


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central figure, likely a saint or religious figure, surrounded by various symbols including a crown, a cross, and a shield. The text "UNIVERSITAS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COCQUEMALLENSIS" is inscribed around the perimeter of the seal.

“Detección y Cuantificación de Sustancias Químicas para establecer índices de Contaminación en Aguas Superficiales del Lago de Atitlán”

Presentado por

Myra Lissette Herdócia Villeda

Para optar al título de

Bióloga

En el grado de

Licenciada

Guatemala, agosto de 1999

JUNTA DIRECTIVA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

DECANA	Licda. Hada Marieta Alvarado Beteta
SECRETARIO	Lic. Oscar Federico Nave Herrera
VOCAL I	Dr. Oscar Manuel Cobar Pinto
VOCAL II	Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda
VOCAL III	Lic. Rodrigo Herrera San José
VOCAL IV	Br. David Estuardo Delgado González
VOCAL V	Br. Estuardo Solórzano Lemus

AGRADECIMIENTOS

Ing. Rodolfo Castillo Escobar

Lic. Mamerto Gómez

Lic. Jorge Luis De León

Sra. Sandra López de Chávez

ACTO QUE DEDICO

A mi madre	Ing. Carmelina Villeda Landaverri
A mis hijas	María José y Ana Gabriela
A mis hermanos	Ing. Victor Manuel Herdocia Ing. Claudia Dolores Goyzueta
A mi prima	Lic. Inf. Miriam Lorena Castillo Villeda

INDICE

	Número de página
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCION	3
III. ANTECEDENTES	5
IV. JUSTIFICACION	13
V. OBJETIVOS	14
VI. HIPOTESIS	15
VII. MATERIALES Y METODOS	16
VIII. RESULTADOS.....	22
IX. DISCUSION DE RESULTADOS.....	35
X. CONCLUSIONES.....	38
XI. RECOMENDACIONES.....	39
XII. ANEXOS	40
XIII. GLOSARIO	47
XIV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	48

I. RESUMEN:

La presente investigación es un primer esfuerzo en el conocimiento del estado actual del Lago de Atitlán.

El estudio se basó en la detección y cuantificación de sustancias químicas, para establecer índices de contaminación en las aguas superficiales del Lago. El esfuerzo de la investigación se centró en dos sitios: Panajachel y Santiago Atitlán.

Para que los resultados de la investigación fueran evaluables estadísticamente, se realizaron cinco muestreos en los sitios de interés. La prueba estadística seleccionada por ser el objetivo la comparación de dos sitios independientes y por tener un número reducido de observaciones fue la prueba de Mann Whitney (estadística no paramétrica).

Para cada muestreo, se tomaron muestras de agua superficial, a una distancia aproximada de cincuenta metros desde la orilla.

Las muestras se analizaron químicamente, detectándose y cuantificándose los siguientes analitos: nitrito, nitrato, plomo, magnesio, manganeso, compuestos organofosfatos (fósforo), potasio, dureza (en forma de carbonato de calcio), y alcalinidad (en forma de carbonato ácido de sodio). Se determinó el pH en cada muestreo.

II. INTRODUCCION:

El Lago de Atitlán, ubicado en el departamento de Sololá se considerado como uno de los lagos más bellos del mundo, cumple una importante función económica para los pobladores de la región. Sin embargo, como todos los sistemas lacustres nacionales se encuentra en peligro de deterioro por el efecto de la contaminación.

El efecto de la contaminación del agua es preocupante cuando se considera que la gran mayoría de las poblaciones vecinas, se abastecen primariamente del lago.

Según el instituto de Fomento Municipal (INFOM) en 1992, la cobertura de agua potable en los municipios de Santa Catarina Palopó, San Antonio Palopó, Santiago Atitlán , San Pablo la Laguna y Concepción no sobrepasa el 30%.

(Basterrechea, 1993)

Entre los problemas que más afectan a las poblaciones vecinas del lago de Atitlán están: *la falta de cloración* del agua para consumo, como consecuencia son comunes enfermedades como amebiasis y diarrea aguda.; *falta de tratamiento para aguas servidas*, según el informe Basterrechea de 1993, las poblaciones de Sololá, Santa Lucia Utatlán y Panajachel vertían sus desechos directamente al lago; *falta de sistemas de recolección de basura*, los pueblos que carecen de sistemas de recolección queman sus desechos o tiran su basura a orillas del lago, produciendo arrastre en época de lluvia.

El monitoreo del lago es una necesidad, ya que es la única manera de ejecutar acciones que eviten el deterioro del lago, y garanticen la salud y bienestar de las poblaciones vecinas.

