

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL



“Contaminación del Río Mantaro por Descargas de los
Desagues Domésticos de la Ciudad de Huancayo y Estudio
de la Autopurificación del Río”

T E S I S

**PARA OPTAR EL TITULO DE:
INGENIERO SANITARIO**

**EDUARDO TEJADA VALDIVIA
PROMOCION 1982 - 2**

LIMA - PERU

1 9 8 7

I N D I C E

	Página
Introducción	IV
Capítulo I	
- Hidrografía del Río Mantaro	1
- Características de la Red Hidrográfica de la Cuenca del Río Mantaro	6
- Hidrología del Río Mantaro	7
Sistema de Control, Operación y Regis- tro de Datos	10
- Estación Puente Stuart	11
- Estación Villena	11
- Lago Junín	12
- Análisis de la Información Disponible	13
- Análisis General	14
- Comportamiento Estacional del Río Mantaro	15
- Análisis de Descargas Extrema	22
- Pearson III	23
- Análisis de Squías por el Método de Gumbel	32
Capítulo II	
- Causas de la Contaminación de los Ríos	
- Desague	40

	Página
- Desechos Industriales	42
- Aguas de Minas	44
- Contaminación Natural	45
- Contaminación por Sólidos	48
- Causas Indirectas de Contaminación	48
Capítulo III	
- Naturaleza y efectos de la contaminación	50
- Las diferentes clases de contaminantes	52
- Tipos de Contaminantes en Desagues Domésticos e Industriales	53
- Contaminantes Químicos	
- Orgánicos	54
- Proteínas	54
- Grasas	55
- Jabones	56
- Aceite	56
- Efectos de la Contaminación por Materia Orgánica	57
- Contaminación Inorgánica o Mineral	60
- Compuestos Tóxico inorgánico	60
- Sales Solubles	62
- Sustancia inorgánica inerte insolubles	63
- Contaminantes Físicos	
- Color	63
- Turbidez	64

	Página
- Temperatura o Contaminación Termal	66
- Sólidos suspendidos	67
- Radio actividad	68
- Espumas	69
- Tipos Fisiológicos de Contaminación	
- Sabor	70
- Olor	71
- Clases de Contaminación Biológica	72
- Composición de Desagues Domésticos	73
- Micro organismos Patógenos en los Desagues y Ríos Contaminados	76
- Análisis Promedio de los Desagues del Cuzco	78
- Análisis Promedio de los Desagues de Chilpina-Arequipa	79
- Depreciación de la calidad del agua mediante uso Municipal	80
- Composición Típica de tres clases de Aguas Residuales Domésticas	81
- Desechos Industriales	82
- Efectos Nosivos de Desagues Domésticos e Industriales	82
- Composición de Algunos Desechos Industriales	85

- Compuestos Orgánicos en las Aguas Negras	86
- Composición Promedio de las Aguas Negras (Domésticas) (Según Imhoff y Fair)	87
- Condición Física de los Constituyentes principales de Aguas Negras de Media Fuerza (Unidades en Partes por Millón) (Según Metcalf y Eddy)	88

Capítulo IV

Aspectos Biológicos y Físico-Químicos de la Contaminación de los Ríos

Valor p^H	89
Potencial Oxidación-Reducción	90
Bacterias	92
Bacterias Criofílicas, Mesofílicas y Termofílicas	95
Bacterias Saprofíticas y Bacterias Parásitas	96
Bacterias Autotrópicas y Bacterias Eterotrópicas	96
Bacterias Aeróbicas, Anaeróbicas y Facultativas	97
Espumas	97
Métodos de Determinación del ABS	103

	Página
Métodos del Azul de Metileno	104
Método Infrarrojo	105
Capítulo V	
Detección y Evaluación de Contaminación Biológica	106
- Métodos de Evaluación	
- Sistema Saprobien	109
- Tolerancia de Organismos a la Contami nación orgánica	113
- Método del Doctor Patrick	120
- Histogramas Típicos de Varios Grados de Contaminación	123
- Agrupación Taxonómica de Organismos e Interpretación de Resultados del Sis tema del Doctor Patrick	124
Capítulo VI	
Autopurificación de cursos de Agua	137
- Depresión de Oxígeno	139
- Punto crítico	140
- Estudio de las condiciones de lanza- miento	141
- Distancia a que ocurre las condiciones críticas	141

- Estudio de las necesidades de tratamiento de las aguas servidas	141
- Variaciones de Gastos horarios en colectores finales al año 1995	141
- Variaciones de descarga actual de los colectores	143
- Descarga de los colectores corregida para llevarla al promedio mensual anual	144
- Gastos promedio diario, máximo diario y máximo maximorum	145
- Descarga de los Colectores para la población de Saturación	146
- Riego con aguas servidas del emisor 9 de Diciembre	147
- Otros caudales que influyen en el balance de la descarga de las aguas servidas	149
- Caudal mínimo-minimorum del río Mantaro	150
- Oxígeno disuelto (O.D) y BOD en colectores	151
- Determinaciones de oxígeno disuelto y BOD en el río Mantaro a su paso por Huancayo	152

	Página
- Cálculo de la curva de depresión de oxígeno para el río Mantaro	153
- Estudio de las condiciones de lanzamiento	157
- Análisis I	157
- Análisis II	168
- Decreto Supremo Nº 007-83-SA del 11-03-1983	168
- Análisis III	174
- Curvas de depresión de oxígeno del río Mantaro	177
Purificación Bacteriana	178

C A P I T U L O I

HIDROGRAFIA DEL RIO MANTARO

El río Mantaro, colector troncal del escurrimiento superficial de la cuenca del mismo nombre, tiene su origen en la presa de Upamayo, estructura reguladora del Lago Junín, que se encuentra a una altura aproximada de 4,080 m.s.n.m. y que regula los recursos de una cuenca colectora de 2,860 Km². de extensión. El afluente más importante del lago Junín es el río San Juan, que nace a 4,350 m.s.n.m. en la laguna de Gorgorin, en pleno nudo de Pasco y que recorre 48 Km. hasta desembocar en él.

La cuenca del río Mantaro se halla comprendida entre las Coordenadas Geográficas 74°05' y 76°40' de longitud Oeste y 10°30' y 13°30' de latitud Sur. Políticamente se halla ubicada en los departamentos de Pasco, Junín, Huancavelica y Ayacucho, ocupando parte de las provincias de Pasco, Junín, Yauli, Jauja, Concepción, Huancayo, Tayacaja, Huancavelica, Acobamba, Angaraes, Huanca y Huamanga. Limita por el Norte con las cuencas del río Huallaga y Paucartambo, por el Sur con la cuenca del río Pampas, por el Este con las cuencas de los ríos Chanchamayo, Satipo y Anapate y por el Oeste con las cuencas de los ríos Huaura, Chancay-Huaral, Chillón, Rímac, Mala, Cañete, San Juan y Pisco.

La cuenca del Mantaro se encuentra ubicada totalmente dentro de la región húmeda o imbrífera y drena una hoya Hidrográfica de aproximadamente 35,000 Km². El río Mantaro recorre aproximadamente, 700 km. hasta su confluencia con el río Apurímac, a 480 m.s.n.m., dan origen en este punto al río Ene, teniendo una pendiente promedio de 0.51%.

La parte superior de la cuenca alta, especialmente en los tributarios importantes, presenta un gran número de lagunas originadas por la reducida pendiente, lo que ha permitido el represamiento parcial del escurrimiento superficial, dando lugar a descargas relativamente altas en el período de estiaje, fenómeno que se ve favorecido, además, por la presencia de nevados.

El relieve general de la cuenca es el que caracteriza a prácticamente la mayoría de los ríos andinos, es decir, el de una hoya Hidrográfica alargada, de fondo profundo y pendiente fuerte; presenta una fisiografía escarpada y en parte abrupta, cortada por tributarios de fuerte pendiente y estrechas gargantas, con excepción de la cuenca alta hasta la Presa de Malpaso, donde la cuenca es casi una meseta, y del valle del Mantaro desde Jauja hasta Chupurro. La cuenca se encuentra limitada por cadenas de cerros los que en varios tramos obligan al río a discurrir encañonando.

En la cuenca del Mantaro se distinguen tres partes, la cuenca alta, la cuenca media y la cuenca baja.

La cuenca alta del río Mantaro, que se extiende desde la presa de Upamayo hasta la de Malpaso, se caracteriza por tener un relieve poco accidentado, discurriendo por la meseta de Junín. El río Mantaro en este tramo recorre aproximadamente 80 Km., contando con una pendiente 0.25%.

Recibe varios afluentes, siendo los más importantes los ríos Huarón, Carhuacayán y Corpacancha, los que ingresan por la margen derecha.

La cuenca media del río Mantaro abarca desde la presa de Malpaso hasta la de Tablachaca, tiene un relieve más accidentado, con excepción del tramo donde se halla ubicado el valle del Mantaro (Huancayo), que extiende unos 60 Km. desde antes de la localidad de Jauja hasta después de Chupuro. A la salida de este valle y hasta Tablachaca, el río Mantaro recorre un tramo encañonado. Recibe varios afluentes, siendo más importantes el río Tishgo, por la margen izquierda, y los ríos Yauli, Huasi, Pachacayo, Moya y Huancavelica, por la margen derecha. La pendiente del río en su cuenca media es de 0.46% y su recorrido de 275 Km.

La cuenca baja del Mantaro va desde Tablachaca hasta

la confluencia con el río Apurímac. En este sector, el río describe una "S", denominándose a la zona de la primera curva "Península de Tayacaja" y a la segunda curva, "Península de Guitarra". En este tramo, el río Mantaro recibe contribuciones hídricas menores con excepción del río Huarpa (margen derecha) que es el principal tributario de toda la cuenca. El río recorre en este tramo 363 Km. discurriendo con una pendiente de 0.59%. Para mayor detalle en relación a las características de la red Hidrográficas del río Mantaro, ver cuadro Nº 1-CG.

CUADRO Nº 1 - CG

CARACTERISTICAS DE LA RED HIDROGRAFICA DE LA CUENCA DEL

RIO MANTARO

NOMBRE DEL RIO	Km2.			Longitud (Km)	Pen diente (%)
	Extensión de la cuenca				
	Húmeda	Seca	Total		
1. San Juan	1,096	-	1.096	48	0.56
2. Mantaro en Malpaso	5,020	-	5,020	80	0.25
3. Mantaro en Tabla- chaca	17,500	-	17,500	337	0.43
4. Mantaro en con- fluencia con el Apurimac	35,000	-	35,000	700	0.51
a. Colorado	247	-	247	44	1.65
b. Huarón	179	-	179	24	2.19
c. Carhuacayán	628	-	628	57	1.14
d. Corpacancha	657	-	657	42	3.14
c. Tisho	370	-	370	27	1.65
f. Yauli	668	-	668	54	1.94
g. Huari	430	-	430	36	3.47
h. Pachacayo	845	-	845	56	2.23
i. Chupaca (Cunas)	1,760	-	1,760	84	1.79
j. Moya - Quillón	3,071	-	3,071	76	2.14
k. Huancavelica	1,420	-	1,420	94	2.13
l. Huarpa	6,700	-	6,700	132	2.01

HIDROLOGIA DEL RIO MANTARO

La cuenca del río Mantaro involucra a la zona de mayor actividad minera del país, siendo la compañía más importante instalada en ella, la Empresa Minera del Centro del Perú (CENTROMIN PERU), cuya gran actividad ha obligado a la construcción de una serie de obras, entre las cuales destacan cuatro centrales hidroeléctricas principales (Yaupi, Malpaso, Pachachaca y Oroya), con una potencia total instalada de 183,400 KW, el sistema de regulación de la cuenca alta del Mantaro (Malpaso y Upamayo) y el complejo metalúrgico de la Oroya. Asimismo, en el año 1973, entró en operación la Central Hidroeléctrica Santiago Antúnez de Mayolo o del Mantaro, la que en desarrollo total tendrá una potencia instalada de 684,000 KW.

La importancia de estudiar la Hidrología del río Mantaro se ve reforzada por la cercanía de su cuenca colectora a la del río Rímac, en la que se halla la ciudad de Lima y para lo cual requiere de elevados volúmenes de agua para cubrir los crecientes requerimientos de los asentamientos humanos e industriales, siendo la cuenca del río Mantaro una de las fuentes lógicas de abastecimiento. Esta alternativa de solución viene siendo estudiada, en la actualidad, a condición de factibilidad, por la firma consultora Binnie & Partners.

El recurso discurrante es empleado igualmente con fines de desarrollo agrícola, destacando el valle del Mantaro, el que con una extensión de 30,000 Ha. constituye una de las áreas agrícolas más importantes de la Sierra peruana, asentándose en ella, además, ciudades tan importantes como Jauja y Huancayo.

El río Mantaro discurre prácticamente de Noroeste a Sureste, en forma casi paralela al Litoral, limitando con las cuencas de los ríos Huaura, Chancay - Huaral, Chillón, Rímac, Mala, Cañete, San Juan y Pisco, pertenecientes a la vertiente del Pacífico, a algunas de las cuales entrega parte de su recurso, en un volumen estimado en 5.00 m³/seg. que representa, aproximadamente, el 10% del caudal mínimo medio en la estación de aforos La Mejorada -Villena.

El agua empleada para satisfacer los requerimientos agrícolas, industriales, mineros y humanos del área, se puede clasificar, de acuerdo a su procedencia, en tres tipos:

1. Agua superficial de escurrimiento natural, proveniente de la cuenca del río Mantaro.
2. Agua superficial de régimen regulado, proveniente de vasos y lagunas embalsadas, localizadas en la cuenca del río Mantaro; y

3. Agua subterránea, proveniente principalmente de puquios y manantiales ubicados en la cuenca del río Mantaro.

La cuenca del río Mantaro tiene una extensión total aproximada de 35,000 Km², estimándose que la totalidad de la misma contribuye en forma efectiva al escurrimiento superficial; cuenta con una red de medición constituida por aproximadamente 50 estaciones de aforo, de las cuales sólo las de Upamayo, Malpaso y La Mejorada - Villena disponen de un registro algo extenso, dejando mucho que desear la antigüedad de las restantes.

El análisis hidrológico de las aguas superficiales del río Mantaro, efectuado para la cuenca comprendida hasta la localidad de Tablachaca, ha sido realizado empleando básicamente los registros de la estación La Mejorada - Villena, la que controla los recursos de una cuenca colectora total de 18,630 Km². El análisis de la información hidrométrica considerada, muestra que el río Mantaro, al igual que los ríos de la región, presenta un régimen de descargas irregular, con una diferencia bastante pronunciada entre sus valores extremos, a pesar de las obras de regulación construidas en su cuenca. La descarga máxima controlada en la Mejorada - Villena ocurrió en el año 1971 y fue de 1,081 m³/seg. y la mínima, en

el año 1972, y fue de 47.00 m³/seg. La descarga media anual presenta un volumen medio anual de 5,404.89 millones de m³.

La creciente demanda de agua para uso energético y consumo minero principalmente, ha obligado a regular parte del recurso de escurrimiento superficial de la cuenca del río Mantaro en, aproximadamente, 22 reservorios, los cuales con una capacidad máxima de regulación conocida de 1,176.53 millones de m³.; asimismo, los requerimientos de ciertas cuencas costeras aledañas han obligado a la realización de obras de regulación y derivación trasandina, siendo a la fecha las cuencas de los ríos, Chancay - Huaral, Rímac y San Juan las beneficiadas.

SISTEMA DE CONTROL, OPERACION Y REGISTRO DE DATOS

El sistema hidrológico del río Mantaro cuenta con 50 estaciones para la medición de descargas, de las cuales 12 se encuentran paralizadas o desmontadas, de las 38 que se encuentran en funcionamiento, 14 de ellas son de tipo limnigráfico y las 24 restantes son limnimétricas. Aguas abajo de la estación Villena existen 5 estaciones de aforo cuya información no ha sido considerada para los fines del estudio, por estar fuera del área de interés.

Las estaciones son operadas por cuatro organismos - ELECTROPERU, CENTROMIN, PERU, EE.EE.AA. Y SENAMHI.

Las estaciones que se considera para la presente Tesis, son los datos obtenidos en las estaciones de Puente Stuart y La Mejorada - Villena.

Estación Puente Stuart

La estación se encuentra ubicada en el río Mantaro, al pie del puente Stuart de la carretera Central, cerca de la localidad de Jauja.

La estación está equipada con un limnigrafo y una mira, efectuándose los aforos para su calibración desde el puente citado, la sección de control se encuentra canalizada mediante muros de piedra, existiendo aguas arriba de ella y en ambas márgenes del río, dos tramos de agua para riego.

Estación Villena

La estación Villena se halla ubicada en el río Mantaro a 10,000 m. aguas abajo de la Presa de Tablachaca, en un tramo encañonado.

La estación es de tipo limnigráfica, esta equipada de un limnigrafo y de una mira de 6,00 m. de altura, ambos instalados en la margen izquierda. Los aforos se realizan desde un Huaro, siendo accesible esta estación desde la carretera Huancayo-Ayacucho. La ex-Corporación de Energía Eléctrica del Mantaro (CORMAN) ha publicado datos de esta estación a partir del año 1962. La ex-Cerro de Pasco Corporation hizo funcionar en este tramo del río Mantaro, entre los años 1957 y 1961. Las estaciones Cocharán Vieja y Cochrán Nueva, Motorpata, Muyoc y Villena; estas estaciones operaron en tiempos sucesivos y parcialmente en superposición, por un lapso de 3.5 años.

Asimismo, el ex-Ministerio de Fomento y Obras Públicas, operó entre los años 1948 y 1985, una estación en el río Mantaro junto al pueblo Mariscal Cáceres (La Mejorada) la estación funcionó hasta el año de 1955 antes de la confluencia del río Mantaro con el río Huancavelica y en ese mismo año fue reinstalada en el río Mantaro, después de la confluencia citada.

Lago Junín.

El Lago Junín, cuyo represamiento, denominado Upamayo, fuera puesta en operación en el año de 1936. Se encuentra

ubicado en las nacientes del río Mantaro. El recurso regulado es empleado directamente para generación de energía eléctrica en la Central Hidroeléctrica de Malpaso contando el reservorio con una capacidad bruta de 955.00 millones de m³., una capacidad útil de 491.10 millones de m³ y un espejo evaporante de 385.5 Km². de extensión.

El sistema de medición está compuesto por dos miras, que miden el nivel del Lago en Upamayo y Casapatos y por una estación de aforos ubicada a 200 m. aguas abajo de la presa.

ANALISIS DE LA INFORMACION DISPONIBLE

El río Mantaro, a lo largo de su cause principal, dispone de información de descarga en diversos puntos; asimismo, cuenta con información de descargas en todos los tributarios importantes.

La hidrología del río Mantaro ha sido analizada hasta la estación hidrométrica Villena por ser esta la más cercana a la captación de la central hidroeléctrica del Mantaro, que es el usuario más importante y más bajo del río Mantaro.

Por la cercanía de las estaciones La mejorada y Villena, ambas ubicadas en el río Mantaro, cerca de Tablachaca

y separadas por aproximadamente 30 km. de un tramo encañonado del río Mantaro donde no existe ningún tributario importante, se creyó conveniente funcionar los registros de estas estaciones.

La información de la estación La Mejorada - Villena ha servido de base para realizar el análisis general del comportamiento del río Mantaro, incluyendo la evaluación de su comportamiento estacional, el análisis de las descargas extremas y de duración y frecuencia de las descargas medias diarias. Asimismo, se ha analizado en esta parte del estudio en forma muy general, la hidrología del río Mantaro en los puntos más importantes de su recorrido, así como la de algunos ríos tributarios, especialmente aquellos que presentan posibilidades de regulación.

Análisis General

Las descargas del río Mantaro que se analizan en este acápite provienen del escurrimiento natural originado por la precipitación estacional y el deshielo de los nevados y de los caudales liberados en las lagunas que conforman el sistema de regulación de la cuenca del río Mantaro.

Las descargas provenientes del escurrimiento superficial del río Mantaro, han sido analizadas con diferentes técnicas estadísticas en las que la variable ha sido, según el caso, la descarga anual, la descarga mensual, la descarga diaria, así como los parámetros obtenidos con un procedimiento previo de estas variables, asimismo, se ha hecho una presentación de las características de las descargas del río Mantaro, a lo largo de su recorrido hasta Tablachaca, para establecer la secuencia de su variación.

El río Mantaro, en la estación Puente Stuart, dispone de una descarga media anual para el período de registros * 1963 - 1980, de 87.00 m³/seg. que constituye un promedio anual de 2,743.63 millones de m³. y un rendimiento unitario de 301,280 m³/km².

El río Mantaro en la estación La Mejorada - Villena, tiene una descarga media anual para el período de registros 1962 - 1980, de 183.63 m³/seg. que equivale a un volumen medio anual de 5,790.96 millones de m³. y a un rendimiento unitario de 310,715 m³/km².

Comportamiento Estacional del Río Mantaro

Las variaciones estacionales del régimen de descargas del

* Información obtenida en ONERN.

P U E N T E S T U A R T (Hr)

A Ñ O	Enero	Febrer.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiem.	Octub.	Noviem.	Diciem.	TOTAL ANUAL
1962	-	-	-	-	-	(40)	36	34	34	35	37	36	"
1963	119	175	266	155	75	42	43	47	37	37	38	85	93
1964	58	106	193	134	67	51	44	45	42	53	47	38	73
1965	44	113	130	63	52	58	47	44	38	36	35	43	58
1966	86	68	91	51	44	43	57	62	49	51	63	92	63
1967	83	244	235	121	71	69	55	49	59	64	48	58	96
1968	75	76	132	63	46	49	70	68	43	40	55	56	64
1969	39	76	80	101	42	43	63	78	29	51	39	76	60
1970	197	146	112	140	96	61	(63)	(62)	47	41	50	77	91
1971	103	(145)	199	130	54	44	55	59	69	(50)	35	47	83
1972	90	83	(250)	342	76	59	62	70	51	43	38	53	101
1973	137	254	412	303	106	74	(59)	(69)	68	68	67	124	145
1974	253	423	348	207	76	43	67	66	67	63	55	44	143
1975	65	88	277	100	107	73	57	58	51	47	32	42	83
1976	142	287	300	123	79	76	71	63	48	51	43	42	110
1977	53	117	129	62	52	47	41	53	41	41	74	77	65
1978	89	320	200	71	48	49	51	37	51	49	47	53	87
1979	54	136	375	196	62	53	54	54	46	44	39	43	96
1980	61	59	105	65	51	43	50	43	40	43	46	54	55

V I L L E N A (Hr)

RIO MANTARO

A Ñ O	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiemb.	Octubre	Noviemb.	Diciemb.	TOTAL ANUAL
1962	(396)	467	619	347	(173)	98	81	76	77	78	85	92	216
1963	368	498	649	299	150	91	84	82	75	86	97	227	226
1964	127	252	420	286	144	99	(85)	82	80	97	108	86	156
1965	125	367	365	165	111	104	89	82	75	75	70	97	144
1966	184	178	233	109	96	83	(88)	(96)	83	103	136	260	137
1967	(206)	551	(700)	(298)	159	141	130	(100)	110	144	(102)	(130)	231
1968	(214)	243	369	(152)	94	89	102	102	73	(75)	118	144	148
1969	119	126	199	221	92	83	99	113	62	90	78	178	122
1970	541	397	267	268	178	103	100	95	89	78	85	(162)	197
1971	287	440	503	286	109	78	82	84	89	76	58	114	184
1972	276	287	658	533	180	115	107	109	87	90	82	136	222
1973	437	494	892	628	226	134	(113)	95	(105)	125	117	271	303
1974	492	737	545	337	155	104	106	106	103	92	87	83	246
1975	151	246	605	199	183	119	91	88	66	77	80	112	168
1976	370	578	537	232	135	117	103	95	98	82	72	79	208
1977	127	299	363	151	121	89	82	83	75	75	153	125	144
1978	249	534	311	154	96	84	84	68	78	80	105	124	162
1979	133	341	544	294	114	88	87	83	76	72	72	75	164
1980	116	161	253	141	82	69	73	67	66	92	94	119	111

río Mantaro son una secuencia del comportamiento de las precipitaciones que ocurren en su cuenca y en cierta forma, del modo en que es utilizado el recurso regulado.

Las descargas naturales de la cuenca se originan como una respuesta a las precipitaciones y al deshielo de los nevados; dichas descargas son disminuídas en cierto grado del período de avenidas hasta completar la capacidad de almacenamiento del sistema de regulación y son incrementadas en el período de estiaje como consecuencia de las liberaciones hechas del mismo.

El análisis de los hidrogramas de descargas diarias correspondientes al período 1955 - 1972, ha permitido el régimen del río en cuatro períodos que conforman un ciclo anual: El período de avenidas, el período de estiaje y dos períodos de transicionales, uno entre el fin de las avenidas y el principio del estiaje y, el otro, entre el fin del estiaje y el principio de las avenidas. (1)

El período de avenidas empieza con los primeros repuntes notables del río y termina la presentarse el último pico del hidrograma que antecede a la curva del agotamiento del río.

El período transicional entre avenidas y estiaje empieza

al finalizar el periodo de avenidas y termina con la curva de agotamiento, o sea al hacerse esta notoriamente horizontal. El periodo de estiaje empieza con el fin de la curva de agotamiento y termina al presentarse las primeras aguas nuevas. El periodo transicional entre estiaje y avenidas empieza al presentarse los primeros incrementos leves de caudal o aguas nuevas y termina al manifestarse los primeros repuntes notables.

Como resultado del análisis, se ha podido establecer que las fechas de inicio para cada uno de estos periodos conforman variables independientes entre si que se ajustan bastante bien a la función de distribución normal. El resultado de éste análisis se presenta en el cuadro Nº 1 - RH, mostrándose los parámetros estadísticos de cada una de estas distribuciones y los rangos de variaciones que encierran el 90% de probabilidad de ocurrencia. La información del cuadro citado permite señalar que el río Mantaro descarga el 50% de su volumen promedio anual durante los $31\frac{1}{2}$ meses que dura el periodo de avenidas, el 30% durante los $61\frac{1}{2}$ meses que constituye el periodo de estiaje y el 20% restante durante los dos periodos transicionales que en conjunto tienen una duración de dos meses.

El gráfico Nº 1 ilustra claramente sobre el comportamiento típico de las descargas del río Mantaro. El Hidrogra-

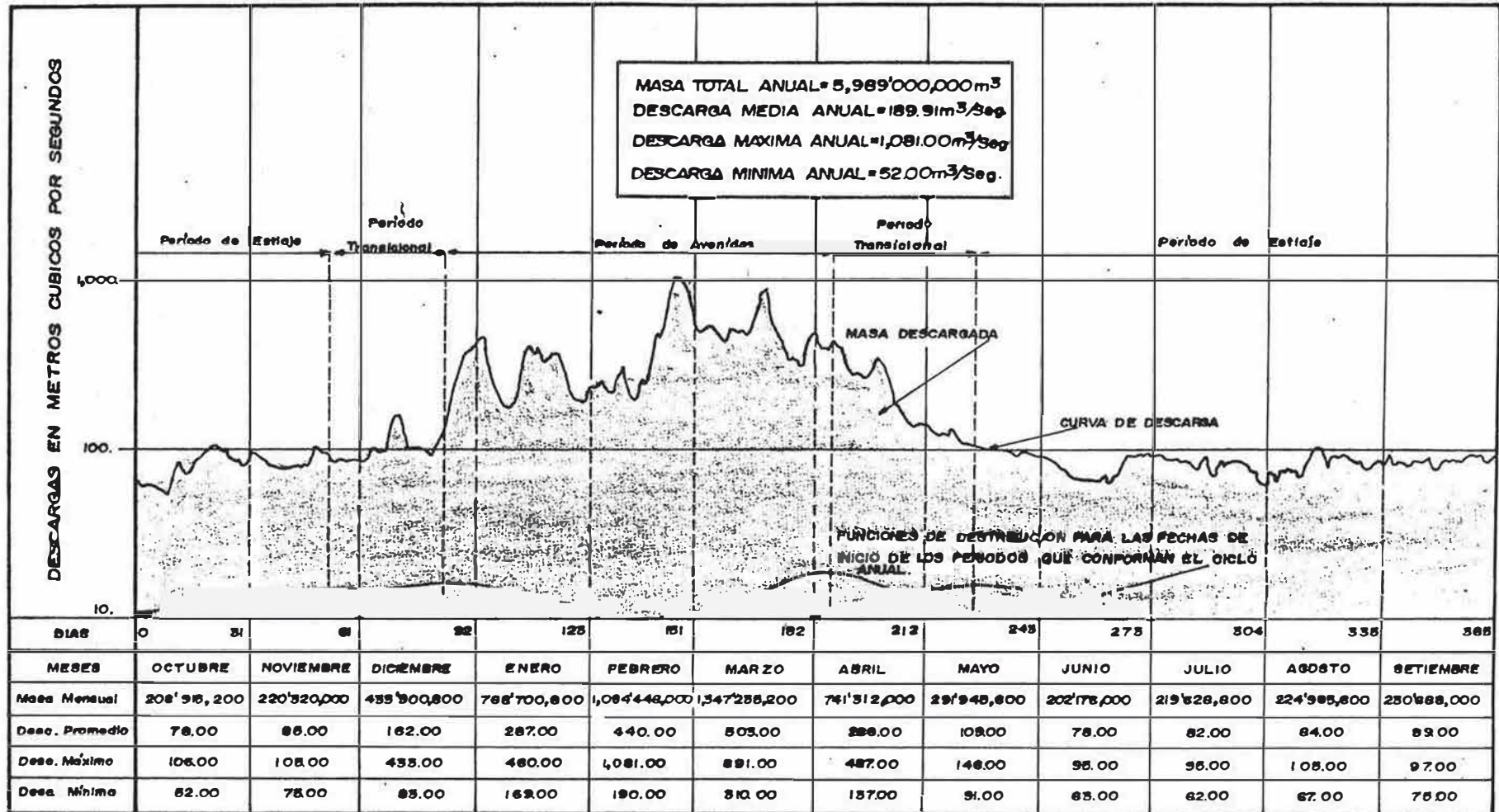
C U A D R O N º 1 - R H

PERIODO QUE COMPRENDE EL CICLO HIDROLOGICO DEL RIO MANTARO

Descripción	Período de avenidas		Periodo transicional		Periodo de estiaje		Periodo transicio
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Final
Fecha Promedio	23 Dic.	5 Abril		14 Mayo		23 Nov.	23 Dic.
Desviación St. (días)	24.86	18.63		25.19		29.73	24.86
Fecha ant. al 95%	12.Nov.	6 Marzo		3.Abril		4.Oct.	12.Nov.
Fecha post.al 95%	2 Feb.	6 Mayo		25 Junio		10 Enero	2 Feb.
Rango de Var 90%	82 días	61 días		83 días			
Duración media (meses)	3.1/2		1		6.1/2		1
Volumen descar- gado (%)	50		13		30		7
Módulo (M3/seg.)	303.73		208.59		98.59		135.12

HIDROGRAMA DE DESCARGAS DIARIAS DEL RIO MANTARO
ESTACION DE AFORO: VILLENA
AÑO 1970-1971

GRAFICO Nº 1



ma correspondiente al año 1970-1971, en el que se puede apreciar los indicados periodos del ciclo hidrológico anual, presentándose, además, las funciones de distribución obtenidas para las fechas de inicio de cada uno de los cuatro periodos del ciclo anual y marcándose en ellas sus valores medios y los límites que encierran el 90% de los casos.

