD_{b1} - OD_i) \frac{V_b}{V_m} - (OD_{b0} - OD_m)$$

$$PM (C_6H_{12}O_6) = 180 \quad PM (C_5H_9O_4N) = 147$$

PRIMER EXAMEN PARCIAL

1. Responder breve y razonadamente las siguientes preguntas:
 - 1.1 ¿Cómo se define ecología ?. ¿ Qué constituye el medio ambiente de un ser vivo ?.
 - 1.2 ¿ Qué expresiones estadísticas se tienen en cuenta para obtener el NMP de microorganismos presentes en una muestra de agua ?. ¿Cuál es la expresión de la probabilidad de obtener 4(+) y 1(-) en una serie de 5 tubos, cada uno de los cuales contiene un volumen de $V = 5$ ml de agua ?. ¿ Qué representa y qué unidades tiene el NMP obtenido de esta expresión ?.
 - 1.3 ¿ Qué especies microbianas convierten el NO_3^- en N_2 ?. ¿ Qué tipo de reacción química es esta ?. ¿Cuáles son la fuente de carbono, la fuente de energía y el aceptor de electrones de estos microorganismos ?. ¿ Cómo se denominan por ello estos microorganismos ?.
 - 1.4 ¿ Qué método analítico se utiliza para determinar el residuo seco de un agua ?. ¿ Y para determinar su materia en suspensión ?. ¿ Y para diferenciar el contenido de materia orgánica e inorgánica ?. ¿ Qué interferencia principal se produce durante estos dos últimos ensayos y qué importancia relativa tiene en cada uno de ellos ?.
 - 1.5 ¿ Qué es la turbiedad de un agua ?. ¿ Qué tipos de instrumentos se utilizan para medirla y cuál es su principio de funcionamiento ?. ¿ En qué grado de turbiedad es mas adecuado cada uno de ellos ?. ¿ Cómo se calibran estos aparatos ?.
 - 1.6 ¿ Cómo se define la DQO de una muestra de agua ?. ¿Cuál es el agente oxidante, las condiciones del ensayo, y la duración del mismo ?. ¿Cuál es la DQO teórica de una disolución de 850 mg/l de falato monopotásico ?. ($\text{C}_8\text{O}_4\text{H}_5\text{K}$)
 - 1.7 ¿ Qué es un criterio de calidad ?. ¿ Qué es una norma de calidad ?. Ilustrarlo con un ejemplo relativo a los nitratos presentes en un agua de consumo público. ¿ Cómo se define la velocidad de emisión másica y la velocidad de emisión másica unitaria ?. ¿Cuál de estos dos tipos de normas es mas adecuado para proteger unas aguas receptoras determinadas?. ¿ Por qué ?.
 - 1.8 ¿ Qué tipos de aguas establece la Reglamentación Técnico-Sanitaria española ?. Definir cada uno de ellos, indicando los niveles de calidad que no pueden sobrepasarse en cada caso .
 - 1.9 ¿ Qué categorías de caracteres de calidad de un agua establece la reglamentación española ?. ¿ Qué significado tiene cada uno de ellos ?. ¿Cuáles son las categorías equivalentes en la reglamentación de la Comunidad Económica Europea (CEE) ?. ¿ Qué grandes grupos de caracteres de calidad establece la normativa española ?. ¿ Qué nivel de turbiedad, de nitratos y de fluoruros establece como máximos admisibles ?.
 - 1.10 ¿Cuáles son dos de las responsabilidades esenciales de los Ayuntamientos según la Reglamentación Técnico-Sanitaria española ?. ¿Cuál es la dotación mínima a considerar ?. ¿ Qué categorías de análisis de control establece la Reglamentación ?. ¿ Qué frecuencia de muestreo ha de observarse a la salida de la instalación en una población de 2000 habitantes y otra de 20 000 habitantes ?. ¿ Con qué periodicidad mínima debe controlarse el cloro residual a la salida de las instalaciones ?.

NOTA: Las respuestas no deben exceder dos páginas DIN A4

C : 12 ; O : 16 ; H : 1 ; K : 39

4.-

2. Las constantes cinéticas características de un determinado cultivo microbiano heterótrofo se han determinado experimentalmente en el laboratorio, utilizando agua residual como sustrato y la DQO como parámetro determinante del crecimiento celular.

La tabla 1 resume los valores de las constantes cinéticas obtenidas en el caso de que las concentraciones de nitrógeno y fósforo en el agua residual sean suficientemente elevadas como para no limitar la velocidad de crecimiento celular.

Para tener en cuenta el efecto limitante que el nitrógeno o el fósforo pueden ejercer en la práctica sobre la velocidad de crecimiento del cultivo en cuestión se ha supuesto que el efecto ejercido por cada uno de estos elementos es independiente del causado por el otro. Este efecto se ha valorado mediante un factor de corrección "f" de la velocidad de crecimiento relativa a la concentración de DQO, que es función de la concentración inicial de nitrógeno o de fósforo en el aguas residual y que obedece a un modelo del tipo de Monod. Las constantes características de este factor de corrección obtenidas experimentalmente aparecen en la tabla 2.

Tabla 1. Constantes Cinéticas

Constante	Valor
\hat{q}	2,70 mg DQO/mg células.día
K_S	150 mg/l DQO
Y	0,60 mg células/ mg DQO
k_d	0,05 mg células/mg células.día

Tabla 2. Factores de Corrección

Parámetro	Concentración inicial de	
	Nitrógeno	Fósforo
\hat{f}	1,0	1,0
K_f	5,0 mg/l N	1,2 mg/l P

Se desea contrastar estos resultados mediante una instalación prototipo semi-industrial, constituida por un quimostato de $V = 500$ litros de capacidad, agitado y aireado de modo que se comporte como un reactor de mezcla completa.

