

Caracterización limnológica preliminar de 32 lagunas de Guatemala

Manuel Basterrechea Díaz

Proyecto Regional de Manejo de Cuencas Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Avenida Reforma 8-60 Zona 9, Edificio Galerías Reforma, Oficina 114, Guatemala.

(Recibido el 19 de febrero de 1987)

Abstract: A preliminary classification of 32 lagoons in Guatemala according physical and chemical water characteristics (cluster analysis) is provided. The water chemistry showed great differences independently of climate, elevation, geology, origin, soil and man's actions. The statistical analysis defined groups of lagoons that will be continuously monitored for further classification and potential acuaculture.

Centroamérica estuvo cubierta por el mar antes de la era Paleolítica, y luego surgió y estuvo aislada de Norte y Sur América. Este aislamiento terminó al principio del Pleistoceno (Serruya y Pollinger 1983, Zaret 1984). Los movimientos tectónicos primeramente y el vulcanismo posteriormente dieron origen a sus lagos. El territorio de Guatemala cubre aproximadamente 108,900 kilómetros cuadrados, es atravesado por montañas que alcanzan elevaciones sobre los 3000 msnm y donde existen alrededor de 300 cuerpos de agua entre lagos y lagunas (URL 1985). Existen en el país 3 grandes provincias fisiográficas conocidas como la llanura costera del Pacífico, tierras altas cristalinas y sedimentarias y la planicie baja del Petén.

Diez lagunas están ubicadas en las tierras bajas del Petén (120 – 240 msnm) y tienen áreas entre 10 y 245 Ha (excepto Yaxhá con 554 Ha). Catorce lagunas están dispersas a lo largo de la cadena montañosa (tierras altas), y presentan grandes variaciones de elevación y área (820 – 2720 msnm y 1.2 – 4,400 Ha, respectivamente). Las cuatro lagunas que están localizadas en la llanura costera del Pacífico (5 – 74 msnm) son pequeñas (9 a 100 Ha). Finalmente, las restantes cuatro lagunas están ubicadas en partes bajas de la cadena montañosa (185 – 600 msnm) y presentan extensiones entre 1.5 y 560 Ha (Cuadro 1 y Fig. 1).

Las lagunas presentan grandes variaciones (Cuadro 2), así las localizadas en las tierras bajas del Petén se encuentran en zonas cársticas, sujetas a altas temperaturas (entre 20.8 y 27.1 °C) y precipitación moderada (1600 mm/año) y las ubicadas en las tierras altas del altiplano son de origen volcánico, tectónico y cárstico, sujetas a alta precipitación (hasta 4000 mm/año) y bajas temperaturas (menor de 20°C).

Resalta la disminución del área de ciertas lagunas debido a que han sido drenadas para habilitarlas a la agricultura (Atescatempa y Retana) o que por la contaminación el grado de sucesión ecológica se ha acelerado (Chichoj, El Pino, y Ocuilá, Cuadro 2).

Aún no ha sido generada información sobre clasificación eutrófica - oligotrófica, plancton dominante, productividad primaria y patrón de circulación. Sin embargo Brezonick y Fox (1974) sugieren que las lagunas muestreadas por ellos en Guatemala presentan una estratificación estable si tiene profundidades promedio mayores de 11 m.

Los estudios limnológicos de lagos y lagunas en Guatemala son escasos (Basterrechea 1986); existen referencias sobre todo de las características físicas y químicas del agua. Las lagunas mencionadas fueron investigadas utilizando información publicada (Loffler 1972, Brezonick y Fox 1984, Serruya y Pollinger 1983, Albizu-

