

3 4 1 . 2

6 8 C O



XI CONGRESO

DE LA

ASOCIACION INTERAMERICANA DE INGENIERIA SANITARIA

QUITO - ECUADOR 21 AL 28 DE JULIO DE 1968

COMPORTAMIENTO DE LECHOS BIO-PERCOLADORES



CARACAS
VENEZUELA

LIBRARY
International Reference Centre
for Community Water Supply

G. RIVAS MIJARES
EUDORO E. LOPEZ L.

341.2-6800-1640

VI 002

XI CONGRESO
de la
ASOCIACION INTERAMERICANA DE INGENIERIA SANITARIA
Quito - Ecuador 21 al 28 de Julio de 1968

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY
AND SANITATION (ICWSS)
P.O. Box 93411, WASHINGTON, D.C. The Hague
Tel. (070) 814911 ext. 141/142

RN: ISN 1640
LO: 341.2 68CO

**COMPORTAMIENTO DE
LECHOS BIO-PERCOLADORES**

*G. Rivas Mijares
**Eudoro E. López

11877 KD 5060
for

*Profesor Titular - Jefe del Departamento de Ingeniería Sanitaria
Facultad de Ingeniería de la U.C.V.

**Profesor Asistente - Jefe del Laboratorio Procesos Unitarios,
Facultad de Ingeniería de la U.C.V.

COMPORTAMIENTO DE LECHOS BIOPERCOLADORES

G. Rivas Mijares
Eduardo E. López

Los trabajos de investigación que actualmente lleva a cabo el Departamento de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Central de Venezuela para determinar la eficiencia de filtros percoladores biológicos (a escala de laboratorio) en remover la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que acusan los residuos líquidos domésticos, han mostrado en forma concluyente que el factor esencial, básico, que determina su funcionamiento, a tal respecto, es la carga procesal orgánica. Esta última entendida como una función de la carga hidráulica y la DBO aplicada a las unidades de percolación. El comportamiento de las unidades operadas en los rangos de baja y alta rata, por ahora sin recirculación, ha sido evaluado además tomando en cuenta un factor de gran importancia como es la profundidad del lecho de contacto. A su vez otros factores, entre ellos la temperatura ambiente (tanto del líquido como del aire circulando a través de las unidades), las características físicas del lecho de contacto, y otros indirectamente comprendidos entre los cuales vale citar el correspondiente al tiempo medio de residencia del líquido en el biofiltro, tendiente a medir las oportunidades de contacto del substrato biodegradable contenido en el líquido residual con la biomasa activa del sistema.

A través de esta investigación se han efectuado numerosas determinaciones relacionadas con la DBO y las diversas formas

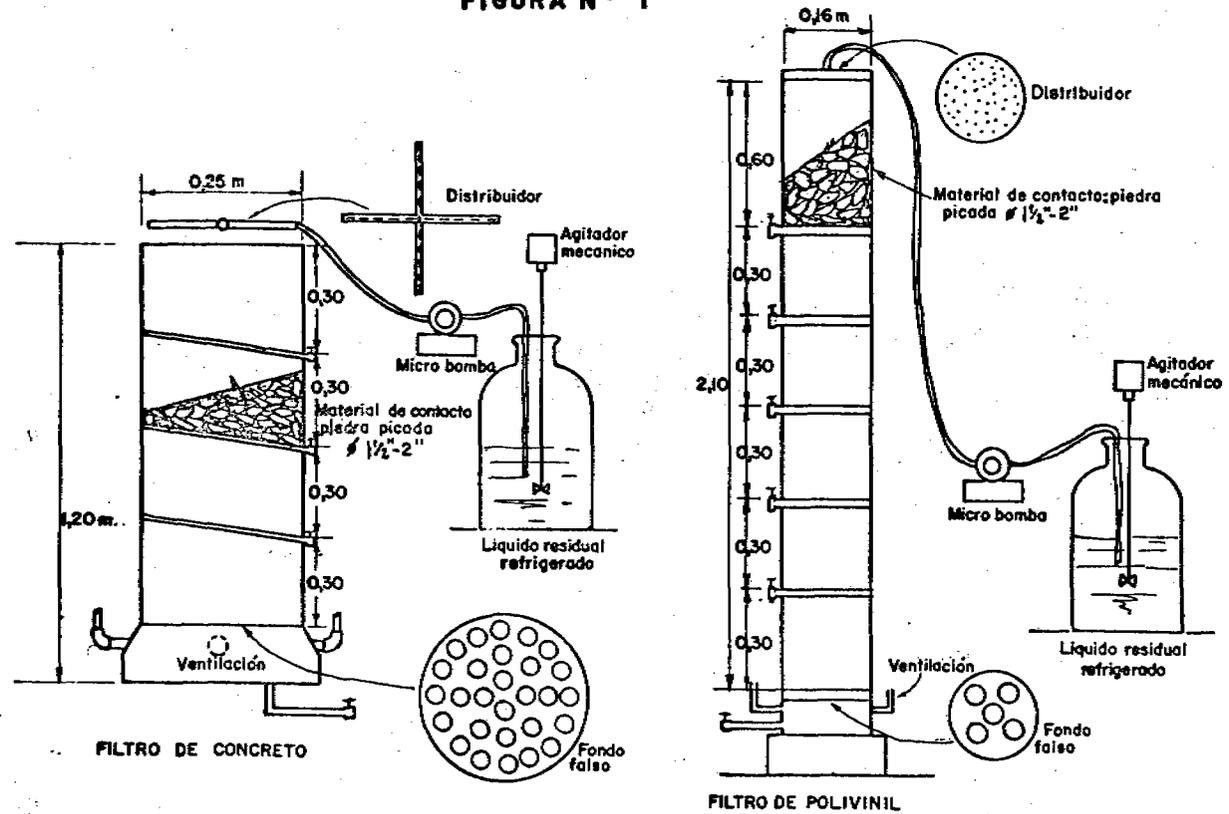
de nitrógeno (N-orgánico, N-amoniacal y de nitritos y nitratos) acusados por los afluentes y los efluentes captados a las distintas profundidades seleccionadas y para las cuales se deseaba conocer sobre el funcionamiento de esas unidades de tratamiento secundario de los líquidos cloacales.