Teniendo en cuenta que:

1. El agua residual afluyente tien una DQO de 800 mg/l, así como 35 mg/l de N total y 10 mg/l de P total,
2. El modelo de Monod estima satisfactoriamente la velocidad de crecimiento celular de estos microorganismos,
3. La concentración celular afluyente es practicamente nula ($X_0 = 0$),
4. El proceso biológico ha alcanzado estado estacionario,

DETERMINAR:

1. Los balances máscicos de sustrato (DQO) y de materia celular en el quimostato, indicando su deducción algebraica,
2. El caudal de agua que puede ser tratado en esta instalación de modo que la DQO disuelta en el efluente sea de 45 mg/l
3. La concentración celular en el quimostato (X_1), en m/l células,
4. El tiempo medio de permanencia celular en el sistema, en días.

NOTA: RESUMIR LOS RESULTADOS EN UNA TABLA

3. Los resultados de la campaña de vigilancia de la calidad de las aguas costeras efectuada en la playa de " La Rompiente " vienen resumidos en la siguiente tabla:

Tabla Calidad microbiológica de la
playa de " La Rompiente "

Día	CF/100 ml	EF/100 ml
1	40	900
2	10	250
3	950	3 800
4	80	1 700
5	55	90
6	10	540
7	2 500	1 300
8	370	750
9	210	2 000

A partir de estos resultados, se pide DETERMINAR:

1. Las distribuciones estadísticas de cada uno de estos microorganismos indicadores, utilizando el papel de probabilidad adjunto.
2. Las concentraciones de cada uno de estos microorganismos que no se superan en mas de un 50 y un 90% de las muestras, así como las desviaciones típicas de cada uno de ellos.
3. El cumplimiento o no de las normas de calidad españolas y de las normas de calidad de la Comunidad Económica Europea (CEE), razonando la respuesta en cada caso.
4. El grado de variabilidad de la calidad microbiológica de la zona costera estudiada, indicando las razones de tal afirmación.
5. El origen próximo o remoto de los vertidos que afectan a la playa estudiada, indicando las razones en que se basa tal conclusión.

NOTA: La figura deberá disponer de su correspondiente título, y cada eje coordenado debera indicar claramente la variable en él representada.

Resunir los resultados en una tabla

MOPU
CF50 = 200 CF/ 100 ml
CF90 = 1000 CF/ 100 ml

CEE
CF80 = 100 CF/ 100 ml
CF95 = 2 000 CF/ 100 ml
EF90 = 100 EF/ 100 ml

4. Los análisis físico-químicos realizados en el agua de abastecimiento del Municipio " El Manantial " han proporcionado los siguientes resultados:

Tabla Resultados físico-químicos

Parámetro	Concentración
Calcio, mg/l Ca	15,6
Magnesio, mg/l Mg	2,2
Bicarbonato, mg/l HCO ₃	58,6
pH	8,1

Por otra parte, se ha realizado la determinación del oxígeno disuelto por el método de Winkler modificado, utilizando una botella de 250 ml. El volumen utilizado para la valoración química ha sido de 200 ml, la normalidad del tiosulfato empleado ha sido de 0,030 N , y el volumen de tiosulfato añadido para la valoración ha sido de 7,5 ml .

DETERMINAR:

1. La alcalinidad del agua, en mg/l CaCO₃
2. La dureza del agua, en mg/l CaCO₃.
3. Las reacciones que tienen lugar durante la reducción y valoración del oxígeno disuelto de un agua, mediante el método de Winkler modificado.
4. La concentración de oxígeno disuelto del agua, en mg/l O₂
5. La corrección que habría que aplicar para tener en cuenta los mililitros de muestra perdidos durante la adición de los reactivos, expresada en mg/l O₂.

NOTA: Resumir los resultados en una tabla.

Ca : 40 ; Mg : 24 ; H : 1 ; C : 12 ; O : 16

5. Los resultados de la determinación de la DBO_5 del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio de Bellavista vienen resumidos en la siguiente tabla

Tabla Determinación de la DBO_5 . Bellavista

Muestra	Volumen V_m , ml	Oxígeno disuelto, mg/l	
		OD_m	OD_i
Afluente	3,0	4,70	5,30
	5,0	4,70	2,95
	7,0	4,70	0,45
Solución patrón	4,0	8,40	4,80
150 mg/l glucosa y 150 mg/l ácido glutámico	6,0	8,40	3,20

Teniendo en cuenta que:

1. Las botellas de incubación tienen un volumen de 250 ± 5 ml,
2. El inóculo utilizado ha sido el propio efluente de la planta de tratamiento, cuya DBO_5 es de 38 mg/l y cuyo oxígeno disuelto es $OD = 7,60$ mg/l, habiéndose utilizado un volumen de 8,0 ml,
3. El oxígeno disuelto del agua de dilución es $OD_{b0} = 8,80$ mg/l,
4. Se ha añadido inhibidor de nitrificación.

DETERMINAR, EXPRESANDO LOS RESULTADOS EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS:

1. La DBO_5 del afluente,
2. La DBO carbonosa total del afluente, suponiendo aplicable una ley del tipo

$$DBO(t) = DBO_L (1 - 10^{-k t})$$
, con $k = 0,12 \text{ día}^{-1}$
3. La DBO carbonosa total teórica de la disolución patrón,
4. La DBO_5 teórica de la disolución patrón,
5. El error absoluto y relativo cometido en el análisis de la DBO_5 de la disolución patrón.

NOTA: Resumir los datos en una tabla

$$DBO_5 = (OD_{b1} - OD_i) \frac{V_b}{V_m} - (OD_{b0} - OD_m)$$

Glucosa: $C_6H_{12}O_6$, 180

Acido glutámico: $C_5H_9O_4N$, 147

C : 12 ; H : 1 ; O : 16 ; N : 14

Examen Final de Junio

- 1 Responder breve y razonadamente las siguientes preguntas:
 - 1.1 ¿ Cómo se define la DQO de una muestra de agua ?. ¿Cuál es el agente oxidante, las condiciones del ensayo y la duración del mismo ?. ¿Cuál es la DQO de una disolución de 425 mg/l de falato monopotásico ($C_8O_4H_5K$) ?.
 - 1.2 ¿ Qué interpretación suele hacerse del cociente CF/EF de un agua residual ?. ¿ Qué factor determina la variación de este cociente en un agua residual vertida al mar ?. ¿ Qué interpretación suele hacerse consecuentemente de este cociente en este caso ?.
 - 1.3 ¿ Cómo se define la carga hidráulica superficial de un tanque de decantación ?. ¿ Qué unidades tiene ?. ¿ Qué interpretación se hace de ella en el modelo de Hazen ?. ¿ Qué condiciones hidráulicas teóricas requiere el modelo de decantación de Hazen ?.
 - 1.4 ¿Cuál es el fenómeno responsable de la filtración mediante un filtro de arena lento ?. ¿Cuál es su velocidad de filtración característica ?. ¿ Y la duración de sus carreras ?. ¿ Qué ventajas y qué inconvenientes principales tienen este tipo de filtros ?.
 - 1.5 ¿ Cuáles son los procesos responsables del tratamiento de un agua residual en una laguna de estabilización ?. ¿ Qué profundidad media, qué tiempo medio de permanencia hidráulica y qué número medio de lagunas suelen adoptarse en la práctica ?. ¿Cuál es el fenómeno responsable de la desinfección conseguida en este tipo de lagunas ?.