CUADRO 1

Información general sobre las lagunas

Nombre	Coordenadas		Elevación (MSNM.)	Area (Km ²)
	Latitud N	Longitud W		
1 Atescatempa	14°12'35"	89°41'35"	588	5.6
2 Retana	14°24'55"	89°51'13"	1 040	1.175
3 San Pedro	14°28'05"	89°51'18"	980	0.10
4 Del Hoyo	14°28'52"	89°53'26"	959	0.15
5 Ayarza	14°17'03"	90°01'29"	1 440	14.00
6 Ixpaco	14°11'28"	90°25'28"	1 100	0.13
7 Los Yoxes	15°00'32"	89°35'30"	185	0.20
8 El Pino	14°20'35"	90°23'38"	1 040	0.72
9 Calderas	14°24'42"	90°35'25"	1 820	0.325
10 Tecojate	13°58'28"	91°21'49"	5	0.60
11 Parc. La Máquina	14°18'57"	91°37'30"	74	0.09
12 Zaculeu	15°19'03"	91°30'25"	1 880	0.012
13 Ocubilá	15°20'22"	91°25'58"	1 996	0.20
14 Caquijá	15°45'38"	90°14'13"	210	0.015
15 Aldea Los Llanos	14°19'00"	90°19'00"	1 040	0.015
16 San Juan Acúl	16°33'00"	90°18'08"	130	1.25
17 Félix	14°35'15"	92°05'00"	12	0.09
18 Pampa Dulce	14°28'35"	92°01'36"	14	1.00
19 Chuicaval	14°47'15"	91°39'20"	2 720	0.22
20 Burra	15°19'00"	91°30'25"	1 870	0.01
21 Echixil	16°47'05"	89°45'43"	120	2.08
22 Juleque	16°38'39"	89°37'10"	150	0.16
23 Malanché	16°58'02"	89°37'45"	200	2.08
24 Paxcamén	16°54'15"	89°46'40"	140	0.16
25 Petenxil	16°55'00"	89°49'55"	126	0.56
26 Sal Petén	16°59'06"	89°40'59"	200	2.45
27 Comixtún	16°33'40"	90°10'53"	110	0.20
28 Yaxhá	17°03'15"	89°19'23"	200	5.54
29 Sachab	17°02'28"	89°22'00"	240	0.1
30 Tortugas	14°18'25"	90°41'04"	820	0.03
31 Encantada	14°16'53"	90°42'43"	600	0.075
32 Chichoj	15°21'35"	90°28'32"	1 400	0.51

