

en el cuerpo de agua y, de éstas 14 fueran fijas resistentes y 7 fijas sensibles la segunda columna tendría una longitud de 30%, con 20 por debajo de la línea media y 10% por encima. Si, en otra agua u otro punto del mismo río, se encontrara sólo 2 especies, siendo las 2 de gusanos tubícolas resistentes a la polución, el histograma sólo tendría una columna (la primera) con una longitud de 100%, toda por debajo de la línea transversal.

La interpretación del histograma se hace en función de la proporción existente entre el ancho de las columnas por encima y por debajo de la línea media. El agua se considera limpia, cuando las especies sensibles representan más del 50% de la población total. En general, las cuatro primeras columnas, en un agua limpia tienen anchos de, respectivamente, alrededor de 5%, 40%, 45% y 10%.

5.8.3. Índice de Saprobiad.

Varios estudios estadísticos se han hecho para darle utilidad práctica al empleo de las informaciones obtenidas por el sistema de Kolkwitz-Marsson-Liebmann. El objetivo principal es el de substituir las listas largas de nombres de especies por simples números representativos de una situación ecológica. La más simple de estas fórmulas es la de Pantle-Buck, indicada en los Patrones Internacionales para Aguas Potables, de la Organización Mundial de la Salud (66), la cual establece el índice de saprobiad, S:

$$S = \frac{\sum s \cdot h}{\sum h}$$

donde s es el grado de saprobiad de la especie, o sea, un valor indicativo de la posición de cada especie en relación a las zonas del sistema de Kolkwitz-Marsson; h es la frecuencia con que cada una de las especies aparece en el ambiente estudiado. Son utilizados los siguientes grados numéricos:

Organismos oligosapróbios	: s = 1
organismos mesosapróbios beta	: s = 2
organismos mesosapróbios alfa	: s = 3
organismos polisapróbios	: s = 4
especies halladas sólo accidentalmente:	h = 1
especies halladas con frecuencia	: h = 3
especies halladas con abundancia	: h = 5

Después de calcular el índice de saprobiad, la correlación con las zonas de polución se obtiene mediante la tabla:

Grados de polución	S
Zona Oligosapróbia	1.0 - 1.5
Zona Mesosapróbia beta	1.5 - 2.5
Zona Mesosapróbia alfa	2.5 - 3.5
Zona Polisapróbia	3.5 - 4.0

5.8.4. Sistema de Beck.

El sistema formulado por William Beck, en 1954 (67) está también expresado por una relación matemática que puede indicar las condiciones ecológico-sanitarias del cuerpo de agua. Representa además, una posibilidad para la clasificación del cuerpo de agua en una escala continua, en grados; así como las variaciones químicas y bacteriológicas que pueden estar expresadas en mg por litro y en número más probable.

El método se basa solamente en animales invertebrados macroscópicos: insectos, crustáceos, moluscos y gusanos. Estos están divididos en dos clases, según su tolerancia a la polución. A la clase I pertenecen todas las especies que soportan solamente polución muy débil. La clase II está formada por las especies que soportan polución acentuada pero no condiciones anaerobias. La fórmula a ser aplicada es la siguiente:

$$2 (n \text{ clase I}) + (n \text{ clase II}) = \text{índice biótico}$$

donde n es el número de especies.

El índice es definido por Beck como un valor basado en los resultados biológicos indicativos del grado de pureza del cuerpo de agua (sólo con relación a la polución orgánica). El índice puede variar entre 0 y 40, y el valor mínimo aceptable para aguas limpias es 10. El agua fuertemente polucionada puede tener índice biótico cero; los valores entre 1 y 6 son de polución moderada. Se pueden construir, con estos números gráficos representativos de la situación de un río.

5.9. Referencias.

- (1) Coulson & Forbes, 1952. The Law of Waters and Land Drainage, 6th, ed., Sweet & Maxwell Ltd., E.U.A.
- (2) Hynes, H.B.N., 1960. The Biology of Polluted Waters. Liverpool University Press.
- (3) Klein, L., 1957. Aspects of River Pollution. Butterworths Scientific Publications, Inglaterra.
- (4) Lei N°3068, de 14 de julho de 1955, de Sao Paulo. Revista D.A.E., 16 (26): 94, Brasil.
- (5) Hawkes, H.A., Biological Aspects of river pollution. In Aspects of River Pollution, by L. Klein: 191-215 Butterworths Scientific Publications, Inglaterra.
- (6) Paré, A., 1960. La classification des eaux suivant leur origine. XXII Livre de la Peste, cap. XXIII. Transcrito na revista L'Eau, 47: 271, Francia.