NOTA: Las respuestas no deben exceder de DOS páginas DIN A4.

2. A una muestra de agua destilada y desprovista de CO_2 se le añade CaCO_3 hasta alcanzar una concentración de 250 mg/l.

DETERMINAR:

1. Su pH,
2. Su alcalinidad, en mg/l CaCO_3 , y
3. Su dureza, en mg/l CaCO_3 .

La muestra así preparada se deja expuesta a la atmósfera circundante, hasta que alcanza el equilibrio con el CO_2 atmosférico, cuya presión parcial es de $10^{-3,5}$ atm .

DETERMINAR:

4. el pH,
 5. la alcalinidad, en mg/l CaCO_3 , y
 6. el índice de saturación
- en esas nuevas condiciones.

Llegado este punto, se desea valorar volumétricamente la alcalinidad de la muestra de agua. Suponiendo que la determinación se realiza con rapidez y agitación suave,

DETERMINAR:

7. el pH final al que habrá de llegarse durante la valoración.

NOTA: Resumir los resultados en una Tabla

$$pk_1 = 6,32 ; pk_2 = 10,33 ; pk_S = 8,34 (\text{CaCO}_3) ; pk_H = 1,5$$

$$\text{Ca} = 40 , \text{O} = 16 ; \text{H} = 1 ; \text{C} = 12$$

3. Los resultados de la determinación de la DBO_5 del afluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del municipio de "Monteclaro" vienen resumidos en la siguiente Tabla

Tabla Determinación de la DBO_5 . Monteclaro

Muestra	Volumen V_m , ml	Oxígeno disuelto, mg/l	
		OD_m	OD_i
Afluente	2,0	4,60	5,20
	4,0	4,60	2,80
	6,0	4,60	0,60
Solución patrón 150 mg/l glucosa 150 mg/l ácido glutámico	4,0	8,20	4,75
	6,0	8,20	3,30

Teniendo en cuenta que :

1. Las botellas de incubación tienen un volumen de 250 ± 5 ml,
2. El inóculo utilizado ha sido el propio efluente de la planta de tratamiento, cuya DBO_5 es de 35 mg/l y cuyo oxígeno disuelto es $OD = 7,50$ mg/l, habiéndose utilizado un volumen de 8,0 ml,
3. El oxígeno disuelto en el agua de dilución es $OD_{b0} = 8,90$ mg/l,

DETERMINAR, EXPRESANDO LOS RESULTADOS EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS:

1. La DBO_5 del afluente,
2. La DBO carbonosa total de la muestra, suponiendo aplicable una ley del tipo

$$DBO(t) = DBO_L (1 - 10^{-k t}), \text{ con } k = 0,11 \text{ día}^{-1}$$
3. La DBO carbonosa total teórica de la disolución patrón,
4. La DBO_5 teórica de la disolución patrón,
5. El error absoluto y relativo cometido en el análisis de la disolución patrón.

NOTA: RESUMIR LOS RESULTADOS EN UNA TABLA

$$DBO_5 = (OD_{b1} - OD_i) \frac{V_b}{V_m} - (OD_{b0} - OD_m)$$

Glucosa : $C_6H_{12}O_6$ Acido glutámico: $C_5H_9O_4N$

C = 12 ; H = 1 ; O = 16 ; N = 14

5.-

6. Las constantes cinéticas características de una determinada especie microbiana heterótrofa han sido determinadas experimentalmente en el laboratorio, utilizando agua residual como sustrato, y vienen resumidas en la siguiente tabla

Tabla Constantes Cinéticas

Constante	Valor
\hat{q}	2,40 mg DQO/ mg células.día
k_s	170 mg/l DQO
Y	0,65 mg células/ mg DQO
k_d	0,05 mg células/ mg células.día

Se desea contrastar estos resultados mediante una instalación prototipo semi-industrial, constituida por un quimostato de 600 litros de capacidad, agitado y aireado de modo que se comporte como un reactor de flujo continuo y mezcla completa, un decantador y un sistema de recirculación desde el decantador hasta el quimostato.

Teniendo en cuenta que:

1. El agua residual afluyente tiene una DQO de 800 mg/l,
2. El modelo de Monod estima satisfactoriamente la velocidad de crecimiento celular de estos microorganismos,
3. La concentración celular afluyente puede considerarse prácticamente nula ($X_0 = 0$),
4. El proceso biológico ha alcanzado estado estacionario,
5. El caudal de recirculación es igual al caudal afluyente al quimostato,
6. La concentración celular en el fango de recirculación es de $X_r = 3\ 500$ mg/l,
7. El volumen del decantador puede considerarse despreciable en relación con el volumen del quimostato.

DETERMINAR:

1. Los balances másicos de sustrato y de materia celular en el quimostato, indicando su deducción algebraica,
2. El caudal de agua que puede ser tratado por esta instalación de modo que la DQO disuelta en el efluente sea de 100 mg/l,
3. La concentración celular en el quimostato (X_1),
4. El tiempo medio de permanencia celular en el sistema, en días

NOTA: RESUMIR LOS RESULTADOS EN UNA TABLA.