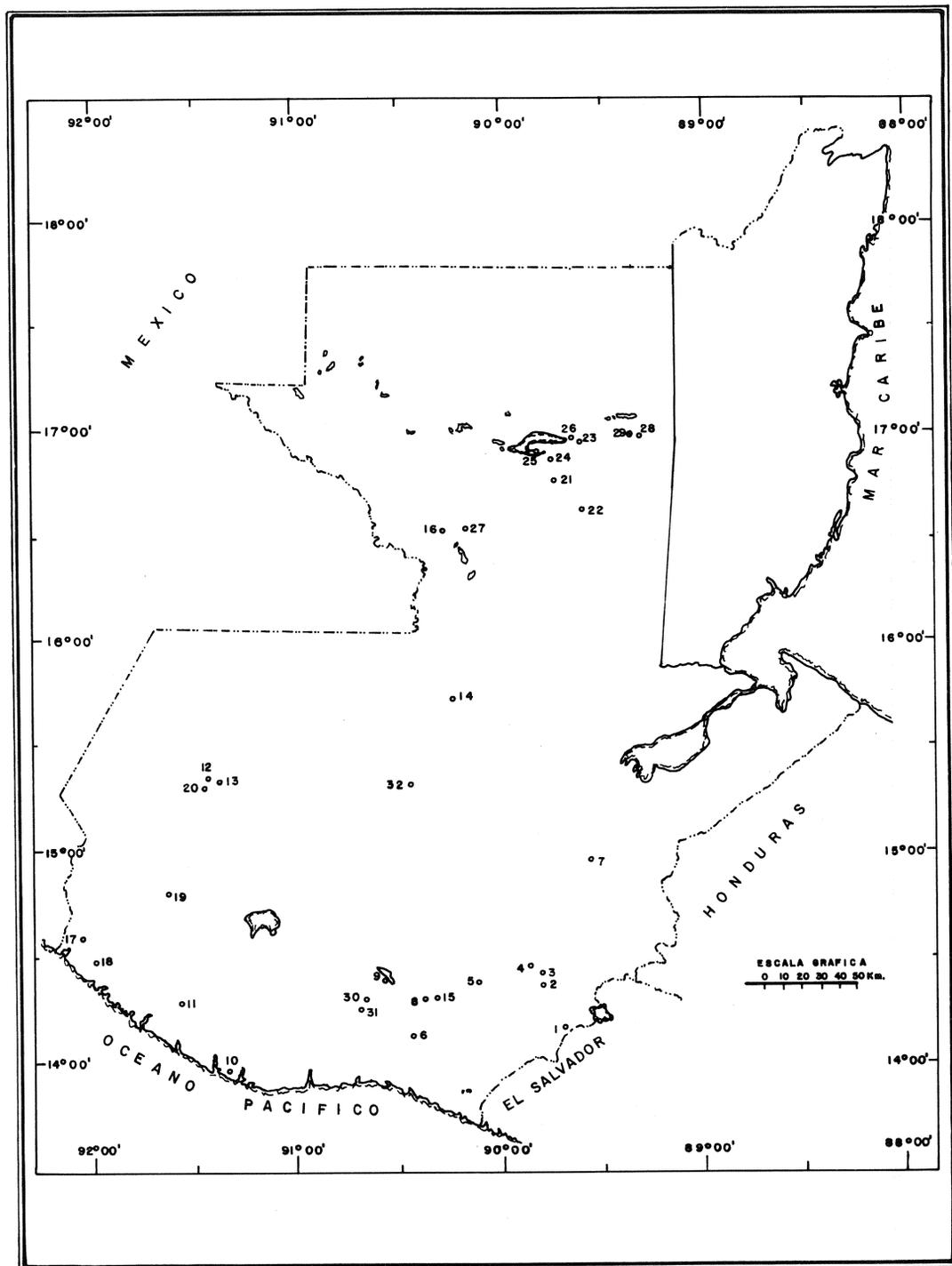


Fig. 1. Localización de las 32 lagunas investigadas en Guatemala.

rez 1978) e información no publicada de la Dirección de Riego y Avenamiento –DIRYA–.

El objeto de este estudio es la caracterización de las propiedades físicas y químicas del

CUADRO 2

Características biofísicas de las microcuencas de varias lagunas de Guatemala

Laguna	T (C)	Lluvia media (mm/año)	Clima	Vegetación natural	Grado de sucesión ecológica	Otras características	Fuente
El Hoyo	18.7	-	Invierno poco riguroso; semicálido; humedad semi-seca	pastizal	-	Suelos franco arcillosos y franco arcillosos arenosos	Mazariegos (1976)
Atescatempa	24.0	1 929	Sin estación fría definida; invierno seco; cálido, húmedo	-	drenado	Suelos franco arcillosos, origen volcánico	Monterroso (1976)
Chicho	23.1	1 646	Invierno no riguroso, sin estación seca bien definida; semi-cálido, muy húmedo (87.2%)	Selva	perdió 6% de su área en 10 años	-	Albizurez (1979)
El Pino	25.0	1 475	Sin estación fría definida; invierno seco, cálido, húmedo	bosque	perdió 20% de su área en 19 años	-	Rivera (1984)
Retana	22.0	1 000	Húmedo (75%)	-	drenado	-	Garrido (1978)
Parcelamiento La Máquina	27.2	1 860	Sin estación seca definida; cálido húmedo (77.7%)	-	-	-	Santamaría (1976)
Ocubilá	-	-	-	-	Perdió 95% de su área	-	Fernández (1976)
Ayarza	-	-	-	-	-	Rocas basálticas, origen volcánico	Arteaga (1980)

agua de 32 lagunas en Guatemala. La tipificación es preliminar debido a que los valores reportados son de muestras superficiales de un sólo día.

MATERIAL Y METODOS

La información físico química de las 32 lagunas fue sometida al análisis estadístico de conglomerados (Cluster analysis). Todos los valores de los parámetros se estandarizaron de manera que ninguno de ellos, por presentar un ámbito mayor influyera en la formación de grupos.