Análisis de Descargas Extremas

El presente acápite contiene el análisis estadístico de las descargas mínimas diarias del río Mantaro registradas en la estación La Mejorada-Villena, para determinar los periodos de retorno de caudales de sequía.

La capacidad de asimilación de contaminantes de los ríos, se reduce a un mínimo en época de sequía y es en esta época en donde se producen las situaciones críticas, llegándose en casos extremos a que, ni con tratamiento, puede lograrse disponer las aguas residuales a los cursos de agua, sin que se cause problemas al medio ambiente.

En lo que respecta a los caudales de inundación, sólo poseen un interés muy limitado en este tipo de estudio, teniendo mayor aplicación en la planificación de obras de defensa contra inundación.

Para determinar los caudales de sequía, existen diversas metodologías. Con fines de comparación de los resultados, se emplearán dos métodos: el Pearson III, adaptado para tiempo de sequía y el Método Gumbel para análisis de sequías.

Pearson III

De acuerdo con esta teoría, una serie de valores mínimos, se organizan en forma ascendente de magnitud y se le determina su posición probabilística, dichos valores ploteados en un papel de probabilidad específico, genera una línea recta; los valores ubicados a la derecha del valor correspondiente al 50% de probabilidad (período de retorno de 2 años), son los que tienen mayor influencia en la tendencia de la recta y los que a su vez definen los diferentes valores de sequía predominante para cualquier período de retorno.

En el presente estudio, se trabaja con los caudales mínimos diarios de cada año, realizando un procedimiento según el método de Pearson III, con el fin de determinar los valores extremos de sequía.

En el cuadro Nº AI - 1 se presenta los datos y caudales necesarios para graficar en papel de probabilidad extrema, los caudales mínimos consecutivos observados en la esta-

ción Hidrométrica La Mejorada-Villena.

A continuación se detalla el procedimiento empleado y el cálculo correspondiente: (ver cuadro N^o AI-1).

- a) La columna 1 corresponde al listado de los años de los cuales se tomo la información.
- b) La columna (2) indica los valores de las descargas mínimas diarias .
- c) En la columna (3) se coloca en orden ascendente la magnitud los valores de la columna (2).
- d) A cada valor de la columna (3) se le dá un número de serie y que se registra en la columna (4).
- e) La columna (5) corresponde a la posición gráfica de probabilidad para lo cual se aplica la relación:

$$P = m / (N + 1)$$

Los valores de las columnas (3) y (5) son las que se grafican en el papel probabilidades.

Llevados los datos al gráfico de probabilidades, se traza una línea de mejor adherencia o se calcula la pendiente de la curva mediante la aplicación de los mínimos cuadrados. En el gráfico N^o AI - 1, se aprecia la tendencia de recta y a partir de ella se extrae los datos del cuadro N^o AI - 2 que corresponde a los cauda-

les de sequía según frecuencia más probable a esperarse cada 1,5,10 y 15 años en la estación La Mejorada - Villena.

El valor de la severidad mostrado en el cuadro AI - 2 indica que la sequía a esperarse cada 10 años con respecto al valor más probable anual es de 81%, lo cual muestra una cuenca bastante estable aunque de variaciones significativas. Asimismo, se observan en el cuadro anterior los rendimientos correspondientes a los caudales de sequía en la estación estudiada.

Con fines de ilustración, porque no tiene mayor importancia para el estudio sanitario del río, se inserta el cuadro Nº AI - 3 y el gráfico Nº AI - 3 correspondiente a los caudales de máximas avenidas del río Mantaro.

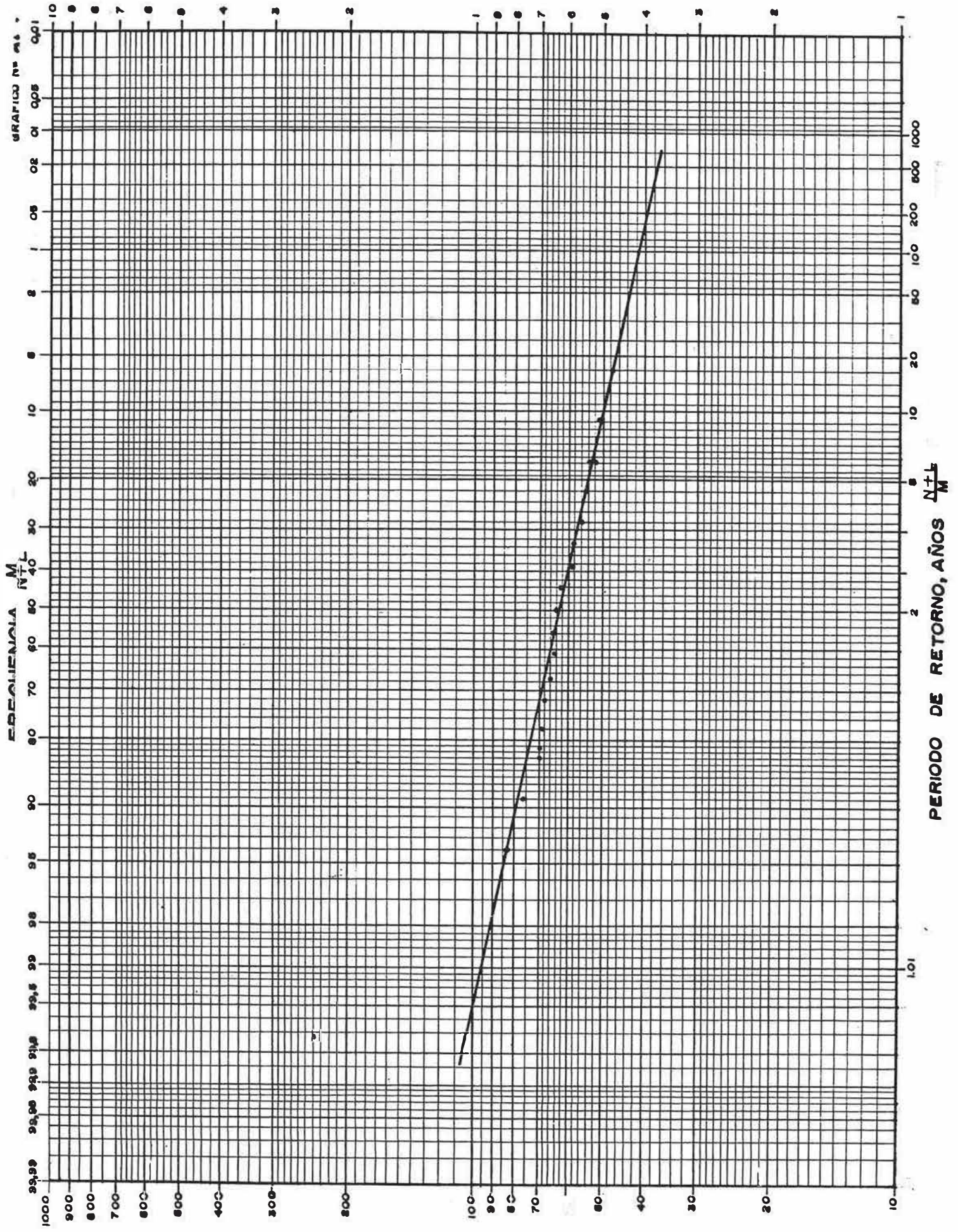
Para mayor información, en el gráfico AI - 3, se presentan los puntos que representan las máximas avenidas anuales y sus respectivas duraciones, así como la recta que representa la distribución teórica y, en el cuadro AI - 4, se muestra los valores de las máximas avenidas probables para distintos periodos de retorno, obtenidas del gráfico antes mencionado.

C U A D R O N º A I - 1

DESCARGA MINIMA DIARIA

(Estación La Mejorada - Villena)

A Ñ O	Descarga Mínima diaria (m3/seg.)	Q En orden ascendente de magnitud (m3/seg.)	Nº de serie	Posición gráfica de Probabilidad
1	2	3	4	5
55-56	76.17	47.00	1	6.00
56-57	59.37	51.00	2	11.00
57-58	63.02	52.00	3	17.00
58-59	54.82	54.82	4	22.00
59-60	55.98	55.98	5	28.00
60-61	83.93	58.00	6	33.00
61-62	70.00	59.37	7	39.00
62-63	68.00	63.02	8	44.00
63-64	69.00	64.00	9	50.00
64-65	66.00	65.00	10	56.00
65-66	58.00	65.00	11	61.00
66-67	65.00	66.00	12	67.00
67-68	64.00	68.00	13	72.00
68-69	51.00	69.00	14	78.00
69-70	65.00	70.00	15	83.00
70-71	52.00	76.17	16	89.00
71-72	47.00	83.93	17	94.00



C U A D R O N^o A I - 2

ESTACION LIMNIGRAFICA LA MEJORADA VILLENA

SEQUIA

Area drenada 18,630 Km².

Frecuencia de sequía (años)	Mínimas sequías probables m ³ /seg.	Rendimiento de la cuenca Lps/Km ² .
1	62.6	3.36
5	54.5	2.92
10	50.6	2.71
15	48.7	2.61

Relación de
variabilidad

0.81

C U A D R O N º A I - 3

DESCARGA MAXIMA DIARIA

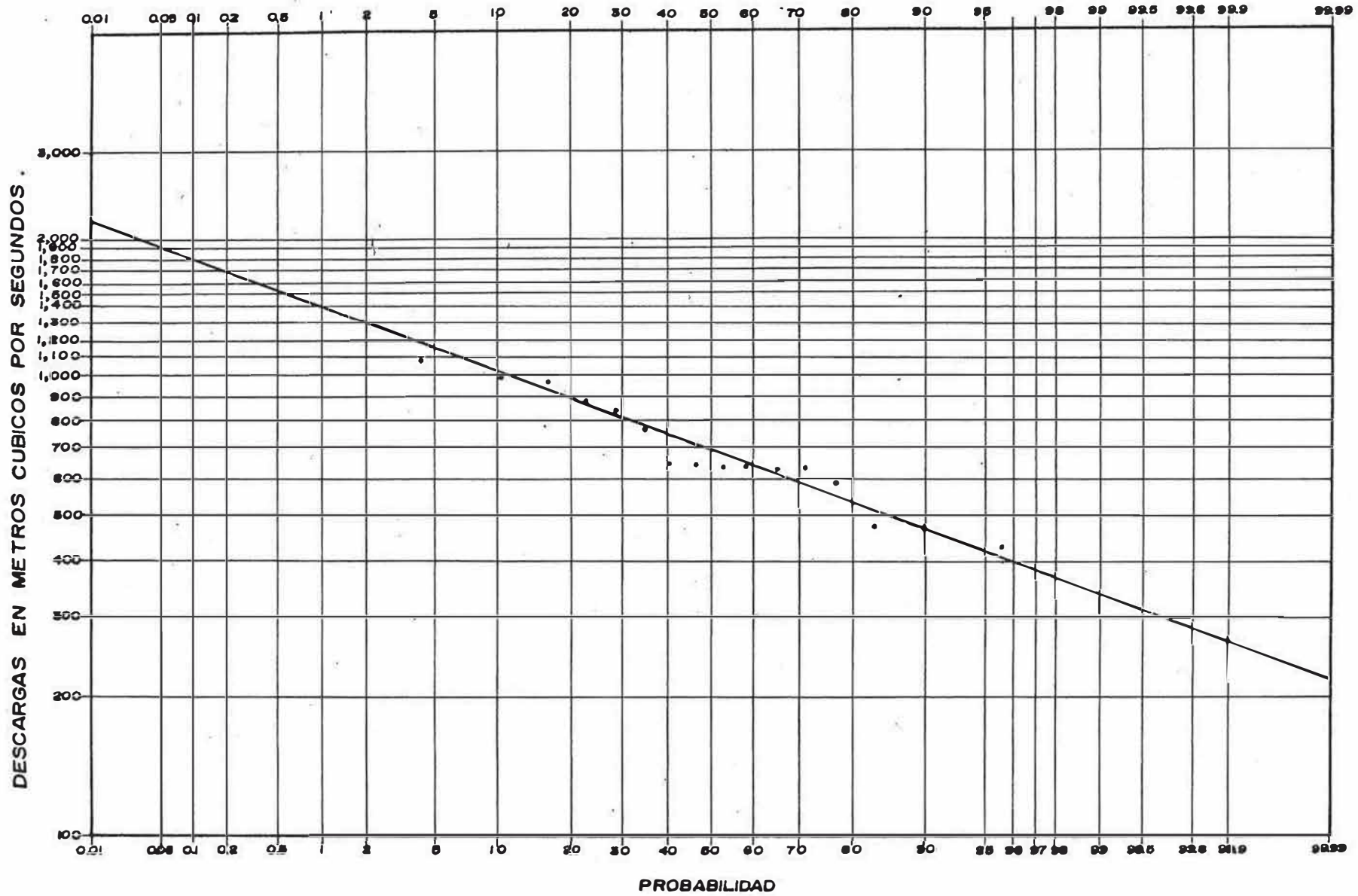
(Estación La Mejorada - Villena)

A ñ o	Descarga máxima diaria (m3/seg.)	Q en orden descendente de magnitud (m3/seg.)	Nº de serie	Posición gráfica de probabilidad %
1	2	3	4	5
55-56	613.52	1,081.00	1	6.00
56-57	463.12	978.00	2	12.00
57-58	451.80	960.00	3	18.00
58-59	638.62	868.00	4	24.00
59-60	623.14	825.00	5	29.00
60-61	572.76	747.00	6	35.00
61-62	868.00	638.00	7	41.00
62-63	978.00	635.00	8	47.00
63-64	621.00	623.00	9	53.00
64-65	635.00	621.00	10	59.00
65-66	609.00	613.00	11	65.00
66-67	S. D.	609.00	12	71.00
67-68	747.00	572.00	13	76.00
68-69	418.00	463.00	14	82.00
69-70	825.00	451.00	15	88.00
70-71	1,081.00	418.00	16	94.00
71-72	960.00	--	--	--

FRECUENCIA DE MAXIMAS AVENIDAS DEL RIO MANTARO

Estación de Aforos : La Mejorada - Villena

GRAFICO Nº AI-3



C U A D R O N º A I - 4

MAXIMAS AVENIDAS PROBABLES DEL RIO MANTARO

(Estación La Mejorada - Villena)

Período de retorno (años)	Máximas Avenidas probables (m3/seg.)
100	1,400
50	1,300
20	1,150
10	1,000
5	900

Análisis de Sequías por el Método de Gumbel

La ecuación general de Gumbel que expresa la distribución teórica acumulada de valores extremos mínimos es:

$$PI (y) = \exp (-e^w) \quad (1)$$

donde, w , la variable reducida, es:

$$w = K \ln (Y - E) - \ln (\theta - E) \quad (2)$$

donde: K es una constante sin dimensiones

Y es un valor cualquiera de la variable hidrológica.

E es el valor de la sequía mínima y

θ es la sequía característica, (valor que toma Y cuando $w = 0$)

La ecuación (2) se puede escribir:

$$Y = E + (\theta - E) e^{wL} \quad (3)$$

$$L = \frac{1}{K}$$

La solución de un problema de sequías por el método de Gumbel consistirá en estimar los valores de los parámetros E , θ , L de la ecuación (3), una vez conocidos éstos parámetros en función de los datos observados, la ecuación (3) se representa por una curva de Y vs. w , correspondiente a la variable reducida valores $-2 \leq w \leq -7$, según la fuente: Probability for the Analysis of Extreme Value Data. National Bureau of Stan-

dar Applied Math Series. 22 (1953).

A continuación se detalla el procedimiento empleado y el cálculo correspondiente (ver cuadro N^o AII - 1).

C U A D R O N º A I I - 1

Y	m	PI (y) P(Y ≥ y)	P(Y ≤ y)	Tr
m3/seg.		$\frac{m}{N + 1}$	$1 - \frac{m}{N + 1}$	1/P (Y ≤ y)
83.93	1	0.06	0.94	1.06
76.17	2	0.11	0.89	1.12
70.00	3	0.17	0.83	1.20
69,00	4	0.22	0.78	1.28
68.00	5	0.28	0.72	1.39
66.00	6	0.33	0.67	1.49
65.00	7	0.39	0.61	1.64
65.00	8	0.44	0.56	1.79
64.00	9	0.50	0.50	2.00
63.02	10	0.56	0.44	2.27
59.37	11	0.61	0.39	2.56
58.00	12	0.57	0.37	3.03
55.98	13	0.72	0.28	3.57
54.82	14	0.78	0.22	4.55
52.00	15	0.83	0.17	5.88
51.00	16	0.89	0.11	9.09
47.00	17	0.94	0.06	16.67

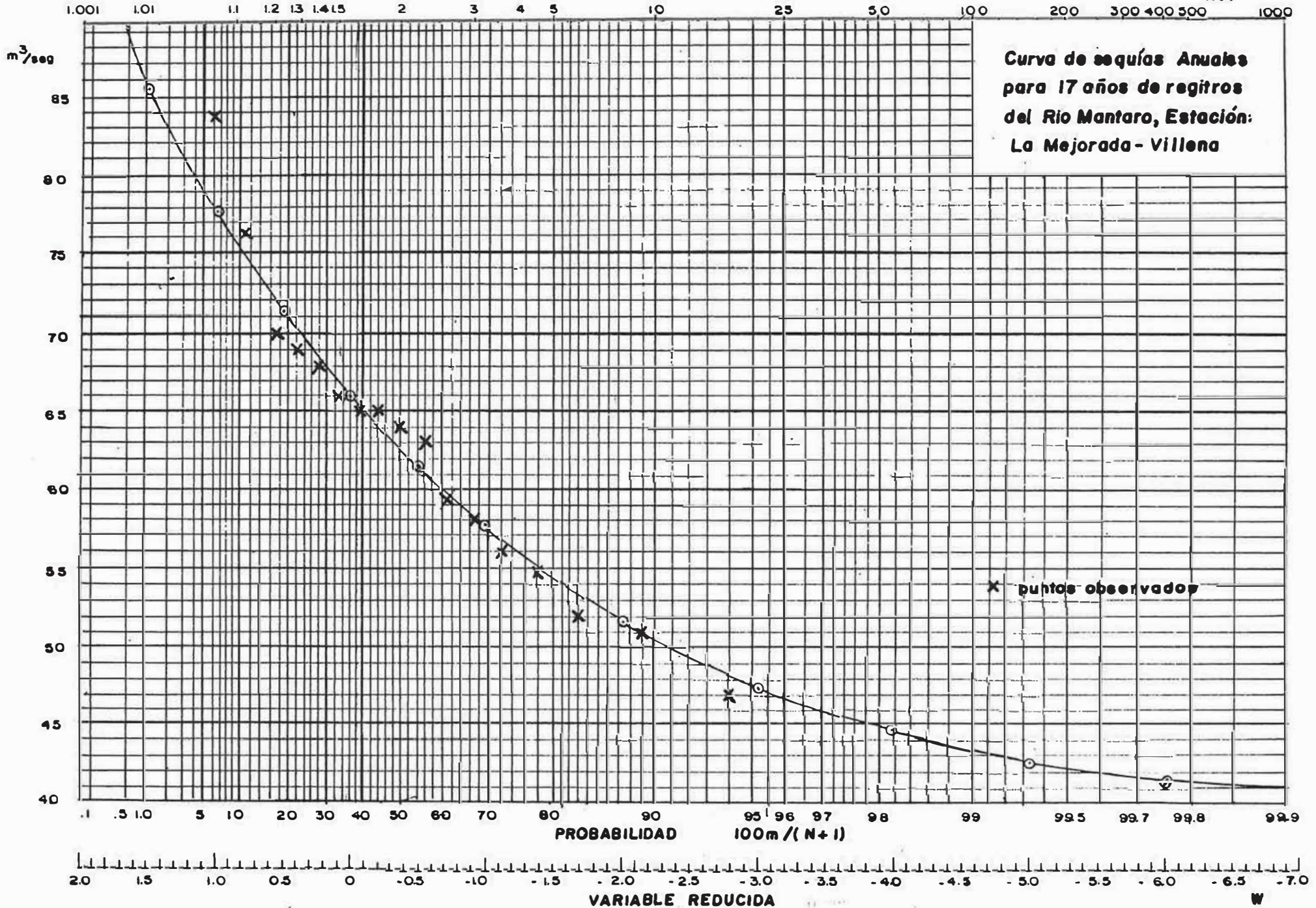
Este análisis se representa en el gráfico de la figura
(Nº AII - 1)

FIGURA N° AII-1

PAPEL DE PROBABILIDAD EXTREMO

PERIODO DE RETORNO (años)

$$Tr = 1/P(Y \leq y) = 1/1 - \frac{m}{N+1}$$



C U A D R O N º A I I - 2

W	Y
2.00	94.63
1.5	85.48
1.0	77.81
0.5	71.36
0.0	65.95
-0.5	61.41
-1.0	57.60
-2.0	51.71
-3.0	47.56
-4.0	44.64
-5.0	42.58
-6.0	41.12
-7.00	40.10

La ecuación de la predicción resultante es:

$$Y = 37.66 + 28.29 e^{.35 w}$$

Los puntos utilizados para el ploteo de la curva teórica de predicción corresponden a los valores de "Y" calculados con la ecuación y que aparecen en el cuadrado (Nº AII-2). Los puntos observados (fig. Nº AII-1) son los que aparecen en el cuadrado (Nº AII-1) (Yvs.P (Y ≅ y))

Deducción de la Ecuación de la Predicción

$$N = 17$$

$$\bar{y} = 62.84$$

$$\sum y^2 = 68,546.42$$

$$\left(\frac{\sum y}{N}\right)^2 = 67,131.97$$

$$\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{N} = 1,414.45$$

$$s^2 = \frac{1,414.45}{16}$$

$$s = 9.40$$

$$y_1 = 47.00$$

$$t_N = \frac{(Y - y)}{s} = F(L, N), \text{ función compleja y sus valores.}$$

se encuentran tabulados (Gumbel - 1963 - pp.11-12) en función de L y N. Estos valores están representados en forma gráfica en la figura Nº 1.

$$\bar{t}_N = \frac{(62.84 - 47.00)}{9.40}$$

$$\bar{t}_N = 1.69$$

$$L = 0.35$$

$$E = Y - \frac{Y - Y}{(N-1)}$$

$$E = 37.66$$

$$\theta = \frac{Y - E}{T(1 + L)} + E \Rightarrow \frac{62.84 - 37.66}{89} + 37.66$$

$$\theta = 65.95$$

La ecuación de predicción reemplazado en (3)

$$Y = 37.66 + (65.95 - 37.66) e^{.35 w}$$

$$Y = \underline{37.66} = 28.29 e^{.35 w}$$

FIGURA 1-- FUNCION \bar{t}_N DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA "N" Y DEL PARAMETRO "L"

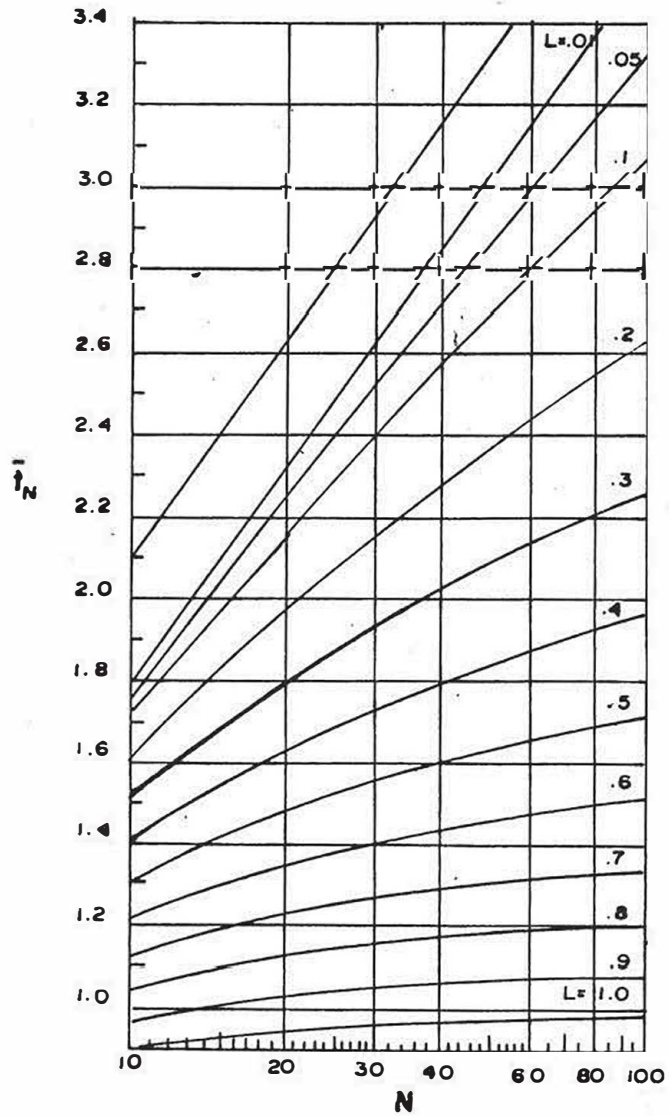
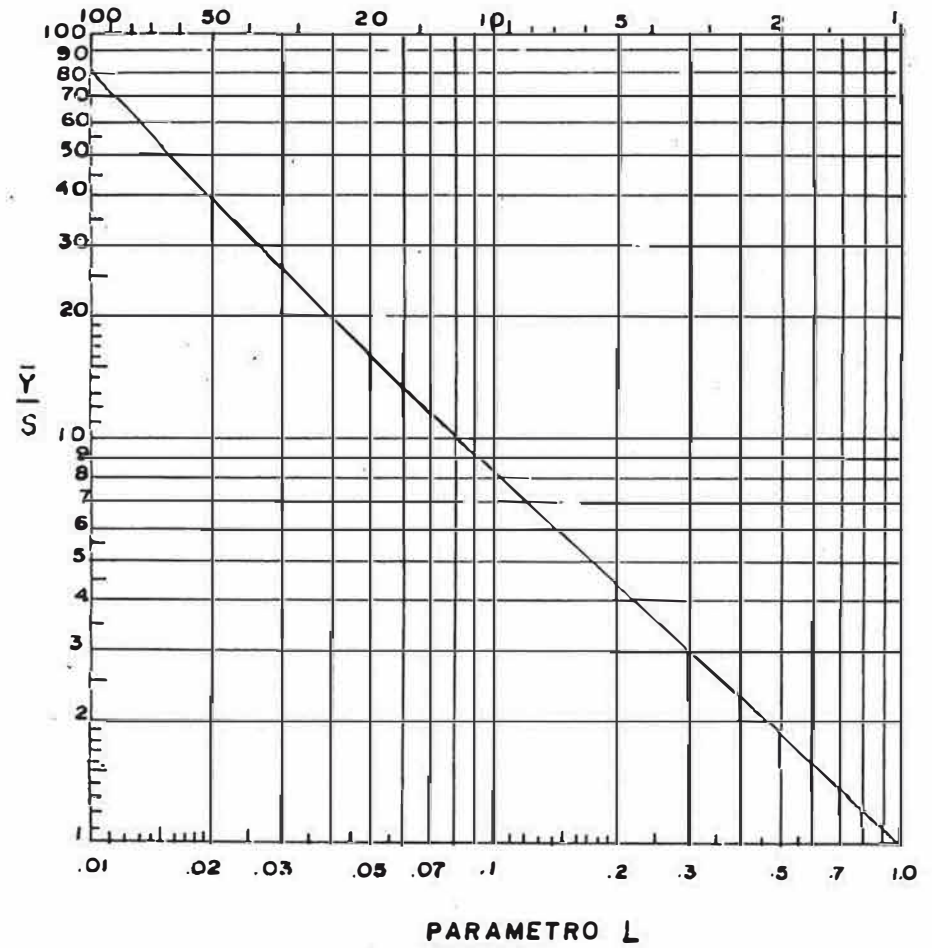


FIGURA 2
PARAMETRO K



C A P I T U L O I I

CAUSAS DE LA CONTAMINACION DE LOS RIOS

DESAGUE

La descarga de desagues crudos o parcialmente tratados a los ríos, constituye la forma más común de contaminación. Se puede, sin embargo, establecer aquí que, en ausencia de grandes cantidades de desechos industriales inhibitorios, los problemas técnicos en el tratamiento de desagues está siendo resuelto con el uso de uno o más métodos biológicos y de esta manera se obtiene un efluente de alto grado de pureza. En circunstancias en que se requiera un mejor efluente, esto puede ser obtenido por un tratamiento adicional al efluente final tal como el uso de filtros de arena, micrifiltros, etc. En casos normales donde la dilución con una buena agua de un río no es por lo menos ocho veces, la Royal Commission on Sewage Disposal de Inglaterra, recomendaba que con el fin de evitar molestias, un efluente de desague debería tener una DBO no mayor de 20 Ppm. y un contenido de sólidos suspendidos no mayor de 30 ppm. Desafortunadamente, sin embargo, un gran número de disposiciones que originalmente fueron satisfactorias ahora no se cumplen. Los sistemas quizás, son muy antiguos y pueden estar sobrecargados por un desague adicional de nuevas habilitaciones urbanas y aún por los desagues industriales, luego,

resultando en la producción de efluentes de carácter contaminante. Siendo obvio la necesidad de reconstruir o ampliar los sistemas; desafortunadamente, no siempre existen los medios suficientes para llevar a efecto tales trabajos.

En algunos sistemas de tratamiento de desagues para ciudades ubicadas en zonas de lluvia intensa; no se considera práctico dar un tratamiento completo durante tiempos de lluvia a todo el desague proveniente de sistemas combinados o parcialmente separados.

Desde que no es práctico construir desagues capaces de conducir toda el agua de las tormentas, se hace necesario que el sistema tenga reboses de tormenta como válvulas de seguridad con el fin de separar los excesos de agua de lluvia. Estos reboses se diseñan para que operen cuando los caudales sobrepasen varias veces el caudal en época de estiaje.