El objetivo primordial de la presente investigación es determinar si existe diferencia significativa entre los valores de los parámetros obtenidos (en la estación seca) en las dos áreas de muestreo seleccionadas (Panajachel y Santiago Atitlán).

III. ANTECEDENTES:

3.1. CARACTERISTICAS GENERALES DEL AREA DE ESTUDIO:

EL LAGO DE ATITLAN

Localidad: Departamento de Sololá.

Elevación: 1562 msnm.

Latitud: 14°42'02".

Longitud: 91°11'48"

Area: 125.70 Km².

Vertiente: Pacífico.

Características formativas: Yace en una gran caldera , luego de una voluminosa erupción que hizo explotar los volcanes.

Origen: Newhall (1987) sostiene que la gran cavidad que contiene al lago de Atitlán, es una caldera producto de un largo proceso tectónico y volcánico de casi 14 millones de años, en el que unos volcanes surgieron, explotaron y desaparecieron, dando origen a otros. Este proceso cíclico, según las evidencias geológicas, se ha repetido por lo menos en tres ocasiones. De esta manera, se formaron los macizos montañosos como María Tecún. El último ciclo empezó hace un millón de años y hace 84,000, siguiendo el ciclo se produjo una voluminosa erupción formando la caldera en cuestión.

Grado de contaminación: Poco contaminado.

Causas de la contaminación: Eliminación de desechos de poblados, deforestación de la cuenca, cultivos en pendientes.

Principales usos: Turismo, pesca artesanal y deportiva, usos del agua y otros recursos

como tul.

Principales estrategias para evitar el deterioro del Lago:

Manejo adecuado de la cuenca, tratamiento de aguas de desecho, medidas preventivas en recolección de basura.

(Castañeda, 1995)

3.2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SITIOS DE MUESTREO

3.2.1. Santiago Atitlán:

Municipio del departamento de Sololá.

Area aproximada: 136 Km²

Ubicación: Colinda al N con el Lago de Atitlán; al E con San Lucas Tolimán (Sololá), al S con Santa Bárbara (Suchitepéquez); y al O con Chicacao (Suchitepéquez) y San Pedro la Laguna (Sololá).

Elevación promedio: 1,592 msnm (monumento de elevación sobre la iglesia).

Latitud: 14°38'15"

Longitud: 91°13'48"

Distancia en línea recta a Panajachel: 13.4 kms. Navegable 13.7 kms.

Comentario: El lago constituye la principal fuente permanente de agua, ya que las corrientes que bajan de las faldas de los volcanes Tolimán y Atitlán, tienen mayor caudal durante la época de lluvias. La península de Santiago tiene más de un km. de frente hacia el lago, lo que es un factor importante para ubicación de poblados a corta distancia unos de otros.

(Gall, 1981)

3.2. 2 Panajachel:

Municipio del departamento de Sololá.

Area aproximada: 22 km².

Ubicación: Colinda al N con Concepción y Sololá (Sololá); al E con San Andrés

Semetabaj y Santa Catarina Palopó (Sololá); al S *Elevación promedio:* 1,572.91 msnm

(monumento de elevación frente a gasolinera Texaco).

Latitud: 14°44'34"

Longitud: 91°09'03"

(Gall, 1981)

3.3. EL LAGO DE ATITLAN Y LA LEGISLACION:

- Por acuerdo gubernativo del 26 de mayo de 1955, la cuenca del lago de Atitlán y las faldas de los volcanes adyacentes fueron declarados como parque nacional, usando como criterio principal su belleza escénica. Su administración estuvo bajo la responsabilidad del Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional Forestal (INAFOR), por la Dirección General de Bosques (DIGEBOS) y el Sistema Guatemalteco de Areas Protegidas (SIGAP) respectivamente.

(Basterrechea, 1993)

- Se emitieron cuatro acuerdos gubernativos, durante el período de 1959 a 1972, para la protección de ciertas especies en el área del lago de Atitlán. Estas leyes, que están vigentes, tratan de regular varias actividades del área, entre las que se puede mencionar: la ley sobre el corte de tul, la ley de conservación del Pato Zambullidor, especie endémica extinta de Atitlán, las prácticas de pesca utilizadas en el lago.

(Basterrechea, 1993)

- El Ministerio de Desarrollo Urbano y Rural (MDUR), en 1987 llevó a cabo el informe "Departamento de Sololá, bases para el desarrollo de la cuenca del lago de Atitlán", con el objetivo de servir como guía para las autoridades.

(Basterrechea, 1993)

- La comisión de la Comunidad Económica Europea (CEE) en 1988 realizó el informe "Guatemala. Desarrollo de la cuenca del lago de Atitlán, Sololá. Enfocándose en el mejoramiento de la situación socio económica de los pobladores del área.