Un tubo de polivinil (\varnothing 15 cms) y otro de concreto (\varnothing 25 cms) -ver Figura 1- han sido utilizados para albergar el material de contacto (piedra picada entre \pm \varnothing 3,5 y 5 cms) en donde crece la masa microbiana responsable del desdoblamiento de los complejos orgánicos presentes en el líquido cloacal (glúcidos, prótidos y lípidos), para así producir efluentes relativamente estables, aptos para ser descargados en las masas hídricas (estacionarias o móviles) de recibimiento. Ello, sin romper el equilibrio ecológico de las mismas y sin provocar los problemas de polución y contaminación que hoy día aparecen y se multiplican, en especial, en nuestra región norte-centro del país a consecuencia de una alta densidad de población y de industrias en esa zona.

Para obtener un líquido residual representativo y homogéneo hubo necesidad de refrigerar una muestra previamente sedimentada que pudiera a la vez reflejar las condiciones requeridas para un efluente primario.

Para las cargas orgánicas (consecuencia de aplicar determinadas cargas hidráulicas al filtro), definidas por el peso total de DBO por unidad de tiempo y por unidad de volumen del lecho de contacto, se determinaron para varias profundidades, las correspondientes eficiencias de la unidad en remover la

FIGURA N° 1



ESQUEMA DE LAS UNIDADES

DBO. Ello utilizando los valores definidos a través de las determinaciones correspondientes a las concentraciones de DBO (5 días-20°C) contenidas en los líquidos efluentes a las profundidades dadas, utilizando los métodos recomendados por los Métodos Normales^{1/} para el análisis de aguas y aguas residuales.

Para la obtención de las tantas muestras y análisis a tales profundidades, los autores recibieron la colaboración de los Ingenieros: Gaubeka^{2/}, Garmendia y Padilla^{3/} y Arteaga y Bertorelli^{4/}, a través de sus correspondientes trabajos especiales de grado, los cuales fueron llevados a cabo en el Departamento de Ingeniería Sanitaria y bajo nuestra dirección en el carácter de profesores guía de tales trabajos.

Nuestros resultados concuerdan en cierta medida con los reportados por Keefer^{5/} y Fair y Geyer^{6/} basados en los valores acusados por un cierto número de unidades prototipo. En éstos, sin embargo, no fue posible evaluar directamente, la influencia de la profundidad sobre el comportamiento de tales plantas. A su vez, con los trabajos de Galler y Gotaas^{7/} y de Ingram^{8/}, consideraciones similares pueden ser aplicadas pero con las limitaciones esta vez referentes al número de observaciones allí tomadas en cuenta. No así, por otra parte, con las de otros autores que como Schulze^{9/}, relacionan la eficiencia de los biofiltros en remover DBO, solamente con la carga hidráulica procesal aplicada al sistema.

TABLA I- Remoción de DBO vs Carga Procesal

-Profundidad 0,60 m-

DBO Afluente Previamente Sedimentado (mg/l)	Carga Hidráulica (MLD/ha)*	Carga Orgánica g DBO 5 d-20°C ** m3 roca x día	% Remoción DBO Aplicada
53	27,7	243	72
66	79,0	868	48
68	117,5	1.340	44
72	27,7	330	70
100	12,7	210	73
109	15,6	278	76
117	32,3	905 (Conc.)	67
123	23,5	688 (Conc.)	63
128	190,0	4.060	64
130	9,5	206	84
150	9,5	237	79
158	63,3	1.670	58
188	79,0	2.390	57

-Profundidad 0,90 m-

35	102,8	509	65
72		220	87
86	11,8	115 (Conc.)	87
92	23,5	346 (Conc.)	72
108	9,5	114	86

109	15,6	186	77
117	32,3	603 (Conc.)	68
130	190,0	2.750	67
155	190,0	3.270	66
158	63,3	1.110	60
168	47,5	890	58
188	79,0	1.660	60
190	190,0	4.050	58
230	15,6	390	83

-Profundidad 1,20 m-

53	142,5	625	47
66	79,0	455	54
68	117,5	670	49
72	27,7	166	79
84	142,5	990	60
102	190,0	1.620	48
117	32,3	457 (Conc.)	70
123	23,5	344 (Conc.)	78
168	47,5	668	64
188	79,0	1.240	63

-Profundidad 1,50 m-

35	102,8	239	57
53	142,5	500	49
61	27,7	112	91
66	79,0	346	61
68	117,5	537	66
72	27,7	133	78
84	142,5	795	65
100	12,7	84	91
102	190,0	1.300	61
109	15,6	112	97
128	190,0	1.625	47
132	63,3	560	87
150	9,5	95	91
155	190,0	1.965	73
158	63,3	665	86
168	47,5	530	70
188	79,0	1.000	72
190	190,0	2.410	60

-Profundidad 2,10 m-

35	102,8	172	71
53	142,5	374	66
53	27,7	69	87
55	15,6	40	93
61	27,7	80	92
68	117,5	382	66
72	27,7	95	86
84	142,5	570	68
100	12,7	60	96
102	190,0	930	78
108	9,5	49	99
109	15,6	80	99
117	102,8	575	70
128	190,0	1.200	69
150	9,5	68	98
158	63,3	475	87
168	47,5	382	77
223	14,2	151	85
230	15,6	167	98
238	11,9	135	86