EXAMEN DE SEPTIEMBRE (I)

1. Responder breve y razonadamente las siguientes preguntas:
 - 1.1 ¿ Qué interpretación suele hacerse del cociente CF/EF de un agua residual ?. ¿ Qué factores determinan la variación de este cociente en un agua residual vertida al mar?. ¿ Qué interpretación suele hacerse consecuentemente de ese cociente en este caso ?.
 - 1.2 ¿ Qué especies de microorganismos convierten el NH_3 en NO_3^- ?. ¿ Qué tipo de proceso químico es este?. ¿ Cuales son la fuente de carbono, la fuente de energía y el aceptor de electrones, y como se denominan por ello estos microorganismos ?.
 - 1.3 ¿ Qué especies químicas disueltas tiene un agua en contacto con una atmósfera conteniendo CO_2 ?. ¿ Como se define la alcalinidad de un agua ?. ¿ Qué propiedades le confiere la alcalinidad a un agua?. ¿ En qué unidades suele expresarse la alcalinidad ?. ¿ Qué modificación de la alcalinidad de un agua produce la adición de HCl, de NaOH y de NaCl ?. ¿ Por qué ?.
 - 1.4 ¿ Qué significan las siglas DQO ?. ¿ Cual es el agente oxidante en este ensayo ?. ¿ En qué condiciones físicas, químicas y temporales se realiza este análisis ?. ¿ Qué producto se utiliza en la valoración del agente oxidante que no se ha consumido en la oxidación de la materia orgánica ?.
 - 1.5 ¿ Qué especies microbianas y que procesos físico-químicos intervienen en la degradación de las bóvedas de hormigón de las alcantarillas ?. ¿ Como puede evitarse que ocurra este proceso ?.

NOTA: Las respuestas se realizarán en un máximo de DOS PAGINAS DIN A 4

2. Las constantes cinéticas características del *Sphaerotilus natans*, obtenidas experimentalmente en el laboratorio, utilizando glucosa ($C_6H_{12}O_6$) como sustrato, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla Constantes Cinéticas

Constante	Valor
$\hat{\mu}$	6,5 mg células/mg células.día
Y	0,4 mg células/mg DQO.día
K_S	10 mg glucosa/l
K_d	0,07 día ⁻¹

Utilizando un quimostato agitado y aireado, de 200 l de capacidad y teniendo en cuenta que:

1. El quimostato se alimenta con un agua que, además de los nutrientes necesarios, contiene 200 mg/l de glucosa.
2. El modelo de Monod estima satisfactoriamente la velocidad de crecimiento celular de estas bacterias.
3. El proceso biológico ha alcanzado estado estacionario.

DETERMINAR:

1. Los balances másicos de sustrato y de materia celular en el quimostato, indicando su deducción algebraica.
2. El caudal Q que puede ser tratado por esa instalación de modo que la DQO disuelta en el efluente sea de 20 mg/l.
3. La concentración celular en el quimostato.
4. El tiempo medio de permanencia celular, en días.

NOTA: Resumir los resultados en una tabla.

121 3. En una planta de tratamiento se determina la DBO del afluente y el efluente a los 15 días, obteniendo los resultados expuestos en la siguiente tabla:

Tabla Determinación de la DBO₁₅

Muestra	Volumen Vm , ml	Oxígeno disuelto, mg/l	
		OD _m	OD _i
Efluente	20	4,40	7,20
	60	4,40	4,00
Afluente	3,0	1,20	5,40
	5,0	1,20	3,50
	8,0	1,20	0,70

Teniendo en cuenta que:

1. Las botellas de incubación tienen un volumen de 300 ± 5 ml .
2. El inóculo utilizado para analizar el afluente ha sido el propio efluente de la planta, habiéndose empleado para este fin un volumen de 6 ml en cada inoculación.
3. El oxígeno disuelto en el agua de dilución es $OD_{b0} = 8,85$ mg/l .

DETERMINAR, EXPRESANDO LOS RESULTADOS EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS :

1. La DBO₁₅ del efluente.
2. La DBO₁₅ del afluente.

Por un error en la preparación de las muestras, no se añadió inhibidor de nitrificación. A fin de poder evaluar la incidencia de este hecho, se supone que el proceso de nitrificación comienza a los 10 días de incubación de las muestras y que sigue una ley del tipo:

$$DBO_t = DBO (1 - 10^{-Kt}), \text{ con } K = 0,10 \text{ día}^{-1}$$

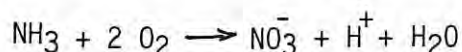
Además se sabe que la concentración de amoníaco en el afluente era de 24,7 mg/l - N y que la del efluente era despreciable.

DETERMINAR:

3. La DBO total teórica debida al proceso de nitrificación.
4. La DBO₁₅ carbonosa teórica.

NOTA: Resumir los resultados en una tabla

$$DBO = (OD_{b1} - OD_i) \frac{V_B}{V_m} - (OD_{b0} - OD_m)$$



PRIMER EXAMEN PARCIAL

1. Responder breve y razonadamente las siguientes preguntas:
 1. ¿Qué interpretación suele hacerse del cociente CF/EF de un agua residual? ¿Qué factores determinan la variación de este cociente en un agua residual vertida al mar? ¿Qué interpretación suele hacerse consecuentemente de este cociente en ese caso?.
 2. ¿Qué hipótesis fundamentales se tienen en cuenta para valorar los recuentos de colonias obtenidos por el método de filtración con membrana?.
 3. ¿Qué especies microbianas y que procesos físico-químicos intervienen en la degradación de las bóvedas de hormigón de las alcantarillas? ¿Cómo puede evitarse este proceso?.
 4. ¿Qué especies de microorganismos convierten el NH_3 en NO_3^- ? ¿Qué tipo de proceso químico es éste? ¿Cuales son la fuente de energía, la fuente de carbono y el aceptor de electrones de estos microorganismos? ¿Cómo se denomina por ello este proceso?.
 5. ¿Cómo se define la DQO de una muestra de agua? ¿Cual es el agente oxidante, las condiciones del ensayo y la duración del mismo? ¿Es mayor ó menor que la DBO_5 ? ¿Por qué razón?.
 6. ¿Qué especies químicas disueltas tiene un agua en contacto con una atmósfera conteniendo CO_2 ? ¿Cómo se define la alcalinidad de un agua? ¿Cómo afecta a la alcalinidad la disolución de CO_2 ? ¿Y la disolución de NaOH ?.
 7. ¿Qué es la turbiedad de un agua? ¿Qué tipos de instrumentos se utilizan para medirla y cual es su principio de funcionamiento? ¿Cual es el más adecuado para determinar turbiedades bajas? ¿Cómo se calibran estos aparatos?.
 8. ¿Qué categorías de caracteres de calidad de un agua establece la Normativa Técnico-Sanitaria española? ¿Qué clasificación de las aguas establece esta misma normativa?.