(Basterrechea, 1993)

- En 1988 se crea por acuerdo gubernativo el Comité para la Conservación de la Cuenca del Lago de Atitlán. Integrado por representantes de los grupos de interés de la cuenca: el gobernador de Sololá, comandante de la zona militar # 14 dos representantes de CONAMA, alcaldes municipales, un representante de comités cívicos y uno de asociaciones ambientales.

(Basterrechea, 1993)

- El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en 1989, desarrolló para el Ministerio Urbano y Rural "Recomendaciones para el manejo de la Cuenca del Lago de Atitlán".

(Basterrechea, 1993)

- En 1990, según acuerdo gubernativo 167-90, se crea la Asociación de Amigos del Lago de Atitlán, cuyos socios son mayoritariamente los dueños de las casas de descanso a la

- Deevey (1957), publicó "Estudios Limnológicos de Centro América" incluye observaciones importantes sobre el Lago de Atitlán, sus características hidrográficas y químicas como comparación a otros lagos de la región Centroamericana.
(Tabarini, A. 1975)
- Dorris y Summerfelt (1968), siguiendo los estudios preliminares sobre el potencial del Lago de Atitlán como fuente de pesquería, prepararon una propuesta al gobierno de Guatemala sobre el desarrollo de la pesquería de Atitlán, la cual seguiría estudios limnológicos extensos para evaluar el potencial máximo.
(Tabarini, A. 1975)
- Weiss, C. (1971) publicó " Investigación sobre la calidad del agua en el Lago de Atitlán".
(Tabarini, A. 1975)
- Dix, M. (1978), inició un monitoreo a largo plazo en un sector determinado del lago, en el cual se muestrea cada 2 ó 3 años, para determinar contaminación física, química y de plancton. Paralelamente Skinner, J. realiza muestreos en los meses de mayo y noviembre, para determinar índices químicos y contaminación con Escherichia coli.
- La Asesoría Basterrechea, S.A. en 1993. realizó un estudio técnico para la recategorización del Parque Nacional Atitlán.

Se toman como parámetros de comparación en este estudio, los siguientes límites máximos permisibles para agua potable por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR):

Parámetro	límite máximo permisible
Alcalinidad (mg/l)	100 (OMS)
Dureza (mg/l)	500 (COGUANOR)
Nitrato (microgramos/l)	4500 (COGUANOR)
Nitrito (microgramos/l)	10 (COGUANOR)
O-Fosfato(microgramos/l)	1300 (OMS)
Manganeso (microgramos/l)	0.5 (COGUANOR)
Plomo (microgramos/l)	0.1 (COGUANOR)
Potasio (mg/l)	- (OMS)
Magnesio (microgramos/l)	- (OMS)

(Basterrechea, 1993)

IV. JUSTIFICACION

El Lago de Atitlán además de ser uno de los atractivos turísticos que más nos enorgullece como guatemaltecos, y ser una fuente de ingresos para el país, cumple una importante función económica para los pobladores de la región.

Weiss, (1969) realizó un muestreo en diferentes puntos del Lago de Atitlán para determinar el grado de contaminación existente (fue publicado en 1971). Tomándolo como base Dix, M. (1978) inició un monitoreo a largo plazo en un sector determinado del lago, en el cual cada 2 ó 3 años muestrea para determinar índices de contaminación física, química y de plancton.

Paralelamente al estudio de la Dra. Dix, Skinner, J. realiza muestreos en los meses de mayo y noviembre, para determinar índices químicos y contaminación con Escherichia coli.

Los estudios anteriores constituyen monitoreos a largo plazo (por esta razón aún no han sido publicados), por lo que se considera necesario generar información que a corto plazo indique el nivel de contaminación del Lago, sirviendo de fundamento para estudios posteriores, y de esta manera colaborar en la prevención del deterioro del Lago de Atitlán.

VI. HIPOTESIS:

Existe diferencia significativa entre los índices de contaminación (nitrito, nitrato, plomo, magnesio, manganeso, compuestos organofosfatos, potasio, dureza y alcalinidad) obtenidos (en época seca) en Panajachel respecto a los obtenidos (en época seca) en Santiago Atitlán.

VII. MATERIALES Y METODOS:

7.1. UNIVERSO DE TRABAJO:

Las muestras de agua colectadas en el Lago de Atitlán, en los puntos de muestreo Santiago Atitlán y Panajachel.

7.2. MEDIOS UTILIZADOS:

7.2.1 RECURSOS HUMANOS:

- Lic. Oscar Lara (Director de la escuela de Biología).
- Lic. Mamerto Gómez (Revisor asignado para la investigación)
- Ing. Rodolfo Castillo Escobar (Asesor de la investigación).
- Investigadora: Br. Myra Herdocia.