* $MLD/Ha \times 0,1078 = MGD/acre$

** $g\ DBD/m^3 \times dia \times 0,0625 = lb/1.000\ p^3\ roca \times dia.$

FIGURA N° 2

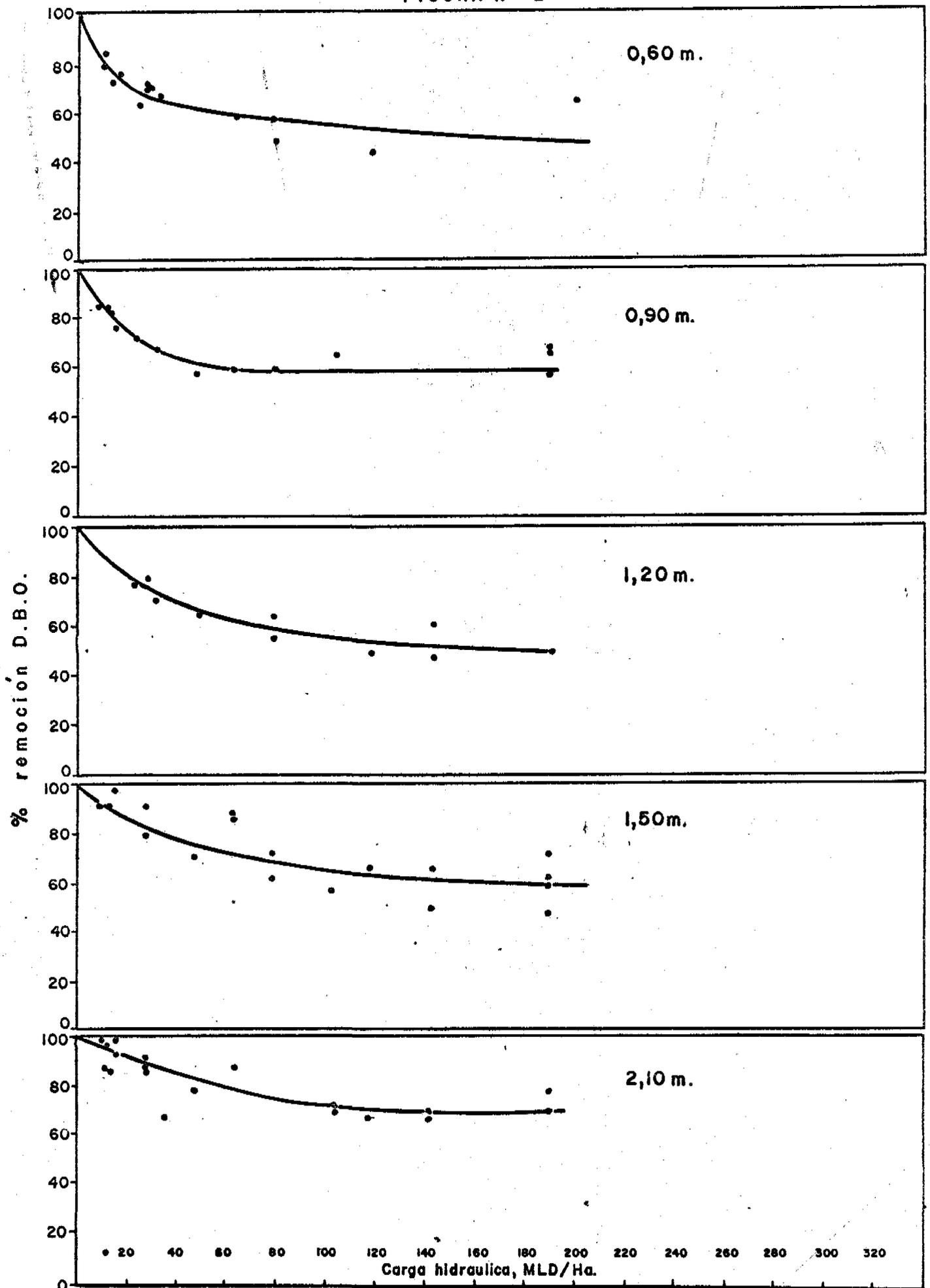


TABLA II- Eficiencias en Remoción DBO para diferentes Cargas Hidráulicas y Profundidades
Valores tomados del Gráfico 2: "Carga Hidráulica vs Eficiencia"

-Profundidades del lecho en m-

		0,60	0,90	1,20	1,50	2,10
		% Remoción DBO	% DBO Removido	% DBO Removido	% DBO Removido	% DBO Removido
Cargas Hidráulicas en MLD/Ha	5	87	90	95	96	98
	10	80	84	90	93	96
	15	76	80	86	90	93
	25	69	72	78	85	90
	40	65	65	70	80	85
	60	61	61	63	73	80