RESULTADOS

En el cuadro 3 están los parámetros físicos y químicos. La conductividad eléctrica presentó variaciones importantes (Fig. 2); aproximadamente la mitad de las lagunas tienen valores entre 100 y 500 $\mu\text{mho/cm}$. El pH fue alcalino a excepción de Ixpacó (2.42). En la figura 3 se muestran los dispersogramas de algunos iones con respecto a la conductividad; valores de calcio de las lagunas 16, y 26 fueron diferentes a los de las demás lagunas, el magnesio en las lagunas 14 y 26, el sodio de las lagunas 3, 5, 15 y 18, el cloruro de las lagunas 5, 7, 18, y 20 y el sulfato de las lagunas 3, 4, 6, 11, 12, 16, 18, y

26, también mostraron valores muy diferentes. Los sulfatos, cloruros, magnesio, sodio y calcio en ese orden, presentan mayor variación (Cuadro 4). A excepción del potasio (1 %) y carbonatos (13 %), los demás parámetros no mostraron ninguna similitud significativa, entre grupos, utilizando para ello la razón F. Las lagunas 3, 26 y 6 en ese orden son las que presentan mayores diferencias con respecto al resto de las lagunas (Fig. 4). Definitivamente, cada una de ellas presenta al menos un valor que difiere significativamente del resto. También las lagunas 5, 13, 16, 4 y 2 muestran diferencias. Es interesante que el conglomerado formado por lagunas 18 y 13 ubicadas a 14 y 1996 msnm presenta mayor grado de similitud. También otros grupos mostraron esta característica: 8, 13 y 18; 17, 30, 8, 13 y 18; 25 y 21; 12 y 9; y 24 y 7.

DISCUSION

Las muestras de un día colectadas superficialmente permiten únicamente realizar una clasificación preliminar.

La influencia de la geoquímica es evidente en los valores y en el balance de los iones. Los iones mostraron la dominancia común en aguas continentales ($\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ y $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4 > \text{Cl}^-$). El factor que determinó

CUADRO 3

Características físicas y químicas del agua superficial de 32 lagunas localizadas en Guatemala

(1 = Conductividad Eléctrica en Microhms/cm, 2 = Sólidos en suspensión en mg/l, 3 = Suma de Cationes en miliequivalentes/litro, 4 = suma de aniones, 5 = Porcentaje de sodio soluble).-