En algunas ciudades europeas está normalizado de que debe darse tratamiento completo de sedimentación y tratamiento biológico cuando los caudales lleguen hasta tres veces a el caudal de estiaje, y tratamiento parcial, sedimentación únicamente, cuando los caudales esté entre tres y seis veces el caudal de estiaje, los excesos pasan

directamente al río sin tratamiento.

Es evidente que después de las grandes lluvias, el desague sin tratar o parcialmente tratado causará serios problemas de contaminación particularmente si el río receptor es pequeño.

DESECHOS INDUSTRIALES

La segunda causa en importancia en la contaminación de los ríos, y en especial en algunas áreas, es la descarga de aguas residuales provenientes de procesos industriales. En ciudades grandes y altamente industrializadas, han convertido a los ríos en ríos muertos por las descargas de los desechos industriales.

Es posible el tratamiento de muchos desechos industriales y producir un efluente satisfactorio, el cual, con una suficiente dilución en el río no produce contaminación. Sin embargo, hay muchos desechos industriales para los cuales no existe tratamiento de comprobada eficiencia pero si para el tratamiento parcial y, cuyo efluente podría ser evacuado a las redes de desague con la aprobación de las autoridades. En las ciudades donde existe tratamiento de desagües, se puede mencionar algunos de los beneficios del método de disposición.

- Es más simple y menos costoso, como una regla, el tratamiento de una mezcla de desague doméstico y desague industrial que tratarlos por separado.
- En las plantas de tratamiento de capacidad suficiente, es posible obtener de la mezcla un efluente final que cumpla con los requisitos mínimos para su evacuación a los ríos, que por separado difícilmente se podría cumplir.
- Hay un menor número de puntos de contaminación de los ríos.
- Los técnicos encargados de las plantas de tratamiento, que difícilmente pueden haberlos en las plantas industriales a excepción de las plantas industriales muy grandes.

Este método conveniente y generalmente satisfactorio, desafortunadamente no siempre es practicable por varias razones, puede suceder que no haya redes cercanas a las plantas industriales y que el tendido de redes sea muy honeroso o que las redes existentes tengan una capacidad insuficiente. En cualquiera de los casos, el tendido de una nueva red puede ser muy costosa. Una dificultad particular existe cuando una industria se encuentra muy cerca del origen del río y utiliza toda o gran parte del agua para su funcionamiento y que posteriormente

la retorne como desague industrial. Aún si al efluente se le da el tratamiento más adecuado que exista y satisfaga los requerimientos exigidos éste no puede ser considerado como agua de río. Es posible que alguna forma de tratamiento natural (aereación) pueda ser solución a esta dificultad.

AGUAS DE MINAS:

Una forma particular de contaminación de los ríos es con las aguas proveniente de las minas. Estas aguas de drenaje, relaves, aguas de cola, etc., usualmente tienen un bajo contenido de materia orgánica, pero contienen cantidades considerables de férricas y ferrosas, principalmente como sulfatos de aluminio, cobre, calcio y magnesio y, frecuentemente ácido sulfídrico libre.

Los compuestos de hierro, cobre y ácido son originados por las oscilaciones atmosféricas de las piritas (sulfuros).

Es también posible que la alta acides de las aguas de mina se debe a la acción bacteriológica por organismos productores de sulfuros.

Las aguas de minas con contenido de hierroferroso, son particularmente objetables desde que compuestos ferrosos son fuertes agentes reductores y por lo tanto tienden a consumir el oxígeno disuelto de las aguas.

CONTAMINACION NATURAL

La contaminación de los ríos puede ser como resultados de causas naturales no necesariamente asociados con las actividades del hombre. La contaminación de esta clase es generalmente pequeña e intermitente, siendo comunmente asociada con las condiciones adversas del clima (fuertes lluvias, deshielos, etc.). Así, esta puede consistir en que estas aguas en su trayecto hacia los ríos, arrastran cieno, materia orgánica, estiércol, etc., de la superficie de la tierra.

La magnitud y tipo de contaminación dependé de las características físicas y químicas del Lecho del río como de la cuenca colectora y clase de vegetación presente. Las clases de contaminación comúnmente halladas en los ríos, como resultado de causas naturales son; orgánicas, mineral y materia en suspensión turbidez, color, olor acidez y alcalinidad. Por ejemplo en áreas de piedra caliza, la polución puede consistir en una dureza temporal (carbonato) y el agua puede ser algo alcalina. En áreas que contengan yeso, la polución puede ser de dureza permanente (no carbonato) debido a la presencia de sulfato de calcio.

El enturbamiento protege a las bacterias patógenas del efecto desinfectante de la luz solar. También impiden

un gran crecimiento de las algas.

En los lagos suficientemente profundos, reservorios y represamientos de ríos, ocurre una forma de estratificación termal durante los meses de verano, con lo cual se reduce el oxígeno disuelto y disminuye la capacidad de asimilación de los contaminantes. La estratificación termal depende del bien conocido principio de que las aguas tibias tienen una densidad menor que las frías y tienden a mantenerse encima de las frías.

Durante ciertos meses del año, el agua permanece a bajas temperaturas y con el comienzo de la Primavera, el agua sube de temperatura y comienza a dividirse en capas, la superior tibia de menor densidad y una profunda y fría.

Hay una región intermedia donde la temperatura desciende con mayor facilidad. Estas capas permanecen estables en los meses de calor. La acción de los vientos y la turbulencia mantiene a la capa superior uniformemente mezclada y bien aireada, y por ello afectan a la antodepuración. Por otra parte, la luz solar favorece al desarrollo de las algas en la capa superior y no así en la profunda. El oxígeno disuelto de la capa inferior decae rápidamente durante el verano por el consumo de este por la degradación de la materia orgánica y puede en algunos

casos llegar a cero y a condiciones anaeróbicas. Estas aguas profundas pueden contener Anhidrido Sulfuroso (SH₂) y producir malos olores. Por otra parte, las corrientes estimulan el trabajo de las algas y transportan a grandes distancias, aguas abajo, las bacterias productoras de enfermedades. En las aguas quietas se produce la sedimentación de la materia orgánica y de las bacterias, lo que lleva a una rápida clarificación del agua. Puede decirse que en los ríos turbulentos de corriente rápida, la autodepuración se realizará en menos tiempo, pero después de una mayor recorrido del agua que en las tranquilas.

Las bajas temperaturas inhibe la acción bacteriana, y por ello la descomposición de la materia orgánica durante el tiempo frío, se produce a un ritmo muy lento. La baja temperatura del agua, en cambio, incrementa su posibilidad de mantener oxígeno en solución y reduce mucho el peligro de su agotamiento. Por este motivo, el invierno no es período crítico con respecto a los peligros que ofrecen los ríos contaminados. Los organismos patógenos, sin embargo, vivirán más tiempo, ya que la reducción de la actividad biológicas elimina en gran parte las deplorables condiciones que se presentan en tiempo caluroso.

Por, ello, el peligro de las enfermedades transmitidas

por el agua superficial polucionada, es mayor en tiempo de frío. En la época calurosa, las condiciones se invierten: las bacterias productoras de enfermedades mueren más rápidamente, pero su descomposición más rápida puede consumir el oxígeno en menos tiempo del que se necesita para reemplazarlo, lo que hace más fácil que se presenten condiciones desfavorables.

CONTAMINACION POR SOLIDOS :

Se ha mencionado anteriormente la contaminación era líquida con o sin materia sólida en suspensión. La contaminación también puede ser causada por los desperdicios sólidos, basura, o esparcirlos dentro del río, o por la distribución de esta materia sólida de tal manera que pueda drenar o pasar a los ríos.

En Inglaterra en algunas leyes dictadas con anterioridad a 1951, se consideraba que la contaminación sólida era de una categoría diferente a la contaminación líquida (incluyendo sólidos en suspensión), pero posteriormente no se hace distinción al respecto en las nuevas leyes.

CAUSAS INDIRECTAS DE CONTAMINACION :

Un número de factores pueden afectar indirectamente o

agravar la contaminación de los ríos y entre los más importantes se menciona los siguientes:

1. Factores que reducen la cantidad de agua limpia de dilución en un río, que incluye:

a. Sequía que causa caudales escasos, si es prolongada.

b. Reducción "Agua de compensación", descargadas por las captaciones.

c. La presente libertad inrestricda de captación del agua de los ríos para varios propósitos, particularmente para irrigación.

Todos estos factores tienen un efecto considerable de reducir la razón de agua limpia a efluente, incrementando la concentración de materias contaminantes.

2. Contaminación termal.- Que ya fué tratada en el capítulo de Naturaleza y Efectos de la contaminación.

3. La falta de oxígeno disuelto en lagunas y reservorios que descargan aguas de compensación de los ríos.

C A P I T U L O III

NATURALEZA Y EFECTOS DE LA CONTAMINACION.

En realidad no es muy facil dar una definición sobre lo quees contaminación , sin embargo, la mayoría de las personas tienen una idea más o menos definida de lo que constituye contaminación en un río. Si un río está turbio o coloreado, o contiene materia suspendida o flotando, o si tiene un olor objetable es entonces declarado por el promedio de la gente, como un río contaminado. Así entonces, podemos decir que para las aguas de los ríos, la contaminación se podría definir como la adición de algo al agua que hace cambiar sus cualidades naturales y podríamos mencionar como ejemplos que ilustrarían mejor esta definición a los siguientes:

1. Adición de agua dura a agua blanda.
2. Elevación de la temperatura del agua, y
3. La adición de alguna cosa, que al encontrarse con otras sustancias habidas en el agua, cada una de ellas por si mismas inofensivas, causa la contaminación.

Desde el punto de vista científico, es quizás más fácil referirse a la contaminación como a la impureza actual introducida en el río que al acto de introducir tal impureza, y definir la contaminación como algo que causa o

induce condiciones objetables a cualquier curso de agua y afectando adversamente algún uso o usos que se le pueda dar al agua a partir de ese momento.

Desde que la contaminación afecta marcadamente la flora y fauna de un curso de agua y puede cambiar el número de individuos como así el número de las especies, ésta también puede ser definida en relación a sus efectos en la vida acuática.

Es de interés tomar nota, que en el Estado de California, U.S.A., las nuevas leyes de control desde 1955 hacen distinción entre "Contaminación" y "Polución". Contaminación es considerada como el deterioro de la calidad del agua por desagües o desechos industriales causando un actual peligro a la salud Pública o un efecto equivalente, aún si las aguas del Estado sean afectadas o no.

Por otro lado, polución involucra la adición de alguna cosa que adversamente y en forma irracional perjudica el uso beneficioso del agua aún cuando el peligro de la salud no esté involucrada, en este caso se toman acciones más lentas y más prudentes. La razón de diferenciar las dos categorías evidentemente se deduce de que se debe de tomar una acción más rápida y drástica en casos de haber peligro potencial a la salud pública.

Según la escuela Americana (USA), la contaminación es

de origen microbiana, producida por bacterias, virus, etc., mientras que la polución (en USA se refiere a Stream pollution) abarca todo tipo de impurezas añadidas al agua ya sea de origen biológico como químico, inclusive físico como turbidez, alteración de la temperatura entre otros. Como no existe una nomenclatura Nacional que pueda fijar conceptos, y en atención que la palabra polución tiene una acepción distinta en el idioma Castellano al significado en el idioma Ingles; en la presente Tesis llamaremos Contaminación al concepto general englobado en polución (pollution) en la técnica inglesa.

LAS DIFERENTES CLASES DE CONTAMINANTES.

Los contaminantes pueden ser sólidos o líquidos, y si son líquidos pueden contener materia disuelta o suspendida, así como gases disueltos de un carácter contaminante.

Los contaminantes sólidos pueden ser cualquier materia sólida, tal como la grava, tierra, cenizas, clinkers, basuras de alguna fábrica, mina, cantera, algún desecho o materia sólida de desague; vegetales u otra basura; algún desecho o parte de la carcasa de animales; jebe, madera, parafina, gelatina, paja, papel o pulpa de papel, aún pan y mantequilla.

La forma más común de contaminación causando el mayor problema, sin embargo, es la forma líquida (incluye sólidos en suspensión), y es generalmente causada por las descargas de desagues y basuras industriales en los ríos. Una clasificación de las diferentes especies de contaminantes en desagues domésticos e industriales están dados en la siguiente tabla.

TIPOS DE CONTAMINANTES EN DESAGUES

DOMESTICOS E INDUSTRIALES

A QUIMICOS	B FISICOS	C FISIOLOGICOS	D BIOLÓGICOS
Orgánicos (Compuestos de carbono)	Calor	Sabor	Bacterias Patógenas
Inorgánicas (compuestos <u>minerales</u>)	Turbidez Temperatura Materia <u>sus</u> pendida Espuma Radioacti- dad	Olor	Virus Animales Plantas

CONTAMINANTES QUIMICOS

ORGANICOS.

La forma más común de contaminantes es debida a la presencia de proteínas, grasas, carbohidratos y otras sustancias orgánicas y materias encontradas en desagües domésticos e industriales.

Proteínas.

Las proteínas son sustancias orgánicas nitrogenadas con un alto peso molecular hallados en el reino animal y vegetal y consiste totalmente o en parte de un gran número de unidades de amino ácidos formando largas cadenas de polipepsinas. Existen por lo menos 25 diferentes amino ácidos en la mayoría de las proteínas animales.

Entre las proteínas tenemos la Albúmina en los huevos, Gelatina encontrada en los huesos y otros tejidos animales, Keratina en la lana, Fibroína en la seda Natural, Caseína en la leche, Gluteína presente en el trigo. Las proteínas varían entre ellas en composición, en el número de amino ácidos presentes y en su orden en la cadena, y en la forma geométrica de la molécula, todas ellas contienen Carbón, Hidrógeno, Oxígeno y Nitrógeno, la mayoría contienen Azufre

y algunas contienen Fósforo. Bajo la Influencia de las bacterias y de otros microorganismos, las proteínas rápidamente sufren la putrefacción originando mayormente amino ácidos, ácidos grasos y aromáticos, y numerosas Bases orgánicas, así como también Acido Sulfídrico (H₂S) y Asufre orgánico y compuestos de Fósforo.

Entre los desagües industriales que contengan proteínas están las que procesan alimentos y desperdicios de conservas, gelatina, camales, lecherías y curtiembres entre otras. El carácter principal de esta contaminación es el no poco contenido proteínico.

Grasas

Las cuales incluyen a los aceites vegetales y animales, estas están constituidas de esterés del alcohol glicérol trihidratado con ácidos grasos.

Aunque insolubles en el agua, las grasas se disuelven en solventes orgánicos como petróleo, cloroformo y eter.

Cuando son hervidas con alcalis, o sujetas a la acción de microorganismos, las grasas son desdobladas a glicérol y ácidos grasos.

Las grasas están presentes en desagües domésticos e industriales como lavaderos de lana, aceite comestible, fabricación de jabones y de lavanderías.

Jabones.

Los jabones son estrictamente sales metálicas de ácidos grasos o resinas, pero en lenguaje común se restringe a sales de sodio y potasio solubles en agua. Las sales de sodio (jabones fuertes) y sales de potasio (jabones suaves) son obtenidos por la saponificación de las grasas con soluciones calientes de soda cáustica y potasa cáustica respectivamente.

Los jabones son encontrados en los desagües domésticos, desagües de lavanderías y textilerías. Los jabones de calcio son encontrados en los desagües y son formados por el agua dura conteniendo sales de calcio, en jabones de sodio y potasio usados en lavado y limpieza.

Aceite.

El aceite como contaminante de los ríos pueden provenir de desechos industriales, industrias metalúrgicas, factorías, garajes, o aún de cualquier industria que use lubricantes y combustibles, el más común es el

hidrocarburo derivado del petróleo. Estos son más ligeros que el agua. El aceite es objetable en los ríos, no sólo por estética, también porque se espasa sobre el agua formando una película y tiende a prevenir la difusión del oxígeno en el agua, interfiriendo con la reareación de las aguas.

EFFECTOS DE LA CONTAMINACION POR MATERIA ORGANICA

La mayoría de los materiales compuestos orgánicos enunciados pueden ser desdoblados por los microorganismos presentes en el agua de los ríos y el oxígeno disuelto es usado para estas reacciones bioquímicas.

Aún, sustancias tóxicas pueden ser desdobladas por este medio en prevención de que estén presentes en concentraciones suficientemente bajas.

En verdad hay suficiente evidencia para demostrar que las bacterias se están aclimatando a sustancias tóxicas. Existen en realidad, muy pocos compuestos orgánicos que se resistan al desdoblamiento de sus moléculas por descomposición microbiológica.

Si la carga contaminante es pequeña y la dilución por un agua bien oxigenada, puede haber suficiente oxígeno disuelto para permitir a cierto grupo de bacte-

rias - bacterias aeróbicas que requieren oxígeno libre para desdoblar la materia orgánica completamente a un producto inocuo, estable y sin olor. El río recobra su forma natural de los efectos de la contaminación y se dice que el río a sufrido su auto-purificación.

Las reacciones de oxidación que ocurre son las siguientes:

Carbón C -- C02 más carbonatos y bicarbonatos.

Hidrógeno H -- H20

Nitrógeno N -- NH3 → HN02 → HN03

Azufre S -- N2S04

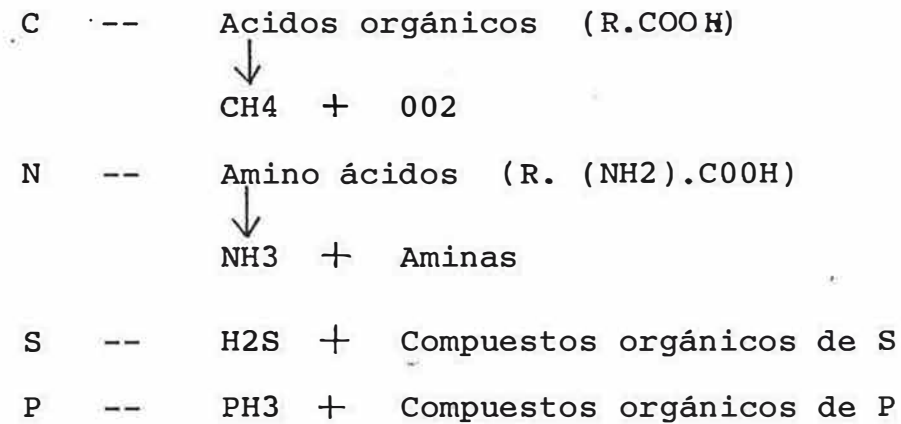
Fósforo -- H3P04

La conversión del amoniaco a nitritos y nitratos, tiene lugar en condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno disuelto) en los ríos y es también un proceso importante en el tratamiento de desagües en filtros percoladores.

Frecuentemente si ocurriera una contaminación masiva por materia orgánica, ésta causa agotamiento del oxígeno disuelto. La materia orgánica sobrante es luego desdoblada por un ds grupo de bacterias diferentes bacterias anaeróbicas que no requieren oxígeno libre pero pueden utilizar oxígeno combinado en la forma

de nitratos, sulfatos, fosfatos, compuestos orgánicos, etc. Ocurre luego la putrefacción de la materia por el desdoblamiento de la misma a productos finales diferentes alguno de los cuales tienen olores objetables.

Las reacciones de oxidación y reducción son como sigue:



Si hubiera peces en un río que recibiera una gran carga orgánica puede ocurrir una mortandad de los peces si el oxígeno disuelto llega a concentraciones críticas, en el caso de varios peces es de 5 ppm.

CONTAMINACION INORGANICO. O MINERAL.

Muchos desechos industriales contienen ácidos inorgánicos o alcalis, los cuales pueden hacer un daño extensivo o agotando el sistema purificador y alterando el pH normal del agua.

Las industrias que producen la mayor cantidad de residuos ácidos son las refinerías de hierro, titanio, rayón y papel celofán.

Los ácidos son objetables particularmente en ríos por la corrosión que puede producir a las estructuras de concreto o metálicas, bombas, etc., especialmente si el valor del pH del río baja de 5.0

Los ácidos y alcalis pueden destruir bacterias y otros microorganismos y de esta manera disminuir o más aún detener la autopurificación del río; ellos resultan también letales para los peces y otra forma de vida acuática. Los peces de agua dulce viven en aguas que poseen un pH entre 5.0 y 8.5.

Compuestos tóxicos inorgánicos.

Los compuestos tóxicos más comunes son el cloro libre, cloraminas, amoniaco, anhídrido sulfuroso, y sulfitos solubles y sales de metales pesados (cobre, zinc,

plomo, níquel, cromo, cadmio, plata, mercurio, uranio, vanadio, etc.).

Alguna cantidad apreciable de estos compuestos puede disminuir o aún detener la autopurificación de los ríos. Una concentración de sulfato de cobre que elimina la trucha es de 0.14 ppm.

El zinc es otro metal pesado que es muy tóxico para los peces aún para concentraciones de 0.15 ppm.

Contaminación metálica de un río, especialmente por arsénico y plomo pueden constituir un peligro a la salud pública si el agua es usada para bebida.

Recientemente se ha reconocido que los fluoruros como sustancias tóxicas. Ríos que contengan desechos afirmativos de fluoruros pueden ser dañinos para la salud pública si el agua es para usos domésticos. Sin embargo, se viene demostrando que el fluor hasta 1.0ppm. es necesario en abastecimientos de agua para bebida para prevenir la caries de los dientes en los niños, concentraciones mayores de 1.5 ppm. de F, según recientes trabajos, se ha demostrado es letal para la trucha. La toxicidad del F parece ser a la habilidad de inhibir ciertas reacciones catalíticas esenciales de algunas encimas.

Es importante recordar que el efecto de las sustancias tóxicas sobre el alimento de los peces puede ser un factor vital que determine el desarrollo o supervivencia de los peces en un río contaminado como en algunos casos los organismos menores de los cuales depende el alimento de los peces son aún más susceptibles a un veneno particular que los mismos peces.

Sales Solubles.

Sales solubles (o sólidos disueltos) comunmente encontrados en los cursos de agua y en descargas de los mismos, incluyen cloruros, sulfatos, nitratos, bicarbonatos y fosfatos de sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro y manganeso. En pequeñas concentraciones estas sustancias son inocuas a peces de agua dulce.

Efluentes que tienen un contenido excesivo de sales solubles pueden ser objetables en un curso de agua porque estos pueden producir corrosión en bombas, tuberías y otras estructuras hechas de metal o concreto. Particularmente los sulfatos son objetables a este respecto, desde que ellos pueden ser reducidos a sulfitos los cuales por oxidación a presión atmosférica, dan ácido sulfúrico, o ellos pueden aún actuar directamente sobre el concreto y causar una corrosión rápida.

Sustancias inorgánicas inertes insolubles.

Muchas sustancias inorgánicas insolubles, tales como arcilla, tiza, etc. están algunas veces presentes en desagües industriales, ellos son indeseables en un curso de agua porque incrementan la turbidez y su contenido de materia en suspensión

CONTAMINANTES FISICOS

Color.

Cuando se habla del color del agua, se debe diferenciar entre color verdadero y color aparente.

El agua pura natural es generalmente incolora y la presencia de algún color cualquiera es usualmente una indicación de la presencia de materia orgánica, la cual le imparte un color marrón amarillento, esto es lo que se denomina verdadero color, el color del agua de la cual se ha eliminado la turbiedad. El color que también es producido por las sustancias en suspensión es lo que se denomina color aparente, para su determinación se hace en la muestra original sin filtración o centrifugación.

Las aguas en su trayecto por zonas pantanosas o de

bosques, adquiere materia coloreada las cuales no se les considera con propiedades tóxicas, el agua también puede adquirir color por sustancias de origen mineral, especialmente de compuestos de hierro y cromo.

Gente no muy entendida, puede juzgar la condición de una muestra de agua por su color, pero el color de una agua servida no es segura guía de su grado de contaminación más aún de que el color por si mismo no es necesariamente dañino.

Turbidez

La característica que más impacta de las aguas servidas y de la mayoría de las aguas residuales industriales es el grado de nubosidad o turbidez la cual es causada principalmente por la presencia de tanta materia coloidal o materia finalmente dividida en suspensión la cual sedimenta con dificultad. Materia en estado coloidal difiere de las partículas en suspensión principalmente por el tamaño de estas. Los coloides son de dimensiones intermedias entre moléculas y dispersión gruesa.

TAMAÑOS APROXIMADOS DE MOLECULAS,
COLOIDES Y PARTICULAS

Partícula	Tamaño aproximado de la partícula Mu	Estabilidad
Moléculas y (En suspensión)	1	No sedimentable, completamente es- table
Agregados moleculares (dispersión gruesa)	1 - 500	Pueden permanecer dispersas por se- manas, meses o a- ños.
Partículas gruesas	500	Sedimentación rá- pida

La turbiedad en aguas de usos domésticos es muy objeta-
ble particularmente si se debe a la presencia de
hierro, el cual en cantidades de 1 ppm. o más, produce
un color marrón o rojo marrón y eventualmente se
deposita como Hidróxido férrico el cual mancha los
servicios.

Temperatura o Contaminación Termal

La temperatura es una forma de contaminación de gran importancia para muchos intereses, tales para los criadores de peces, hidroeléctricas y para la industria que usa el agua como refrigerante. La temperatura de un curso de agua puede variar diariamente así como por las estaciones (debido al clima) y también por descargas de efluentes calientes.

Cuando ocurre una alza de temperatura en un río contaminado con materia orgánica, no solamente el oxígeno disuelto disminuye, debido a la baja solubilidad del oxígeno por la temperatura alta, sino que también hay un incremento en la utilización del oxígeno disuelto por reacciones bioquímicas. las cuales proceden mucho más rápido a mayores temperaturas. Si el oxígeno disminuye a cero, puede ocurrir que la materia orgánica se pudra y se produzcan nauseabundos malos olores, también un alza de temperatura afecta a los peces y aún puede producir una mortalidad entre los peces que son sensibles a la temperatura.

Otra consecuencia dañina de una descarga caliente en que ésta propicia el crecimiento o acumulación de lodos y plantas acuáticas que en determinado momento interfieran el flujo del agua.

Sólidos Suspendidos:

Materia insoluble en suspensión es una de las formas más comunes de contaminación, estando presente en desagües domésticos y en la mayoría de los desagües industriales. Su remoción es de extrema importancia y puede generalmente ser llevada a cabo en tanque de sedimentación de capacidad y diseño adecuado.

Todos los ríos aún aquellos que no están contaminados, contienen materia suspendida consistente de sieno natural, arena, etc. proveniente del lecho del río y bancos de arena.

Los sólidos suspendidos pueden ser principalmente de carácter inorgánico o mineral, predominantemente orgánico o volátil, o, como es comunmente el caso parte inorgánica y parte orgánica. Los sólidos suspendidos en desagües domésticos, lecherías, etc, son de carácter orgánico. Por otro lado, residuos de las locerías entre otros, contienen principalmente sólidos suspendidos inorgánicos. Materia inorgánica inerte como talco, arcilla, tiza, yeso, etc., son usados frecuentemente en conjunción con un aditivo orgánico en las fábricas de papel y como consecuencia pueden hallarse como materia suspendida en los desagües, como así también se halla pulpa de papel la cual es materia orgánica desde que consiste de celulosa.

Se puede citar tres razones principales por qué los sólidos suspendidos son objetables en un río.

- . Interfiere con la autopurificación por disminuir la fotosíntesis y sofocando a organismos.
- . Pueden dañar los criaderos de peces y
- . Son desagradables a la vista y antiestéticos.

Radio actividad.

Aún cuando el fenómeno de la radioactividad es conocida por más o menos 50 años, es bueno recordar que muchos elementos radioactivos siempre existieron en la tierra. Suelos y rocas especialmente las rocas graníticas, contienen pequeñas cantidades de elementos radioactivos. La mayoría de las aguas en consecuencia tienen pequeña radioactividad.

Es conveniente recordar que el período que sigue a la segunda guerra mundial es cuando tiene lugar la pasmosa explotación del proceso de fisión nuclear para plantas de energía atómica resultando en la producción de grandes volúmenes de agua radioactivada. La segura y conveniente disposición de estas aguas sin peligro a la salud pública o vida acuática en los ríos, ha creado un nuevo y difícil problema.

Espuma.

La popularidad del uso de los detergentes sintéticos (que contienen agentes de activación superficial) para propósitos generales de limpieza, accasionalmente ha producido formaciones de espuma en las aguas de algunos abastecimientos. Como el agente de activación superficial más comunmente usado es el sulfanato de alquil-bencilo (alkyl benzene sulfanate o ABS), es el que con mayor probabilidad se puede encontrar en las aguas crudas de los abastecimientos.

Por esta razón se ha seleccionado al ABS como el compuesto patrón para la determinación analítica de los detergentes aniónicos.

TIPOS FISIOLÓGICOS DE CONTAMINACIÓN

Sabor

En vista del continuo aumento en el consumo de agua en el país y más específicamente en la ciudad de Lima y la dificultad de encontrar fuentes superficiales y sub-terráneas, origina que se hagan costosas inversiones aún con el riesgo de usar ríos contaminados para agua potable, el problema del sabor podría asumir considerable importancia.

Los desagues industriales contienen varios compuestos químicos, los cuales imparten características y sabores incómodos; tales como, sales, hierro manganeso, cloro libre, anhídrido sulfuroso, fenoles hidrocarburos sin saturar. Muchas de estas sustancias son removidas con cierta facilidad por procesos convencionales de purificación de agua tales como precipitación química, clorinación y tratamiento con dióxido de cloro, ozono o carbón activado, pero no siempre es este el caso.

Extremadamente pequeñas cantidades de ciertas sustancias pueden impartir sabor al agua, así el sabor a tinta de hierro ferroso puede ser detectado en una dilución de 0.1 ppm, pero hierro férrico en una dilución de 0.2 ppm. Sin embargo es bueno recordar que los

sabores sostenidos por concentraciones de metales varía considerablemente con cada persona, especialmente en los casos de hierro y manganeso. Sabores debido al cloro libre pueden hacerse evidentes aún en una concentración de una parte de cloro en 10'000,000 de agua (0.1ppm.)

O l o r .

Al profano no le cabe duda acerca de la condición de contaminación de un río si este tiene olores desagradables; es así entonces que el olor de las aguas de un río es una de las más importantes características. El olor puede ser causado por la presencia de ciertos compuestos químicos con fuerte olor, tales como: amoniaco, fenoles, cloro libre, sulfatos entre otros; los cuales pueden ser facilmente detectados y estimados o pueden ser asociados con varias materias orgánicas, con algas y otros organismos vegetales, y con la descomposición y putrefacción de materia orgánica. Varias clases de olores pueden deberse a trasos de sustancias que dificilmente pueden ser identificados por los análisis químicos.

La mayoría de los olores desagradables de un río es debido a la presencia de compuestos orgánicos e inorgánicos del nitrógeno, asufre y fosforo, de la putrefac-

ción de las proteínas y otras materias orgánicas presentes en los desagües domésticos e industriales.