FIGURA N° 3

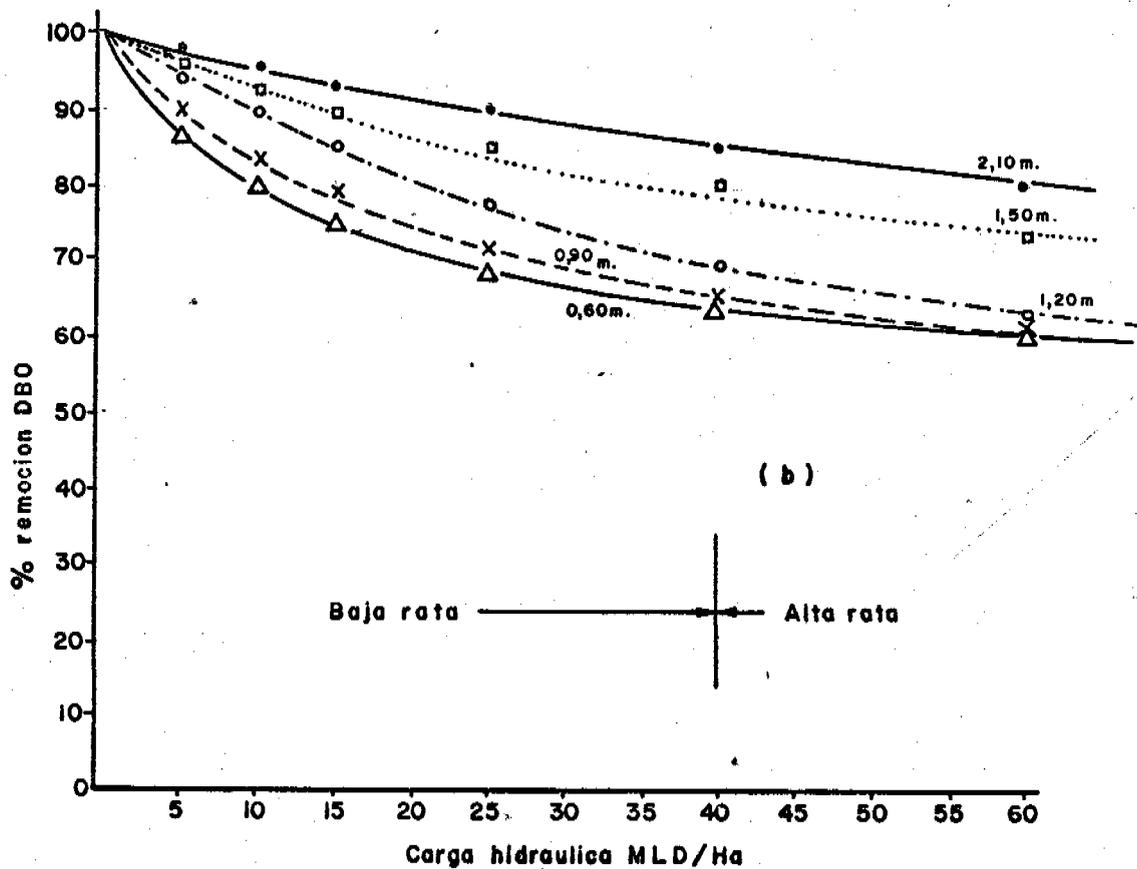
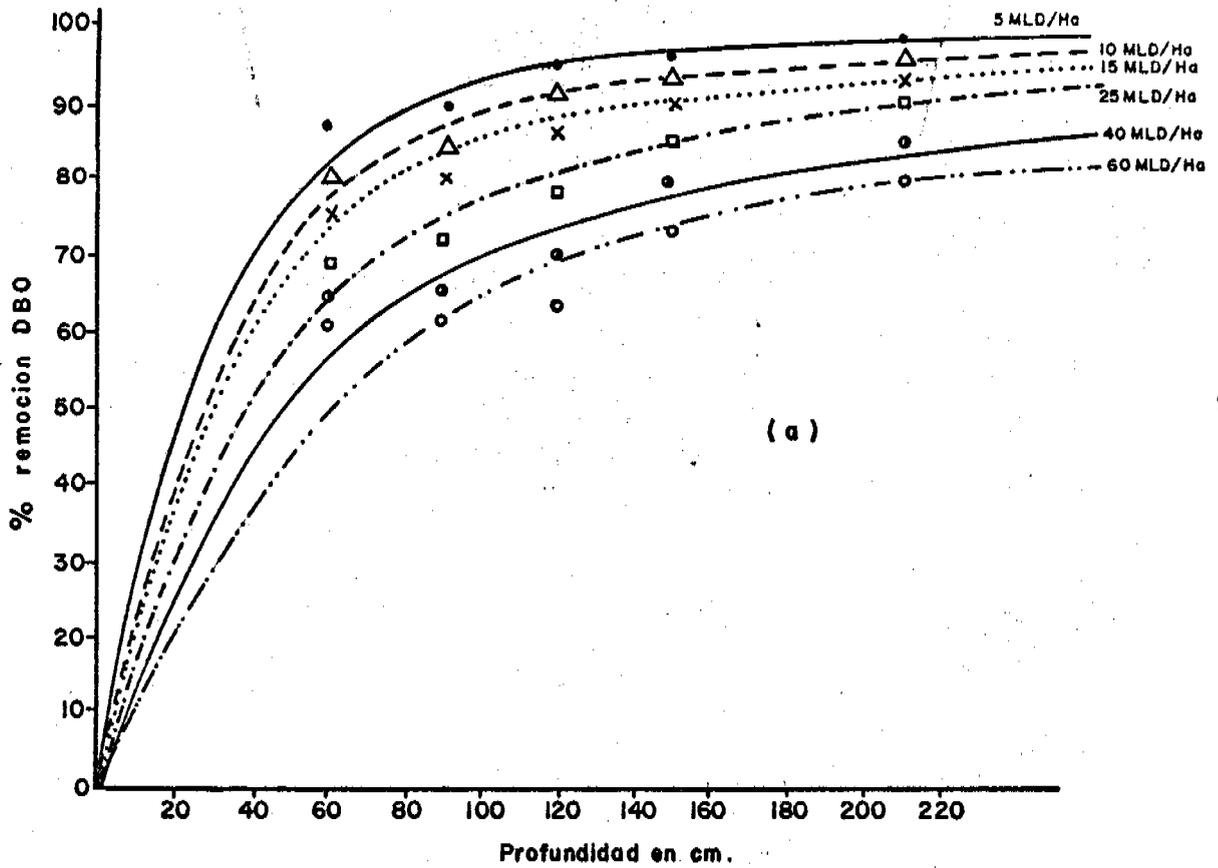


TABLA III-

Concentración de N-Orgánico en mg/l (como N)

Carga Hidráulica (MLD/Ha)	Concentración en Afluente (mg/l)	Profundidad en mts					
		0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10
27,7	12,20	12,00	12,30	-	-	-	8,10
27,7	31,30	20,00	14,00	-	-	-	14,30
63,3	2,80	2,80	2,80	2,80	2,24	2,24	2,80
63,3	3,08	3,08	3,36	2,24	2,24	1,96	1,96
102,8	5,30	5,30	5,30	5,30	5,15	-	5,15
102,8	8,70	6,45	6,45	5,30	5,30	2,24	4,75
142,5	3,92	3,36	2,52	2,40	2,24	-	1,96
142,5	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
190,0	2,80	3,08	2,80	2,80	2,80	1,40	1,80
190,0	2,52	2,24	1,68	1,70	1,68	1,96	1,68

