

INSECTOS: a) Zona Polisapróbia.

Eristalis tenax

Chironomus thummi

b) Zona Mesosapróbia alfa

Stratiomys chamaeleon

c) Zona Mesosapróbia beta.

Cloeon dipterum

Habrophlebia lauta

Hydropsyche lepida

Potamanthus luteus

d) Zona Oligosapróbia.

Oligoneuria rhenana

Rithrogena semicolorata

Ecdyonurus fluminum

Perla bipunctata

Taeniopteryx seticornis

Helmis mauger

MOLUSCOS: a) Zona Mesosapróbia alfa.

Sphaerium corneum

b) Zona Mesosapróbia beta.

Ancylus fluviatilis

Pisidium cinereum

c) Zona Oligosapróbia.

Margaritina margaritifera

### 5.7. Influencia de la Polución sobre la Población de Peces.

Los más graves y los más conocidos efectos de la polución en el sentido ecológico, son los que se relacionan con la muerte de los peces. Este es un aspecto económico (así como también sanitario) del problema de la polución, pues la pesca en aguas interiores garantiza la subsistencia de un gran número de personas, además de ser un deporte muy desarrollado en algunos sitios. Además de la interferencia por compuestos tóxicos, ya mencionados en las páginas precedentes, el principal factor que limita el desarrollo de peces en los cuerpos de agua es la falta de oxígeno disuelto. Esa limitación está relacionada no solamente con la respiración de los peces adultos sino también con el desarrollo de sus huevos y éste es uno de los aspectos más importantes que debe tomarse en consideración.

Según Tarzwell (61) los criterios para el establecimiento de límites de oxígeno disuelto, en relación a la vida de los peces, deben basarse no tanto en el porcentaje de oxígeno con relación al valor de saturación, sino que más bien en valores absolutos del contenido de oxígeno, expresado en miligramos por litro. Sin embargo, la solubilidad de los gases en el agua decrece con la elevación de la temperatura y, además, la respiración de los peces (o sea, su consumo de oxígeno) aumenta con el calor del ambiente, según la ley de Van't Hoff.

Ciertos peces, como los salmonídeos en general, sólo pueden vivir en aguas que contienen más de 5 mg/l de oxígeno disuelto y sus huevos sólo se desarrollan en ambientes con 6 mg/l como mínimo. Para ciertas especies de truchas son indispensables concentraciones hasta de 7.6 mg/l y, por ello, esos peces sólo pueden vivir en aguas frías, que retienen concentraciones más altas de oxígeno. Sin embargo, hay peces menos sensibles, como por ejemplo, la carpa (Cyprinus carpio), que pueden soportar concentraciones entre 5 y 3 mg/l y, hasta de, 2 mg/l durante pocas horas. En Sao Paulo (Brasil) existe, en los ríos Pinheiros y Tiete, un pequeño pez de la especie Lebistes reticulatus en aguas que no contienen oxígeno disuelto, pero éstos viven casi todo el tiempo en las proximidades de la película superior del agua, la cual está siempre saturada de aire atmosférico. La resistencia de ese pez al ambiente anaerobio se debe al hecho de que su modo de reproducción es vivípara (es decir, que no poseen huevos), no existiendo, así, una fase inmóvil que no podría desplazarse en busca del oxígeno de la superficie (53).

Es importante resaltar el hecho de que los peces migratorios, que suben a las nacientes de los ríos para su reproducción no huyen de las zonas polucionadas, sino que, por el contrario, procuran atravesarlas en su migración. Pero si, estas zonas son muy extensas, se mueren por falta de oxígeno, o por intoxicación (61)(62). Por ello es que, en los ríos donde se quiere preservar la pesca, no se puede adoptar medidas limitativas de la polución solamente en las regiones más bajas del río, basada en la suposición de que la polución en las partes de aguas arriba será compensada por la autopurificación.

El nitrógeno amoniacal debe ser considerado, también como un importante elemento limitativo para la vida de los peces, y resultante de la polución con desagues orgánicos. En ciertas áreas polucionadas por desagues de las ciudades, se observan muertes de miles de peces en ambientes donde el oxígeno disuelto es todavía satisfactorio, pero donde las concentraciones de amoníaco llegan a las 5 mg/l o aún menos (entre 1.0 y 5.0 mg/l) (53).

Doudoroff y Warren (58) hacen resaltar el hecho de que la presencia de los peces en un agua puede no demostrar la ausencia de polución, pues pueden moverse rápidamente de un sitio a otro y soportar, por períodos breves, la presencia

de elementos nocivos. Pero la existencia de una población de peces, con un gran número de representantes en todas las etapas de su desarrollo (especialmente los huevos) sí es indicativa de la ausencia de polución reciente, pues la polución perjudica, por mucho tiempo a los factores importantes para su desarrollo y a la cadena biológica de alimentación. Sin embargo, hay fenómenos que no son fáciles de interpretar, como por ejemplo, la caída de la concentración del oxígeno provocada por el aumento de la temperatura que puede confundirse con la introducción de materia orgánica (DBO).