NOTA : Las respuestas deben realizarse en un máximo de DOS páginas DIN A4.

2. Se quiere construir una planta piloto para estudiar las aguas residuales de una población, antes de redactar el proyecto de la planta definitiva.

En la planta piloto se pretenden tratar 4 m³/d de agua residual con una DQO de 2 000 mg/l.

En un primer tanteo, se considera que las constantes cinéticas del cultivo que se desarrolla en la planta son las recogidas en la siguiente tabla:

Tabla Constantes Cinéticas

Constantes	Valor
\hat{q}	5 mg DQO/mg células.día
K_s	60 mg DQO/l
Y	0,4 mg células/mg DQO
K_d	0,06 mg células/mg células.día

Teniendo en cuenta que:

1. El tanque de aireación de la planta se puede considerar como un reactor de mezcla completa.
2. El modelo de Monod estima satisfactoriamente la velocidad de crecimiento de estos microorganismos.
3. La concentración celular en el afluente puede considerarse prácticamente nula.
4. El proceso biológico ha alcanzado estado estacionario.

DETERMINAR:

1. Los balances másicos de sustrato y materia celular en el reactor, indicando su deducción algebraica.
2. El volumen que deberá tener el reactor para obtener un efluente con una DQO disuelta de 100 mg/l.
3. La concentración celular en el efluente.
4. Los balances másicos, de sustrato y de células, suponiendo que, además del caudal de agua residual considerado anteriormente, llega a la planta otro caudal Q_r , con una concentración de células X_r y una concentración de sustrato S_r , procedente de la recirculación.

NOTA: Resumir los resultados en una tabla.

3. El análisis que figura en la etiqueta de una botella de agua mineral es el que se expone en la siguiente tabla.

Tabla.	Análisis del agua
Especie	concentración (mg/l)
<u>Cationes</u>	
Calcio	78
Magnesio	24
Potasio	1
Sodio	5
<u>Aniones</u>	
Bicarbonatos	357
Sulfatos	10
Cloruros	2.2
Nitratos	3.8

Determinar

1. La alcalinidad del agua, en mg/l de CaCO_3
2. La dureza del agua, en mg/l de CaCO_3 y en grados franceses
3. Que volumen de ácido clorhídrico 0.02 N habría que emplear en la valoración de la alcalinidad en una muestra de agua de 100 ml
4. Realizar un balance iónico. Que comentarios te sugiere?

Nota. Resumir los resultados en una tabla.

Ca=40	O=16	C=12	H=1	Mg=24.3	K=39.1
Na=23	S=32	Cl=35.5	N=14		

4. Los resultados de la determinación de la DBO_5 del afluente de una planta de tratamiento de aguas residuales vienen resumidos en la siguiente tabla.

Tabla Determinación de la DBO_5

Muestra	Volumen V_m , ml	Oxígeno Disuelto, mg/l	
		OD_m	OD_i
Afluente	2.0	4.90	5.30
	4.0	4.90	2.90
	6.0	4.90	0.50
Solución patrón de 150 mg/l glucosa y 150 mg/l ácido glutámico	4.0	7.90	4.95
	6.0	7.90	3.35

Teniendo en cuenta que:

1. Las botellas de incubación tienen un volumen de 250 ± 5 ml,
2. El inóculo utilizado para analizar el afluente ha sido el propio efluente de la planta, cuya DBO_5 es de 38 mg/l, cuyo oxígeno disuelto es $OD = 8.40$ mg/l, habiéndose utilizado un volumen de $V = 6.0$ ml,
3. El oxígeno disuelto en el agua de dilución es $OD_{bo} = 8.90$ mg/l,

DETERMINAR, EXPRESANDO LOS RESULTADOS EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS:

1. La DBO_5 del afluente,
2. La DBO carbonosa total de la muestra, suponiendo aplicable una ley del tipo

$$DBO_t = DBO (1 - 10^{-kt}), \text{ con } k = 0.10 \text{ día}^{-1}$$
3. La DBO carbonosa total teórica de la disolución patrón,
- e4. La DBO_5 experimental de la solución patrón
5. Que volumen máximo de agua residual se podría poner en una botella para determinar la DBO a los 15 días, suponiendo que se ha utilizado el mismo inóculo utilizado anteriormente.

NOTA: Resumir los resultados en una tabla

$$DBO_5 = (OD_{b1} - OD_i) - \frac{V_b}{V_m} - (OD_{bo} - OD_m)$$

Glucosa: $C_6H_{12}O_6$ Acido Glutámico: $C_5H_9O_4N$

$C = 12$; $H = 1$; $O = 16$; $N = 14$

EXAMEN DE SEPTIEMBRE (I)

1. Responder breve y razonadamente las siguientes preguntas:
 - 1.1 ¿Qué especies microbianas y qué procesos físico-químicos intervienen en la degradación de las bóvedas de hormigón de las alcantarillas? ¿Como puede evitarse este proceso?.
 - 1.2 ¿Qué significan las siglas DQO? ¿Cual es el agente oxidante en este ensayo? ¿En qué condiciones físicas, químicas y temporales se realiza este análisis? ¿Qué producto se utiliza en la valoración del agente oxidante que no se ha consumido en la oxidación de la materia orgánica?.
 - 1.3 ¿Qué categorías de caracteres de calidad de un agua establece la Normativa Técnico-Sanitaria española? ¿Qué clasificación de las aguas establece esta misma normativa?.
 - 1.4 ¿Como se define la dureza de un agua? ¿Qué elementos químicos contribuyen fundamentalmente a ella? ¿Qué unidades de medida se utilizan más frecuentemente? ¿Cual es el factor de conversión entre ellas?.