Nombre	PH	C.E. ¹	S.S. ²	CAT. ³	ANI. ⁴	CA ⁺⁺	MG ⁺⁺	NA ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	CL ⁻	SO ₄ ⁼	% S.S. ⁵	Fecha
1. Atescatempa	7.04	214	472	2.98	2.47	1.16	0.71	0.91	0.20	0.26	1.64	0.11	0.46	30.54	02/84
2. Retana	7.00	190	215	2.66	3.34	0.83	0.47	0.44	0.92	0.00	2.60	0.41	0.33	16.54	/82
3. San Pedro	9.00	2 800	1 425	25.33	23.25	0.09	0.49	23.25	1.50	6.71	14.24	2.30	0.00	91.79	04/72
4. Del Hoyo	7.90	1 200	431	5.60	6.53	0.74	1.80	2.90	0.16	0.86	4.97	0.70	0.00	51.80	04/73
5. Ayarza	8.44	1 680	965	15.93	16.69	1.53	0.77	12.95	0.67	1.10	2.21	12.99	0.18	81.05	08/83
6. Ixpaco	2.42	2 200	1 083	1.24	9.60	0.10	0.36	0.45	0.33	0.00	0.00	0.10	9.50	36.29	09/75
7. Los Yoxes	7.28	233	158	2.45	3.99	1.50	0.66	0.20	0.09	0.00	2.03	0.02	1.94	8.16	04/84
8. El Pino	7.52	68	67	0.69	0.84	0.17	0.25	0.21	0.09	0.09	0.62	0.11	0.03	29.98	06/76
9. Calderas	8.05	268	169	2.22	2.62	0.43	1.08	0.50	0.20	0.77	1.58	0.22	0.04	23.10	08/73
10. Tecojate	7.20	200	200	3.20	2.73	0.83	1.53	0.55	0.29	0.00	2.27	0.25	0.21	17.19	/82
11. Parc. La Máquina	7.50	455	275	3.38	3.61	0.38	1.42	1.50	0.10	0.53	2.34	0.74	0.00	44.37	11/75
12. Zaculeu	8.10	130	227	0.57	1.36	0.11	0.06	0.15	0.27	0.00	0.86	0.50	0.00	26.32	01/72
13. Ocubilá	7.72	127	136	1.14	1.58	0.39	0.34	0.34	0.06	0.49	0.87	0.21	0.02	31.19	01/72
14. Caquijá	7.91	497	482	7.14	8.74	7.07	0.00	0.05	0.02	0.00	5.31	0.16	3.27	0.70	04/84
15. Aldea Los Llanos	7.16	65	34	0.69	0.80	0.43	0.16	0.02	0.08	0.00	0.56	0.11	0.13	2.90	04/84
16. San Juan Acul	7.40	2 200	2 449	28.50	31.50	20.74	7.49	0.24	0.03	1.64	3.17	0.30	26.39	0.84	05/77
17. Félix	7.20	130	109	1.08	0.86	0.26	0.40	0.36	0.06	0.00	0.74	0.08	0.04	33.33	02/74
18. Pampa Dulce	6.87	2 000	1 507	21.66	18.92	3.55	6.60	11.10	0.41	0.00	0.56	11.78	6.58	51.25	09/74
19. Chuicaval	6.40	180	-	0.24	0.24	0.10	0.08	0.04	0.02	0.06	0.04	0.04	0.16	16.70	03/70
20. Burra	7.00	1 480	-	1.80	1.79	1.34	0.38	0.05	0.03	0.00	1.60	0.02	0.17	2.80	03/70
21. Echixil	8.10	192	-	2.04	2.03	1.55	0.25	0.19	0.05	-	1.70	0.18	0.15	9.30	07/69
22. Juleque	7.50	545	-	4.38	4.42	3.75	0.33	0.17	0.13	-	1.34	0.20	2.88	3.90	07/69
23. Malanche	8.60	700	-	6.43	6.43	1.40	4.17	0.67	0.19	-	2.90	0.82	2.71	10.40	07/69
24. Paxcamén	7.10	347	-	2.24	2.57	1.90	0.17	0.12	0.05	-	1.48	1.19	0.90	5.40	07/69
25. Petenxil	7.70	260	-	2.34	2.45	2.00	0.17	0.15	0.02	-	1.58	0.12	0.75	6.40	07/69
26. Sal Petén	7.80	4 100	-	67.21	66.83	37.50	25.00	4.13	0.58	-	1.20	3.13	62.5	6.10	07/69
27. Comixtún	7.10	650	-	6.92	6.68	5.25	1.68	0.06	0.03	-	5.62	0.03	1.21	0.90	07/69
28. Yaxhá	-	-	-	1.03	-	1.60	0.28	0.43	0.16	-	-	0.32	0.20	41.70	-
29. Sachab	-	-	-	13.61	-	12.30	0.47	0.62	0.22	-	-	0.41	0.25	4.60	-
30. Tortugas	7.70	137	-	1.20	1.40	0.50	0.25	0.39	0.06	-	1.20	0.05	0.15	32.50	07/69
31. Encantada	7.70	102	-	1.05	1.11	0.50	0.30	0.17	0.08	-	1.00	0.03	0.08	16.20	07/69
32. Chichoj	7.91	301	176	2.34	3.17	1.29	0.37	0.65	0.03	0.80	1.65	0.55	0.12	27.70	12/77

LAGUNAS 1 - 18 : Datos de DIRYA - DIGESA.

LAGUNAS 19 - 20 : Datos de LOFFLER (1972).

LAGUNAS 21 - 27 y :
30 - 31 : Datos de BREZONIK Y FOX (1974)

LAGUNAS 28 - 29 : Datos de DEEVEY, tomados de SERRUYA Y POLLINGER (1983).

LAGUNA 32 : Datos de ALBIZUREZ (1978).

en mayor grado la diferenciación entre las lagunas fue la conductividad. Furest y Toja (1981)

mostraron que la salinidad total fue el componente que determinó la diferenciación de 60 la-