- (7) Capocchi, J., 1956. Padroes de potabilidade da água. Revista D.A.E., 17 (27): 39-58, Brasil.
- (8) Branco, S.M., 1965. Poluicao e Contaminacao. Revista D.A.E., 26 (57): 41-45, Brasil.
- (9) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 11th. ed., 1960. A.P.H.A.; A.W.W.A.; W.P.C.F.; E.U.A.
- (10) McKinney, R.E., 1962. Microbiology for Sanitary Engineers McGraw-Hill Book Company, Inc., E.U.A.
- (11) Wisniewski, T.F., 1957. Algae and their effects on dissolved oxygen and biochemical oxygen demand. In Seminary on Oxygen Relationships in Streams, 1. Proceedings Cincinnati, Robert A. Taft Sanitary Engineering Center, 1958: 157, E.U.A.
- (12) Branco, S.M., 1960. Os sais minerais como fatores de poluicao. Revista D.A.E., 21 (36): 49-51, Brasil.
- (13) Patrick, R., 1950. Biological measure of stream conditions. Sewage and Industrial Wastes, 22 (926-938, E.U.A.)
- (14) Fogg, G.E., 1953. The Metabolism of Algae. Methuente Co.
- (15) Provasoli, L., 1961. Micronutrient and heterotrophy as possible factor in bloom production in natural waters. Algae and Metropolitan Wastes: 56-60, E.U.A.
- (16) Branco, S.M., 1960. Observacoes sobre o comportamento de peixes em presença de certos compostos metálicos dissolvidos em água. Revista D.A.E., 21 (37) : 37-41, Brasil.
- (17) Ware, G.C. & Painter, H.A., 1955. Bacterial utilization of cyanide. Nature, 175: 900, Inglaterra.
- (18) Branco, S.M. & Skwortzow, B. (sin publicar).
- (19) Branco, S.M., 1961. Biología das represas do Alto Cotia. I-Influencia da cor das águas na populacao algológica das represas de Pedro Beicht e da Cachoeira da Graca. Revista D.A.E., 22 (41): 51-55, Brasil.
- (20) Palmer, C.M., 1959. Algae in Water Supplies. U.S. Department of Health, Education, and Welfare, E.U.A.
- (21) Wilson, J.N., 1957. Effects of turbidity and silt on aquatic life. Biological Problems in Water Pollution: 235-239, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, E.U.A.

- 22) -Lackey, J.B., Morgan, G.B. & Hart, O.H., 1959. Turbidity effects in natural waters in relation to organisms and the uptake of radioisotopes. Proc. of the Sixth Industrial Wastes Conference, Ontario Water Resources Commission, Canada.
- (23) Ingram, W.M. & Towne, W.W., 1959. Stream life below industrial outfalls. Public Health Reports, 74: 1059-1070. E.U.A.
- (24) Arnold, G.E., 1962. Thermal pollution of surface supplies Journal American Water Works Assn., 54: 1332-1346. E.U.A.
- (25) Doudoroff, P. & Katz, M., 1950. Critical review on toxicity of Industrial wastes and their components to fish. I-Alkalies, acids and inorganic gases. Sewage and Industrial Wastes, 22: 1432-1458, E.U.A.
- (26) Jones, J.R.E., 1957. Fish and river pollution. In Aspects of River Pollution, by L.Klein, pp. 159-190. Butterworths Scientific Publications, Inglaterra.
- (27) Ingram, W.M., 1957. Use and Value of biological indicators of pollution: fresh-water clams and snails. Biological Problems in Water Pollution: 94-135, U.S. Department of Health, Education, and Welfare, E.U.A.
- (28) Henderson, C.; G.C. & Palnge, R.G., 1956. Effects of low-level radioactivity in the Columbia River. Public Health Reports, 71: 6-14, E.U.A.
- (29) Shubert, J. & Lapp, R.E., 1960. O Perigo das Radiacoes. IBRASA, Sao Paulo, Brasil.
- (30) Abbot, J.D. et al., 1960. Natural radioactivity in West Devon Water Supplies. The Lancet, 2:1272-1274, E.U.A.
- (31) Klein, L., 1966. River Pollution. I-Control. Butterworths Scientific Publications, Inglaterra.
- (32) Matisse, G., 1951. A la Source des Phenomenes Vitaux Vers une Biothermodynamique. Hermann & Co., Francia.
- (33) Alexander, M., 1964. Microbiology of pesticides and related hydrocarbons. Principles and Applications in Aquatic Microbiology (Heukelekian, H.; Dondero, N.C.): 15-42, John Wiley & Sons, E.U.A.
- (34) Sawyer, C.N., 1960. Chemistry for Sanitary Engineers. McGraw Hill, Book Co., E.U.A.
- (35) Karbe, J.A., 1967. Nossos rios sao cloacas. Crimes contra a Natureza (ed. Netzer, H.J.) Melhoramentos, Sao Paulo, Brasil