EXAMEN DE SEPTIEMBRE (I)

2. El programa de vigilancia de la calidad sanitaria de las aguas de recreo realizado en una playa, durante la temporada estival, ha proporcionado los siguientes resultados:

CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LA PLAYA
TEMPORADA ESTIVAL

Muestra	CF/100 ml	EF/100 ml
1	170	100
2	3 300	11 700
3	22	700

4	18	580
5	120	75
6	3 400	2 100

7	320	1 800
8	1 200	3 600
9	350	1 950

10	20	400
11	100	510
12	67	82

Determinar:

1. Las distribuciones estadísticas de cada uno de estos microorganismos, utilizando el papel de probabilidad adjunto.
2. Las concentraciones de cada microorganismo que no se sobrepasan en un 50% y en un 90% de las muestras, así como las desviaciones típicas "s" de cada una de estas distribuciones.
3. La observancia, numérica y gráfica, de la norma española en estas aguas de recreo: CF50: 200 CF/100 ml; CF90: 1000 CF/100 ml.
4. El posible origen, próximo o remoto, de los microorganismos en la playa estudiada, así como el carácter estacionario de los vertidos que afectan sus aguas.

NOTA: Resumir los resultados en una tabla.

EXAMEN DE SEPTIEMBRE (I)

13.

3. Los resultados obtenidos en laboratorio para determinar la DBO_5 del afluente y el efluente de una planta de tratamiento de aguas residuales se resumen en la siguiente tabla:

TABLA. Determinación de la DBO_5

Muestra	Volumen V_m , ml	Oxígeno disuelto mg/l O_{dm}	O_{di}
Afluente	2,0	3,0	4,1
	3,0	3,0	1,8
	4,0	3,0	0,4
Efluente	20,0	7,3	6,0
	30,0	7,3	4,3
	40,0	7,3	2,8

Sabiendo que:

1. El volumen de las botellas de incubación es de 300 ± 5 ml.
2. Como inóculo para analizar el afluente se utilizan 5,0 ml de efluente.
3. El oxígeno disuelto en el agua de dilución es de 8,9 mg/l.

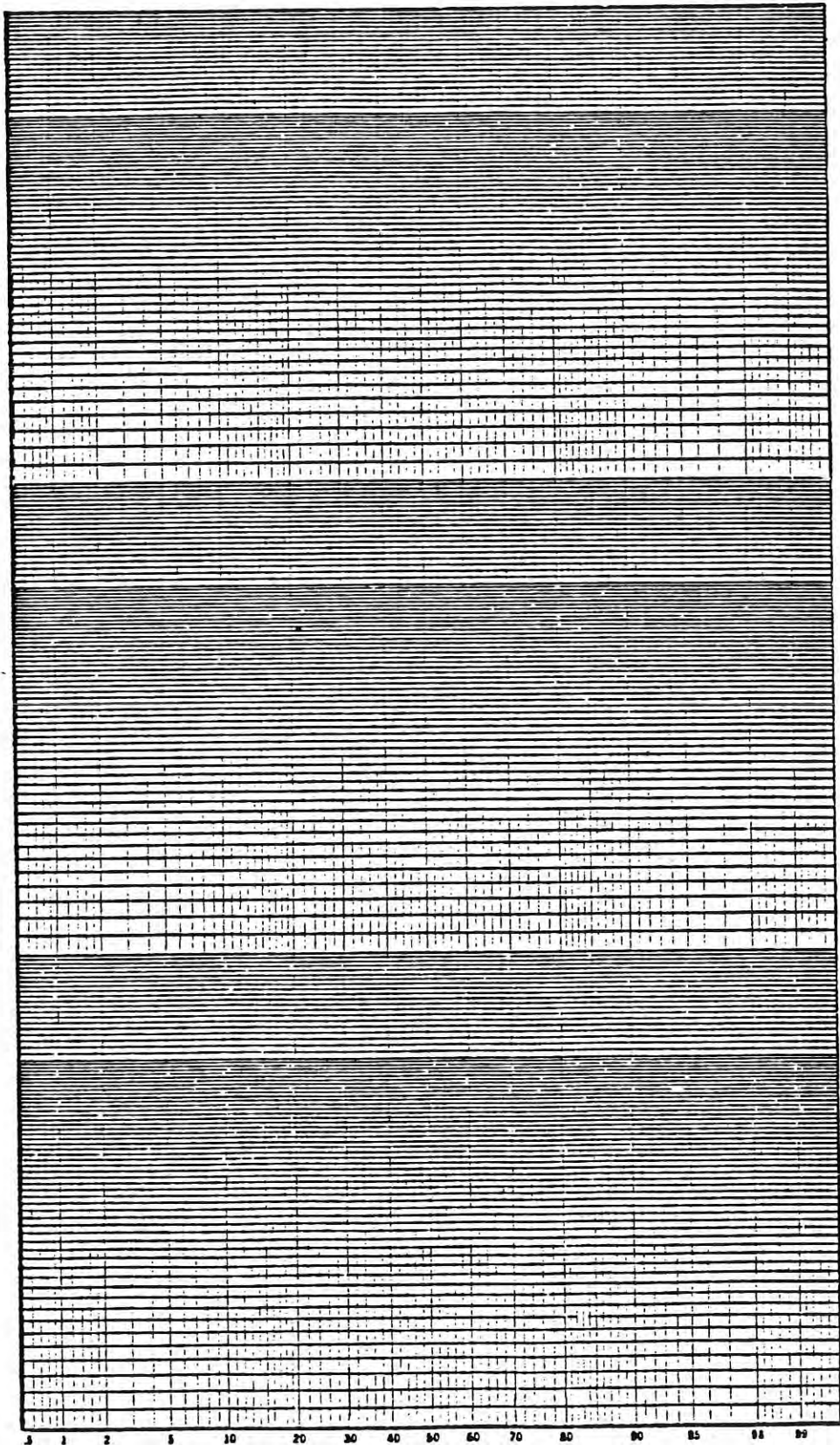
DETERMINAR, EXPRESANDO LOS RESULTADOS EN CIFRAS SIGNIFICATIVAS :

1. La DBO_5 del afluente y el efluente.
2. La DBO carbonosa total de ambas muestras suponiendo aplicable una ley del tipo:

$$DBO_t = DBO_L (1 - 10^{-Kt}) \quad K = 0,15 \text{ día}^{-1}$$
3. El volumen máximo de afluente que se podría utilizar para poder valorar satisfactoriamente una botella.