7.2.2 RECURSOS INSTITUCIONALES:

- Escuela de Biología de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Biblioteca de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Biblioteca de la Universidad del Valle de Guatemala.
- Centro de Estudios Conservacionistas. (CECON).
- Laboratorio Químico y Biológico. (SERQUIM).
- Comisión Nacional del Medio Ambiente. (CONAMA).

7.3. MATERIALES:

7.3.1. FASE DE GABINETE:

- Computadora
- Impresora
- 100 hojas de papel bond, 80 gramos.
- Material bibliográfico

7.3.2. FASE DE CAMPO:

- Automóvil
- Lancha de motor
- Gasolina
- Recipientes plásticos con tapadera
- Bolsas plásticas
- Libreta de campo
- Lápiz, lapicero
- Etiquetas
- Marcador negro indeleble

7.3.3. FASE DE ANALISIS:

- Equipo de laboratorio químico
- Reactivos químicos

7.4. METODOLOGIA

7.4.1. SITIOS DE MUESTREO: Por poseer la mayor afluencia de turistas, y por estar ubicados en lados opuestos del lago, se seleccionaron dos sitios: Santiago Atitlán y Panajachel (sur, norte respectivamente).

7.4.2. NUMERO DE MUESTREOS: Para que el análisis estadístico fuera válido se realizaron cinco muestreos. Estos se llevaron a cabo durante la época seca, en las siguientes fechas:

Primer muestreo= 27 de diciembre 1997.

Segundo muestreo= 10 de enero 1998.

Tercer muestreo= 24 de enero 1998.

Cuarto muestreo= 7 de febrero 1998.

Quinto muestreo= 21 de febrero 1998.

La frecuencia entre muestreos fue de 15 días.

7.4.3. MUESTREO: La toma de muestras de agua fue superficial, a una distancia aproximada de 50 metros desde la orilla. Los recipientes utilizados para recoger el agua y trasladarlos a la ciudad capital, presentaron un tamaño estándar y una capacidad de un galón.

Cada recipiente estaba limpio, contaba con su tapadera y presentaba una etiqueta con los datos de campo (lugar de muestreo, hora, fecha, colector).

7.4.4. ANALISIS DE LAS MUESTRAS: Debido al tiempo invertido en el regreso del sitio de muestreo a la ciudad capital, las muestras de agua fueron analizadas químicamente, en un período no mayor de 36 horas posterior a su toma.

EL análisis químico se llevó a cabo bajo la asesoría del laboratorio químico SERQUIM.

7.4.5. ANALISIS ESTADISTICO: Se basó en la comparación de los resultados obtenidos de los análisis químicos de los analitos en los sitios de muestreo y los resultados obtenidos por un estudio limnológico efectuado por Weiss en 1968-1969.

Se determinó si los promedios de las concentraciones encontradas por analito fueron iguales, inferiores o superiores a los límites máximos permisibles según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR).

Para que la comparación fuera válida estadísticamente, se utilizó la prueba no paramétrica de Mann Whitney.

7.4.5.1. DESCRIPCION DE LA PRUEBA MANN WHITNEY:

Justificación de su uso: cuando se desea comparar dos muestras para determinar si pertenecen a la misma población y se da el hecho de que éstas son independientes.

Se utiliza para probar igualdad de poblaciones, a partir del estudio de dos muestras independientes. Para ello se usan sus rangos correspondientes. Las muestras independientes pueden ser o no del mismo tamaño.

La idea de esta prueba consiste en unir las muestras en estudio y asignar rangos a la muestra conjunta, posteriormente, diferenciar los rangos correspondientes a cada muestra original y tomar como estadístico de prueba la suma de rangos de una de las muestras.

Suposiciones:

1. Las dos muestras son independientes.
2. Cada muestra se obtiene de una distribución aleatoria continua.
3. La escala de medición es al menos ordinal.

(Castillo y Ojeda, 1994)

7.4.5.2. APLICACION DE LA PRUEBA DE MANN WHITNEY AL ESTUDIO:

Para las muestras A y B respectivamente:

1. **Hipótesis nula: H_0 = las distribución de las frecuencias relativas de las poblaciones A y B son idénticas.**

En este estudio la hipótesis nula fue: no existe diferencia significativa entre la concentración del analito químico detectado en Panajachel y Santiago Atitlán.

2. Hipótesis alternativa: H_a = las distribuciones de las frecuencias relativas de las poblaciones están desfasadas con respecto a sus ubicaciones relativas (prueba de dos colas), o bien H_a = la distribución de frecuencias relativas de la población A está desfasada hacia la derecha de la distribución de frecuencia relativa de la población B (prueba de una cola).