TABLA IV-

Concentración de N-Amoniacal en mg/l (como N-NH₃)*

Carga Hidráulica (MLD/Ha)	Concentración en Afluente (mg/l)	Profundidad en mts					
		0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10
9,5	16,0	5,00	-	-	-	-	0,40
9,5	7,0	5,00	-	-	-	-	0,60
		8,7					0,87
15,6	11,0	3,00	1,00	-	1,50	1,40	0,80
15,6	17,0	4,00	2,00	-	1,00	-	0,60
15,6	16,0	8,00	7,00	-	7,00	-	4,00
		6,8	4,5		4,3	1,9	2,5
27,7	20,0	20,00	20,00	-	18,00	14,00	9,00
27,7	30,0	16,00	-	10,00	12,00	-	8,00
		11,4	16	8	12	11,2	6,8
47,5	24,0	24,00	20,00	-	20,00	6,00	20,00
63,3	18,0	18,00	14,00	10,00	10,00	16,00	20,00
		20	16,2	9,6	14,3	10,5	19
102,8	20,0	20,00	24,00	20,00	24,00	8,00	24,00
102,8	12,0	12,00	8,00	4,00	10,00	-	12,00
142,5	20,0	14,00	12,00	11,00	14,00	12,00	12,00
		20	20	15	21,3	10	22,5

* Los promedios están expresados como concentraciones equivalentes.

TABLA V-

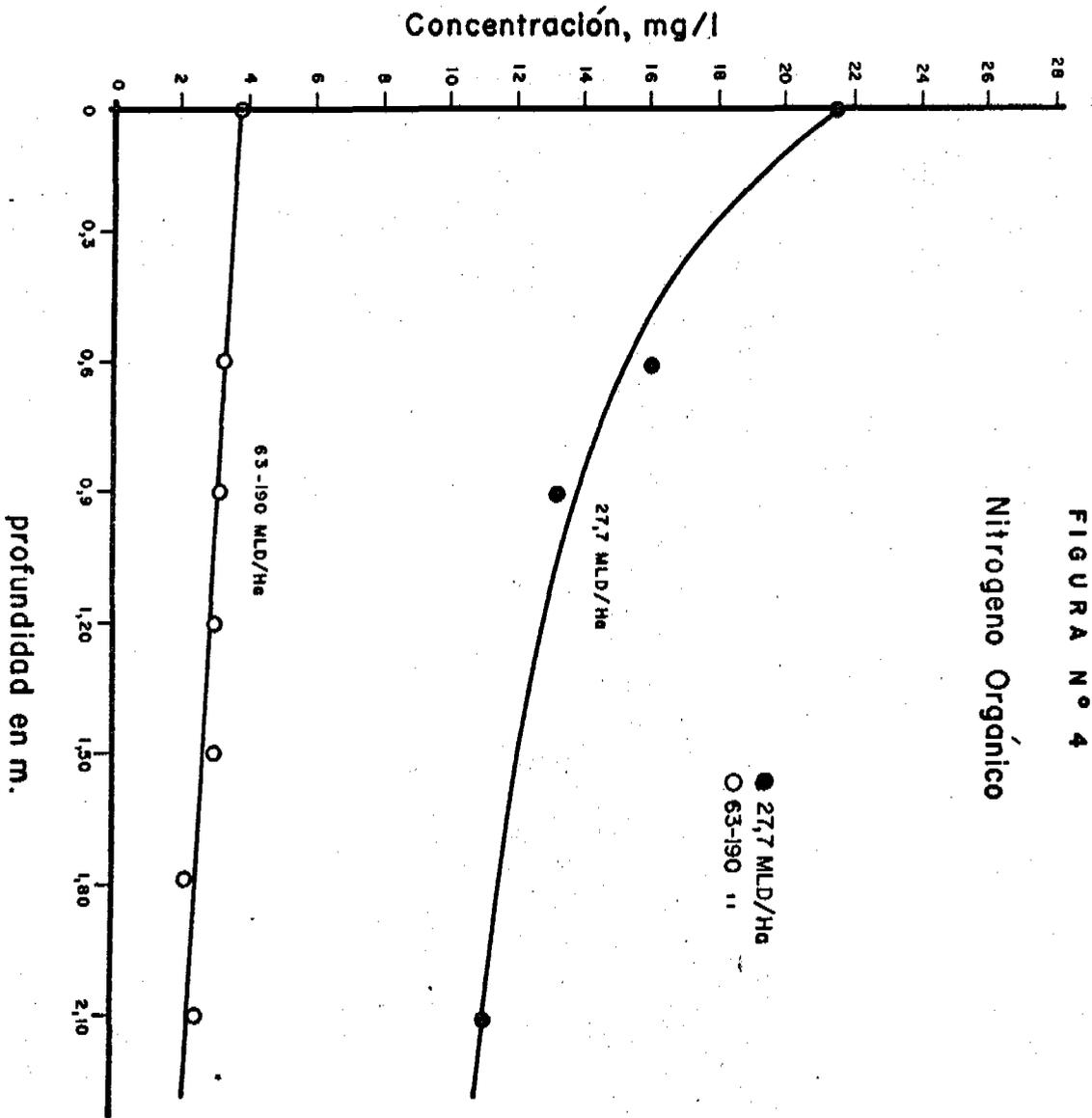
Concentración de Nitritos en mg/l (como N-NO₂)

Carga Hidráulica (MLD/Ha)	Concentración en Afluente (mg/l)	Profundidad en mts					
		0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10
9,5	0,0	0,230	-	-	0,130	-	0,066
9,5	0,0 } 0,0	0,082 } 0,13	-	-	- } 0,098	-	0,033 } 0,055
12,5	0,0	0,082	-	-	0,066	-	0,066
15,6	0,0	0,066	0,033	-	0,082	0,132	0,033
15,6	0,0	0,130	0,016	-	0,098	-	0,049
27,7	0,0	0,033	-	0,016	0,066	-	0,033
27,7	0,0 } 0,0	0,016 } 0,0061	0,000 } 0,016	0,263 } 0,049	0,099 } 0,086	- } 0,132	0,099 } 0,053
79,0	0,0	0,016	-	0,029	0,029	0,033	0,033
102,8	0,0	0,000	0,000	0,049	0,033	-	0,230
102,8	0,0	0,000	0,000	0,065	0,016	0,033	0,065
142,5	0,0 } 0,0	0,016 } 0,005	0,016 } 0,016	0,033 } 0,058	0,099 } 0,033	0,000 } 0,049	0,099 } 0,108
142,5	0,0	0,000	0,006	0,000	0,000	0,131	0,131
190	0,0	0,000	0,033	0,033	0,033	0,099	0,099