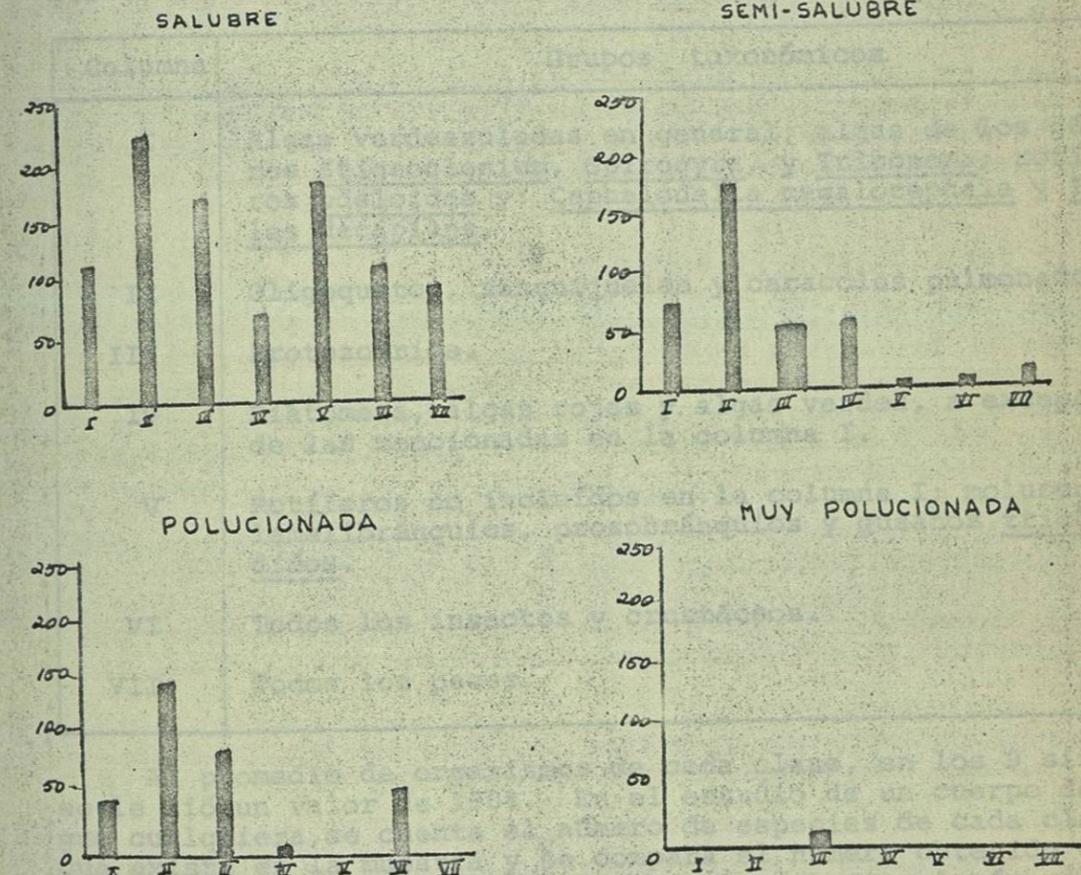
### 5.8. Sistemas Ecológicos de Clasificación de las Aguas.

Los organismos indicadores de polución, aisladamente, son muy útiles en un levantamiento sanitario. Un biólogo experimentado puede, con alguna precisión, llegar a una conclusión sobre las características ecológicas basadas únicamente en especies indicadoras pertenecientes a un grupo biológico determinado (63). Pero sólo un estudio de los efectos producidos por la polución sobre toda la comunidad acuática, en conjunto es que puede permitir una visión amplia y completa de la situación existente (5), ya que el equilibrio biológico existente entre todos los integrantes de la comunidad es el que puede demostrar la existencia de una situación ecológica estable. En cambio, su desequilibrio demuestra una interferencia extraña, la cual puede o no tener un significado sanitario o práctico. El ciclo biodinámico, ya mencionado, basado principalmente en las fuentes de alimento mineral u orgánico, inerte o vivo, es función de una cadena alimentaria en la cual cada ser participante depende de la existencia de otro o de un compuesto mineral para su alimento. Este ciclo biodinámico se puede representar gráficamente, o aún por fórmulas numéricas. Las alteraciones en la forma del gráfico o en las variaciones numéricas son demostrativas de cambios ecológicos. Desde el punto de vista sanitario, todavía, es necesario seleccionar los cambios que tengan significado práctico. Esa posibilidad ha permitido la idealización de los sistemas ecológicos de clasificación de las aguas.