Indudablemente, la causa más común de olores objetables en los ríos y que es materia de quejas, es debido a la presencia de pequeñas cantidades de sulfuros. El grado de fetidez depende mayormente del PH del río y de la concentración del Anhidrido sulfuroso disuelto en el agua. A menor PH, mayor es el grado de contaminación atmosférica como resultado.

CLASES DE CONTAMINACION BIOLÓGICA

En este tipo de contaminación, se debe incluir a bacterias patógenas ciertas bacterias fungi, algas, virus, protozoarios patógenos y, aún algunas plantas o animales que por alguna razón o se han multiplicado excesivamente o son de otro lado indeseables, malignas o dañinas.

Contaminación biológica es frecuentemente resultado secundario de la contaminación de desechos domésticos o industriales.

La forma más común de contaminación biológica de cursos de agua por organismo patógenos es por afluentes de desagües sin tratar .

Composición de Desagues Domésticos.

El desague doméstico es una solución acuosa muy diluída que contiene minerales y materia orgánica en muchas formas, (a) partículas grandes y pequeñas de materia sólida flotante y en suspensión, (b) dispersión coloidal y semi-coloidal, y (c) en verdadera solución.

El desague doméstico consiste esencialmente de aguas de servicios higiénicos (desechos de jabón, heces, papel, orina), cocina (desechos de comida, agua de lavado). El desague también contiene materia viva, especialmente bacterias, virus y protozoarios. En épocas de lluvia, el lavado natural de las calles y techos también contribuye significativamente a este total. La composición, característica y apariencia del desague pueden ser profundamente modificados por la presencia de desagues industriales.

Los desagues domésticos varían considerablemente en composición y concentración de una población a otra y de un país a otro, debido marcadamente a los hábitos de la población, naturaleza de la dieta, la composición de los desagues industriales presentes y la cantidad de agua consumida.

Las bacterias están presentes en los desagues domésticos y en los desagues de granjas en gran cantidad

y variedad. Las bacterias por supuesto, abundan en toda la superficie terrestre, aún en las aguas no contaminadas pero en desagües con su gran cantidad de materia orgánica de fácil descomposición, es un excelente medio para el desarrollo de bacterias.

La mayoría de las bacterias son relativamente ino- cuas y pertenecen a la clase "Saprofítica" (bacterias que se alimenta de materia orgánica muerta). Pocas son sin embargo, peligrosas, desde que ellas pertenecen a la clase de bacterias patógenas (aquellas que producen enfermedades al hombre y a los animales), son así entonces, importantes desde el punto de vista de la salud.

Afortunadamente, las bacterias patógenas tiene un período muy corto de vida en el agua y son menos resis- tentes a influencias adversas y son destruidas con ma- yor facilidad que las bacterias normales del intestino o bacteria del agua.

Se puede afirmar que bacterias del grupo califorme, que pueden ser facilmente detectables y contadas, no fuesen hallado, luego, las patógenes tampoco estarán presentes.

El grupo predominante en los desagües domésticos y en los ríos son las bacterias coliforme, siendo

éstos organismos, aún inocuos por si mismos, son usados como prueba en los análisis para determinar la calidad bacteriológica de las aguas. También se usa como indicador al estreptococo fecalis como un segundo indicador.

Los organismos patógenos son fáciles de hallarlos en los lodos de los ríos que en el agua misma por que la bacterias mueren más fácil en élla.

MICROORGANISMOS PATOGENOS EN LOS DESAGUES Y RIOS

CONTAMINADOS

ORGANISMO	ENFERMEDAD	NOTAS
Virus	Poliomelitis	El mdo. exacto de transmisión no es aún conocido. Se le encuentra en los afluentes de plantas de tratamiento biológico.
Vibrio Cholerae	Cólera	Transmitida por agua y desague contaminado.
Salmonella Typhi	Fiebre tifoidea	Común en los desagues y afluentes en tiempos de epidemias.
Salmonella Para Tphi	Fiebre paratifoidea	Común en los desagues y efluentes en tiempos de epidemias.
Salmonella spp	Envenenamiento de los alimentos	
Shigella	Bacillary Dysentery	Aguas contaminadas.
B. antracis	Antrax	Hallados en los desagues, las esporas son resistentes al tratamiento.
Brucella	Brucelosis, fiebre de malta en el hombre.	Normalmente por la leche contaminada o por contacto. El desague es sospechoso.
Microbacterium	Tuberculosis	Aislado de los desagues y ríos contaminados. Posible medio de transmisión. Cuidado con los desagues de Hospitales.
Leptospira icterohaemorrhagiae	Leptospirosis Enfermedad de Weil	Acarreada por las ratas de los desagues.

ORGANISMO	ENFERMEDAD	NOTAS
Entamoeba histolitica	Disenteria	Diseminada por las aguas y lodos usados como fertilizantes comùn en los paìses cálidos.
Schistosoma	Bilharzia	Probablemente muerta con un eficiente tratamilito de los desagues
Taenia spp	Solitaria	Los huevecillos muy <u>resisten</u> tes, presentes en los lodos y efluentes de desagues.
Ascaris enterobious	Gusanos nematodes	Peligroso para el hombre el uso de los efluentes de desagues y lodos utilizados como fertilizantes.

C U A D R O N º 1

ANALISIS PROMEDIO DE LOS DESAGUES DEL CUZCO

Sólidos sedimentables en el cono Inhoff (2 hs)	=	2.5 ml/l.
Sólidos sedimentables en el cono Inhoff (2 1/2 hs)	=	3.1 ml/l
Sólidos sedimentables en el cono Inhoff (3 hs)	=	3.2 ml/l
Sólidos totales	=	800 ppm
Sólidos volátiles totales	=	266 ppm
Sólidos fijos totales	=	534 ppm
Sólidos suspendidos	=	184 ppm
Sólidos volátiles suspendidos	=	148 ppm
Sólidos fijos suspendidos	=	36 ppm
Sólidos disueltos	=	616 ppm
Sólidos volátiles disueltos	=	118 ppm
Sólidos fijos disueltos	=	498 ppm
D. B. O.	=	250 ppm
O. D.	=	4.1 ppm
		como Ca CO
Alcalinidad	=	160 ppm
		como Ca CO
PH	=	5

C U A D R O N º 2

ANALISIS PROMEDIO DE LOS DESAGUES DE CHILPINA-AREQUIPA

Sólidos sedimentables en el cono Inhoff (2 hs)	=	4 ml/l.
Sólidos totales	=	828 ppm.
Sólidos volátiles totales	=	254 ppm.
Sólidos fijos (inorgánicos) totales	=	574 ppm.
Sólidos suspendidos	=	151 ppm.
Sólidos fijos suspendidos	=	39 ppm.
Sólidos disueltos	=	638 ppm.
Sólidos volátiles disueltos	=	103 ppm
Sólidos fijos disueltos	=	535 ppm.
D.B.O. p. semanal.	=	178 ppm.
D.B.O.. Máximo diario	=	220 ppm
O.D. Máximo horario	=	0
PH. máximo	=	6.95
PH. Mínimo	=	5.15

C U A D R O N º 3

DEPRECIACION DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE USO MUNICIPAL

	Agua del caño Promedio (mg/l)*	Efluente de alcantarilla Promedio (mg/l)*	Incremento (mg/l)*
DQO sin filtración	6.0	149	143
DQO con filtración		101	95
DQO con filtración, <u>co</u> rregido para Cl	2.0	84	82
Detergente aniónicos	0.02	7.4	7.4
Oxihidrilo aromático (ácido tánico)	0.05	1.7	1.6
Carbohidratos (glucosa)	0.05	2.5	2.4
Azúcares reductores (glucosa)	0.005	0.005	
Nitrógeno orgánico (N)	0.07	2.3	2.2
Nitrato (N)	0.67	4.1	3.5
Nitrito (N)	0.031	0.33	0.3
Amoniaco (N)	0.02	16.1	16.1
Nitrógeno total (N)			22.0
Alcalinidad total (CaCO ₃)	141	263	122
Calcio (Ca ⁺⁺)	52	75	23
Magnesio (Mg ⁺⁺)	15	22	7
Potasio (k ⁺)	1.9	11.2	9.3
Sodio (Na ⁺⁺)	13.5	70	57
Fosfato (PO ₄ ⁻)			
Total	0.043	24.3	24.3
Orto	0.011	22.8	22.8
Sulfato	68	101	33
Cloruro	15.1	70.0	56
Residuo 105°C	256	547	291
Residuo 600°C	198	420	222
Pérdida o ignición	58	127	69
pH*	8.3	7.5	-8.8
Conductancia específica	422	916	494
<u>micromhos</u> (<u>cm</u>)*			

* Las unidades para pH y para conductancia específica no están expresadas en mg/l.

C U A D R O N° 4

COMPOSICION TIPICA DE TRES CLASES DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

<u>Constituyente</u>	<u>Concentracion,mg/lt</u>		
	<u>Alta</u>	<u>Media</u>	<u>Baja</u>
Sólidos totales	1200	700	350
disueltos totales	850	500	250
fijos	525	300	145
volátiles	325	200	105
en suspension totales	350	200	100
fijos	75	50	30
volátiles	275	150	70
Sólidos sedimentales, ml/lt	20	10	5
DBO (5 días, 20°C)	300	200	100
DQO	300	200	100
Nitrógeno total (como N)	85	40	20
orgánico	35	15	8
amoniacal	50	25	12
Fósforo total (como P)	20	10	6
Cloruros	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO ₃)	200	100	50
Grasas	150	100	50
Calcio (como Ca)	110**	-	10*
Magnesio (como Mg)	8**	-	10*
Sodio (como Na)	100**	-	23*

* Agua blanda

** Agua dura

Desechos Industriales

Los desechos industriales líquidos pueden ser divididos en los siguientes tres grupos:

1. Desechos que contaminan principalmente por la presencia de materia en suspensión, como por ejemplo relaves de tratamientos metalúrgicos, marmolerías, entre otras.
2. Desechos que contaminan parcialmente por la presencia de materia suspendida y parcialmente por materia en dilución, ejemplo: curtiembres, texilerías, lecherías, entre otras.
3. Desechos que contaminan por la presencia de sustancias en solución, ejemplo: gases en solución, electrólisis, varios productos químicos.

Efectos Nosivos de Desagues Domésticos e Industriales.

Se uede resumir los efectos principales que causan estos desechos.

1. Materia orgánica fermentable que se descompone y causa la desoxigenación de las aguas de los ríos. Cuando todo el oxígeno disuelto desaparece, se producen malos olores debido al anhídrido sulfuroso, marcaptans, aminas orgánicas, etc.
2. Materia suspendida se depositará en los lechos de

los ríos como lodos y puede causar desbordes de los ríos. Si los sólidos suspendidos son orgánicos, puede ocurrir la putrefacción de los mismos con el desprendimiento de olores nauseabundos.

3. Sustancias corrosivas (ácidos, alcalis) o sustancias tóxicas (cianuro, fenoles, zinc cobre, etc.), pueden aniquilar los peces, bacterias y otra vida acuática, animal o vegetal. El resultado de la desnutrición de las bacterias acuáticas beneficiosas puede producir un río estéril el cual es incapaz de la autopurificación. Estas aguas pueden ser peligrosas para los usos domésticos o para el ganado.
4. Microorganismos patógenos pueden ser introducidos a los ríos por los desagues en las épocas de epidemias.
5. Ciertos efectos físicos indeseables pueden ser causados por los desagues domésticos y desechos industriales tales como turbidez, color, espuma y radioactividad. Efluentes calientes pueden producir la elevación de la temperatura de los ríos. Esto puede conducir a la putrefacción indeseable de la materia orgánica.
6. Sustancias que causan sabores y olores en el agua pueden estar en ciertos desechos industriales y podría hacer del agua inapropiada para la bebida o hacer má costoso y difícil el tratamiento por los métodos convencionales.

7. Efectos biológicos indeseables pueden ser observados debido al disturbio del balance biológico por sus tancias en los desagues.

8. Ciertos constituyentes minerales (calcio y magnesio) pueden producir una excesiva dureza en las aguas de los ríos, haciendo difícil el uso de éstas para ciertos procesos de manufactura.

C U A D R O N º 5

COMPOSICION DE ALGUNOS DESECHOS INDUSTRIALES

<u>TIPO DE DESECHO</u>	<u>DBP mg/l</u>	<u>DQO mg/l</u>	<u>SOLIDOS EN SUSPENSION mg/l</u>	<u>pH</u>
<u>Industrias de Indumentaria</u>				
Textiles - Algodón	200-1000	400-1800	200	8-12
Lana (limpiado)	2000-5000	2000-5000	3000-30,000	9-11
Lana (compuesta)	1000	-	100	9-10
Curtiembres	1000-2000	2000-4000	2000-3000	11-12
<u>Industrias de Alimentos</u>				
Cervecerías	850	1700	90	4-6
Destilerías	7000	10,000	Bajo	-
Procesamiento de leche	600-1000	150-250	200-400	Acido
Enlatadoras (cítricos)	2000	-		Acido
Mataderos y frigoríficos	1500-2500	200-400	800	7
Desechos Agrícolas	1000-2000	500-1000	1500-3000	7-5-8-5
Procesamiento de Aves	500-800	600-1050	450-800	6-5-9
<u>Industrias de Materiales</u>				
Pulpa - sulfito	1400-1700	84-10,0000	Variable	
kraft	100-350	170-600	75-300	7-9-5
Papel cartón	100-450	300-1400	40-100	
Cartón prensado	950	850	1,350	
Refinerías	100-500	150-800	130-600	2-6

C U A D R O N^o 6

COMPUESTOS ORGANICOS EN LAS AGUAS NEGRAS

<u>Compuesto Orgánico</u>	<u>Elementos</u>	<u>Estado como se encuentran comunmente en los desagues</u>	<u>Proceso de transformación por metabolismo.</u>
Proteínas	16% nitrógeno	Tejidos de animales, semillas de plantas	Son rotas por microorganismos anaeróbicos, produciéndose: urea, amoníaco, SH ₂ y algunos ácidos orgánicos.
Hidratos de Carbono	C, H. O.	Azúcar, almidón y celulosa	Son destruidos por la actividad bacteriana y se obtiene: ácidos grasos originales, H ₂ O, CO ₂ , H ₂ , metano y otros <u>compuestos</u> .
Grasas	Acidos grasos + gliserol	Estearina, palmaria, oleina, butirina.	Son destruidos dando origen a los ácidos orgánicos, CO ₂ , H ₂ , metano y otros compuestos.
<u>Biólisis</u> (proceso)			<ul style="list-style-type: none"> a) Utilización del oxígeno disuelto en las aguas produciéndose oxidación directa de los compuestos por la actividad bacteriana. b) Oxidación de los compuestos orgánicos utilizando su propio oxígeno de composición. c) Formación de compuestos estables de nitrógeno: nitritos y nitratos; proceso denominado nitrificación.
<u>Materia Mineral</u>			<ul style="list-style-type: none"> a) Cloruros b) Sulfuros totales (H₂S y HS) en la materia suspendida. c) Sulfuros disueltos (se determina después de la floculación y sedimentación de los sólidos disueltos). d) Acido sulfídrico

1
8
1

C U A D R O N º 7

COMPOSICION PROMEDIO DE AGUAS NEGRAS (DOMESTICAS) (SEGUN IMHOFF Y FAIR)

Item (1)	Mineral (2)	Orgánico (3)	Total (4)	5 día DBO-20°C (5)
A. Gramos "per cápita y día				
1. Sólidos suspendidos	25	65	90	42
a) Sedimentables	15	39	54	49
b) No sedimentables	10	26	36	23
2. Sólidos disueltos	80	80	160	12
3. Sólidos totales	105	145	250	54
B. Miligramos por litro para un flujo de 100 galones "per cápita" y día.				
1. Sólidos suspendidos	65	170	235	110
a) Sedimentables	40	100	140	50
b) No sedimentables	25	70	95	60
2. Sólidos disueltos	210	210	420	30
3. Sólidos totales	275	380	655	140

Nótese la interrelación de las cantidades en A y B, de acuerdo con el gasto, teniendo en cuenta que son redondas las cifras.

Así: 250 gramos en 100 galones = $\frac{250 \times 1,000}{100 \times 3,785} = 660 \text{ mg/l.}$

C U A D R O N^o 8

CONDICION FISICA DE LOS CONSTITUYENTES PRINCIPALES DE AGUAS NEGRAS DE
MEDIA FUERZA (UNIDADES EN PARTES POR MILLON) (SEGUN METCALF Y EDDY)

	Sólidos sedimentables (dos horas) 150	Orgánico 100 Mineral 50	Sólidos sedimentables 150	
Sólidos suspendidos 300	Sólidos coloidales (más o menos) 150	Orgánico 100 Mineral 50		I ∞ ∞
			Sólidos coloidales 200	Sólidos totales 800
Sólidos filtrables 500	Sólidos coloidales (más o menos)	Orgánico 40 Mineral 10		
	Sólidos disueltos 450	Orgánico 160 Mineral 290	Sólidos disueltos 450	

ASPECTOS BIOLÓGICOS Y FÍSICOQUÍMICOS DE LA
CONTAMINACIÓN DE LOS RÍOS

VALOR PH.

La alcalinidad y acidez del agua, aguas residuales y fangos se expresa frecuentemente en función de su PH, que simboliza la concentración de iones Hidrógeno.

En vista de una idea más moderada del concepto de las actividades iónicas, en vez de la concentración de iones, ésta relación se considera ahora ser solamente una aproximación, excepto en soluciones extremadamente disueltas. Para procesos prácticos, sin embargo, donde una precisión de ± 0.1 es requerida, esta es de consecuencia pequeña. Lo importante es que la escala de pH nos provee de un método conveniente de expresar las varias intensidades de acidez y alcalinidad.

Muchas reacciones químicas y bioquímicas sólo tienen lugar a un determinado pH o dentro de un pequeño rango. Consecuentemente el concepto de pH es de gran importancia práctica en la industria, donde, para el control de operaciones de neutralización en gran escala, floculación química, etc., se instalan medidores continuos de pH. El control del pH es particularmente importante en la

floculación química de los desagues industriales y en la digestión anaeróbica de los lodos.

Soluciones conteniendo un ácido débil y las sales de este ácido con una base fuerte, tiene la valorable propiedad de alterar el valor de pH ligeramente ante la adición de un ácido fuerte. Una solución de una base débil y sus sales con un ácido fuerte, se comporta de manera similar a adicionar una base fuerte. Este poder de resistencia al cambio en acidez o alcalinidad se llama "acción buffer". La mayoría de la bacterias y otros micro-organismos son destruidos en condiciones de fuerte ácidos o alcalinidad y que usualmente se desarrollan mejor en condiciones de neutralidad. En algunos casos el rango de pH óptimo en el cual los micro-organismos se desarrollan, cubre unos límites muy estrechos.

Potencial Oxidación - Reducción.

El proceso de oxidación y reducción una parte fundamental en las reacciones químicas.

Antiguamente, oxidación se consideraba como un proceso que envuelve bien la adición de oxígeno a una sustancia o la remoción de hidrógeno, mientras que la reducción envuelve el proceso inverso, llamado la remoción de oxígeno o la adición de hidrógeno.

De acuerdo a las ideas modernas de electrónica, oxidación envuelve la remoción de uno o más electrones, y reducción envuelve la adición de uno o más electrones. Una sustancia que acepta electrones (es una sustancia electropositiva) y actuará como un agente de oxidación u oxidante, y una sustancia que pierde electrones (sustancia electronegativa) va a actuar como un agente de reducción o reductora.

Una sustancia es considerada como electropositiva si ésta acepta electrones más fácilmente que el hidrógeno, y una sustancia que acepta electrones menos fácilmente que lo hace el hidrógeno, es considerado como electronegativa.

El proceso de oxidación de importancia particular en conexión con las reacciones bioquímicas que ocurren en los ríos contaminados, se pueden clasificar como:

1. Aeróbica, - Aquí el oxígeno disuelto en el agua actúa como un agente oxidante; las reacciones son efectuadas por las bacterias aeróbicas.
2. Anaeróbicas. - Aquí el oxígeno disuelto no reacciona pero si el oxígeno combinado en compuestos orgánicos o inorgánicos. Las bacterias anaeróbicas son las encargadas de efectuar estas reacciones. Agentes oxidantes comunes en la ausencia de oxígeno son los nitratos y sulfatos. En el caso último, se producen olores nauseabundos debido al ácido sulfídrico.

Las bacterias facultativas pueden efectuar ambos tipos de reacciones bioquímicas. El concepto del potencial de oxidación - reducción, por mucho tiempo de gran valor en química y bioquímica, en los últimos años ha asumido importancia en conexión con los procesos de tratamiento de desagües y estudios de contaminación, posiblemente por las dificultades involucradas en la determinación del potencial oxidación - reducción.

B A C T E R I A S .

Las bacterias son microorganismos unicelulares usualmente consideradas de pertenecer al reino vegetal, sin embargo ellas presentan características de animales y vegetales. Ellas están desprovistas de clorofila y con la excepción de un pequeño grupo de bacterias autotróficas, son incapaces de sintetizar materia como las proteínas, grasas y carbohidratos requeridos para su protoplasma del CO₂, agua y sales inorgánicas, pero tienen que depender de materia orgánica viva o muerta.

Las bacterias están ampliamente distribuidas en la Naturaleza, siendo encontradas en el agua, suelo, materia orgánica en descomposición, alimentos, aire, animales y plantas; en fin en todo lugar donde haya humedad y alimento disponible.

La mayoría de ellas se desplazan por medio de uno o más filamentos llamados flagelos.

La mayoría de las bacterias son inocuas y más aún, beneficiosas al hombre. Ellas juegan una importante parte en la economía de la Naturaleza, por ejemplo en llevar a cabo el deterioro del material de desecho, autopurificación de los ríos, la fijación del Nitrógeno en los suelos, más aún, sus actividades vienen siendo utilizadas por el hombre en muchos procesos industriales.

Morfológicamente, las bacterias pueden ser divididas en cuatro grupos principales de acuerdo a su forma:

1. Cocos; de forma esférica aproximada.
2. Bacilos; en forma de barras.
3. Espirales; alargadas curvadas
4. Tricobacterias; de forma filamentosa que pueden ser ramificadas.

Las bacterias generalmente se reproducen por fisión binaria, es decir que se dividen en dos para crear dos nuevas bacterias. Las nuevas células crecen y se dividen en la misma forma que las células padres. En forma más general, el desarrollo de las bacterias tiene lugar en concordancia con la siguiente ecuación logarítmica o exponencial.

$$n = n_0 e^{mt}$$

Donde, n_0 = número original de bacterias

n = número de bacterias en un tiempo t

e = base del logaritmo natural

m = constante

Se puede afirmar que cuando las bacterias tienen un nuevo ambiente, usualmente se produce una dilación antes de que el desarrollo bacteriano sea de acuerdo con la ecuación.

Afortunadamente, en la práctica la razón de la producción de las bacterias en ríos contaminados está limitada por una variedad de factores tales como cantidad y naturaleza de alimento, temperatura, la muerte de algunas bacterias, la acumulación de sustancias tóxicas y la acción depredadora de los protozoarios que se alimentan de las bacterias.

Las condiciones ambientales pueden tener un efecto muy marcado no solamente en el tamaño y forma de las bacterias pero también en su multiplicación, progreso y grado de autopurificación producida en los ríos por la actividad de las bacterias.

Entre las bacterias más importantes halladas en las aguas de los ríos son las bacterias naturales del agua, bacterias de los suelos y bacterias del

intestino o de los desagües, algunas son peligrosas a la salud debido a las toxinas que ellas segregan.

Desde el punto de vista de la contaminación de los ríos, es conveniente dividir las bacterias en grupos basados en factores tales como temperatura, habilidad de alimentarse de tejidos vivos o muertos, capacidad de hacer uso de materiales orgánicos o inorgánicos y el poder de utilización de oxígeno combinado o libre.

Bacterias Criofílicas, Mesofílicas y Termofílicas.

Bacterias criofílicas se desarrollan mejor a la temperatura normal o menores, es decir 12-20°C. y por consiguiente de gran importancia en conexión con la contaminación de los ríos.

Bacterias mesofílicas se desarrollan mejor en temperaturas entre 20 - 40°C. con una temperatura óptima de 30°C. Se debe recordar que las bacterias intestinales patógenas se desarrollan mejor a los 37°C. Estas bacterias son de gran significancia en conexión con la digestión de lodos.

Bacterias termofílicas se desarrollan entre los 40-60°C con una temperatura óptima de 50°C.

Bacterias Saprofíticas y Bacterias Parásitas.

La mayoría de las bacterias son saprofíticas, es decir, que se alimentan de materia orgánica muerta (animal o vegetal), en el suelo o en el agua, desdoblando materia orgánica compleja en simples compuestos químicos solubles.

Las bacterias normales del agua son saprofíticas jugando un importante papel en la autopurificación de los ríos, pero usualmente no causan enfermedades al hombre.

Bacterias parásitas, éstas pueden sólo florecer por período largos alimentándose de criaturas vivas que actúan, sin desearlo, como huéspedes. Muchas bacterias parásitas son también patógenas, y desde que ellas pueden estar en las descargas de los desagües a los ríos, especialmente durante las epidemias, constituyendo una seria amenaza a la salud pública. Afortunadamente las patógenas no sobreviven por mucho tiempo fuera del cuerpo humano o de otros huéspedes.

Bacterias Autotrópicas y Bacterias Eterotrópicas.

Las bacterias autotrópicas son un pequeño grupo que utiliza únicamente sustancias simples como alimentos y obtener el carbón necesario para la síntesis de su carbohidrato, grasa y proteínas del CO₂, carbonatos o bicarbonatos en lugar de complejos compuestos orgánicos.

Las bacterias eterotróficas requieren compuestos orgánicos como fuente de carbón y energía y utilizan esas sustancias como los carbohidratos y amino-ácidos en adición de sales inorgánicas para obtener su protoplasma.

Bacterias Aeróbicas, Anaeróbicas y Facultativas.

Las bacterias aeróbicas requieren la presencia de oxígeno libre para su desarrollo. Como ejemplo tenemos las bacterias del agua que provocan la autopurificación de los ríos.

Las bacterias anaeróbicas para su desarrollo toman el oxígeno combinado. Como ejemplo tenemos las bacterias que causan la putrefacción de las proteínas, las bacterias reductoras de sulfatos entre otras.

Las bacterias facultativas se desarrollan en la presencia o ausencia de oxígeno disuelto. Ejemplo Estreptococos fecales y otros.

Espumas.

La espuma consiste en una suspensión o dispersión de burbujas de gas (usualmente aire) en un medio líquido (usualmente agua). Muchas sustancias son conocidas como

causantes de producir espumas, por ejemplo los jabones y detergentes, colapéz y otros productos saponáceos. Natas y espumas en la superficie de los ríos vienen siendo conocidos desde hace mucho tiempo, especialmente en ríos que reciben descargas alcalinas de desechos orgánicos procedentes de fábricas de papel. En la actualidad la presencia de espumas en las plantas de tratamiento y en los ríos, son de un origen más reciente, debido al incremento en el uso de detergentes sintéticos como agentes de limpieza en reemplazo de jabones desde la Segunda Guerra Mundial.

No cabe duda de que en la preparación de detergentes, se incrementará, desde que ellos no solamente tienen propiedades para el uso doméstico sino que también la industria los usa por sus propiedades de dispersión y emulsión.

Los detergentes pueden ser clasificados en tres grupos de acuerdo a propiedad de ionización en solución acuosa.

1. Detergentes Aniónicos.- Estos se ionizan en solución acuosa resultando un anión (un hidrocarburo) y un catión que usualmente es sodio.

Entre este grupo se tiene el Alquil Benceno Sulfato que es el de mayor uso doméstico.

2. Detergentes no ionisables.- Estos detergentes no se ionizan en soluciones acuosas.

Estos detergentes tiene usos en la preparación de comésticos, jabones dentríficos, etc. y en la industria alimentaria y farmacéutica.

3. Detergentes Catiónicos.- Estos detergentes son bases fuertes. Tienen un uso bactericida y se usan también en el lavado de utensilios y equipamiento en Hoteles, restaurantes y fábricas de alimentos.

El uso extensivo de detergentes sintéticos provoca su presencia en los desagues y en los ríos. Los tipos de detergentes más usados son los aniónicos (aproximadamente el 95% de todos los usados), el 5% restante es el no ionizable. De los de tipo aniónica hasta ahora producidos, el Alquil Bencen Sulfanato es el de mayor uso para propósitos domésticos. Desafortunadamente, estos son los de mayor dificultad de ser degradados durante el tratamiento de los desagues. Como consecuencia, el 50% o más, de la cantidad de detergente en el desague crudo pasa sin ser degradado, y es encontrado en el efluente final y en los ríos por debajo de la entrega del desague a los ríos, y así produciendo masas de espumas. Concentraciones pequeñas de estos detergentes (1 ppm o aún menos) puede producir espumas y la aireación tiende a incrementarla.

La producción de espuma es un fenómeno físico debido a que la tensión superficial disminuye por los detergentes. La tendencia a espumar es mayor en aguas relativamente limpias y disminuye conforme aumente la contaminación de las aguas. En consecuencia, aumenta la producción de espumas conforme el tratamiento de los desagues progresa. En algunos casos se producen tales cantidades de espumas y tan livianas que son arrastradas por el viento dando la impresión en algunos casos de ser platillos voladores.

Varios métodos se viene proponiendo para el control de espumas en las plantas de tratamiento de desagues, especialmente en las plantas de lodos activados, entre los cuales se puede mencionar el rociado de los tanques con aceites minerales en concentraciones de 0.1 pmm, como así también el uso de apropiados productos químicos, pero no se puede afirmar que alguno de estos métodos ofrece una solución al problema.

Los detergentes que producen espuma, reducen la transferencia de oxígeno en las aguas de los ríos.

La autopurificación de los ríos es dependiente de la presencia en cantidad suficiente de oxígeno disuelto. Si el oxígeno es usado demasiado rápido durante la oxidación de la materia orgánica por acción bacteriana,

se puede esperar un mejoramiento en las condiciones del río. Pero si el consumo de oxígeno es más rápido que la oxigenación (por reareación de la atmósfera, por dilución con agua limpia y oxigenada y por fotosíntesis), las condiciones del río desmejoraran. En casos extremos en el que el oxígeno disuelto ha sido agotado, la autopurificación cesa y pasa al estado séptico con prevalencia de las condiciones propias del estado (olores ofensivos, masas de natas negras, muerte de los peces y cualquier vida acuática, etc.).