- (36) Doudoroff, P.; Katz, M. & Tarzwell, C.M., 1953. Toxicity of some organic insecticides to fish. Sewage and Industrial Wastes, 25: 840-844, E.U.A.
- (37) Carson, R., 1964. Primavera Silenciosa. Edicoes Melhoramentos, Sao Paulo, Brasil.
- (38) Shaut, G.C., 1939. Fish catatrophes during droughts. Journal American Water Works Assn., 31: 771-822, E.U.A.
- (39) Bartsch, A.F., 1948. Biological Aspects of Stream Pollution. Sewage Works Journal, 20: 292-302. E.U.A.
- (40) Gaufin, A.R., 1957. The use and value of aquatic insects as indicators of organic enrichment. Biological Problems in Water Pollution: 136-143, U.S. Department of Health Education, and Welfare, E.U.A.
- (41) Jackson, H.W., 1959. Oxygen relationships in polluted waters Plankton Identification and Control. U.S. Department of Health, Education, and Welfare, E.U.A.
- (42) Doudoroff, P. & Katz, M., 1953. Critical review of literature on the toxicity of industrial wastes and their components to fish. II- The metals, as salts. Sewage and Industrial Wastes, 25: 802-839, E.U.A.
- (43) Doudoroff, P., 1956. Some experiments on the toxicity of complex cyanides to fish. Sewage and Industrial Wastes, 28: 1020-1040, E.U.A.
- (44) Lackey, J.B., 1958. Effects of fertilization on receiving waters. Sewage and Industrial Wastes, 30: 1411-1415, E.U.A.
- (45) *
- (46) Lackey, J.B. & Sawyer, C.N., 1945. Plankton productivity of certain south-eastern Wisconsin Lakes as related to fertilization. I- Surveys, Sewage Works Journal, 17: 573-585, E.U.A.
- (47) Lackey, J.B., 1945. Plankton productivity of certain south-eastern Wisconsin Lakes as related to fertilization. II- Productivity. Sewage Works Journal, 17: 795-802, E.U.A.
- (48) Prescott, G.W., 1960. Biological disturbances resulting from algal populations in standing waters. The Ecology of Algae: 22-37, E.U.A.
- (49) Hutchinson, G.E., 1957. A Treatise on Limnology, Vol L. John Wiley & Sons, E.U.A.

- (50) Sawyer, C.N. 1952. Some aspects of phosphates in relation to lake fertilization. Sewage and Industrial Wastes, 24: 768-776, E.U.A.
- (51) Gerloff, G.C. & Skoog, F., 1954. Cell contents of nitrogen and phosphorus as a measure of their availability for growth of Microcystis aeruginosa. Ecology, 35: 348-354, E.U.A.
- (52) Gerloff, G.C. & Skoog, F., 1957. Nitrogen as limiting factor for the growth of Microcystis aeruginosa in Southern Wisconsin Lakes. Ecology, 38: 556-561, E.U.A.
- (53) Branco, S.M. 1966. Estudo das Condições Sanitárias da Repre Billings. Arquivos da Faculdade de Higiene e Saúde Pública da Universidade de São Paulo, 20 (1): 57-86 São Paulo, Brasil.
- (54) Azevedo, P.; Kawai, H.; Vaz, J.O., 1967. Estudo da limnologia e poluição da represa do rio das Pedras, para posterior avaliação de sua produção piscícola. Revista D.A.E., 27: (66): 47-76, São Paulo, Brasil.
- (55) Oswald, W.J. & Golueke, C.G., 1965. Eutrophication Trends in the United States, A Problem? (mimeografiado), E.U.A.
- (56) Sawyer, C.N., 1966. Basic Concepts of Eutrophication. Journal Water Pollution Control Federation, 38: 735-744, E.U.A.
- (57) Claassen, P.W., 1932. The biology of stream pollution. Sewage Works Journal, 4: 165-172, E.U.A.
- (58) Doudoroff, P. & Warren C.E., 1957. Biological indices of water pollution with special reference to fish populations. Biological Problems in Water Pollution: 144-163. U.S. Department of Health, Education, and Welfare, E.U.A.
- (59) Liebmann, H., 1962. Handbuch der Frischwasser-und Abwasserbiologie. Vol. I e II. R.Oldenbourg, Munique, Alemanha.
- (60) Branco S.M., 1964. Sobre a Utilização de Microorganismos Flagelados como Indicadores de Poluição. Tese de Concurso à Docência-Livre na Disciplina de Hidrobiologia (Elementos de Biologia) do Departamento de Parasitologia da Faculdade de Higiene e Saúde Pública da Universidade de São Paulo. (Mimeografia), São Paulo, Brasil.
- (61) Azevedo, P., 1954. Rio Tiete - matadouro de peixes. Notas Agrícolas, 9. São Paulo, Brasil.
- (62) Bergamim, F., 1954. Morte de peixes nos rios. Piracema e poluição. Notas Agrícolas, 9. São Paulo, Brasil.
- (63) Patrick, R., 1953. Aquatic organisms as an aid in solving disposal problems. Sewage and Industrial Wastes, 25: 210-214, E.U.A.
- (64) Lackey, J.B., 1957. Protozoa as indicators of the ecological condition of a body of water. Biological Problems in Water Pollution: 50-59. U.S. Department of Health, Education, and Welfare, E.U.A.
- (65) Wurtz, C.B., 1955. Stream biota and the stream pollution, Sewage and Industrial Wastes, 27: 1270-1278, E.U.A.
- (66) World Health Organization, 1963 - International Stands for Drinking Water - Genebra.
- (67) Beck Jr., W.M., 1955. Suggested method for reporting biotic data. Sewage and Industrial Wastes, 27: 1193-1197, E.U.A.
- * (45) Sawyer, C.N., 1944. Biological engineering in sewage treatment. Sewage Works Journal, 16: 925-935, E.U.A.