En este estudio la hipótesis alternativa fue: existe diferencia significativa entre la concentración de analito químico detectado en Panajachel y Santiago Atitlán. Se trabajó con una prueba de dos colas.

2. Estadístico de prueba: para una prueba de dos colas se utiliza el valor más pequeño de U.

$$U_a = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1 + 1)}{2} - W_a$$

$$U_b = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2 + 1)}{2} - W_b$$

en donde:

W_a y W_b son las sumas de los rangos para las muestras a y b respectivamente. Para una prueba unilateral se utiliza U_a .

En el estudio se utilizó el valor más pequeño de U.

4. Región de rechazo: para una prueba de dos colas y un valor dado de alfa determinado (el más común es 0.05) H_0 si $U < \text{o igual a } U_0$ (el valor tabulado) en donde $P(U < \text{o igual a } U_0) = \alpha / 2$. (es decir, el valor de alfa sería de $0.05/2 = 0.025$ por ser de dos colas).

En caso de prueba unilateral y un valor dado de alfa, se rechaza H_0 cuando su $U_a < \text{o igual a } U_0$, en donde $P(U_a < \text{o igual a } U_0) = \alpha$.

5. En caso de que las observaciones tengan valores iguales (existan empates), se promedian los rangos que se hubieran asignado a las observaciones empatadas y se adjudica este promedio a cada una de ellas.

(Mendenhall, et al. 1986)

NOTA: Los resultados del análisis estadístico (por analito) se presentan como parte de los anexos.

VIII. RESULTADOS:

8.1. Presentación de resultados por sitios de muestreo:

Las tablas # 1 y # 2, presentan los resultados de los análisis químicos realizados durante cada muestreo (ver metodología) La tabla # 1 corresponde a los resultados de Panajachel, y los de la tabla #2 corresponde a Santiago Atitlán.

En todos los casos, la concentración de los analitos se presenta en ppm, medida equivalente a mg/l.

Para cada sitio de muestreo, se calculó el valor promedio de concentración por analito, con el fin de comparar este valor con los límites máximos permisibles por la OMS y el COGUANOR. (ver antecedentes 3.5)

Las sustancias químicas detectadas cualitativa y cuantitativamente en este estudio fueron: la alcalinidad, en forma de carbonato ácido de sodio (NaHCO_3); dureza, en forma de carbonato de calcio (CaCO_3); fósforo en forma de ortofosfatos; nitratos; nitritos; magnesio; manganeso; potasio; plomo. Se determinó el nivel de pH de las muestras.

Tabla # 1
Resultado de los Muestreos en Panajachel.

ANALITO	#1	#2	#3	#4	#5	PROMEDIO
ALCALINIDAD	403.3	394.84	390	346	354	377.62
DUREZA	81.65	79.96	79.7	0	79.6	80.23
FOSFORO	5.18	12.27	10.18	5.6	7.8	8.21
NITRATOS	63	0	0	0	0	12.6
NITRITOS	220	0	0	0	0	44
MANGANESO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
POTASIO	18	1	1	1	1	6.4
PLOMO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
MAGNESIO	132	10.94	20.7	9.4	11.8	36.97
PH	8.76	8.48	8.75	8.75	8.76	8.7

Tabla # 2
Resultado de los Muestreos en Santiago Atitlán

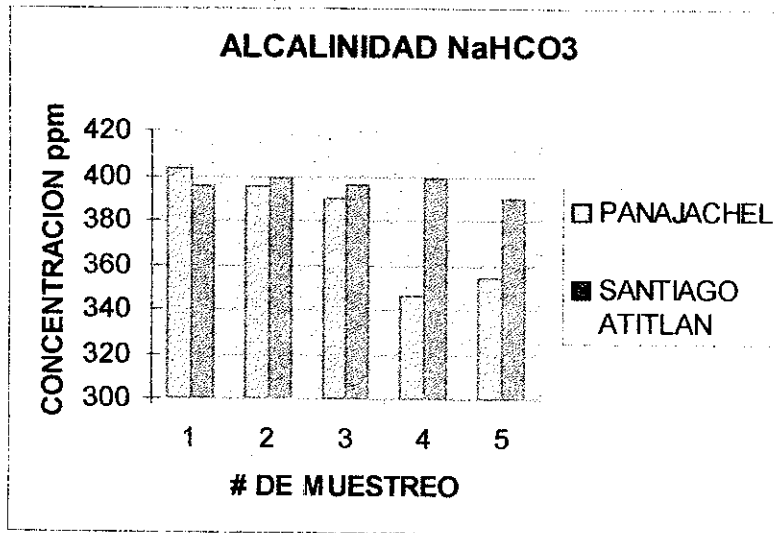
ANALITO	#1	#2	#3	#4	#5	PROMEDIO
ALCALINIDAD	394.85	399.04	395.8	399	390	395.94
DUREZA	150	142.11	140	145	140	143.46
FOSFORO	6.36	11.23	7.8	6.4	7.6	7.878
NITRATOS	30	0	0	0	0	6
NITRITOS	114	0	0	0	0	22.8
MANGANESO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
POTASIO	13	1	1	1	1	3.4
PLOMO	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
MAGNESIO	83	11.38	20.6	11.2	12.4	27.72
PH	8.79	8.55	8.78	8.61	8.77	8.7