Después de experimentos realizados se ha podido comprobar que los agentes activos superficiales (detergentes sintéticos) tienen un efecto adverso sobre la reareación. Cantidades pequeñas como 1 ppm. de detergente aniónicos reduce el coeficiente de reareación en un 20 a 30%. Luego se puede afirmar que la presencia de pequeñas cantidades de detergente sintéticos puede retardar apreciablemente la tasa de recuperación de los ríos.

Se ha demostrado que concentraciones de solamente 5 ppm. de algunos detergentes sintéticos aniónicos y no aniónicos pueden aniquilar ciertas especies de peces en 5 - 100 horas, sin embargo, algunas especies pueden aclimatar-se en cierta medida a los detergentes.

La forma en que los detergentes mata a los peces, en

concentraciones suficientes , aún no se ha determinado. Se ha demostrado que los detergentes reducen la capacidad de absorción de oxígeno en los cursos de agua, pero la toma de oxígeno del aire no es la única forma que el agua corriente adquiere oxígeno; la fotosíntesis de las plantas es el mayor agente productor de oxígeno al agua, aún en aguas turbulentas.

Los agentes activos superficiales precipitan o descomponen las proteínas y desactiva a los virus.

Concentraciones de 5 ppm. de componentes activo es fatal para Daphnia después de 10 - 100 horas, para Potamogeton densus, sumergida en concentraciones diferentes (2.5 - 20 ppm.) , ocurre una decoloración marón de las hojas después de 24horas en una concentración de 7.5 ppm. aumentando la decoloración en concentraciones mayores. Después de 14 días, en concentraciones de 10 - 20 ppm. queda completamente desorganizada.

El efecto completo de la continua descarga de detergentes sobre la vida acuática de los ríos no está completamente conocido. Aparte de los efectos tóxicos y el retardo en la reareación, efectos físicos como la formación de espumas y la disminución de la tensión superficial pueda afectar la vida de aquellos organismos los cuales, en alguna etapa del ciclo de su vida, tenga que ver la película superficial del agua, como por ejemplo, el de algunos insectos que emergen y en la postura de sus huevos.

Métodos de Determinación del ABS

Se recomienda que para la determinación del contenido de ABS de las aguas crudas de los abastecimientos se siga una secuela de dos etapas, analizando primero la muestra por el método (1) del azul del metileno; si el resultado es bajo, alrededor de 1 mg/lt, generalmente no se necesitan mayores investigaciones, puesto que la suma de las interferencias (positivas por lo general), más el verdadero ABS es de tal magnitud, que el contenido de ABS en el agua no es un factor de significación. La experiencia ha demostrado que es suficiente el procedimiento del azul de metileno cuando no se observan problemas en el agua de abastecimiento pero, si son altos los resultados del azul de metileno, es muy importante que se conozca cuanto representa el verdadero ABS y cuanto las interferencias; para tal caso se recomienda la determinación infrarroja (B), pero si no se dispone del equipo infrarrojo, el análisis por el Método B se puede desarrollar hasta la recuperación del ABS purificado y terminarse colorimétricamente por el procedimiento del azul de metileno.

A Método del Azul de Metileno (Tentativo)

Este método está basado en la formación de una sal de color azul, al reaccionar el azul de metileno con agentes aniónicos de activación superficial que incluyen no solamente al ABS sino también a los sulfatos de alquilo. La sal es soluble en cloroformo y la intensidad del color es proporcional a la concentración; la intensidad se mide por lecturas espectrofotométricas en este disolvente a una longitud de onda de 652 m. Este método es aplicable en el ámbito de 0.025 - ml/lt (como ABS).

Tanto compuestos orgánicos, como inorgánicos, interfieren en la determinación del ABS. Algunas de las interferencias comprobadas se pueden predecir basándose en las propiedades químicas. Entre las interferencias positivas se tienen los sulfatos orgánicos, sulfanatos, carboxilatos, fosfatos y fenoles, que forman complejas con el azul de metileno, lo mismo que los cianatos, cloruros, nitratos y tiocianatos inorgánicos, que forman pares de iones con el azul de metileno. Pueden inducir a bajos resultados los materiales orgánicos especialmente las aminas, que compiten con el azul de metileno en la reacción.

Cuando se determina el ABS en las aguas, los errores positivos son muchos más comunes que los negativos.

La concentración mínima determinable por éste método es de 0.01 mg/lt. de ABS.

B Método Infrarrojo (tentativo)

Este método comprende la recolección y aislamiento de unos cuantos miligramos de ABS y también de su determinación cuantitativa, que se basa en la absorción infrarroja de un complejo amínico de ABS. Aunque demanda mucho tiempo, este método es específico y exacto para bajas concentraciones de ABS en las aguas y elimina los sulfatos de alquilo. Cuando no se dispone de un espectrofotómetro infrarrojo, se puede sustituir por la determinación colorimétrica, usando el ABS recuperado y purificado y aplicando el método (A) del azul de metileno.

Este método sólo es aplicable a muestras de aguas crudas y no se aplica para aguas negras o desechos industriales.

Como medida de precaución en la aplicación de este método, se debe recordar que muchas muestras tienen tanto fases sólidas como líquida y el ABS se concentra particularmente en la fase sólida. Para análisis exactos, los sólidos se deben excluir o muestrear en forma representativa.

C A P I T U L O V

DETECCION Y EVALUACION DE CONTAMINACION BILOGICA

Puede parecer lógico que los cambios en la flora y fauna como resultado de los efectos de las descargas descritas anteriormente puede resultar como una guía de evaluación de los efectos de tales descargas en la naturaleza del río receptor. En la discusión de la información concierne a éstos efectos bien establecidos de las diferentes descargas sobre la vida en los ríos, es conveniente no sugerir el uso de estos resultados en la detección y evaluación de contaminación, como tampoco puede ser ignorado su uso como medio práctico para evaluar la contaminación. El término "Contaminación orgánica" fue introducido con cierta reserva y sólo de su uso común para describir el fenómeno biológico asociada con la materia orgánica oxidable. Ahora, sin embargo, se desea desarrollar la tesis de que las observaciones de la naturaleza de las comunidades del lecho del río puede; si se la interpreta sensiblemente; resultar de gran valor en suplementar los métodos más convencionales físicos y químicos de evaluación de las condiciones de contaminación de los ríos, más aún, la confianza en una prueba puramente química y física puede, en ocasiones, que con las observaciones biológicas se puede rectificar. Por otro lado, análisis químicos son requeridos para detectar las causas

específicas de efectos revelados por examinación biológica; en otras palabras, los métodos químicos y biológicos son complementarios. Frecuentemente, sin embargo, el aspecto biológico es ignorado y las complejidades de la contaminación son "satisfactoriamente" reducidas a unos simples valores numéricos tales como D.B.O., pH, etc., o aún, en ocasiones, Carbón orgánico esto es hasta que surgen las molestias o misteriosamente mueren los peces, y entonces el problema se convierte en biológico.

La satisfactoria, precisa definición de contaminación aplicada a los ríos, no es fácil. Cualquier definición aplicada está expuesta a ser interpretada diferentemente por los varios grupos interesados. Un concepto práctico de contaminación pues, implica la adición de sustancias las que directa o indirectamente cambia la naturaleza del río a tal extremo que lo hace inapropiado al uso legítimo que le corresponde al hombre. Tales usos podrían normalmente ser utilitarios como navegación, industrial, agrícola y requerimientos domésticos; usos recreacionales tales como pesca, paseo en bote y natación y también, la satisfacción del hombre por la estética.

La aceptación de este concepto práctico de contaminación suscita dudas de los métodos biológicos de evaluación, aún cuando tales métodos no pueden ser considerados para la medición directa de la contaminación, la sensibilidad

de las comunidades del río a los cambios en la naturaleza del agua, provee una guía útil a que grado los efluentes afectan las condiciones ambientales de los ríos. Estos cambios ambientales por si mismos pueden constituir contaminación o simplemente representar las primeras etapas en el deterioro de las condiciones hacia la contaminación.

En el control y prevención de la contaminación, es de un valor práctico tener indicaciones de las condiciones de los ríos y algunas determinaciones de los efectos de las descargas aún cuando la magnitud de estos cambios no constituye contaminación. Tales indicaciones de contaminación potencial puede permitir determinaciones preventivas a fin de evitar deterioros posteriores y la ocurrencia de contaminación. La presencia de organismos patógenos en el agua, que resulta inadecuado desde el punto de vista veterinario o de la salud pública, obviamente constituye contaminación. Sin embargo los orígenes de la contaminación pueden ser indicados por los cambios en las comunidades del río, métodos bacteriológicos y epidemiológicos son necesarios para detectar o determinar tal contaminación.

La pesca en algunos países, probablemente ha hecho más que otro organismo interesado en salvaguardar la calidad de los cursos de agua y ríos. Sus requerimientos puede satisfacer a muchos, pero no a todos, otros usuarios de

los ríos y aún cuando la preservación de los peces en los ríos no es sinónimo de prevención de contaminación, en la práctica es necesario de mucho más esfuerzo para la consecución de este fin.

Como se ha visto, las comunidades acuáticas de los ríos son afectadas en diferentes formas por los variados cambios ambientales producidos por las distintas descargas. En consecuencia, diferentes tipos de contaminación afectan en diferentes formas a las comunidades acuáticas. Es pertinente manifestar que los indicadores biológicos, no sólo involucra a contaminación biológica sino a todo tipo de contaminación.

Es de interés hacer notar que los primeros métodos de evaluación del grado de contaminación orgánica fueron esencialmente autocológicos, que involucraba listas de organismos cuya observación mostraba estar asociadas con diferentes condiciones de contaminación, y los métodos recientes describen las varias condiciones ecológicas asociadas con las diferentes etapas de recuperación de autopurificación de los ríos que han sido fuertemente contaminados con materias orgánicas putrecibles tal como desague.

Entre estos métodos tenemos los siguientes:

"SISTEMA SAPROBIEN" en el que se distingue tres zonas mayores.

POLISAPROBIC (P)

Químicamente caracterizada por la gran concentración de materia orgánica descomponible (albúminas, pepsinas y carbohidratos) derivados de los desagües domésticos y de descargas industriales. Procesos de reducción y desenvolvimiento llevados a cabo en la descomposición, oxígeno presente sólo en trazos o ausente. Se produce H₂S, en consecuencia, se produce gran cantidad de olor. Se acumula en el fondo lodos negros conteniendo sulfuros.

Biológicamente caracterizada por la restricción de la comunidad a unos cuantos grupos, cuyos individuos pueden, sin embargo, estar presentes en cantidades prodigiosas; bacterias y protozoarios son los grupos más comunes. Se pueden obtener hasta 10⁶ colonias por ml. Si la contaminación es por desagüe, la bacteria coli estará presente en abundancia pero no debido a la celulosa, desechos de productos lácteos o de cervecerías.

MESOSAPROBIC (M)

Químicamente caracterizado como un proceso bien definido de oxidación tanto en el agua como en los lodos del fondo. Se subdivide en dos zonas:

- a.- MESOSAPROBIC (a-M) zona que contiene un alto porcentaje de amino-ácidos provenientes del desdoblamiento de compuestos complejos. El contenido de oxígeno

puede ser considerable debido al desarrollo de organismos poseedores de clorofila, especialmente algas, que se incrementa en el día y disminuye en la noche. Como una regla, el contenido de oxígeno es menor al 50% de saturación. Debido a la oxidación del FeS de color negro a Fe_2O_3 de color marrón amarillo, los lodos del fondo dejan de ser negros. El H_2S es oxidado por el oxígeno disponible los olores desagradables desaparecen.

Biológicamente, aún contiene gran cantidad de bacterias, pudiéndose contar hasta 10^5 colonias por ml.

- b. MESOSAPROBIC (B-M) zona químicamente distinguida por la continua oxidación o mineralización y es la región de los compuestos amoniacales de los ácidos grasos. El contenido de oxígeno es ligeramente alto siendo este nunca menor del 50% de saturación.

Biológicamente se caracteriza por una caída en la ~~cantidad~~ cuenta del número de calorías que siempre será menor de 10^5 por ml.

En la zona (a - MESOSAPROBIC), aún cuando los protozoarios y las especies más tolerantes abundan, la macrofauna, con la excepción de los gusanos, están aún restringidas en especies. En la zona (B MOSOSAPROBIC), sin embargo existe gran variedad de plantas y animales.

OLIGOSAPROBIC (0)

Esta es la zona de completa oxidación o mineralización. Las sustancias orgánicas han sido descompuestas y todo proceso vigoroso de desintegración ha concluido. Los lodos están completamente oxidados, sin embargo, no deja de existir pequeñas zonas de condiciones mesosapróbicas. El agua es clara y rica en oxígeno, excepto cuando se producen desarrollos exuberantes de algas unicelulares que enturbian el agua y decae el oxígeno disuelto.

Biológicamente caracterizado por una fuerte caída en el número de bacterias a siempre menor de 100 por ml., una gran variedad de especies de plantas y animales incluyendo peces son encontrados.

Se han preparado listas similares por diferentes investigadores. Si bien tales listas proveen una útil información referente a la reacción de las diferentes especies a la contaminación orgánica, la aplicación de tal información para determinar la contaminación, especialmente por personas poco entrenadas y atraídas por su aparente simplicidad, en algunos casos han quedado desilusionados del sistema y como consecuencia lo criticaron. Para que el indicador sea de valor, es necesario que los individuos de una especie deben estar presentes en un número bastante significativo, la sola presencia

TOLERANCIA DE ORGANISMOS A LA CONTAMINACION ORGANICA
(Basado en la clasificación de Kolkwitz y Marsson)

Grupo Sistemático	Clasificación Sapróbica			
	Polisapróbico (muy contaminado)	α -Mesosapróbico (Contaminado)	β -Mesosapróbico (Poco Contaminado)	Oligosapróbico (No Contaminado)
Bacterias	Mayormente Spirillum Zoogloca ramigena Beggiotea Sphacrotilus	P y M		
Hongos		Fusarium Leptomitius lacteus Geotrichum Spedonium		
Algas Cyanophyceae (alga verde-Azul)		Oscillatoria spp Spirulina		Chamaesiphon
Bacillariaceae (Diatomea)		Nitzschia palea	Comphonema parvolum Rhoicosphenia curvata	Coconeis placentula

Grupo sistemático	Polysapróbico	α -Mesosapróbico	β -Mesosapróbico	Oligosapróbico
Chlorophyceae (alga verde)		Chlamydomonas spp Stigeoclonium	Rhizoclonium Cladophera spp. Ulothrix Dedogonium Cosmarium Scenedesmus	Chaetophora Vaucheria Sprogira Clasterium Draparnaldia
Rhodohhyceae				Batrachospermum y todos los spp de agua dulce
Bryophyta Musgos y				Todos Oligasaprobicos
Angiospermas			Elodea Canadensis (Cizaña ca nadience o temillo a- cuático) Glyceria acuática Poba mogeton pectinatus	Polygonum amphibium Potamogeton spp (cizaña de estanque)

Grupo Sistemático	Polisapróbico	α -Mesosapróbico	β -Mesosapróbico	Oligosapróbico
Angiospermas			P. interruptus Ranunculos fluitans (ranunculo de agua) Lemna menor Cera tophyllum	Nuphar luteum Nymphaca Alba
Protozoarios Rhizopodos		Amoeba Arcella	spp spp	Diffugia spp
Flagellata	Euglena	viridis Bodo spp Anthophysa vegetans		
Ciliophora	Paramecium cauda Colpidium colpoda	fum Amphileptus spp Oxytricha spp Lionutus spp stylonychia spp Aspidisca spp Euplotes spp		

Grupo sistemático	Polisapróbico	α - Mesosapróbico	β - Mesosapróbico	Oligosapróbico
	Vorticella microstema	V. convallaria Garchesium Epistylis Opercularia Podopbrya	V. campanula spp spp spp Acineta	
Platyhelminthes Tyrbellaria (Planarians)			Dendrocoelum Lacteum Polycelis nigra	Planaria alpina P. gonocephala Polycelis cornuta
Annelida (verdaderos gusanos)	Tubifex tubyfex	Lumbricus rubellus Limnodrillus Lumbricullo spp Lumbricillus lineatus	Stylaria Nais	Chaetogester Gordius
Hirudinea (sangijuelas)		Espobdella Clossiphonia	octoculata complanata Helobdella stagnalis Haemopis sanguisuga Erpobdella totacea Blossiphonia heteroclita	

Grupo Sistemático	Polisapróbico	- Mesosapróbico	B-Mesosapróbico	Oligosapróbico
Artropodos Crustaceos			Asellus acuático	Daphnia spp. (pulga de agua) Cypris spp Cyclops spp Gammarus puley (camarón) Astacus fluvialilis
Insectos Plecoptera Sphemeroptera Neuroptera Trichoptera		Sialis lataria	Hydropsyche spp Anabolia sp Molanna sp	Todas las especies Todas las especies Todas otras especies
Diptera (verdaderas moscas)	Eristalis Tenax Chironomus plumosus		Chironomus spp Tanypus spp Culey spp Simulium ornatium Simulium reptans Simulium aureun	Otras especies Simulium

Grupo Sistemático	Polisapróbico	α -Mesosapróbico	β - Mesosapróbico	Oligosapróbico
Moluscos		Sphaerium Limnaca	corneum auricularia Aneylus Unio Planorbis	Pisidium spp fluviatilis
Pisces (peces)			Alburnus alburnus Anguilla anguilla Gasterosteus oculeatus Carassius carasius (carpa) Carassius auratus (carpa clorada) Nemacheilus Barbatula	Otras especies Salmo fario (trucha de río) Esox lucius (Lucio) Cottus gobio Gobio gobio (gobio) Perca fluviatiles (perca)

del espécimen raro es de poca significancia. La presencia de los organismos "contaminantes" no son los responsables de la contaminación, ellos están presentes en aguas normales y son solamente capaces de incrementar su densidad y extender su habitat por las condiciones de contaminación. Se debe tener en cuenta en la aplicación de estos sistemas que otros factores que no es la contaminación afectan las comunidades de los lechos de los ríos. En las partes torrentosas, por ejemplo, la mejor aereación permite la existencia de organismos que son indicadores de mejores condiciones que aquellas presentes en tramos menos rápidos. La mayoría de las listas indicadoras están basadas en muestreos realizados en las descargas del efluente usualmente desagües crudos, resultando en una fuerte contaminación en el curso de agua receptor seguido de los clásicos estados de recuperación. Muchos de los efluentes de desague hoy en día, sin embargo, han recibido un tratamiento secundario de oxidación biológica y aún su descarga a los ríos pueden producir contaminación, la contaminación leve no necesariamente crea condiciones equivalentes a las zonas de recuperación de los sistemas descritos anteriormente. Se debe manifestar aún más que hoy en día que muchas descargas orgánicas son de origen industrial y crean condiciones diferentes a las que producen descargas de desechos domésticos. La rigidez de tales sistemas de clasificación de las condiciones

de los ríos, aún cuando proveen un cierto grado de simplicidad, es en realidad una forma que tiene límites de utilización.

Un efecto posterior de contaminación sobre las comunidades de los lechos de los ríos es la reducción en el número de las especies. Este efecto es utilizado en otros métodos de determinación. El más conocido es el desarrollado por el Dr. PATRICK (1) en América. Este método, que mide el grado de alteración del balance biodinámico, involucra una comparación del número de especies en diferentes grupos hallados en la estación en estudio con el número promedio de los encontrados en estaciones de aguas limpias. Los organismos son clasificados en siete grupos y los miembros de cada grupo son considerados de comportarse similarmente bajo las mismas condiciones ecológicas. El resultado es expresado como histogramas cada uno teniendo columnas representando los siete grupos, la altura de cada columna representa el número de especies presentes expresados como un porcentaje de aquellos presentes en estaciones saludables. Cuando una especie es representada por un gran número de individuos la correspondiente columna es de doble ancho. En la interpretación de los resultados, la relativa altura de las varias columnas en lugar de la altura absoluta de cada una es tomada como un criterio de contaminación. La figura nos mues-

tra los histogramas de cuatro estaciones de variada contaminación. En estaciones "sanas" donde una balanceada población resulta en una gran variedad de especies se ha encontrado que las columnas I y II varía grandemente dependiendo de la posición ecológica. En estaciones medianamente "sanas", donde el balance de la vida fue alterado algunas especies pueden ser representadas por un número grande de individuos. Más aún, las especies de alguna columna pueden estar más frecuentes que lo normal, mientras que otras están muy deprimidas. En estaciones contaminadas ciertas columnas pueden estar ausentes y otras por encima del cien por ciento.

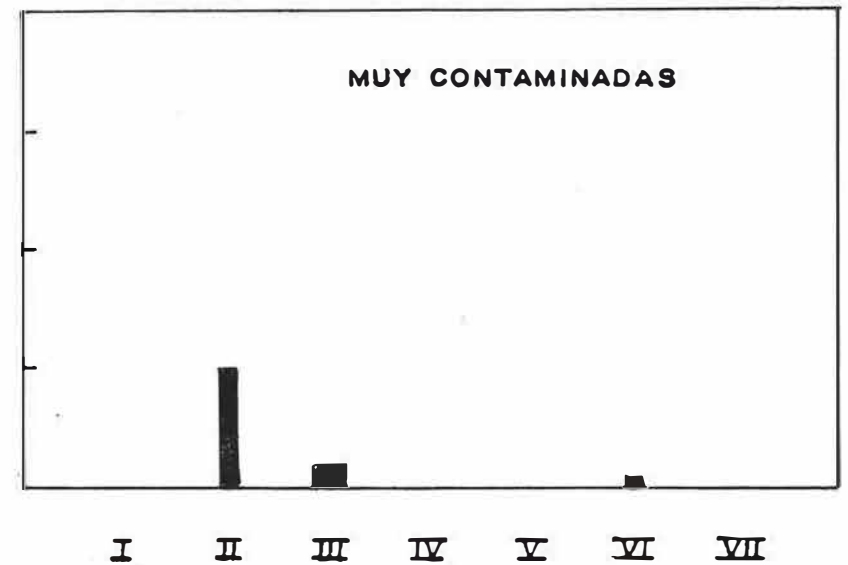
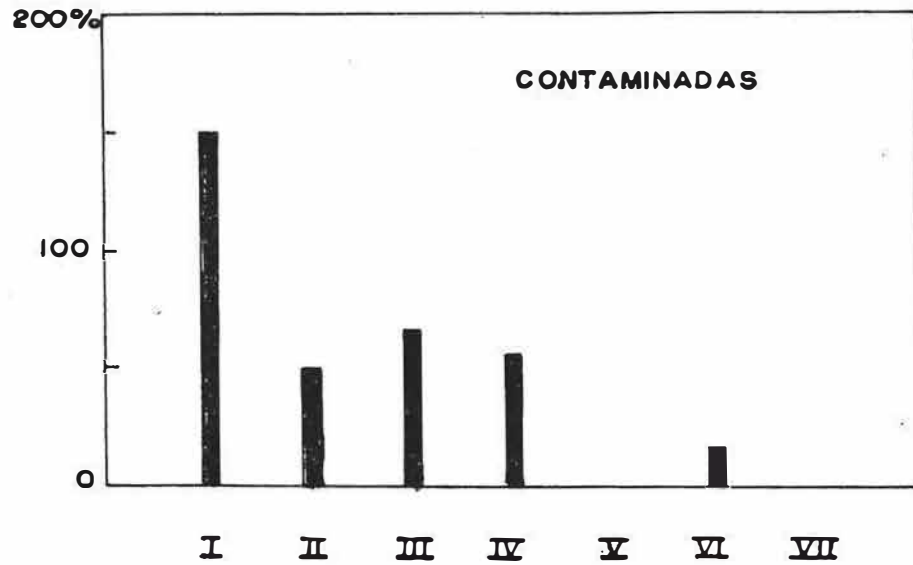
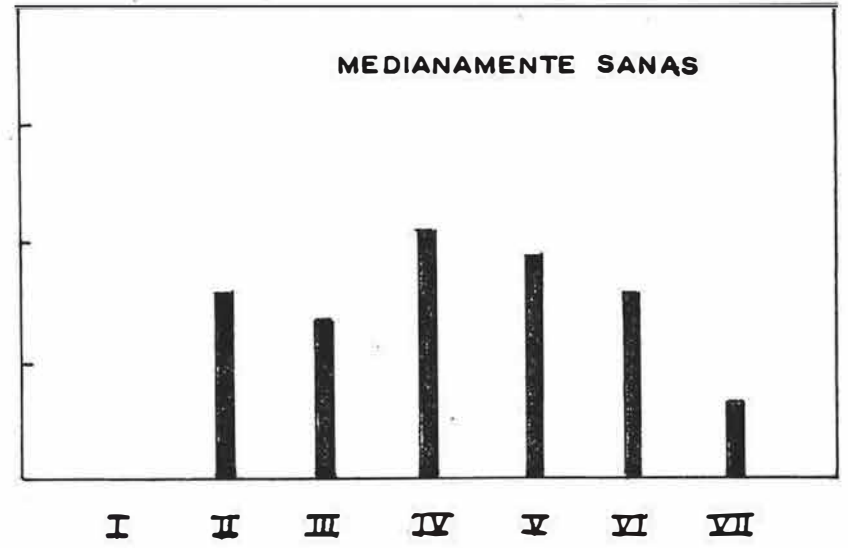
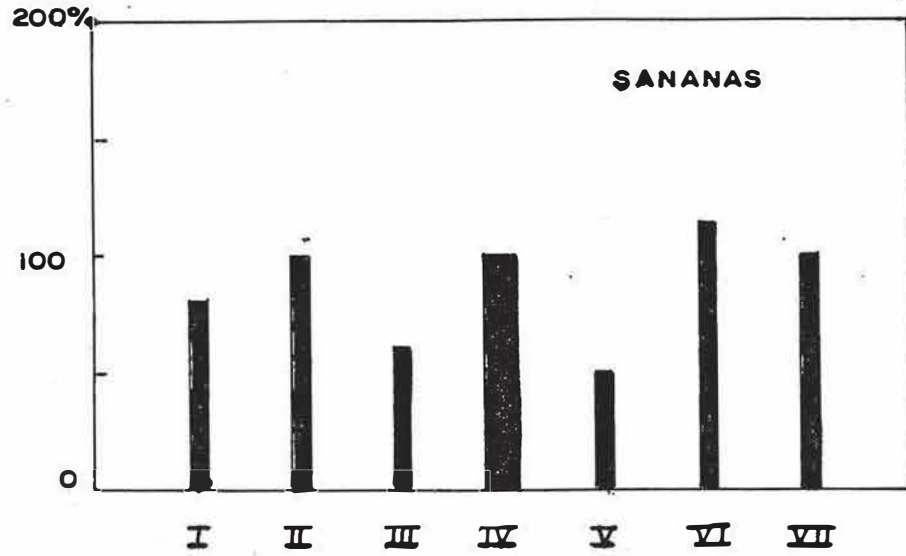
Este sistema que pretende medir el grado de alteración del balance biodinámico, causado por todos los tipos de contaminación, aunque exitosamente adoptado por algunos científicos, viene recibiendo desde entonces algunas críticas. Aparte del concepto de contaminación como "todo lo que trae como consecuencia una reducción en la diversidad de la vida acuática" no aceptada por algunos científicos, quienes definen la contaminación en términos más prácticos, la base para la clasifi-

- (1) Medición de las condiciones biológicas de los ríos producidos por desechos industriales y domésticos, 1950.

cación de los organismos en siete grupos y cada uno contiene una gama de organismos viene siendo injustificable. Otro punto debil del sistema es probablemente la determinación de la composición de las especies de referencia de las estaciones "sanas" que son comparadas con las otras estaciones. El número de las especies puede ser severamente restringido por factores diferentes a la contaminación, tales como limitaciones físicas.

Cualquier sistema que se adopte, a condición de que las personas los usen, conozcan sus posibilidades y limitaciones, la determinación biológica puede ser una herramienta útil y a veces indispensable en trabajos de control de contaminación. Aún cuando los métodos formales de clasificación pueden ser deseados para propósitos administrativos, estos son mejor desarrollados por los biólogos de acuerdo a las condiciones locales. Un biólogo que conoce ciertos ríos puede rápidamente detectar los cambios de las condiciones y su conocimiento es de valor en trabajos de control de la contaminación.

HISTOGRAMAS TÍPICOS DE VARIOS GRADOS DE CONTAMINACION



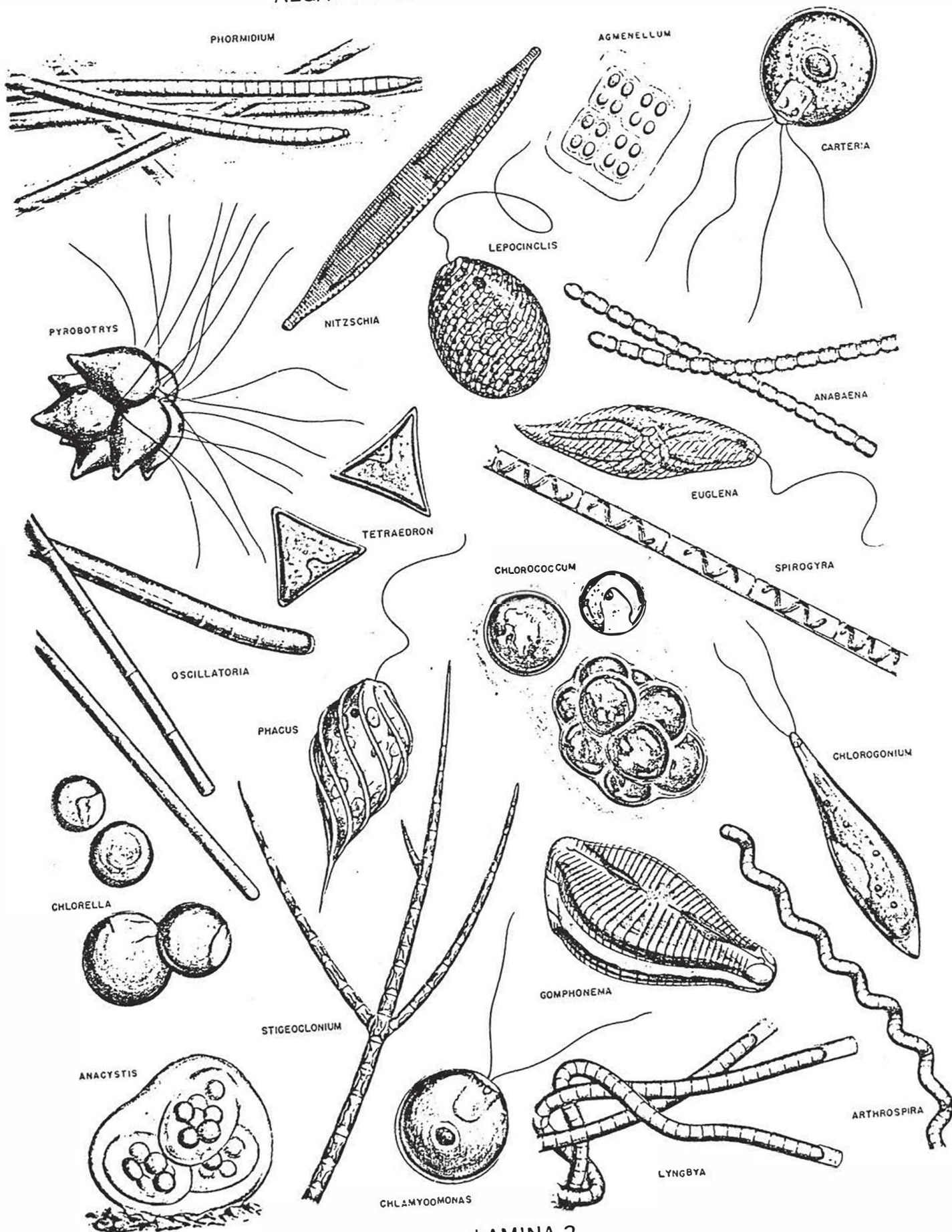
AGRUPACION TAXONOMICA DE ORGANISMOS E INTERPRETACION
DE RESULTADOS DEL SISTEMA DEL DOCTOR PATRICK PARA LA
DETERMINACION BIOLOGICA DE LAS CONDICIONES DE LOS RIOS

Columna	Organismos
I	Alga azul-verde, Stigeclonium, Spirogira, Tribonema y ciertas rotíferas.
II	Oligochaetes, sanguijuelas y caracoles pulmonados.
III	Protozoarios
IV	Diatomeas, alga roja y mayormente alga verde.
V	Todos los rotíferos no incluidos en I, más almejas, caracoles branquiales y gusanos.
VI	Todos los insectos y crustaceos.
VII	Todos los peces.