CUADRO 4

Parámetros físicos y químicos de 32 lagunas en Guatemala

	PH	CE	SS	CAT	ANI	CA ⁺⁺	MG ⁺⁺	NA ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	CL ⁻	SO ₄ ⁼	%PSS.
No. casos	30	30	19	32	30	32	32	32	32	21	30	32	32	32
Mínimo	2.420	65.000	34.000	0.240	0.240	0.090	0.000	0.020	0.020	0.000	0.000	0.020	0.000	0.700
Máximo	9.000	4 100.000	2 449.000	67.210	66.830	37.500	25.000	23.250	1.500	6.710	14.240	12.990	62.500	91.790
Media	7.414	788.367	556.842	7.478	7.951	3.478	1.825	1.999	0.222	0.631	2.263	1.162	3.792	23.811
Desviación estándar	1.094	991.073	644.928	13.151	13.328	7.475	4.580	4.870	0.312	1.469	2.261	3.019	11.791	22.494
Coefficiente de Variación	15	126	116	176	167	215	251	244	141	233	118	260	311	95
Probabilidad	000	000		000	000	000	000	000	001		013	000	000	000

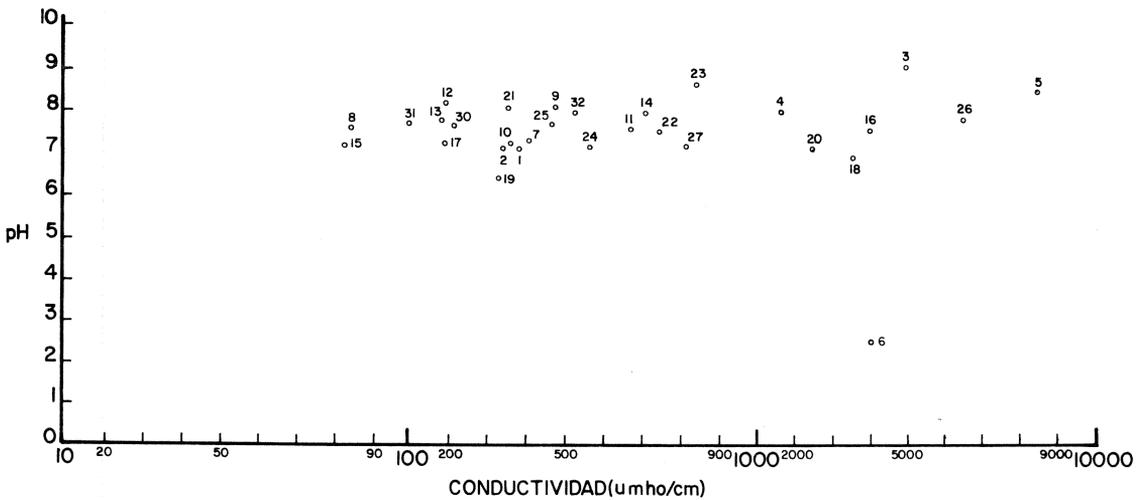


Fig. 2. Variación de la conductividad con respecto al pH. Los números se refieren a las lagunas listadas en el Cuadro 1.

gunas andaluzas. Ellas, a diferencia de este trabajo, utilizaron el análisis de componentes principales para ordenar dichas lagunas. Bowling y Tyler (1984) usaron análisis multivariable para tipificar 24 lagunas en Australia. La procedencia marina fue evidente en dichas lagunas, a diferencia de las lagunas en España y Guatemala. Procedimientos estadísticos como el de este trabajo han sido poco utilizados; sin embargo, son de utilidad ya que revelan las diferencias entre cuerpos de agua (Bowling y Tyler 1984).

Las lagunas presentan gran variación respecto a la elevación, tamaño, origen, geología, suelos, clima y grado de sucesión ecológica (es necesario completar esta información para todas las lagunas). De estos factores probablemente

la geología tiene el mayor efecto, pero la precipitación y las características biofísicas de las microcuencas, también influyen en la composición química del agua. La laguna San Pedro (3) fue la que presentó mayor diferencia con el resto de lagunas. Pero también las lagunas 26, 6, 5, 18, 16 en ese orden, mostraron diferencias importantes.

AGRADECIMIENTOS

A Oslec Rojas por la información sobre calidad de agua, a Gilda Pareja por su valiosa colaboración en la interpretación estadística, a Marta Lidia Samayoa y al Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA- por su apoyo.