8.2 Comparación de sustancias químicas por sitio de muestreo:

A continuación se presentan gráficas comparativas de las sustancias químicas detectadas en el estudio.

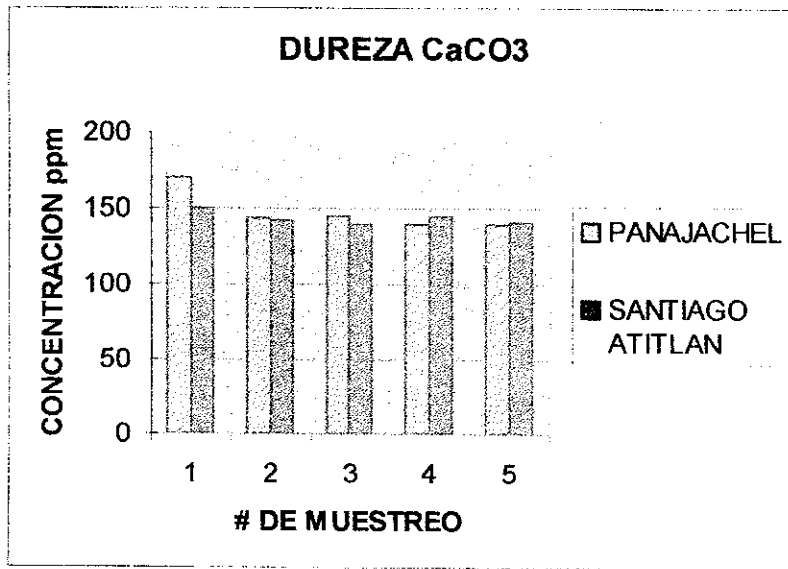
En el eje X los números 1,2,3,4, y 5 corresponden al orden cronológico del muestreo. El eje Y presenta la concentración de la sustancia en partes por millón (ppm).

Gráfica #1:
Alcalinidad por sitio de muestreo.



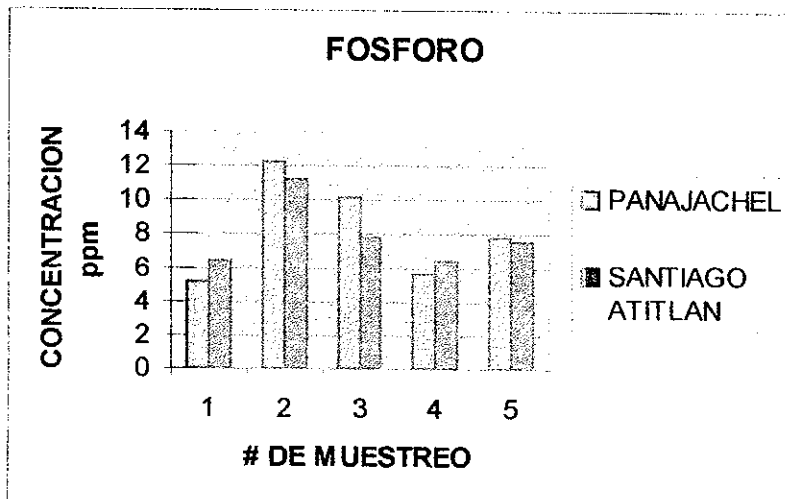
Se puede observar que en los primeros tres muestreos ambos sitios presentaron alcalinidades similares, entre el rango de 390 y 400 ppm. En los muestreos 4 y 5, Santiago Atitlán presentó valores inferiores a las 360 ppm, mientras que Panajachel se mantuvo entre los 380 y 400 ppm.

Gráfica #2:
Dureza por sitio de muestreo.