Condición del río	Resultado
Saludable	Columnas IV,VI y VII todas sobre el 50%

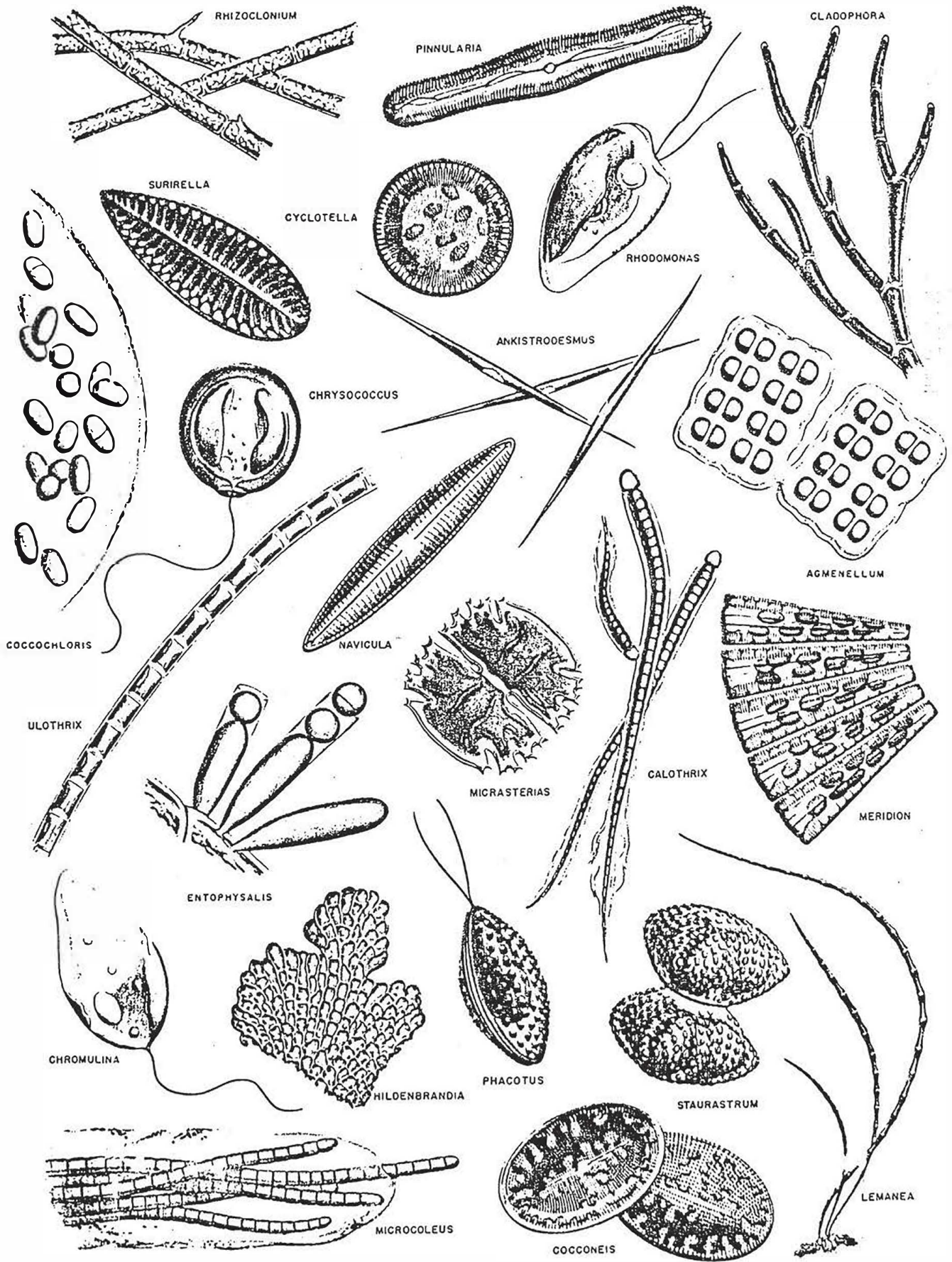
Condición del río	Resultado
Medio saludable	a) Cualquiera de las dos o ambas columnas VI ó VII menos del 50% y columnas I ó II menos de 100%
	b) Columna VI ó VII menos de 50%, y Columna I, II y IV 100% o más, o Columna IV es de doble ancho.
Contaminado	a) Cualquiera de las dos o ambas Columnas VI y VII esten ausentes, y Columna I y II esten en 50% o mejor.
	b) Si las Columnas VI y VII presentes, pero menos de 50% entonces las Columnas I y II deberán estar en 100% o más .
Muy contaminado	a) Si Columnas VI y VII esten ausentes y la Columna IV esté por debajo del 50%, o
	b) Si la Columna VI ó VII está presente, pero Columna I ó II está por debajo del 50%

ALGAS DE AGUAS CONTAMINADAS



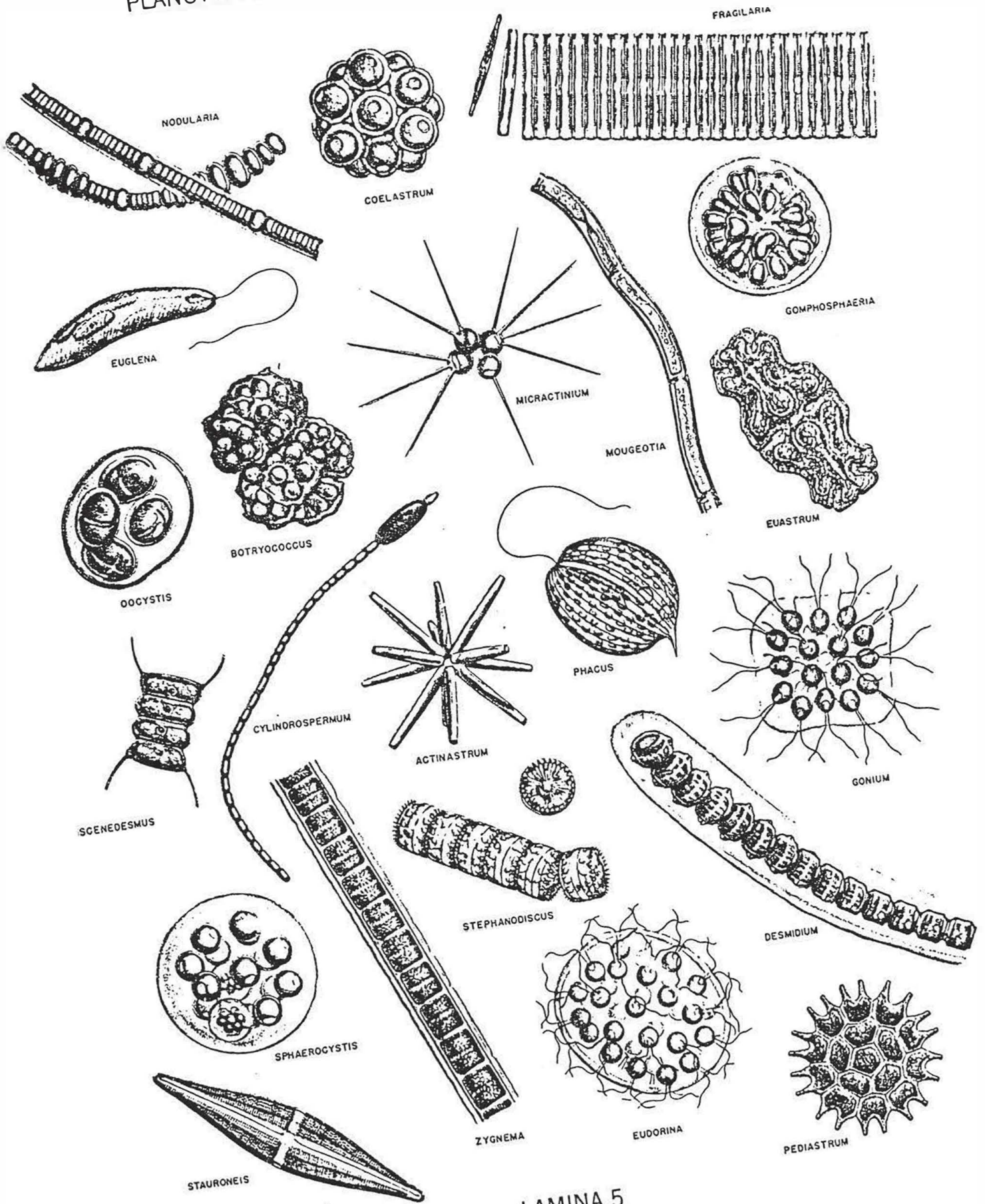
LAMINA 3

ALGAS DE AGUA LIMPIA



LAMINA 4

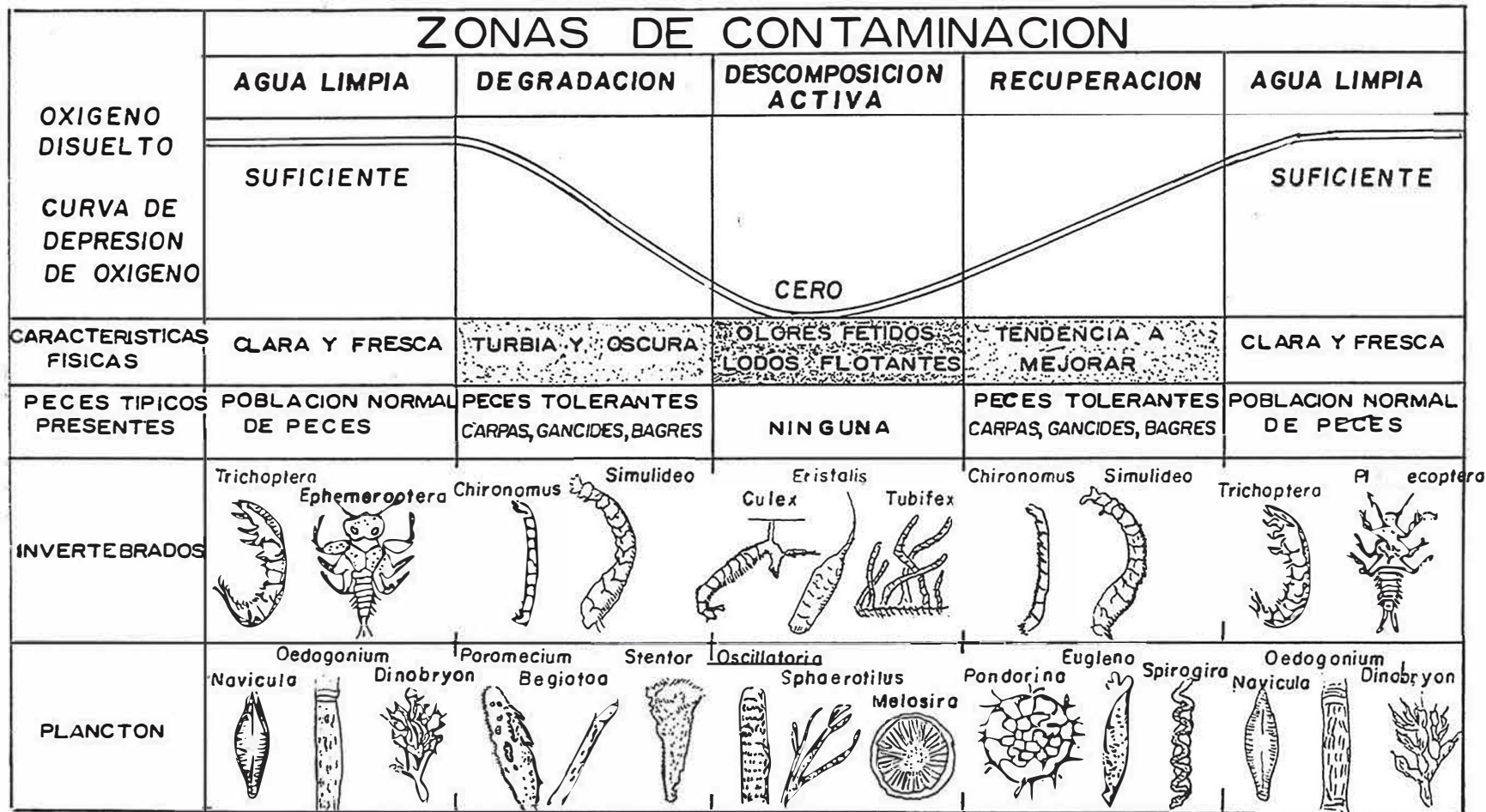
PLANCTON Y OTRAS ALGAS DE AGUAS SUPERFICIALES

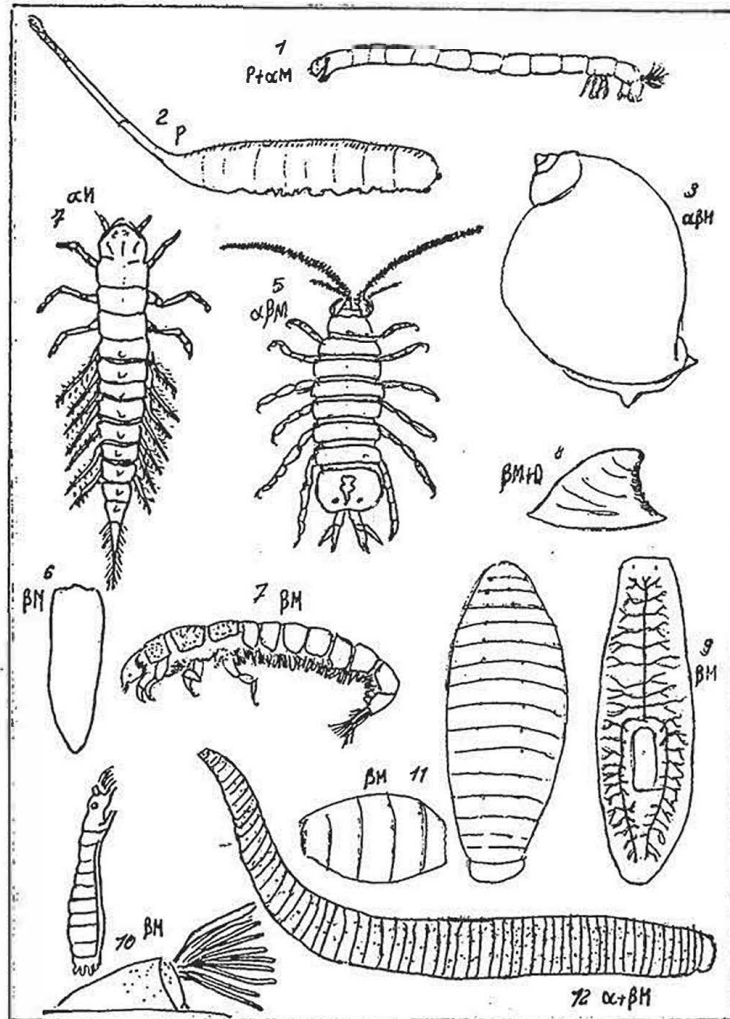


LAMINA 5

EFFECTOS DE LAS DESCARGAS DE AGUAS SERVIDAS

SOBRE LOS CURSOS RECEPTORES

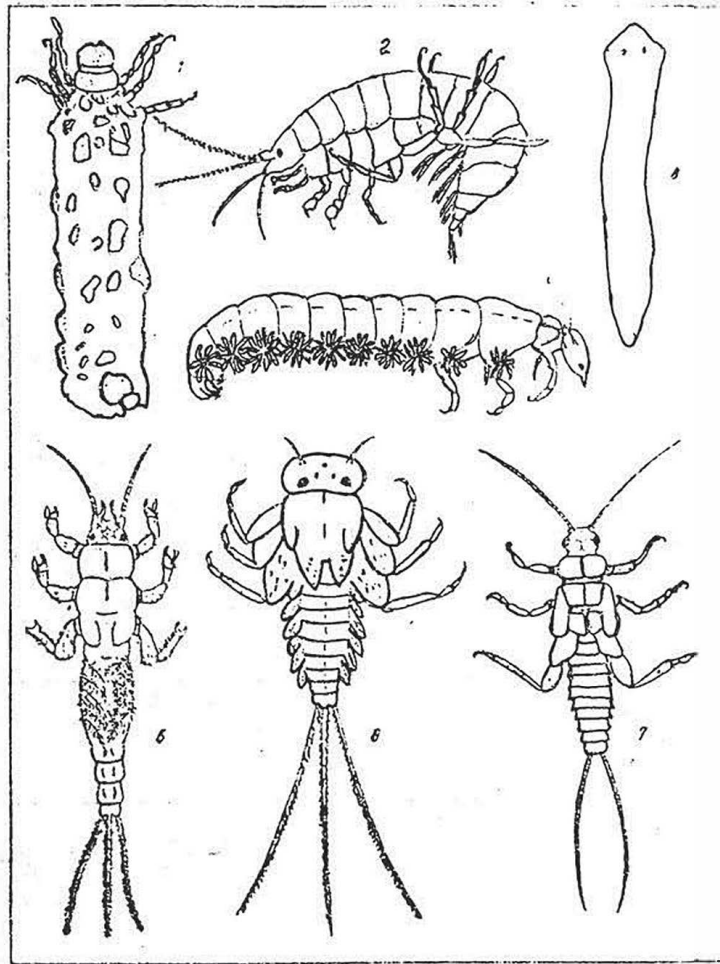




ANIMALES QUE TOLERAN DIFERENTES GRADOS DE CONTAMINACION

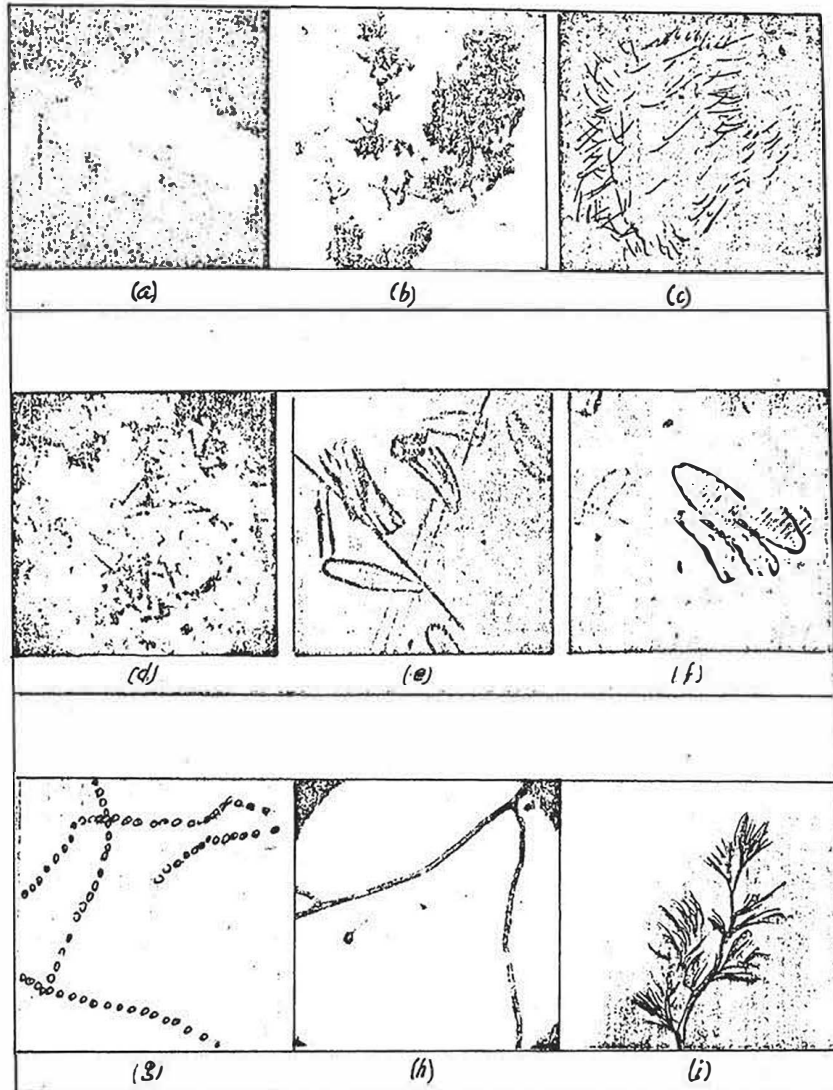
P- POLYSAPRÓBICOS, M- MESOSAPRÓBICOS, O- OLIGOSAPRÓBICOS.

- | | |
|-----------------------------|---|
| 1. CHIRONOMUS PLUMOSUS (x3) | 8. ANEYLASTRUM FLUVIALILE (x2) |
| 2. ERISTALIS TENAX (x3) | 9. DENDROCOELUM LACTEUM (x2) |
| 3. LIMNOEA AURICULARIA (x2) | 10. SIMULIUM ORNATUM LARVA Y PUPA (x3) |
| 4. STALIS LUTARIA (x2) | 11. GLOSSIPHONIA SP. EXTENDIDA Y CONTRADDA (x2) |
| 5. ASELLUS AQUATICUS (x2) | 12. ERPOBDELLA SP (x2) |
| 6. POLYCELYS NIGRA (x2) | |
| 7. HYDROPSYCHE SP. (x2) | |

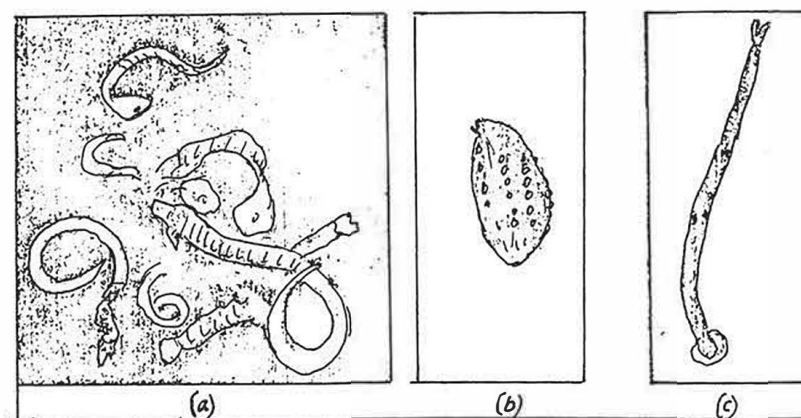


ANIMALES INTOLERANTES A LA CONTAMINACION ORGANICA

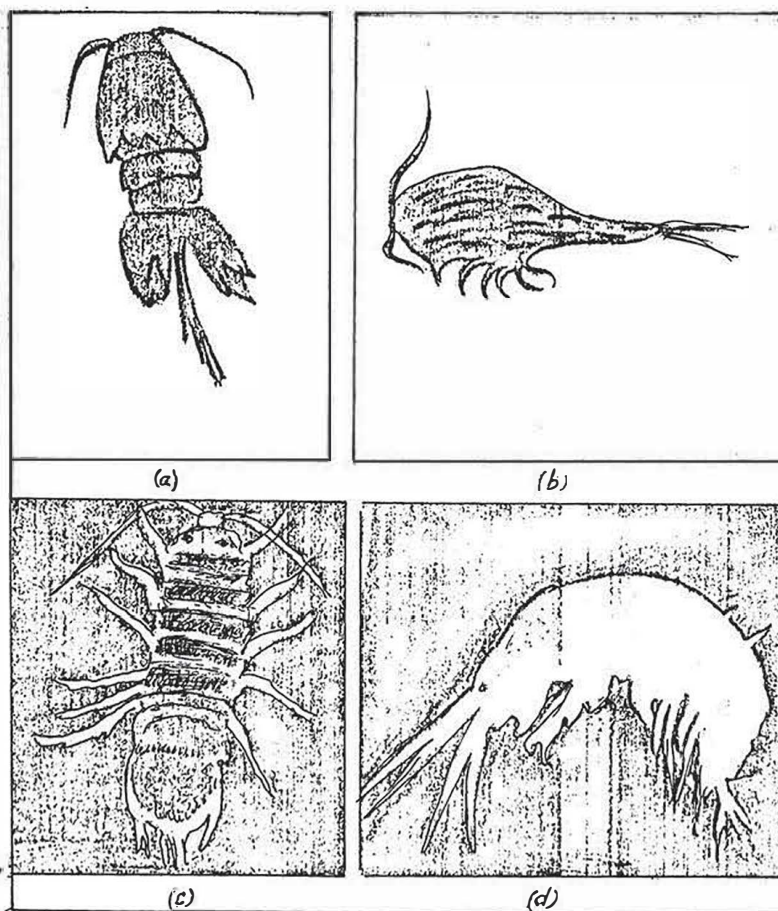
- | | | | |
|-------------------------|------|--------------------|------|
| 1. LIMNOPHILID CADDIS | (x2) | 4. RHYACOPHILA SP. | (x3) |
| 2. GAMMARUS PULEY | (x3) | 5. EPHEMERA SP | (x2) |
| 3. PLENARIA GONECEPHALE | (x2) | 6. ECDYONURUS SP | (x2) |
| | | 7. NEMOURA SP | (x3) |



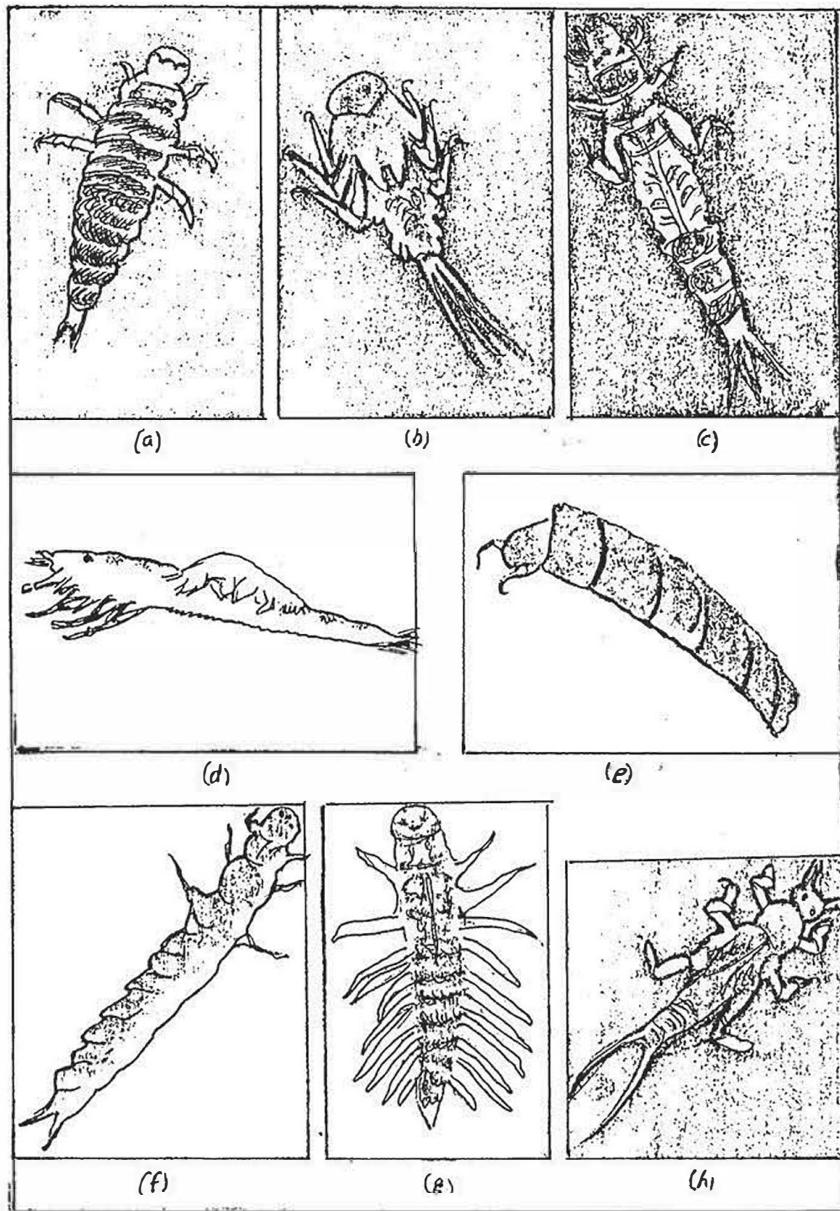
ALGUNA MICROFLORA DEL LECHO DEL RÍO (A) SPHAEROTILUS NATANS (x 1/2); (B) SPHAEROTILUS NATANS EN ELODEA (x 1/3); (C) FILAMENTOS DE SPHAEROTILUS NATANS (x 140); (D) DIATOMEAS Y DESMIDS (x 70); (E) Y (F) OEDOGONIUM (x 30); (H) VAUCHERIA CON ESPORAS EN GERMINACIÓN (x 15); (I) CLADOPHORA (x 10)



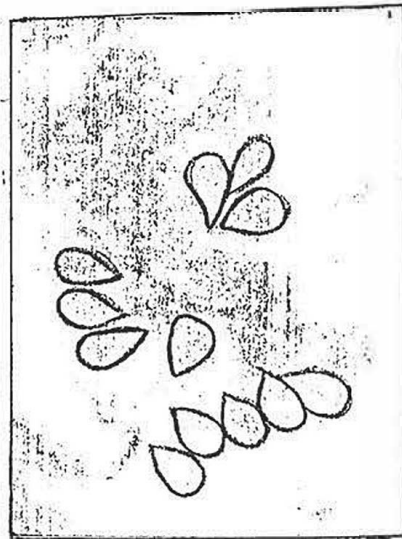
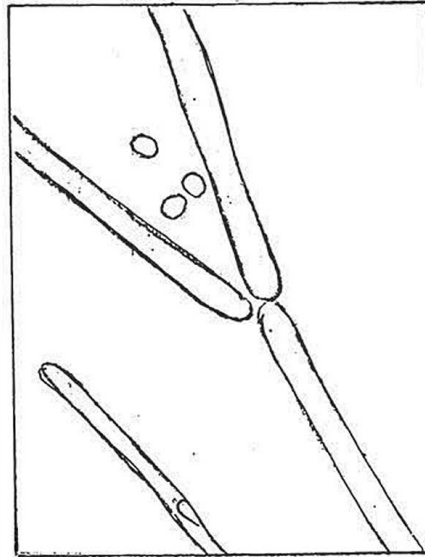
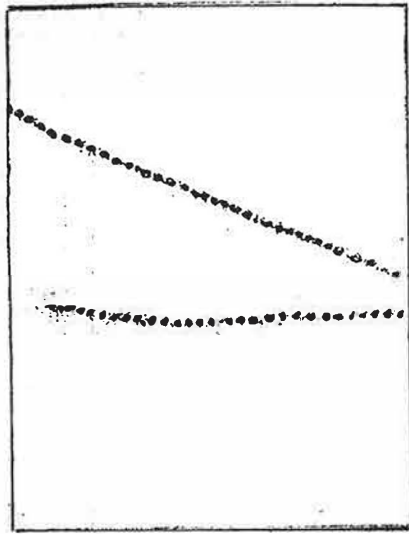
ANNELIDA DE AGUA FRESCA (A) GUSANOS TUBIFICID Y VAINAS (LIGERAMENTE AUMENTADO) (B) GLOSSIPHONIA SP. (TAMAÑO REAL 1.5 CM.); (C) GLOSSIPHONID SANGIJUELA (JOVEN) (TAMAÑO ACTUAL 2.0 CM.)