NOTA: Resumir los resultados en una tabla

$$DBO_5 = (OD_{b1} - OD_i) \frac{V_b}{V_m} - (OD_{b0} - OD_m)$$



as described under Estimation of Bacterial Density (Section 908D below).

2. Fecal Coliform Test (A-1 Medium) (TENTATIVE)

a. Procedure: Inoculate tubes of A-1 broth (see Section 905C) as directed in Section 908A.1a1). Incubate for 3 hr at 35

± 0.5 C. Transfer tubes to a water bath at 44.5 ± 0.2 C and incubate for an additional 21 ± 2 hr.

b. Interpretation: Gas production in a fermentation tube within 24 hr or less is a positive reaction indicating coliforms of fecal origin. Calculate fecal coliform densities as described in Section 908D.

908 D. Estimation of Bacterial Density

1. Precision of Fermentation Tube Test

Unless a large number of sample portions is examined, the precision of the fermentation tube test is rather low. For example, even when the sample contains 1 coliform organism/mL, about 37% of 1-mL tubes may be expected to yield negative results because of irregular distribution of the bacteria in the sample. When five tubes, each with 1 mL sample, are used under these conditions, a completely negative result may be expected less than 1% of the time.

Even when five fermentation tubes are used, the precision of the results obtained is not of a high order. Consequently, exercise great caution when interpreting the sanitary significance of coliform results obtained from the use of a few tubes with each sample dilution, especially when the number of samples from a given sampling point is limited.

2. Computing and Recording of MPN

Record the number of positive findings of coliform group organisms (either presumptive, confirmed, or completed) resulting from multiple-portion decimal-dilution plantings as the combination of positions and compute in terms of the Most Probable Number (MPN). The MPN, for a variety of planting series and results, is given in Tables 908:I and 908:II. Included

TABLE 908:I. MPN INDEX AND 95% CONFIDENCE LIMITS FOR VARIOUS COMBINATIONS OF POSITIVE AND NEGATIVE RESULTS WHEN FIVE 10-ML PORTIONS ARE USED

No. of Tubes Giving Positive Reaction out of 5 of 10 mL Each	MPN Index /100 mL	95% Confidence Limits	
		Lower	Upper
0	< 2.2	0	6.0
1	2.2	0.1	12.6
2	5.1	0.5	19.2
3	9.2	1.6	29.4
4	16.	3.3	52.9
5	> 16.	8.0	Infinite

in these tables are the 95% confidence limits for each MPN value determined.

The sample volumes indicated in Table 908:II relate more specifically to finished waters. Use the values in computing the MPN in larger or smaller portion plantings in the following manner: If, instead of portions of 10, 1.0, and 0.1 mL, a combination of portions of 100, 10, and 1 mL is used, record the MPN as 0.1 times the value given in the applicable table. If, on the other hand, a combination of corresponding portions at 1.0, 0.1, and 0.01 mL is planted, record 10 times the value shown in the table; if a combination of portions of 0.1, 0.01, and 0.001 mL is planted, record 100 times the value shown

TABLE 908:II. MPN INDEX AND 95% CONFIDENCE LIMITS FOR VARIOUS COMBINATIONS OF POSITIVE RESULTS WHEN FIVE TUBES ARE USED PER DILUTION (10 mL, 1.0 mL, 0.1 mL)

Combination of Positives	MPN Index /100 mL	95% Confidence Limits		Combination of Positives	MPN Index /100 mL	95% Confidence Limits	
		Lower	Upper			Lower	Upper
0-0-0	<0	—	—	4-2-0	22	7	67
0-0-1	2	<0.5	7	4-2-1	26	9	78
0-1-0	2	<0.5	7	4-3-0	27	9	80
0-2-0	4	<0.5	11	4-3-1	33	11	93
				4-4-0	34	12	93
1-0-0	2	<0.5	7	5-0-0	23	7	70
1-0-1	4	<0.5	11	5-0-1	31	11	89
1-1-0	4	<0.5	11	5-0-2	43	15	110
1-1-1	6	<0.5	15	5-1-0	33	11	93
1-2-0	6	<0.5	15	5-1-1	46	16	120
				5-1-2	63	21	150
2-0-0	5	<0.5	13	5-2-0	49	17	130
2-0-1	7	1	17	5-2-1	70	23	170
2-1-0	7	1	17	5-2-2	94	28	220
2-1-1	9	2	21	5-3-0	79	25	190
2-2-0	9	2	21	5-3-1	110	31	250
2-3-0	12	3	28	5-3-2	140	37	340
3-0-0	8	1	19	5-3-3	180	44	500
3-0-1	11	2	25	5-4-0	130	35	300
3-1-0	11	2	25	5-4-1	170	43	490
3-1-1	14	4	34	5-4-2	220	57	700
3-2-0	14	4	34	5-4-3	280	90	850
3-2-1	17	5	46	5-4-4	350	120	1,000
4-0-0	13	3	31	5-5-0	240	68	750
4-0-1	17	5	46	5-5-1	350	120	1,000
4-1-0	17	5	46	5-5-2	540	180	1,400
4-1-1	21	7	63	5-5-3	920	300	3,200
4-1-2	26	9	78	5-5-4	1,600	640	5,800
				5-5-5	$\geq 2,400$	—	—

in the table; and so on for other combinations.

When more than three dilutions are used in a decimal series of dilutions, the results from only three of these in computing the MPN. To select the three

dilutions to be used in determining the MPN index, choose the highest dilution that gives positive results in all five portions tested (no lower dilution giving any negative results) and the two next succeeding higher dilutions. Use the results at

these three volumes in computing the MPN index. In the examples given below, the significant dilution results are shown in boldface. The number in the numerator represents positive tubes; that in the denominator, the total tubes planted; the combination of positives simply represents the total number of positive tubes per dilution:

Example	1 mL	0.1 mL	0.01 mL	Combination of positives
(a)	5/5	5/5	2/5	0/5
(b)	5/5	4/5	2/5	0/5
(c)	0/5	1/5	0/5	0/5

In c, take the first three dilutions so as to throw the positive result in the middle dilution.