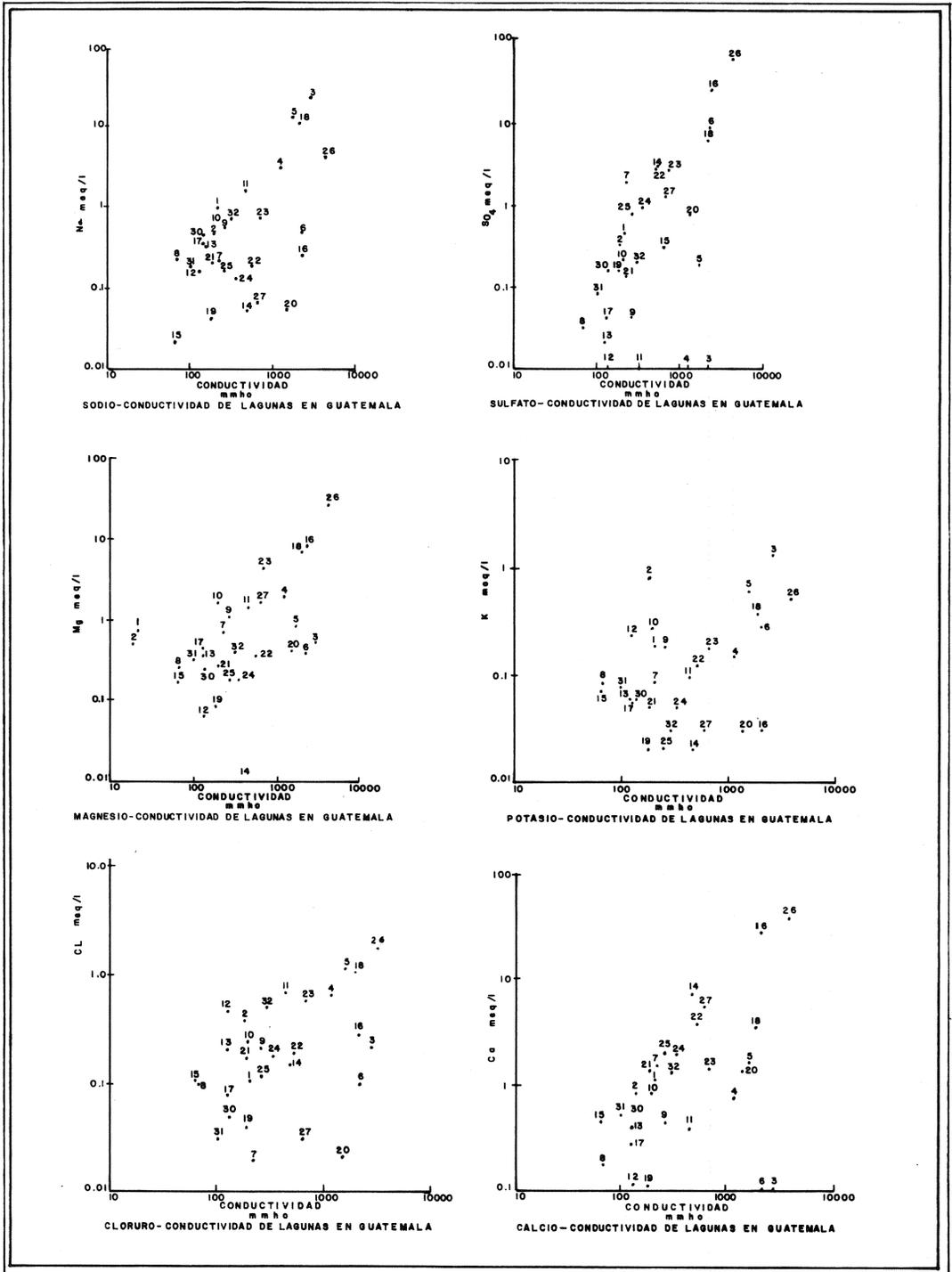


Fig. 3. Dispersogramas entre los principales iones y la conductividad de las lagunas.