CRUSTACEOS, (A) CYCLOPS, FEMENINA CON SACOS DE HUEVOS (TAMAÑO ACTUAL 2.5 CM.) (B) CYCLOPS MASCULINO VISTA LATERAL (TAMAÑO ACTUAL 2.5 MM.); (C) ASELLUS ACUATICUS (TAMAÑO ACTUAL 2.0 CM.); (D) GAMMARUS POLES (TAMAÑO ACTUAL 3.0 CM.).



- INSECTOS: (A) DYTISCID LARVA, COLEOPTERO (TAMAÑO ACTUAL 2.0 CM.)
 (B) ECDYONURUS SP., EPHEMEROPTERA (TAMAÑO ACTUAL 3.0 CM.);
 (C) EPHEMERA SP., EPHEMEROPTERA (TAMAÑO ACTUAL 2.5 CM.);
 (D) EPHEMERA SP., VISTA LATERAL (TAMAÑO ACTUAL 2.5 CM.)
 (E) LIMNOPHILID LARVA, TRICHOPTERA (TAMAÑO ACTUAL 3.0 CM.)
 (F) HYDROPSYCHE SP. TRICHOPTERA (TAMAÑO ACTUAL 2.0 CM.)
 (G) SIALIS LUTARIA, NEUTOPTERA (TAMAÑO ACTUAL 2.0 CM.)
 (H) NEMOURA SP., PLECOPTERA (TAMAÑO ACTUAL 1.5 CM.).



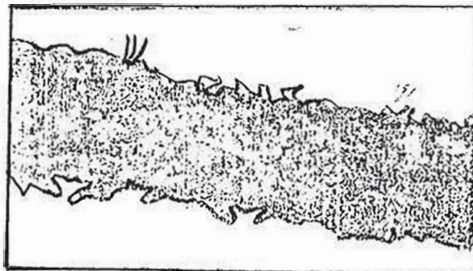
ALGUNOS MIEMBROS COMPLEJOS DE HONGOS DE DESAGUE (x 530);
(B) *LEPTOMITUS LARTEUS* (x 270);
(C) *CARCHESIUM* (x 70)



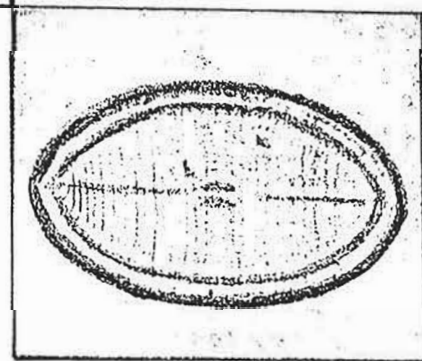
(a)



(b)



(c)



(d)

ALGUNAS ALGAS INDICADORAS,

- (A) STIGEOCLONIUM (x 40);
- (B) CLADOPHORA (x 15);
- (C) RHOICOS PHENIA CURVATA EN CLADOPHORA (x 200) ;
- (D) GOCCONEIS PLACENTULA (x 1500).

C A P I T U L O V I

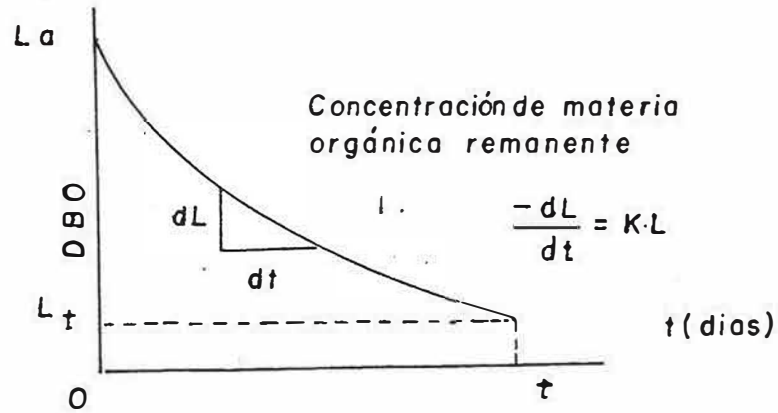
AUTOPURIFICACION DE CURSOS DE AGUA

1. Es un proceso de estabilización de la materia orgánica por la acción biológica de organismos presentes en el agua y por procesos químicos en los cuales se utiliza el oxígeno.

2. Su análisis se basa principalmente en la determinación de la DBO (demanda bioquímica de oxígeno), lo que permite:
 - a) Conocer la carga polucional (contaminación), de las aguas negras.
 - b) La evolución de esta carga a través del curso de la corriente receptora hasta su total depuración (autopurificación por los agentes biológicos, químicos y fenómenos físicos).

3. En los procesos de autopurificación de un curso de agua o fuente receptora, se distingue tres etapas o zonas:
 - a) Zona de degradación (OD a 40% saturación).
 - b) Zona de descomposición, activa (OD < 40%).
 - c) Zona de recuperación (OD > 40%).

4. Ecuación de la demanda de la 1ª Etapa (DBO, 5 días, 20°C).



L = materia orgánica a ser oxidada en la 1ª Etapa.

L_a = DBO inicial de la 1ª Etapa, admitiéndose que la constante K de reacción no varía.

dL = Incremento de la demanda en el tiempo dt .

y = Cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en el tiempo t (demanda bioquímica de oxígeno en el tiempo t).

K = Constante de reacción de la DBO.

$$\int_{L_a}^{L_t} \frac{dL}{L} = - \int_0^t K dt$$

$$\log_e \frac{L_t}{L_a} = - K t$$

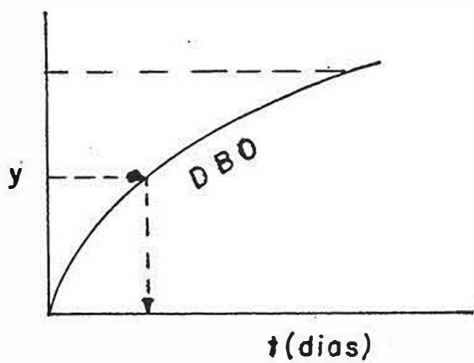
$$\frac{L_t}{L_a} = e^{-K.t}$$

$$L_t = L a e^{-K t}$$

$$y = L a - L_t = L a - L a e^{-K t} = L a (1 - e^{-K t})$$

$$y = L a (1 - 10^{-K_1 t}) ; K_1 = 0.4343 K$$

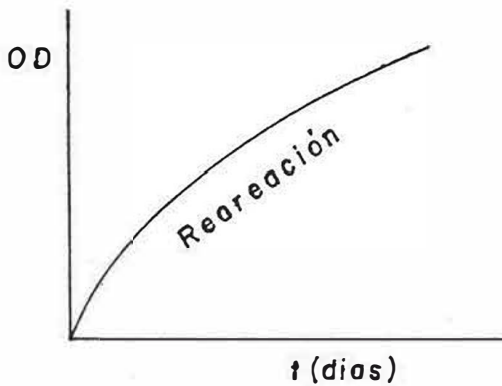
Depresión de oxígeno



De no ocurrir reacción, la pérdida de oxígeno de la corriente por efecto de satisfacer la demanda del afluente lanzado (desague) sería:

$$y = L (1 - 10^{-K_1 t})$$

Empero, la reacción ocurre, simultáneamente con la D.B.O.



$$D_t = D_a 10^{-K_2 t}$$

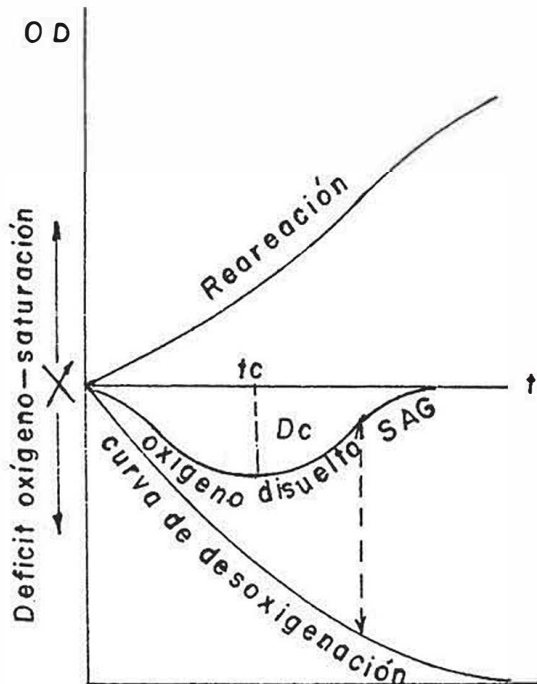
D_a = déficit inicial de oxígeno - saturación.

D_t = déficit de oxígeno después del tiempo "t".

K_2 = constante de recreación atmosférica

D_a = Diferencia entre el oxígeno de saturación y el valor observado.

La curva simultánea resultante de la DBO y de la reareaación, se denomina "CURVA DE DEPRESION" o "CURVA SAG".



$$D = \frac{K_1 La}{K_2 - K_1} (10^{-K_1 t} - 10^{-K_2 t}) + Da 10^{-K_2 t}$$

La = DBO inicial de la mezcla curso natural con el desague.

El : río + desague de una población

D = Déficit de oxígeno-saturación después de t días.

Punto crítico

Hay un punto de máxima depresión en el percurso de la corriente, donde el oxígeno disuelto es mínimo, el cual es denominado "punto crítico".

El punto crítico ocurre después de t_c días.

$$t_c = \frac{1}{K_2 - K_1} \cdot \log \frac{K_2}{K_1} \left[1 - \frac{Da (K_2 - K_1)}{La \cdot K_1} \right]$$

$$D_c = \frac{K_1}{K_2} \cdot La \cdot 10^{-K_1 t_c}$$

D_c = déficit crítico

t_c = tiempo crítico

Estudio de las condiciones de lanzamiento

En la práctica ocurren los siguientes problemas tipos:

1. Determinación de la depresión de oxígeno
2. Determinación del grado de tratamiento requerido.
3. Determinación de la máxima población cuyos residuos pueden ser lanzados a un curso de agua.

Distancia a que ocurre las condiciones críticas

$$\text{Distancia} = t_c \times 86,400 \times V_m$$

$$V_m = \text{velocidad media en m/seg.}$$

Estudio de las necesidades de tratamiento de las aguas servidas.

Los datos específicos que figuran en el presente estudio, fueron determinados por la firma Consultora PICASA en el Estudio de Factibilidad de Agua Potable y Alcantarillado de Huncayo y se han tomado como tales para los efectos de la presente tesis.

1. Variaciones de gastos horarios en colectores finales al año 1995 (Año de Saturación del casco urbano).

COLECTORES	DISTRITO	Qmax.	max.
Av. Los Andes	El Tambo	248.7	
Av. Parra del Riego	El Tambo	244.1	
Av. General Muñiz	Huancayo	275.9	
Margen derecha del río Chilca (Proyectado)	Huancayo	225.9	
Interceptor Mantaro (Proyectado)	Huancayo	1,013.7	
Av. 9 de Diciembre	Chilca	273.3	
Colector Azapampa	Azapampa	30.8	

2. Variaciones de descarga actual de los colectores.

(Estudio de variaciones de descarga 17-08-82 al 19-08-82)

l.p.s.

COLECTORES	Qprom.	Qmáx. h	Qmáx d.	$\frac{Qmáx. h}{Qprom. h}$
Los Andes	16.21	30.32	19.94	1.87
Parra del Riego	102.53	150.37	126.11	1.467
General Muñiz	127.46	180.83	156.77	1.419
9 de Diciembre	16.71	34.85	20.55	2.09

Producción promedio mensual Agosto 1981-Julio 1982 = 1.093

Produccion Agosto 1981

3. Descargas de los colectores corregida para llevarla al promedio mensual anual (K = 1.093).

COLECTORES	Qprom.	Qmáx. máx.	Qmáx. d.
Los Andes	17.71	33.11	21.78
Parra del Riego	112.06	164.39	137.83
General Muniz	139.31	197.68	171.35
9 de Diciembre	18.26	38.07	22.45

4. Gastos promedio diario, máximo diario y máximo maximorum para 1985, 1986, 1989, 1992 Julio 1995 (Saturación área urbana), 1998, 2001.

4.1 GASTOS AGUA POTABLE LTS/SEG

AÑOS	PROMEDIO	MAXIMO DIARIO	MAXIMO MAXIMORUM
Enero 1985	786.67	965.24	1652.00
Diciembre 1986	551.42	676.59	1157.97
1989	627.11	769.46	1316.93
1992	719.74	883.12	1511.45
Julio 1995	828.00	1015.00	1738.00
1998	964.00	1182.00	2023.00
2001	1097.00	1345.00	2304.00

4.2 DESCARGA DESAGUES AL 76.5% DEL AGUA

1985	601.80	738.40	1263.78
1995	635.86	782.00	1329.57
1998	737.46	904.23	1547.60
2001	839.20	1029.00	1762.56

5. Descarga de los colectores para la población de Saturación (1995, según estudio de áreas de drenaje a cada colector

COLECTORES	DISTRITO	Q _{prom.}	Q _{máx. d.}	Q _{máx.máx.}
Los Andes	El Tambo	118.9	146.3	248.7
Parra del Riego	El Tambo	116.8	143.6	244.1
General Muñiz	Huancayo	132.0	162.3	275.9
Margen Derecha del río Chilca	Huancayo	107.8	132.5	225.2
Interceptor Mantaro	Huancayo	484.6	596.0	1013.7
9 de Diciembre	Chilca	130.7	160.7	273.3
Azapampa	Azapampa	14.7	18.1	30.77

$$E = 630.0 \quad 774.8 \quad 1317.4$$

$$Q_{\text{máx. máx}} = Q_{\text{prom.}} \times K_1 \times K_2 = Q_{\text{prom.}} \times 1.23 \times 1.7$$

Según el estudio de agua potable, se tiene:

$K1 = 1.23$ y $K2 = 1.71$, siendo la relación desague a agua = 76.5%

Las descargas mostradas en el cuadro anterior, tienen una ligera discrepancia del 1% con las descargas resultantes de multiplicar por 0.765 los gastos determinados en el estudio de agua potable (ver cuadro 4.2).

El interceptor Mantaro recibe las descargas de los colectores: Los Andes, Parra del Riego, General Muñiz, Margen derecha Chilca, y las descargas del Parque Industrial y zona de expansión adyacente a lo largo de la ruta del interceptor para el período considerado (1995).

6. Riego con aguas servidas del emisor 9 de Diciembre.

En la zona del emisor 9 de Diciembre, luego del cruce con la Avda. Ferrocarril algunos agricultores aprovechan las aguas servidas de éste emisor para regar sus parcelas, por el simple procedimiento de represar los buzones.

Esta reutilización de las aguas servidas, se lleva a cabo y principalmente en la época que no hay precipitaciones pluviométricas.

En la actualidad estos regantes precarios utilizan aproximadamente el equivalente a la descarga $Q_{\text{máx.d}} = 22.45 \text{ lts/seg.}$, que corresponde según el estudio de variaciones (cuadro Nº 3) a un $Q_{\text{máx. max.}} = 38.07 \text{ lts/seg.}$

A pesar que no se tiene conocimiento, de que los regantes tengan autorización para utilizar éstas aguas servidas y, que los cultivos sean controlados, se ha considerado conveniente, dar un tratamiento mínimo en resguardo de la salud Pública; éste tratamiento constará de rejillas, desarenador, tanque Imhoff y lechos de secado. Se ha desechado el tratamiento por lagunas de biooxidación en vista de que la ubicación de las lagunas estarían colindantes con la zona urbana y, de ubicarlas a la distancia mínima recomendada dentro de un radio de 500 m. habría necesidad de bombear parte del afluente hacia el área agrícola; además el alto costo del terreno en el sector en cuestión, no hacen recomendable la solución de lagunas de biooxidación.

Por consiguiente, en el estudio de autopurificación del río Mantaro, enfocado para las consideraciones más desfavorables de descarga de estiaje, máximo aparte de la DBO y condiciones de temperatura mínima promedio de menor solubilidad de oxígeno, se descon-

tarán los 22.4 lts/seg. que serán utilizados permanentemente en el riego.

7. Otros caudales que influyen en el balance de la descarga de las aguas servidas.

En la zona de Azapampa correspondiente a la parte baja del distrito de Chilca se ha considerado una planta de tratamiento que constará de rejillas, desarenador tanque Imhoff y lechos de secado. Esta planta tratará un Q_{máx.d} de 18.1 lts/seg. y el efluente descargará a la quebrada del río seco (Pichispiaco), para su reuso en terrenos agrícolas aguas abajo.

Actualmente por la quebrada Pichispiaco discurren aguas servidas de Azapampa, que son utilizadas para riego sin ningún tratamiento.

Con el tratamiento mencionado se soluciona un problema sanitario y también un problema socio-económico, al no quitarle a un grupo de familias su única fuente de trabajo.

Por consiguiente, este volumen será descontado a la descarga al río Mantaro.

7.1 Considerando la zona de expansión del área abastecida por la planta de Torre y, de

conformidad con el Plano de Sectorización Actualizado por PICASA, se tiene para el año 1995.

Sub-Zona	Hect.	Densidad	Población
A	95	73	6923 hab.
A	50	111	5533 hab.

Lo que da una población para esta zona de 12,456 habitantes.

Para una dotación considerada de 226 lts/hab/d. se tiene un gasto promedio

$$Q_{\text{prom.}} = 32.58 \text{ lts/seg.}$$

Siendo: $k_1 = 1.23$ se tiene:

$$Q_{\text{máx.d}} = 40 \text{ lts/seg.}$$

Por consiguiente el $Q_{\text{máx. máx.}}$ correspondiente del desague es de :

$40 \times 1.71 \times 0.765 = 52.03 \text{ lts/seg.}$ y será incrementado a la descarga del colector 9 de Diciembre.

8. Caudal mínimo-minimorum del río Mantaro.

$$Q_{\text{min}} = 37.00 \text{ m}^3/\text{seg.} \text{ (año 1973)}$$

Caudal registrado el 18-08-82, en que se realizaron

las determinaciones de DBO en el río Mantaro:

$$Q = 64.0 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

9. Oxígeno disuelto (OD) y BOD en colectores.

COLECTORES	OD ppm		BOD. ppm
	MAX	MIN	20°C, 5 días
Los Andes	4.5	2.2	105.0
Parra del Riego	4.8	1.6	98.0
La Rivera (Muñiz)	5.4	2.5	84.0
9 de Diciembre	3.6	2.0	112.0

Se toma como representativo promedio "Parra del Riego".

10. Determinaciones de oxígeno disuelto y BOD en el río Mantaro a su paso por Huancayo.

L U G A R	O.D PPM.	BOD PPM.
Puente Breña	7.5	2.5
Aguas arriba descarga colector Gral. Muñiz	6.9	6.0
Aguas abajo del co- lector 9 de Diciembre	6.6	10.0
Aguas abajo del colec tor Gral. Muñiz	6.7	8.0
Punto intermedio en- tre 9 de Diciembre y Pte. Huayucachi	7.4	-
Altura del Puente Huayucachi	7.7	-

* Huayucachi = 6.0 km. aguas abajo de Huancayo.

Nota : Indistintamente mencionamos BOD o DBO

11. Cálculo de la curva de depresión de oxígeno para el río Mantaro, en las condiciones anteriormente enunciadas.

11.1 Constantes de autopurificación (Fair y Geyer)

Agua receptora	f (20°C)
Lagunas y pequeños remansos	0.5 - 1.0
Corrientes de poca velocidad, lagos	1.0 - 1.5
Ríos grandes de poca velocidad	1.5 - 2.0
Ríos grandes de velocidad normal	2.0 - 3.0
Corrientes veloces	3.0 - 5.0
Rápidas y cascadas	5.0

11.2 Constante de reaeración admitida para el río Mantaro en las condiciones de estiaje señaladas : $k_2 = 0.24$ a 20°C.

11.3 La constante de desoxigenación admitida a 20°C, es : $K_1 = 0.10$

11.4 Temperaturas en Huancayo referidas a promedios mensuales durante 1981

Mes	Temperaturas promedios mensuales		
	Máxima	Mínima	Media horaria
Enero	19.3	7.3	12.4
Febrero	17.5	7.1	11.0
Marzo	19.0	6.5	11.4
Abril	19.5	4.7	11.2
Mayo	20.0	2.7	10.8
Junio	19.8	-0.5	9.2
Julio	19.6	-0.9	8.9
Agosto	18.5	2.9	10.0
Setiembre	19.3	4.7	10.5
Octubre	19.5	6.2	11.5
Noviembre	19.4	7.0	11.9
Diciembre	18.9	6.9	11.8

11.5 Valores de la constante K₂, según José M. Azevedo Netto en Tratamiento de Esgotes Sao Paulo - Brasil.

Curso receptor, t = 20°C	K ₂
Lagos pequeños, lagunas y remansos	0.05 a 0.10
Ríos de escurrimiento muy lento, grandes lagos y represamiento	0.1 a 0.15
Grandes ríos de baja velocidad	0.15 a 0.20
Grandes ríos de velocidad normal	0.20 a 0.30
Ríos de escurrimiento rápido y torrentes	0.30 a 0.50
Cascadas, caídas de aguas	> 0.50

11.6 Para casos muy frecuentes de ríos medianamente caudalosos con velocidades normales, caso del Mantaro, se acostumbra tomar K₂ = 0.24 (M. Azevedo Netto).

11.7 Valores de saturación del oxígeno disuelto en las aguas (ppm)

Temp. °C	Agua dulce ni vel del mar.	Agua dulce Huancayo	Agua salada para cloruros		
			10,000	15,000	20,000
0	14.62	9.95	11.14	10.60	9.76
1	14.23	9.68	11.01	10.38	9.57
3	13.48	9.18	10.78	10.16	9.37
5	12.80	8.71	10.56	9.95	9.20
7	12.17	8.28	10.34	9.75	9.06
10	11.33	7.72	10.13	9.55	8.98
11	11.08	7.54	9.92	9.35	8.80
12	10.83	7.37	9.72	9.17	8.62
13	10.60	7.21	9.52	8.98	8.46
14	10.37	7.06	9.32	8.80	8.30
15	10.15	6.90	9.14	8.63	8.14
16	9.95	6.77	8.96	8.47	7.99
17	9.74	6.63	8.78	8.30	7.84
18	9.54	6.49	8.61	8.15	7.70
19	9.35	6.36	8.45	8.00	7.56
20	9.17	6.24	8.30	7.86	7.42
21	8.99	6.12			
22	8.83	6.01			
23	8.68	5.91			
24	8.53	5.80			
25	8.38	5.70			
26	8.22	5.60			
27	8.07	5.50			
28	7.92	5.39			
29	7.77	5.29			
30	7.63	5.19			

11.8 Relación del BOD a 5 días y 20°C en relación a cualquier número de días y diferentes temperaturas.

Base : BOD (5 días) (20°C) = 1

Tiempo	10°C	15°C	20°C	25°C
6 horas	0.04	0.06	0.08	0.11
12 "	0.08	0.11	0.16	0.21
18 "	0.12	0.17	0.24	0.32
1 día	0.15	0.22	0.30	0.41
1.5 "	0.22	0.31	0.43	0.56
2.0 "	0.29	0.40	0.54	0.71
3.0 "	0.42	0.56	0.73	0.93
4.0 "	0.51	0.68	0.87	1.11
5.0 "	0.60	0.79	1.00	1.23
7.0 "	0.74	0.95	1.18	1.40
10.0 "	0.91	1.10	1.35	1.52
15.0 "	1.04	1.22	1.42	1.58
20.0 "	1.12	1.28	1.46	1.61
25.0 "	1.14	1.30	1.46	1.61
1ª Etapa	1.17	1.32	1.46	1.61

12. Estudio de las condiciones de lanzamiento.

Análisis I : Determinación de la curva de depresión de oxígeno (SAG)

Análisis II : Determinación del grado de tratamiento requerido.

Análisis III : Determinación de la población máxima cuya descarga podrá ser recibida por el río Mantaro.

13. Análisis I.

a) Determinación de la descarga y máximo diario para el período considerado.

Los Andes + Parra del Riego + Gral. Muñiz

Período	q _{prom.}	Q _{max.d}
1981-1984	269.08	330.96

Descarga interceptor Mantaro

Período	Q _{prom.}	Q _{máx.d}
1955-	635.8	734.3

$$\begin{aligned} Q_{mx.d} &= 774.8 - 22.4 - 18.1 \\ &= 734.3 \text{ lts/seg.} \end{aligned}$$

Nota. Existe una pequeña diferencia con las descargas según el estudio de gastos de agua para 1995 por la relación 0.765, de 7.1 lts/seg (1%).

b) Establecimiento de las características de las aguas servidas descargadas

b.1 - BOD = 98 ppm

b.2 - OD = 1.6 ppm

c) Determinación de las características del Mantaro.

C.1 - Razón mínima : 37.00 m³/seg.

C.2 - Razón media : 100.00 m³/seg.

C.B - Velocidad media : 1.2 m/seg.

C.4 - BOD aguas medias 2.5 ppm (Pte. Breña).

C.5 - OD aguas medias 7.5 ppm (Pte. Breña,
Q = 64m³/seg).

d) Determinación de las temperaturas para estudio.

d.1 Condiciones extremas de verano: 20°C

d.2 Condiciones extremas de invierno 0.9°C

d.3 Condiciones medias 10°C

e) Establecimiento de los valores de las constantes.

e.1 - K₁ = 0.10, k₂ = 0.24, a 20°C

e.2 - A las temperaturas de 10°C y 12°C

K₁ (10°C) = 0.1 x 1.047⁻¹⁰ = 0.063

$$K2 (10^{\circ}\text{C}) = 0.24 \times 1.0159^{-10} = 0.205$$

$$K1 (12^{\circ}\text{C}) = 0.1 \times 1.047^{-8} = 0.0692$$

$$K2 (12^{\circ}\text{C}) = 0.24 \times 1.0159^{-8} = 0.211$$

f) Ajuste del BOD total de primera etapa para las aguas servidas y el río

f.1 BOD (Total 1ª E, 20°C) desagües :

$$1.464 \times 98 = 143.08 \text{ ppm.}$$

f.2 BOD (total 1ª E, 10°C) desagües

$$1.17 \times 98 = 114.7 \text{ ppm}$$

$$1.23 \times 98 = 120.5 \text{ ppm (a } 12^{\circ}\text{C)}$$

f.3 BOD (total 1ª E, 20°C) río Mantaro:

$$1.46 \times 2.5 = 3.65 \text{ ppm.}$$

$$1.23 \times 2.5 = 3.10 \text{ ppm (a } 12^{\circ}\text{C)}$$

f.4 BOD (total 1ª E, 10°C) río Mantaro

$$1.17 \times 2.5 = \text{ppm.}$$

g) Determinación del BOD total 1ª E, de las aguas mezcladas: aguas negras + aguas del río.

g.1 = Máximo diario de los desagües (1984), con mínimo del Mantaro, 20°C

$$L_a (1984) = \frac{330.96 \times 143.08 + 37000 \times 3.65}{330.96 + 37000} = 4.89 \text{ pF}$$

g.2 = Máximo diario de los desagües (1995), con mínimo del Mantaro, 20°C

$$L_a (1995) = \frac{734.3 \times 143.08 + 37000 \times 3.65}{734.3 + 37000} = 6.4$$

$$g.3 = \text{BOD (1995) (12°C)} = \frac{734.3 \times 120.5 + 37000 \times 3.10}{37,734.3}$$

$$L_a (1195) (12°C) = 5.40 \text{ ppm}$$

h) Cálculo del deficit de oxígeno en el punto de lanzamiento.

h.1 Máximo diario de los desagües a 1984, vs. mínimo del Mantaro a la temperatura promedios de medias horarias durante 1981 (10°C)

$$D_a = OD_{\text{sat.}} - \frac{37,000 \times 7.5 + 330.96 \times 1.6}{37,000 + 330.96} = 7.44$$

$$D_a 1984 = 7.72 - 7.44 = 0.28 \text{ ppm.}$$

h.2 Máximo diario de los desagües 1995 con el mínimo del Mantaro a 10°C
(media de medias horarias Enero-Febrero 1981)

$$D_a = OD_{\text{sat.}} - \frac{37,000 \times 7.5 + 734 \times 1.6}{37,000 + 734} = 7.38$$

$$D_a (1995) = 7.72 - 7.38 = 0.34 \text{ ppm}$$

Nota 1. Según Whipple, la solubilidad del O₂ varía en proporción a la razón de la presión barométrica en un lugar con respecto a la presión al nivel del mar.