TABLA VI-

Concentración de Nitratos en mg/l (como N-NO₃)

Carga Hidráulica (MLD/Ha)	Concentración en Afluente (mg/l)	Profundidad en mts					
		0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10
9,5	0,64	21,50	-	-	35,44	-	44,30
9,5	0,88 } 0,77	24,40	-	-	-	-	53,00
12,6	0,80	17,70	-	-	53,00	-	49,00
15,6	0,00	0,89	1,33	-	6,20	13,10	26,50
15,6	0,00	1,78	2,65	-	7,10	-	31,00
15,6	0,35 } 0,20	3,50	8,00	-	7,70	-	44,30
27,7	0,00	0,89	1,77	-	6,20	-	35,50
27,7	0,00	0,00	1,77	-	-	-	17,70
27,7	0,89	0,44	5,75	2,68	0,44	17,70	13,30
47,5	0,00	0,00	0,22	-	0,88	-	1,32
47,5	0,00	0,88	0,88	1,32	1,32	-	1,11
63,3	0,00	0,44	0,88	3,96	-	3,96	4,43
102,8	0,08	0,44	0,44	2,64	1,77	-	8,86
102,8	0,00 } 0,156	1,76	1,76	1,76	1,77	7,10	1,76
102,8	0,31	0,88	0,88	13,30	0,88	4,45	0,89
142,5	0,00	0,88	1,33	6,65	3,98	-	4,43
142,5	0,00	0,88	0,66	1,33	1,33	0,88	1,33
190,0	0,00	0,66	1,33	1,33	1,33	3,98	3,10
190,0	1,17	0,66	0,88	0,88	0,88	0,66	0,88



12

FIGURA N° 5

Nitrógeno Amoniacal
N-NH₃

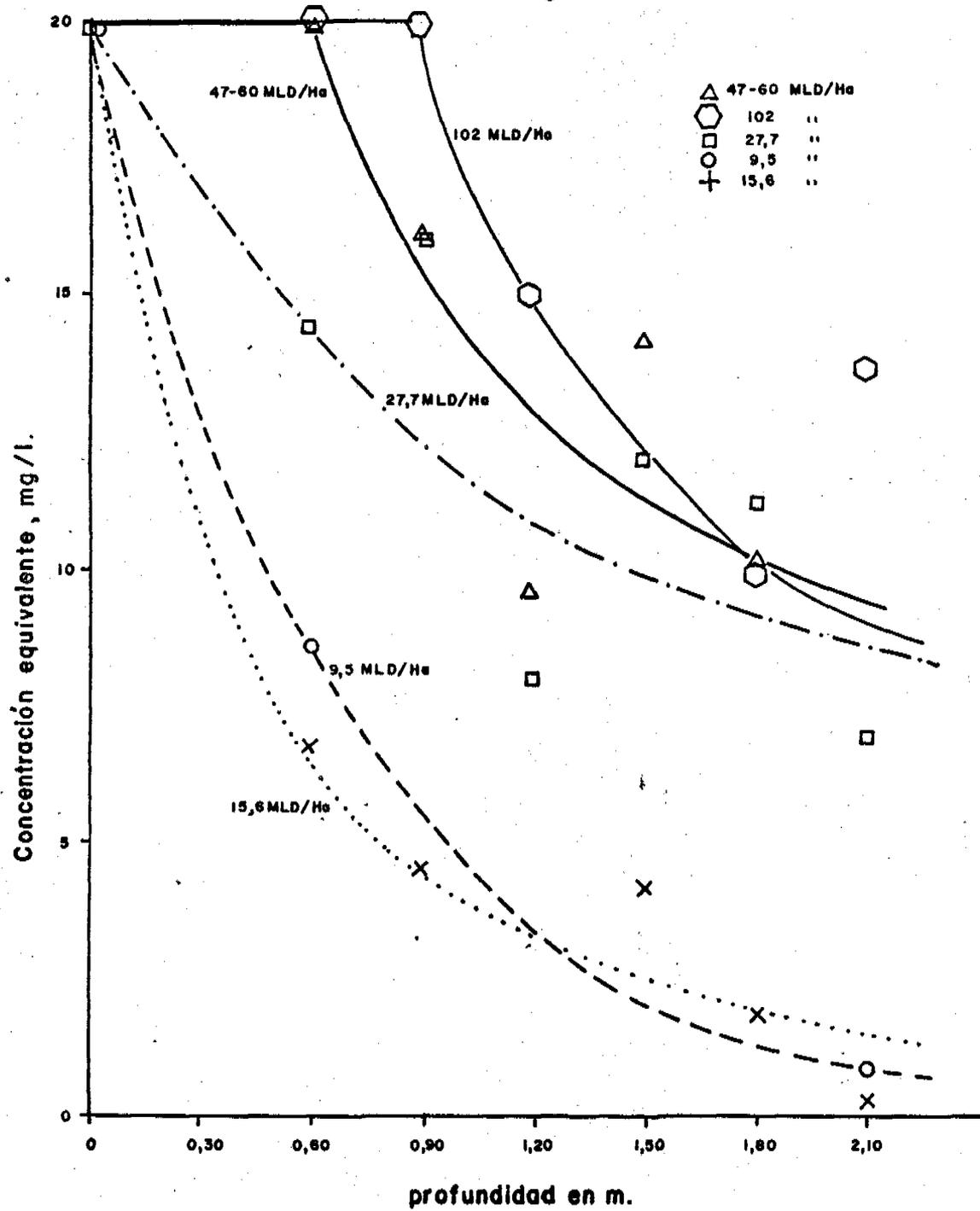
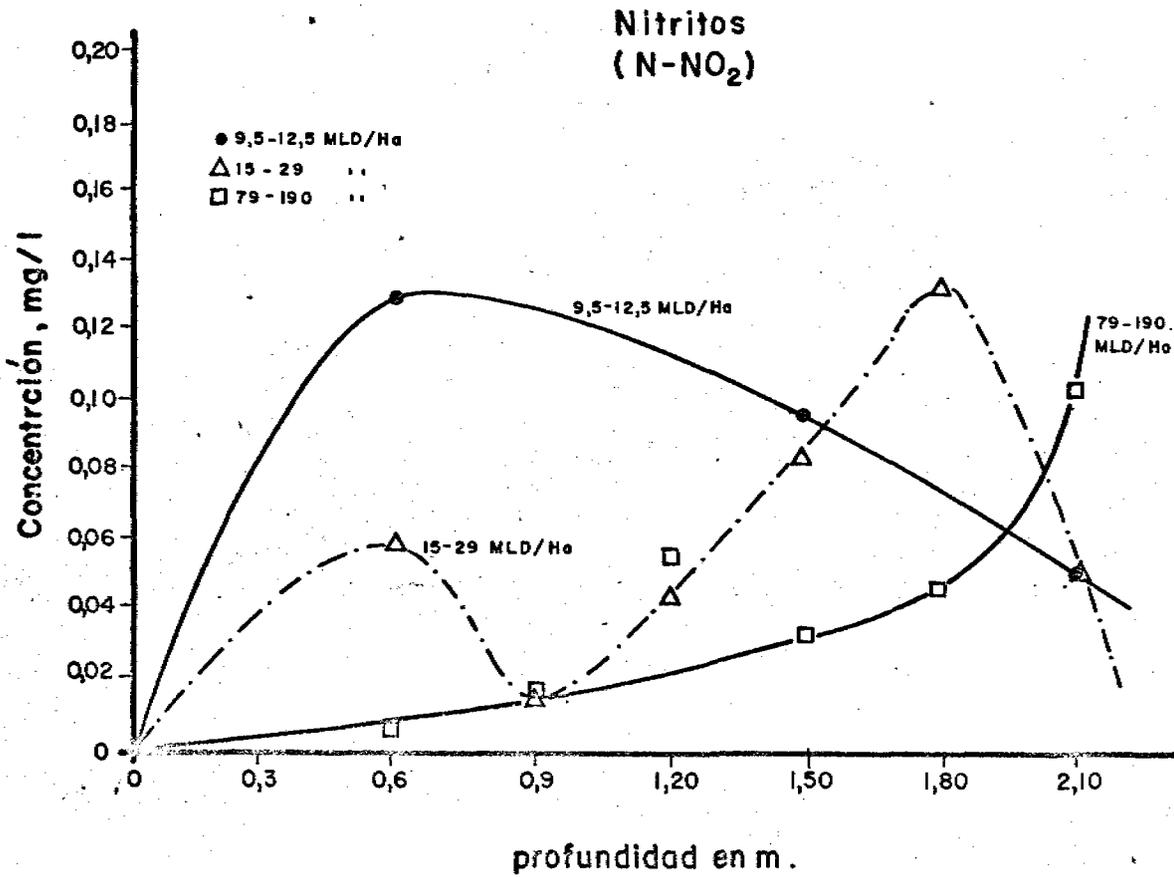