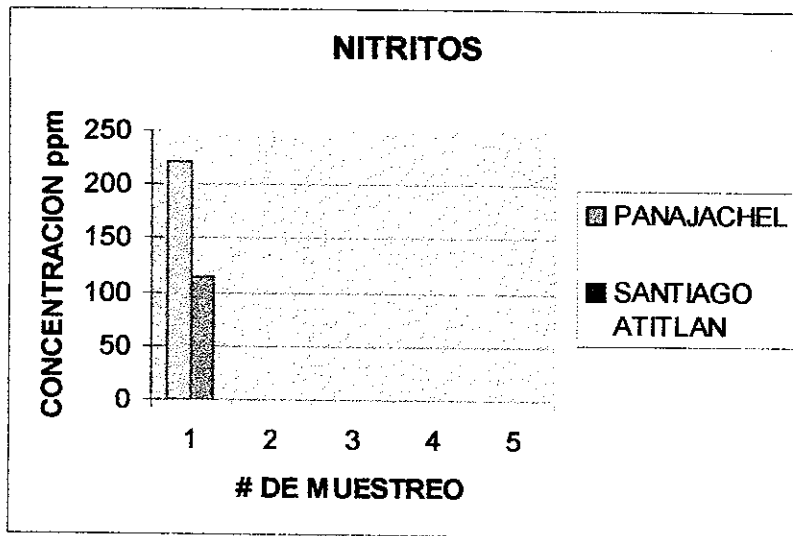
La concentración de carbonato de calcio (indicador de dureza en el estudio) en Panajachel y Santiago Atitlán presentó un comportamiento similar en todos los muestreos, encontrándose entre un rango de 140 y 170 ppm

Gráfica # 3
Fósforo por sitio de muestreo.



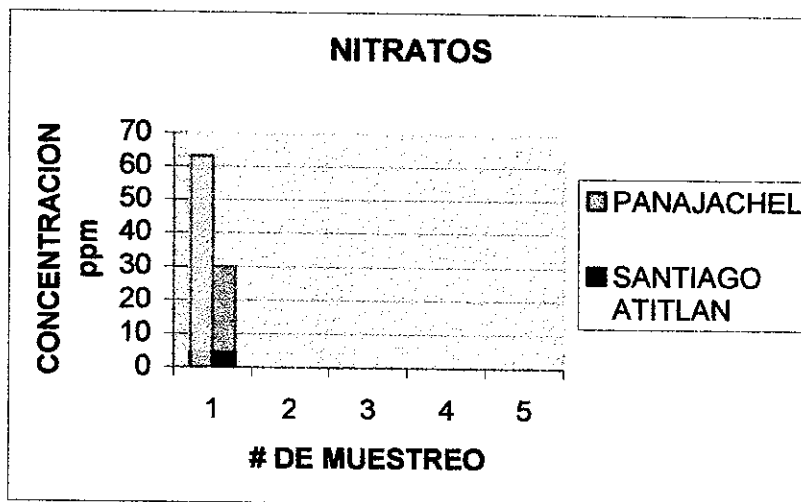
El fósforo presentó concentraciones fluctuantes en los muestreos. EL comportamiento de los datos fue similar en Panajachel como en Santiago Atitlán. Las concentraciones más bajas se observaron en los muestreos 1 y 4, mientras que las más altas pertenecieron al muestreo 2.

Gráfica # 4
Nitritos por sitio de muestreo.



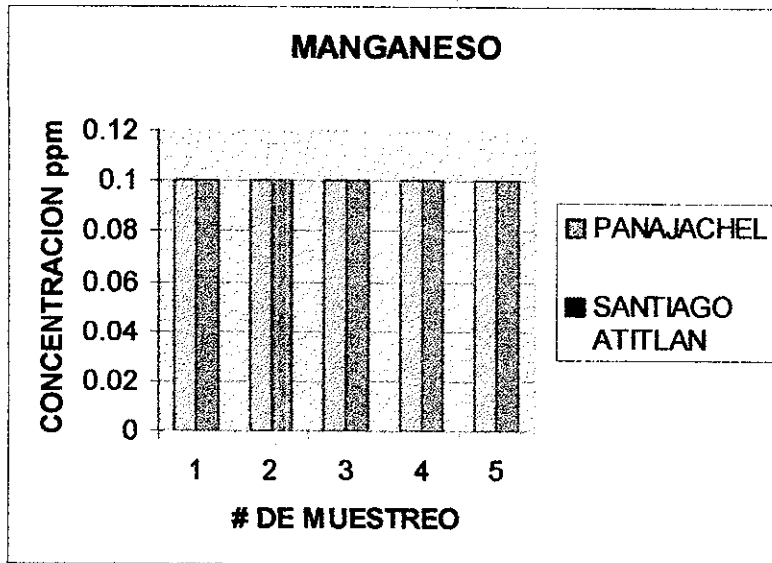
Los nitritos fueron detectados únicamente durante el primer muestreo.

Gráfica #5
Nitratos por sitio de muestreo.