Nota 2 La ciudad de Huancayo, está a 3,312 mts.

sobre el nivel del mar, siendo su presión atmosférica 517.3 m.m. de Hg. Presión atmosférica al nivel del mar = 760 m.m.

i) Cálculo del valor del deficit de oxígeno para diversos valores de tiempo en días

(t = 0.25, 05, 1, 1, 5, 2, 3, etc.).

$$Dt = \frac{K1 \cdot La}{K2 - K1} \left(10^{-K1t} - 10^{-K2t} \right) + Da \cdot 10^{-K2t}$$

L_a = BOD total la E del curso de agua luego de recibir la descarga de las aguas servidas (ver inciso g).

$$La (1984) (20^{\circ}C) = 4.89 \text{ ppm. DBO}$$

$$La (1984) (10^{\circ}C) = 4.00 \text{ ppm. DBO}$$

$$La (1995) (20^{\circ}C) = 6.40 \text{ ppm. DBO}$$

$$La (1995) (10^{\circ}C) = 5.20 \text{ ppm. DBO}$$

$$K1 (20^{\circ}C) = 0.10$$

$$K2 (20^{\circ}C) = 0.24$$

$$K1 (10^{\circ}C) = 0.063$$

$$K2 (10^{\circ}C) = 0.205$$

$$K1 (12^{\circ}C) = 0.069$$

$$K2 (12^{\circ}C) = 0.211$$

$$D_{0.25} (1984) (20^{\circ}C) = \frac{0.10 \times 4.89}{0.240 - 0.10} \left(10^{-0.10 \times 0.25} - 10^{-0.240 \times 0.25} \right) + 0.28 \times 10^{-0.240 \times 0.25} = 0.502 \text{ ppm.}$$

$$D_{0.25} (1984) (10^{\circ}\text{C}) = \frac{0.063 \times 4.0}{0.205 - 0.063} \left(10^{-0.063 \times 0.25} - 10^{-0.205 \times 0.2} \right) + 0.28 \times 10^{-0.205 \times 0.25} = 0.383 \text{ ppm.}$$

Mayor deficit se obtiene a temperatura más alta

j) Cálculo de t_c y D_c (condiciones críticas), 1984

$$t_c = \frac{1}{K_2 - K_1} \log \frac{K_2}{K_1} \left[1 - \frac{Da (K_2 - K_1)}{La \times K_1} \right]$$

$$t_c = \frac{1}{0.205 - 0.063} \log \frac{0.205}{0.063} \left[1 - \frac{0.28 (0.205 - 0.063)}{4.00 \times 0.063} \right]$$

$$7.04 \times \log 3.25 \left[1 - 0.158 \right]$$

$$t_c = 7.04 \times 0.4413 = 3.08 \text{ días}$$

$$D_c = \frac{K_1}{K_2} \times L_a \times 10^{-K_1 t_c}$$

$$D_c (1984) (10^{\circ}\text{C}) = \frac{0.063}{0.205} \times 4.0 \times 10^{-0.063 \times 3.08} = 0.786 \text{ ppm.}$$

Para construir la curva consideramos algunos puntos antes y posterior a t_c :

1, 2, 3, 4, 5, 6 y 10 días

$$\begin{aligned} D (1 \text{ día}) (10^{\circ}\text{C}) &= 1.775 (10^{-0.063 \times 1} - 10^{-0.205 \times 1}) \\ &+ 0.28 \times 10^{-0.205 \times 1} \\ &= 0.602 \text{ ppm.} \end{aligned}$$

$$D (2 \text{ días}) (10^{\circ}\text{C}) = 1.775 (0.748 - 0.389) + 0.109 = 0.746 \text{ ppm.}$$

$$D (4 \text{ días}) (10^{\circ}\text{C}) = 1.775 (0.559 - 0.151 + 0.0424) = 0.767 \text{ ppm.}$$

$$D (5 \text{ días}) (10^{\circ}\text{C}) = 1.775 (0.484 - 0.094) + 0.026 = 0.718 \text{ ppm}$$

$$D (6 \text{ días}) (10^{\circ}\text{C}) = 1,775 (0.419 - 0.0588) + 0.0165 = 0.656 \text{ ppm.}$$

$$D (10 \text{ días}) (10^{\circ}\text{C}) = 1.775 (0.234 - 0.0089) + 0.0025 = 0.401 \text{ ppm.}$$

k) Cálculo de t_c y D_c para el año 1995 a 20°C que es la temperatura media horaria máxima del registro mensual (1975 - 1981).

$$T_c (1995) = 7.04 \times \log. 3.05 \left[1 - \frac{0.34 (0.211 - 0.069)}{5.4 \times 0.069} \right]$$

$$(1995) = 7.04 \times \log 3.05 \times (0.870)$$

$$(1995) = 7.04 \times \log 2.655 = 2.96 \text{ días}$$

$$D_c (1995) = 0.327 \times 5.4 \times 0.625 = 1.11 \text{ ppm.}$$

Luego el oxígeno disuelto en el río Mantaro aguas abajo de la ciudad de Huancayo, en el punto donde se produce la mayor depresión de oxígeno (D_c), es:

$$\text{OD} (12^{\circ}\text{C}) = 7.37 - 1.11 = 6.26 \text{ ppm.}$$

$6.26 > 5.00$ ppm (mínimo recomendado para la vida acuática de peces, camarones y flora respectiva).

Nota : En esta apreciación se ha preferido tomar 12°C en lugar de 10°C por ser la condición más desfavorable aún cuando de menor frecuencia de ocurrencias.

- 1) Cálculo de la curva de depresión de oxígeno en el río Mantaro para el año 2001, con área de expansión.

Consideramos que las condiciones físico, químicas y biológicas de las aguas servidas de la ciudad de Huancayo deben variar, con respecto a las registradas en 1982, principalmente en lo que respecta a la DBO.

En efecto, la DBO registrada en 1982 es una de las más bajas con respecto a otras ciudades similares del país, posiblemente por características socio-económicas de la población, donde muchos usuarios no disponen de los servicios higiénicos normales, lo que minimiza el aporte de materia orgánica, y por otra parte la poca industrialización que pueda aportar DBO, como curtiembres, fábricas de emvasado de alimentos, cervecería, etc.

Por consiguiente consideramos, que lógicamente en el futuro estas condiciones deben variar positivamente y, que la ciudad de Huancayo pueda asimilarse a las condiciones de la ciudad de Arequipa en el año de 1959, cuando se realizó el Estudio de Saneamiento Integral de Arequipa Metropolitana

por una comisión del entonces Ministerio de Fomento y Obras Públicas.

En esa oportunidad la DBO promedio semanal fue de 178 ppm, y para el máximo diario 220 ppm.

L.1 Descarga considerada

De conformidad con el cuadro 4.2 para el año 2001 corresponde la descarga máxima diaria de 1029 lts/seg.

Luego, de conformidad con el análisis realizado anteriormente (ver Nº 6 y 7) la descarga al río Mantaro será:

$$1029 - 22.4 - 18.1 = 988.5 \text{ lts/seg.}$$

L.2 Demanda bioquímica de oxígeno y oxígeno disuelto en las aguas servidas

$$\text{DBO} = 220 \text{ ppm.}$$

$$\text{OD} = 0 \text{ ppm.}$$

L.3 Ajuste de la DBO total de 1ª Etapa para las aguas servidas y el río, considerado 12°C de temperatura.

-Desagues:

$$1.23 \times 220 = 270.6 \text{ ppm.}$$

-Río:

$$1.23 \times 2.5 = 3.1 \text{ ppm.}$$

L.4 Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas mezcladas:

Aguas servidas + agua del río

$$La_{2001} = \frac{988.5 \times 270.6 + 37000 \times 3.1}{37,988.5} = 10.06 \text{ ppm.}$$

L.5 Cálculo del déficit de oxígeno saturación en el punto de lanzamiento

$$Da (2001) = OD_{sat} - \frac{37000 \times 7.37 + 998.5 \times 0.00}{37,998.5} = 7.18$$

$$= 7.72 - 7.18 = 0.54 \text{ ppm.}$$

Nota:

Según la determinación de O.D en Puente Huayucachi el OD (Saturación) fué de 7.72 ppm. (cuadro Nº 10).

L.6 Cálculo del t_c y D_c (temperatura media 12°C)

$$t_c = \frac{1}{K_2 - K_1} \cdot \log \left[\frac{K_2}{K_1} \left(1 - \frac{Da (K_2 - K_1)}{La \times K_1} \right) \right]$$
$$t_c = \frac{1}{0.211 - 0.069} \log \left[3.05 \left(1 - \frac{0.54 \times 0.142}{10.06 \times 0.069} \right) \right]$$

$$t_c = 7.04 \log 2.71 = 3.05 \text{ días}$$

$$D_c = \frac{K_1}{K_2} \times La \times 10^{-K_1 t_c}$$

$$D_c = 0.327 \times 10.06 \times 10^{-0.069 \times 3.05}$$

$$Dc = 3.29 \times 0.616 = 2.03 \text{ ppm.}$$

Luego el oxígeno disuelto en el río Mantaro, aguas abajo de la ciudad de Huancayo a los 3.05 días de recibida las aguas servidas, descargadas por el proyectado emisor Mantaro, donde se produce la mayor depresión de oxígeno sería de:

$$OD (12^{\circ}C) = 7.37 - 2.03 = 5.34 \quad 5.00 \text{ ppm.}$$

Prácticamente se estaría dentro del límite tolerable para la existencia de flora y fauna acuática Superior, incluyendo la supervivencia de la trucha.

L.7 Cálculo de la curva de depresión de oxígeno o curva SAG (12°C).

$$D (1 \text{ día}) = \frac{0.069 \times 10.6}{0.211 - 0.069} 10^{-0.069} - 10^{-0.211} + 0.54 \times 10^{-0.211}$$

$$(1 \text{ día}) = 4.89 (0.853 - 0.615) + 0.332 = 1.49 \text{ ppm.}$$

$$D (2 \text{ días}) = 4.89 (0.728 - 0.378) + 0.204 = 1.91 \text{ ppm}$$

$$D (4 \text{ días}) = 4.89 (0.530 - 0.143) + 0.077 = 1.97 \text{ ppm}$$

$$D (5 \text{ días}) = 4.89 (0.452 - 0.088) + 0.0476 = 1.82 \text{ ppm}$$

$$D (6 \text{ días}) = 4.89 (0.385 - 0.054) + 0.0292 = 1.65 \text{ ppm}$$

$$D (8 \text{ días}) = 4.89 (0.280 - 0.021) + 0.0110 = 1.27 \text{ ppm}$$

$$D(10 \text{ días}) = 4.89 (0.204 - 0.008) + 0.004 = 0.96 \text{ ppm}$$

14. Análisis II

El análisis II, se refiere al grado de tratamiento requerido y, que conforme al desarrollo del Análisis I, se llega a la conclusión, que en ningún punto del río desde el lanzamiento de los desagües, hacia aguas abajo, ni el OD ni la DBO, alcanzan valores críticos que puedan afectar los usos del río.

Sin embargo, la presencia de bacilos coliforme por efecto de la descarga, de agua servidas, lo hacen inadecuado para su uso inmediato en agua potable y/o balneación.

Esto no impide que en cualquier lugar aguas abajo, a partir de un punto intermedio entre la descarga del futuro interceptor Mantaro y, Huayucachi, se pueda captar agua del río con fines de agua potable para futuros desarrollos urbanos que pudieran asentarse en zonas aguas abajo del río, considerando los correspondientes sistemas de tratamiento para agua potable, siempre que el río en la zona de captación cumple con las disposiciones del artículo 1º del D. S. Nº 007-83-SA del 11 de marzo de 1983 respecto a límites bacteriológicos demanda bioquímica, oxígeno

disuelto y de sustancias potencialmente peligrosas, así como de sustancias potencialmente perjudiciales, de conformidad con el texto del mencionado artículo 1º que se transcribe a continuación.

DECRETA :

Artículo 1º Modificase los Artículos 81º y 82º del Reglamento de los Títulos I, II y III de la Ley General de Aguas, aprobado por D. S. Nº 261-69-AP con los siguientes textos:

Artículo 81º. Para los efectos de la aplicación del presente Reglamento, la calidad de los cuerpos de agua en general ya sea terrestre o marítima del país se clasificarán respecto a sus usos de la siguiente manera.

- I. Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección.
- II. Aguas de abastecimiento domésticos con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud.
- III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
- IV. Aguas de zonas recreativas de contacto primario (baños y similares) .

V. Aguas de zona de pesca de mariscos

VI. Aguas de zonas de Preservación de Fauna Acuática y Pesca Recreativa o Comercial.

Artículo 82º.- Para los efectos de Protección de las aguas, correspondientes a los diferentes usos, regirán los siguientes valores límites:

I. LIMITES BACTERIOLOGICOS

(VALORES EN N.M.P/100 MIL)

U S O S

	I	II	III	IV	V	VI
Coliformes Totales	8.8	20,000	5,000	5,000	1,000	20,000
Coliformes Fecales	4	4,000	1,000	1,000	200	4,000

* Entendidos como valor máximo en 80% de 5 ó más muestras mensuales.

II. LIMITES DE DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO)

45 DIAS, 20ºC Y DE OXIGENO DISUELTO (O.D)

VALORES EN MG/1

U S O S

	I	II	III	IV	V	VI
D.B.O	5	5	15	10	10	10
O.D.	3	3	3	3	5	4

III. LIMITES DE SUSTANCIAS POTENCIALMENTE PELIGRO

SAS.

VALORES EN MG/M3

U S O S

I II III V VI

PARAMETRO	I	II	III	V	VI
Selenio	10	10	50	5	10
Mercurio	2	2	10	0.1	0.2
PCB	1	1	1+	2	2
Esteres Estalatos	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Cadmio	10	10	50	0.2	4
Cromo	50	50	1,000	50	50
Níquel	2	2	1+	2	**
Cobre	1,000	1,000	500	10	
Plomo	50	50	100	10	30
Zinc	5,000	5,000	25,000	20	**
Cianuros (CN)	200	200	1+	5	5
Fenoles	0.5	1	1+	1	100
Sulfuros	1	2	1+	2	2
Arsénico	100	100	200	10	50
Nitratos (N)	10	10	100	N.A	N.A

NOTAS :

* -Pruebas de 96 horas LC50 multiplicadas por 0.1

** -Pruebas de 96 horas multiplicadas por 0.02

LC50 -Dosis letal para provocar 50% de muertes o inmovilización de la especie del BIO ENSAYO.

1+ -Valores a ser determinados. En caso de sospechar su presencia se aplicará los valores de la columna V provisionalmente.

(2) -Para el uso de aguas IV no es aplicable

N.A. -Valor no aplicable

PESTICIDAS

-Para cada uso se aplicará como límite, los críticos de calidad de aguas establecidas por el Environmental Protection Agency de los Estados Unidos de Norteamérica.

IV. LIMITES DE SUSTANCIAS O PARAMETROS POTENCIALMENTE

PERJUDICIALES

(VALORES EN MG/1)

(APLICABLES en los Usos I, II, III, IV, V)

PARAMETROS		I y II	III	IV
M.E.H	(1)	1 5	0.5	0.2
S.A.A.M.	(2)	0 5	1.0	0.5
C.A.E.	(3)	1 5	5.0	5.0
C.C.E.	(4)	0 3	1.0	1.0

- (1) -Material Extractable en Hexano. (Grasa principalmente).
- (2) -Sustancias activas de azul de Metileno. (Detergente Principalmente).
- (3) -Extracto de columna de carbón activo por alcohol (Según método de Flujo Lento).
- (4) -Extracto de columna de carbón activo por Cloroforma. (Según Método de Flujo Lento).

Respecto a temperatura, el Ministerio de Salud determinará en cada caso, las máximas temperaturas para exposiciones cortas y de promedio semanal.

15. Análisis III

En este análisis se determinará la población máxima, cuyas descargas de aguas servidas podrían ser recibidas por el río Mantaro, bajo las mismas condiciones de descarga mínima, DBO, OD, temperatura ya señaladas.

- a) Descarga máxima diaria por habitante vol/hab/día = $229 \times 1.23 \times 0.765 = 215.5$ lts/hab/día.
- b) Determinación de la mayor descarga de desagües que el río puede recibir

$$L = \frac{Q_{des} \times DBO_{1rE\ des} + Q_{río} \times DBO_{1^rE\ río}}{Q_{des} + Q_{río}}$$

$$Q_{des} = \frac{Q_{río} (L_a - DBO_{1^rE\ río})}{DBO_{1rE\ des} - L_a}$$

- c) Estimación de la población cuyos desagües pueden ser descargados

$$\text{Población} : \frac{Q_{des} \times 86400}{215.5}$$

- d) Determinación del valor de L_a considerando que debe ser mayor que L_a (2001). = 10.06 ppm aplicaremos un incremento moderado del 10%, en vista de estar ya próximo al límite de 5.00 pm. de OD $10.06 + 0.1 \times 10.06 = 11$ ppm.

e) $Q_{des} = \frac{37000 (11.0 - 3.1)}{270.6 - 11.0} = 1125.96 \text{ lts/seg.}$

f) Determinación del nuevo valor de D_a

Consideraremos, que para un futuro posterior al año 2001, el oxígeno disuelto en el río Mantaro en el punto de mezcla, llega de aguas arriba con un deterioro del 5% con respecto al valor considerado hasta el momento (7.37 ppm).

Luego $OD = 7.37 \times 0.95 = 7.00 \text{ ppm}$

$$D_a = OD_{sat} - \frac{37000 \times 7 + 1125 \times 0}{38,125} = 6.8$$

$D_a \quad 7.72 - 6.8 = 0.92 \text{ ppm}$

g) Determinación del t_c

$$t_c = \frac{1}{K_2 - K_1} \log \frac{K_2 \left(1 - \frac{D_a (K_2 - K_1)}{L_a \times K_1} \right)}{K_1}$$

$$t_c = 7.04 \log \frac{3.05 \left(1 - \frac{0.92 \times 0.142}{11 \times 0.069} \right)}{11 \times 0.069}$$

$t_c = 7.04 \log 2.525 = 2.83 \text{ días}$

h) Comprobación del oxígeno disuelto en el río Mantaro abajo de la mezcla, cuando ocurra el deficit crítico.

$$D_c = 0.327 \times 11 \times 10^{-0.069 \times 2.83} = 2.30 \text{ ppm.}$$

$OD = (12^\circ C) = 7.00 - 2.30 = 4.70 \text{ ppm.}$

Aproximadamente el valor 5.00 ppm. puesto como tope para la supervivencia de la flora y la fauna acuática Superior y para usos con fines de agua potable.

Sin embargo, con respecto al oxígeno saturación que para 10°C es 7.7 tendríamos = 7.7 - 2.3 = 5.4 ppm > 5.00 ppm.

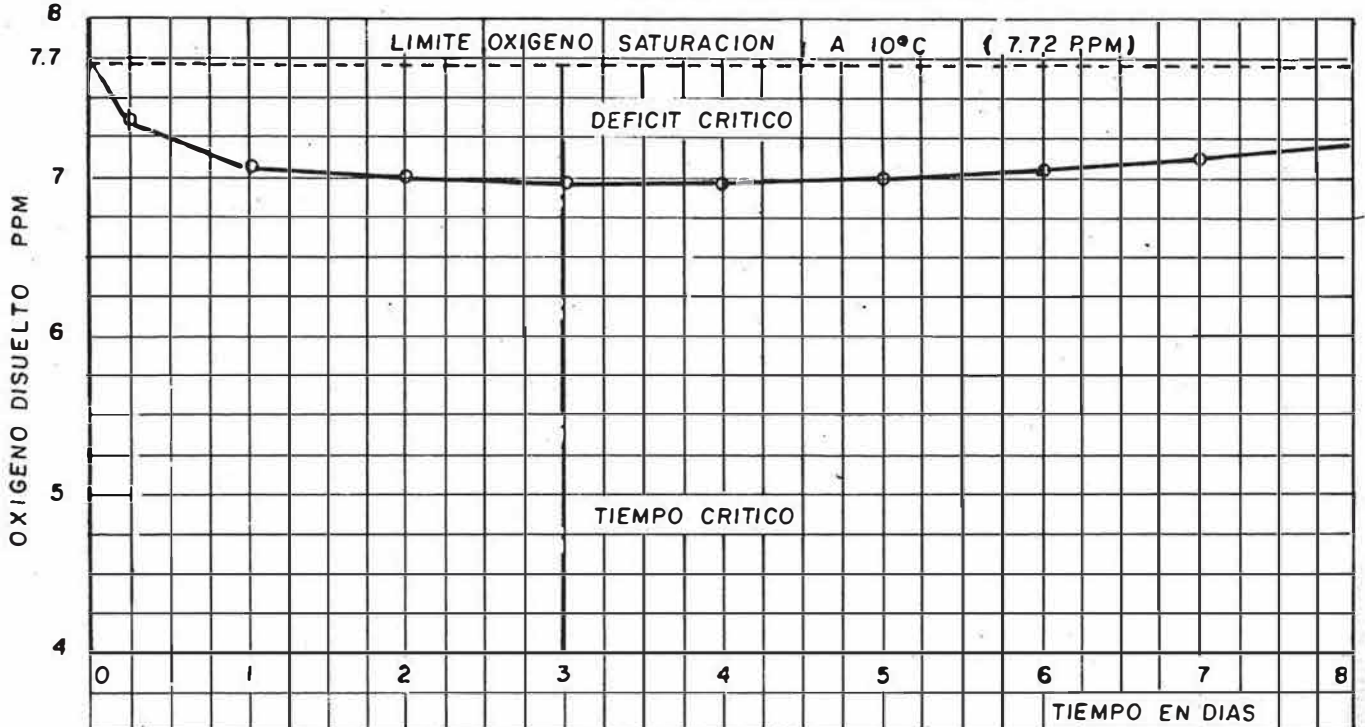
- c) Estimación de la población máxima que puede descargar sin tratamiento y cumpliendo los requerimientos del D.S. Nº 007 - 83 - SA.

Población: $\frac{1126 \times 86400}{215.5} = 451,445$ hab.

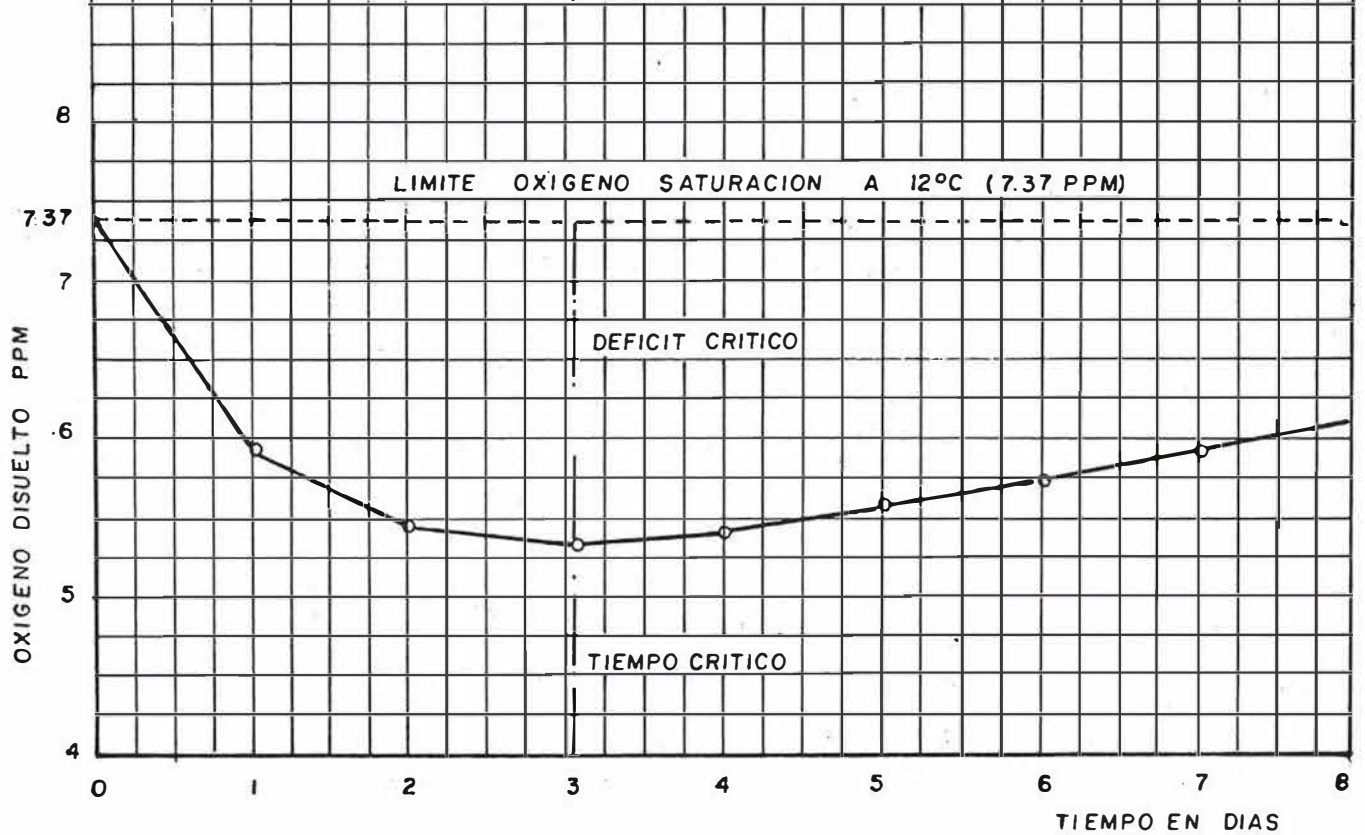
215.5

Curvas de depresión de oxígeno del río Mantaro Aguas Abajo de las descargas de desagues de la ciudad de Huancayo para los años 1,984 y 2,001

Año 1,984 temperatura 10°C



Curva de depresión de oxígeno año 2,001 a 12°C con area de expansion de la ciudad



Purificación Bacteriana.

La inspección Bacteriana de un río tiene señalada importancia en varios aspectos. En ocasiones puede tener interés el conocimiento de la población bacteriana que puede presentar, pero es de mayor importancia la riqueza en bacterias después de que el agua ha recorrido cierta distancia o de un tiempo conocido de circulación de la misma. Como se conoce bien la máxima infección bacteriana que permite un trabajo adecuado de las instalaciones de tratamiento de agua, su valor será útil, en ocasiones, para preveer la población bacteriana en los proyectos de dilución.

Hoskins (1) ha investigado la aportación de bacterias a los ríos que, mediante las aguas residuales, hace cada habitante, y ha bosquejado un método de estimación de ambas cantidades totales y de las B.coli contenidas en el agua contaminada por líquido residual no tratado, deduciendo que la cantidad de bacterias aportadas por población con red de alcantarillado es prácticamente constante, pero mayor en verano que en invierno. Las bacterias aumentan en número en el agua que las recibe, durante un corto

(1) Hoskins J. K., "Quantitative Studies of Bacteric Pollution and Natural Purification in the Ohio and Illinois Rivers", Pub. Health Repts., Vol. 41, núm. 8, 19 de febrero de 1926.

tiempo, y luego decrecen regularmente. La proporción con que disminuyen viene afectada por la temperatura del agua, y es mayor durante los meses de verano y cuando la densidad es la máxima.

El examen de las concentraciones de B.coli en las aguas de los ríos, producidas por cuatro ciudades, hace concluir a Hoskins que el contenido de B.coli puede calcularse por la siguiente fórmula:

$$\text{B.coli por mililitro} = \frac{\text{Población} \times 3 \times \text{factor}}{\text{Caudal del río en m}^3/\text{seg.}}$$

el factor varía con los diferentes meses como muestra la tabla Nº 1.

T A B L A N º 1

TEMPERATURA DEL AGUA Y FACTORES UTILIZADOS
EN EL CALCULO DE LA DENSIDADES DE B.coli

Meses	Temp. °C	Factor	Meses	Temp. °C	Factor
Enero	1.5	0.26	Julio	25.3	2.01
Febrero	2.0	0.60	Agosto	25.3	1.02
Marzo	4.3	0.91	Setiemb.	22.3	1.18
Abril	10.1	0.42	Octubre	15.6	1.31
Mayo	17.5	1.28	Noviemb.	8.8	0.42
Junio	23.0	2.22	Diciemb.	4.1	0.38

Si bien la fórmula sólo es estrictamente aplicable a las cuatro ciudades, en la practica puede utilizarse para aguas que esten a las temperaturas expresadas con los factores correspondientes.

Las tabs N º 2 y 3 dan las concentraciones de B.coli y los remanentes después de un cierto tiempo de reposo, para el verano e invierno respectivamente. Estas se basan también en observaciones realizadas en los ríos Ohio e Illinois, pero son aplicables en primera aproximación, a otros ríos que permiten la predicción de las concentra-

ciones de B.coli aguas abajo, si se conoce el tiempo que tarda en llegar el agua. Conviene observar que la cantidad de bacilos que sobreviven es mayor en invierno que en verano, al contrario que con otras infecciones, que ordinariamente alcanzen su punto crítico en el verano.

TABLA 2. Número de B.coli, por centímetro cúbico, remanentes despues de los períodos de circulación del agua que se indican, contdos a partir del punto de concentración máxima en verano.

T A B L A N º 2

Concentración máxima inicial de B.coli.	B.coli por centímetro cúbico remanentes después de un intervalo de								
	10h.	25h.	50h.	75h.	100h	125h	150h	175h	200h
75,000	30,000	9,800	2,900	1,000	420	190	84	37	17
60,000	20,000	7,900	2,300	800	350	150	70	32	18
40,000	14,000	5,900	2,000	600	270	120	57	27	10
20,000	7,000	3,000	1.070	420	190	98	47	25	13
10,000	4,000	1,600	640	270	130	68	36	20	12
5,000	2,300	1,100	410	170	78	42	24	15	12
1,000	440	210	80	30	13	5	---	---	---
500	260	130	70	25	8	-	---	---	---
1000	40	20	12	---	-	-	---	---	---

T A B L A N º 3

Número de B. coli, por centímetro cúbico, remanentes después de los periodos de circulación del Agua que se indican, contados a partir del punto de concentración máxima , en invierno.

Concentra ción máxi ma inicial de B.coli.	B.coli por centímetro cúbico remanentes después de un intervalo de								
	10h.	25h.	50h.	75h.	100h.	125h	150h	175h	200h
10,000	6,000	3,500	2,000	1,200	840	600	420	300	200
5,000	3,000	1,800	960	600	400	300	200	140	100
1,000	520	280	140	80	54	38	26	--	--
500	240	120	60	32	21	15	--	--	--
100	62	40	20	12	7	--	--	--	--