FIGURA N° 6



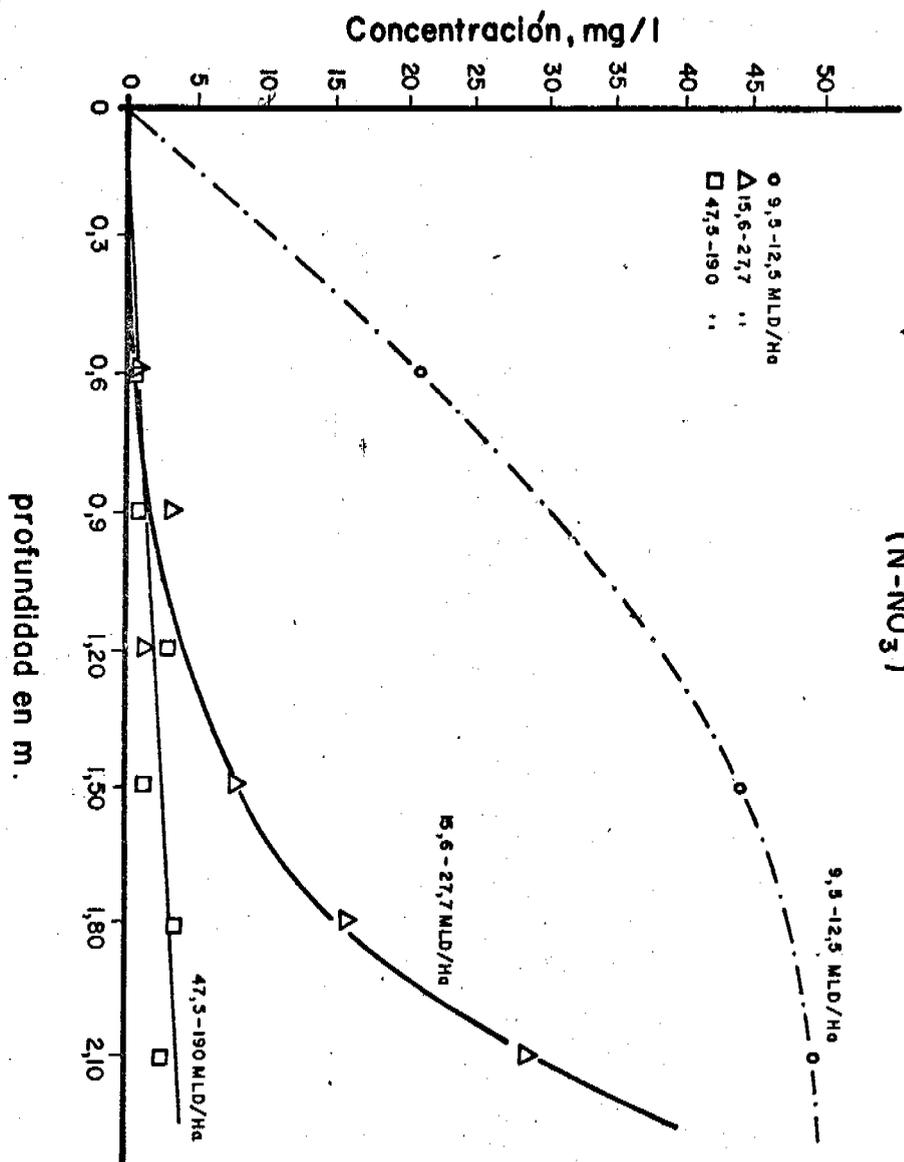


FIGURA N° 7
Nitratos
(N-NO₃)

CONCLUSIONES

Basados en los resultados obtenidos a través del funcionamiento de unidades experimentales de filtración biológica, según lo reportado a través del presente trabajo, los autores concluyen lo siguiente:

A- General.