When a case such as that shown below in line d arises, where a positive occurs in a dilution higher than the three chosen according to the rule, incorporate it in the result for the highest chosen dilution, as in e:

When it is desired to summarize with a single MPN value the results from a series of samples, use the geometric mean, the arithmetic mean, or the median.

908 E. Bibliography

Standard Tests

- MEYER, E.M. 1918. An aerobic spore-forming bacillus giving gas in lactose broth isolated in routine water examination. *J. Bacteriol.* 3:9.
- HUCKER, G.J. & H.J. CONN. 1923. Methods of Gram staining. N.Y. State Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. No. 93.
- NORTON, J.F. & J.J. WEIGHT. 1924. Aerobic spore-forming lactose fermenting organisms and their significance in water analysis. *Amer. J. Pub. Health* 14:1019.

- Bacteriology, 7th ed. Williams & Wilkins, Baltimore, Md.
- AMERICAN SOCIETY FOR MICROBIOLOGY. 1957. Manual of Microbiological Methods. McGraw Hill, New York, N.Y.
- SHERMAN, V.B.D. 1967. A Guide to the Identification of the Genera of Bacteria. Williams & Wilkins, Baltimore, Md.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1970. Recommended Procedures for the Examination of Sea Water and Shellfish, 4th ed. APHA, New York, N.Y.
- GELDRICH, E.E. 1975. Handbook for Evaluating Water Bacteriological Laboratories, 2nd ed. EPA-670/9-75-006.

Fecal Coliform Tests

- PERRY, C.A. & A.A. HAJNA. 1933. A modified Eijkman medium. *J. Bacteriol.* 25:419.
- PERRY, C.A. & A.A. HAJNA. 1944. Further evaluation of EC medium for the isolation of coliform bacteria and *Escherichia coli*. *Amer. J. Pub. Health* 34:735.
- VAUGHN, R.H. et al. 1951. A buffered boric lactose medium for enrichment and presumptive identification of *Escherichia coli*. *Food Res.* 16:10.
- LEVINE, M., R.H. TANIMOTO, H. MINETTE, J. ARAKAKI & G. FERNANDES. 1955. Simultaneous determination of coliform and *Escherichia coli* indices. *Appl. Microbiol.* 3:310.
- CLARK, H.F., E.E. GELDRICH, P.W. KABLER, R.H. BORDNER & C.B. HUFF. 1957. The coliform group. I. The boric acid lactose broth reaction of coliform IMViC types. *Appl. Microbiol.* 5:396.
- GELDRICH, E.E., H.F. CLARK, P.W. KABLER, C.B. HUFF & R.H. BORDNER. 1958. The coliform group. II. Reactions in EC medium at 45 C. *Appl. Microbiol.* 6:347.
- GELDRICH, E.E., R.H. BORDNER, C.B. HUFF, H.F. CLARK & P.W. KABLER. 1962. Type distribution of coliform bacteria in the feces of warm-blooded animals. *J. Water Pollut. Control Fed.* 34:295.
- GELDRICH, F.E. 1966. Sanitary significance of fecal coliforms in the environment. FWPCA Publ. WP-20-3 (Nov.). U.S. Dept. Interior, Washington, D.C.
- ANDREWS, W.H. & M.W. PRESNELL. 1972. Rapid recovery of *Escherichia coli* from estuarine water. *Appl. Microbiol.* 23:521.
- Numerical Interpretation*
- MCCRADY, M.N. 1915. The numerical interpretation of fermentation tube results. *J.*

- Infect. Dis.* 12:183.
- GREENWOOD, M. & G.U. YULE. 1917. On the statistical interpretation of some bacteriological methods employed in water analysis. *J. Hyg.* 16:36.
- WOLMAN, A. & H.L. WEAVER. 1917. A modification of the McCrady method of the numerical interpretation of fermentation tubes results. *J. Infect. Dis.* 21:287.
- MCCRADY, M.H. 1918. Tables for rapid interpretation of fermentation tube results. *Can. J. Pub. Health* 9:201.
- REED, L.J. 1925. *B. coli* densities as determined from various types of samples. *Pub. Health Rep.* 40:704 (Reprint 1029).
- HOSKINS, J.K. 1933. The most probable number of *B. coli* in water analysis. *J. Amer. Water Works Ass.* 25:867.
- HOSKINS, J.K. 1934. Most Probable Numbers for evaluation of *Coli-Aerogenes* tests by fermentation tube method. *Pub. Health Rep.* 49:393 (Reprint 1621).
- HOSKINS, J.K. & C.T. BUTTERFIELD. 1935. Determining the bacteriological quality of drinking water. *J. Amer. Water Works Ass.* 27:1101.
- HALVORSON, H.O. & N.R. ZIEGLER. 1933-35. Application of statistics to problems in bacteriology. *J. Bacteriol.* 25:101; 26:331, 559; 29:609.
- SWAROOP, S. 1938. Numerical estimation of *B. coli* by dilution method. *Indian J. Med. Res.* 26:353.
- DALLA VALLE, J.M. 1941. Notes on the most probable number index as used in bacteriology. *Pub. Health Rep.* 56:229.
- THOMAS, H.A., JR. 1942. Bacterial densities from fermentation tube tests. *J. Amer. Water Works Ass.* 34:572.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION & FEDERATION OF SEWAGE AND INDUSTRIAL WASTES ASSOCIATIONS. 1955. Standard Methods for the Examination of Water, Sewage, and Industrial Wastes, 10th ed. APHA, New York, N.Y.
- WOODWARD, R.L. 1957. How probable is the Most Probable Number? *J. Amer. Water Works Ass.* 49:1060.
- MCCARTHY, J.A., H.A. THOMAS & J.E. DELANEY. 1958. Evaluation of reliability of coliform density tests. *Amer. J. Pub. Health* 48:12.
- U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1975. Interim primary drinking water standards. *Fed. Reg.* 40(51):11990 (Mar. 14, 1975).