#### 5.8.1. Sistema de Patrick (13) (64).

La bióloga americana, Ruth Patrick ha elaborado en 1949, un sistema basado en la medida de la alteración sufrida por el ciclo biodinámico natural. La investigadora ha tomado como punto de partida el hecho de que "en todo cuerpo de agua que no sea afectado por la polución existe una gran variedad de vida acuática" (63). Ella ha clasificado en la categoría de salubres a esas aguas y supone como universal el hecho de que la polución provoca, siempre, una disminución del número de especies y una gran proliferación de las pocas especies resistentes. Las aguas de polución mediana, son llamadas semi-salubres y las de polución acentuada polucionadas. A la cuarta categoría, muy polucionadas, pertenecen las aguas que se presentan tóxicas para la vida animal y vegetal. Hay una última clase de aguas, atípecas las que tienen característi-

## SISTEMA DE PATRIK





graficadas en el histograma como columnas de doble espesor. La columna VI ó VII es más pequeña que el 50% y la columna I ó II es más pequeña que el 100%. Otra posibilidad es que : la columna VI ó VII sea más pequeña que el 50% y las columnas I, II y IV sean más grandes que el 100% o, aún, que la columna IV tenga doble ancho.

En las aguas polucionadas, el balance ha sido destruído, favoreciendo al desarrollo de las columnas I y II. La columna VI ó VII (o ambas) no están presentes; las columnas I y II son mayores que el 50%. Otra posibilidad: las columnas VI y VII existen, pero con menos del 50% y las columnas I y II con el 100% o más.

En las aguas muy polucionadas, varios de los grupos pueden estar ausentes. Las columnas VI y VII no existen y la columna IV es menor que el 50%. O, también, las columnas VI y VII presentes, pero las columnas I y II más grandes que el 50%.

#### 5.8.2. Sistema de Wurtz.

En 1955 Charles Wurtz ideó otro sistema gráfico (15), semejante al de Patrick en su forma de presentación, pero las columnas de los histogramas están formadas no por grupos taxonómicos sino más bien, por el modo de vida de los organismos. Son 5 columnas representativas de las 5 "formas básicas de vida" acuática:

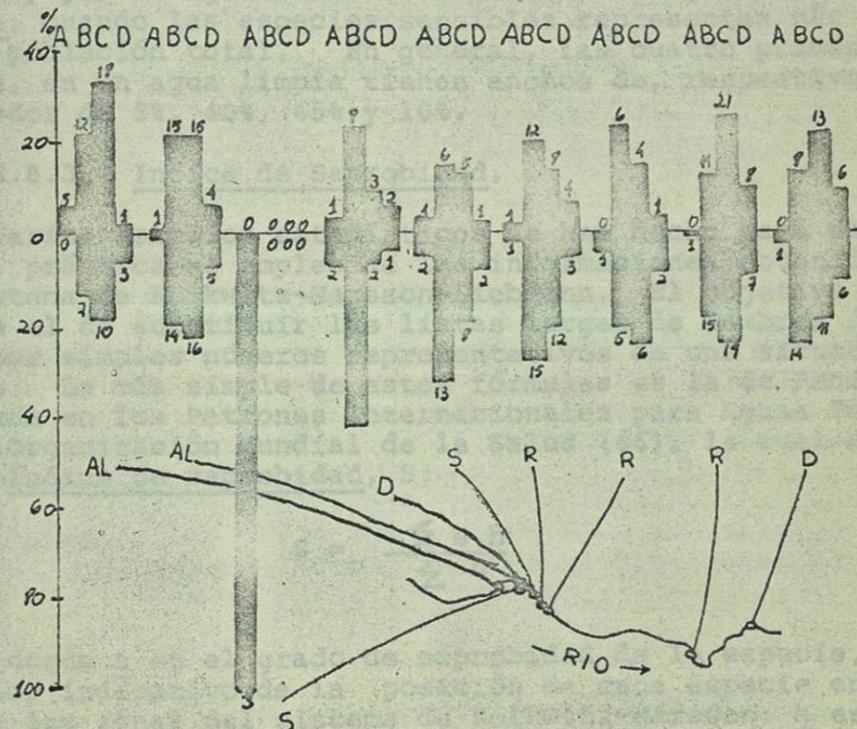
1. Organismos que viven parcial o totalmente enterrados. Ej: los gusanos tubícolas.
2. Organismos fijos a la superficie de un substrato sólido, por lo tanto de movimiento limitado. Ej: Ciliados fijos.
3. Organismos que caminan o se arrastran por el fondo, pero que rara vez nadan. Ej: larvas o ninfas de ciertos insectos.
4. Organismos limnéticos, es decir, que nadan activamente en el agua. Ej: peces.
5. Organismos planctónicos, es decir, que no tienen movimiento propio o, aunque lo tengan, su desplazamiento es provocado por el movimiento del agua. Ej: flagelados, ciliados, algas no fijas.

Cada uno de los grupos posee especies sensibles y no sensibles a la polución. Las 5 columnas correspondientes tienen una línea horizontal que las divide de tal manera que las especies sensibles están ubicadas por encima de la línea y las especies resistentes por debajo. La longitud de las columnas está dada por el porcentaje de especies del respectivo grupo, en relación al número total de especies encontradas. Así, por ejemplo, si fueran clasificadas 70 especies

### SISTEMA DE WURTZ

ESPECIES SENSIBLES

ESPECIES RESISTENTES



AL - Aguas Limpias  
S - Septico  
D - Degradación  
R - Recuperación

A - Organismos que comen lodo  
B - " fijos  
C - " que rastrean  
D - " que nadan