- A-1 Para el diseño de filtros percoladores biológicos, en zonas donde el suministro de agua es limitado por razones de desarrollo, debe tomarse en cuenta la carga de DBO/persona x día, para estimar en conjunto con el consumo de agua per capita y por día, la posible carga hidráulica de diseño necesaria para no superar con la profundidad que se asigne a la unidad, los límites de carga orgánica que garanticen determinadas eficiencias del sistema.
- A-2 La eficiencia de las unidades filtrantes en remover la DBO del líquido afluente es función, además de la temperatura, características físicas del lecho y otros factores secundarios, de los siguientes factores determinantes: carga hidráulica vs carga orgánica dentro de los rangos asignados para éstas y comprendidos dentro de los límites de baja y alta rata y de la profundidad del lecho de contacto (ver Gráfico 2).
- A-3 Para unidades operando en la zona inferior de baja rata, la profundidad óptima de diseño es del orden de 1,2 a 1,5 mts. En la zona de mediana y alta rata esta profundidad pasa a ser de 1,5 mts y mayores (Gráfico 4a).
- A-4 Se puede observar (Gráfico 4b) que, para obtener una adecuada capacidad en recepción de carga -en unidades operando en baja y alta rata- es necesario utilizar profundidades de 1,5 mts y mayores.

B- Respecto al comportamiento de las unidades en remover la carga de DBO aplicada al sistema:

- B-1 De acuerdo al comportamiento del reactor en remover DBO en función de su profundidad, se de-

berá en cada caso de acuerdo a la eficiencia requerida efectuar un estudio económico para definir la profundidad óptima de diseño.

- R-2 Para filtros operando a baja rata, la eficiencia decrece bruscamente para pequeños aumentos de la carga orgánica. En cambio, para filtros de mediana y alta rata y mas específicamente para los últimos, la eficiencia se reduce con menos brusquedad.
- C- Respecto a la capacidad de las unidades en estabilización de los compuestos del Nitrógeno:
- C-1 Se corroboran los principios, generalmente aceptados, de que la nitrificación en estas unidades tiende a hacerse presente en mayor grado cuando trabajan a baja rata y para mayores profundidades. Ello, posiblemente, es consecuencia del mayor tiempo de contacto que existe entre el substrato y la biomasa del sistema y a las mejores condiciones de aeración del mismo bajo tales circunstancias.
- C-2 La presencia de nitrato en el efluente, para las diferentes profundidades estudiadas, es función directa de la carga hidráulica (concomitante con la carga orgánica). Ello en nuestro caso dentro de todos los rangos, tanto en baja como en alta rata.
- C-3 En el caso particular de desearse limitar el grado de nitrificación para efectos de protección de receptores propensos a una alta eutroficación, deben utilizarse filtros de alta rata y poca profundidad. La profundidad de 1,50 a mediana y alta rata, puede producir eficiencias aceptables.

Conclusión Final.

De lo anterior puede concluirse que la profundidad de 1,5 mts para reactores biopercoladores es la que satisface mejor las siguientes condiciones:

- a- Eficiencia en la remoción de la DBO dentro de los rangos aceptables para este sistema.

- b- Capacidad en absorber variaciones apreciables de la carga procesal aplicada.
- c- Mineralización de los compuestos del nitrógeno sin producir niveles eutroficantes en los receptores.

BIBLIOGRAFIA

- 1/ APHA, AWWA, WPCF, "Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water", 11th Edition, pág. 415 a 421 y 391-400-402, (1960).
- 2/ GAUBEKA, J.M., "Estudio a Escala de Laboratorio de un Filtro Percolador", Trabajo Especial de Grado, Departamento de Ingeniería Sanitaria, Universidad Central de Venezuela, pág. 13 a 17, (Agosto 1964).
- 3/ GARMENDIA, S. y PADILLA, M., "Estudio de Efectividades en un Modelo de Filtro Percolador", Trabajo Especial de Grado, Departamento de Ingeniería Sanitaria, Universidad Central de Venezuela, pág. 11 a 33, (Julio 1965).
- 4/ ARTEAGA, J. y BERTORELLI, G., "Continuación del Estudio de Efectividades en un Modelo de Filtro Percolador", Trabajo Especial de Grado, Departamento de Ingeniería Sanitaria, Universidad Central de Venezuela, pág. 21 a 26, (Julio 1966).
- 5/ KEEFER, C.E., "Remodeled Trickling Filters Exceeds Expectations at Baltimore", Water and Sewage Works, Vol. 99, N7, pág. 277, (Julio 1952).
- 6/ FAIR, G. y GEYER, J.C., "Water Supply and Waste Water Disposal", Cap. 25, pág. 723, (1956).
- 7/ GALLER, W. y GOTAAS, H., "Analysis of Biological Filter Variables", Journal of Sanitary Engineering Division, ASCE, Vol. 9, NSA6, pág. 59, (Diciembre 1964).
- 8/ INGRAM, W.T., "An Investigation of the Mechanism of Controlled Filtration", Sewage Works Journal, Vol. 31, N10, pág. 1.147, (Octubre 1959).
- 9/ SCHULZE, K.L., "Trickling Filter Theory", Water and Sewage Works, Vol. 107, N3, pág. 100, (Marzo 1960).
- 10/ RIVAS MIJARES, G., "Tratamientos del Agua Residual", Tipografía Vergas, Secc. 5, Cap. 2, (1966).