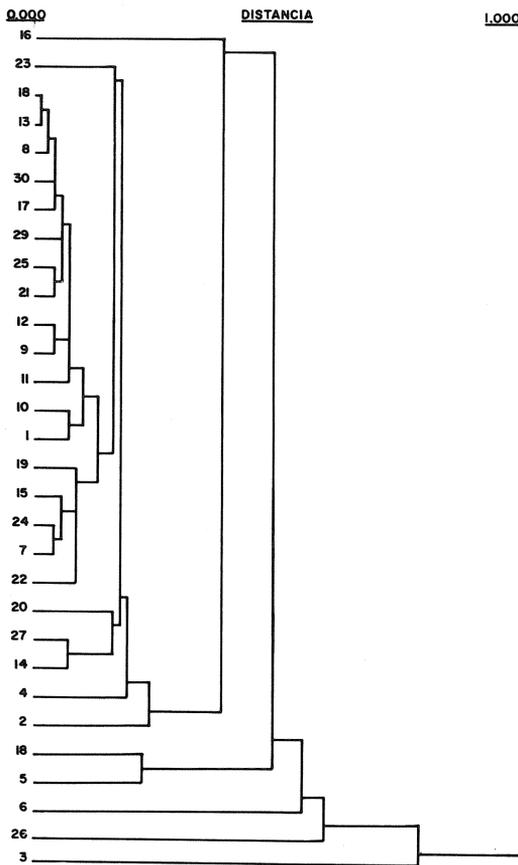


Fig. 4. Diagrama árbol que muestra la formación de grupos de lagunas. Los números se refieren a las lagunas citadas en el Cuadro 1.

RESUMEN

Se realizó una clasificación provisional de 32 lagunas atendiendo a sus características físicas y químicas, por medio del análisis de grupos. Hubo diferencias independientes, de la localización, elevación, tamaño, geología, suelo, clima y grado de sucesión ecológico.

REFERENCIAS

Albizurez, J. R. 1978. Estudio ecológico de la laguna Chichoj. Tesis de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC, 63 p.

Arteaga, O. 1980. Esquemas propuestos para el aprovechamiento de la laguna, de Ayarza. Informe técnico Instituto Nacional de Electrificación -INDE-, Guatemala. 12 p.

Basterrechea, M. 1986. Limnología del lago de Amatlán, Guatemala. Revista Brasileña de Biología 46: 461-468.

Bowling, L.C. & P.A. Tyler. 1984. Physicochemical differences between lagoons of King a Flinders Islands, Bass Strait. Aust. J. Mar. Freshw. Res. 35: 655-662.

Brezonick, P.L. & J.L. Fox 1984. The limnology of selected Guatemalan lakes. Hydrobiologia 45: 467-487.

Fernández, C.R. 1976. Estudio ecológico de la laguna Ocuilá para su habilitación con fines de piscicultura extensiva. Tesis de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC, 55 p.

Furest, A. & J. Toja. 1981. Reconocimiento limnológico de lagunas andaluzas. Monografías de la Dirección General del Medio Ambiente. MOPU, p. 177-188.

Garrido, L.F. 1978. Evaluación de rendimiento de siete variedades de tomate (*Lycopersicum Esculentum*) de proceso bajo humedad en la laguna de Retana. Tesis de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC 26 p..

Loffler, H. 1972. Contribution to the limnology of high mountain lakes in Central America. Int. Revue, Ges. Hydrobiol. 57: 397-408.

Mazariegos, F.J. 1976. Influencia de la presencia de riego aplicada, sobre la calidad y rendimiento del cultivo de tabaco en la unidad de riego de la laguna El Hoyo, Monjas, Jalapa. Tesis de Agronomía, Universidad de San Carlos, USAC, 40 p.

Monterroso, D. A. 1976. Actividad desarrollada por la unidad de riego 1-2 Atescatempa. Tesis de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC 50 p.

Rivera, C.D. 1984. Estudio preliminar de la eutroficación y su influencia en la sucesión ecológica acuática de la laguna El Pino, Barberena, Santa Rosa. Tesis de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC 119 p.

Santa María, G. 1975. Análisis de productividad, eficiencia y consideraciones sobre riego en el sistema básico de producción del parcelamiento La Máquina, Guatemala. Tesis de Maestría en Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Colombia, 86 p.

Serruya, D. & U. Pollinger. 1983. Lakes of the warm belt. Cambridge University Press.

URL, 1985. Perfil Ambiental de la República de Guatemala. Universidad Rafael Landívar.

Zaret, T.M. 1984. Central American limnology and Gatun lake, Panama. Elsevier Science Publishers, Amsterdam. p. 447-465.