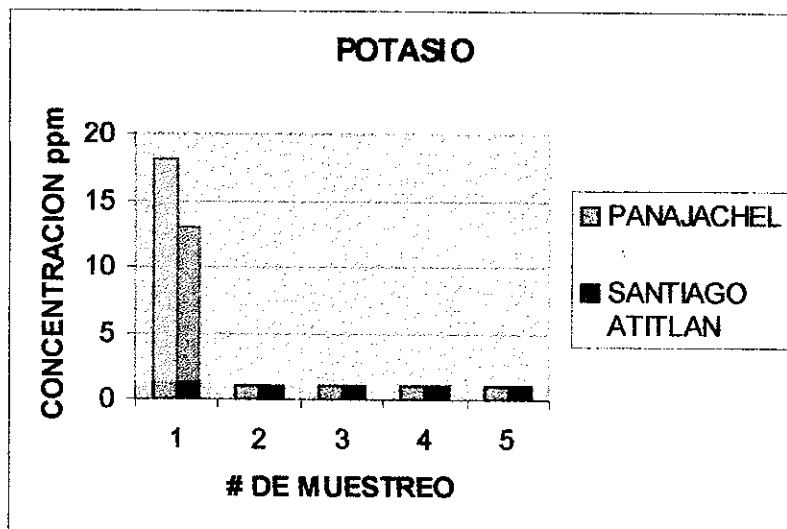
Los nitratos también fueron detectados solamente en el primer muestreo.

Gráfica # 6:
Manganeso por sitio de muestreo.



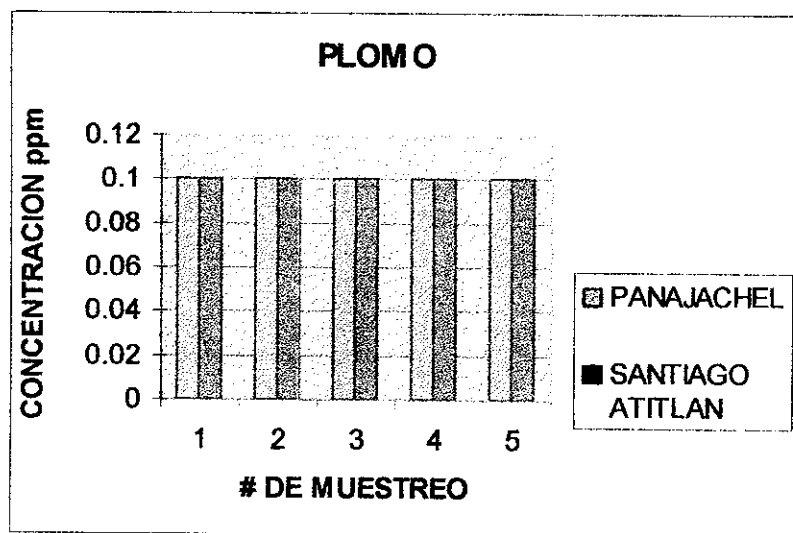
El manganeso presentó en todos los casos una concentración máxima de 0.1 ppm, no hubo diferencia entre los sitios de muestreos.

Gráfica # 7
Potasio por sitio de muestreo.



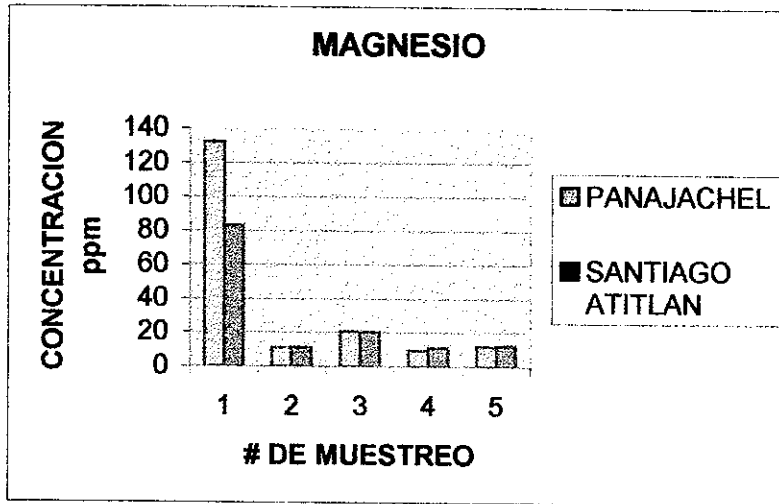
La concentración de potasio mostró en ambos sitios, sus valores máximos durante el primer muestreo 18 ppm en Panajachel y 13 ppm en Santiago Atitlán. Del segundo al quinto muestreo las concentraciones fueron uniformes, con valor máximo de 1 ppm.

Gráfica # 8
Plomo por sitio de muestreo.



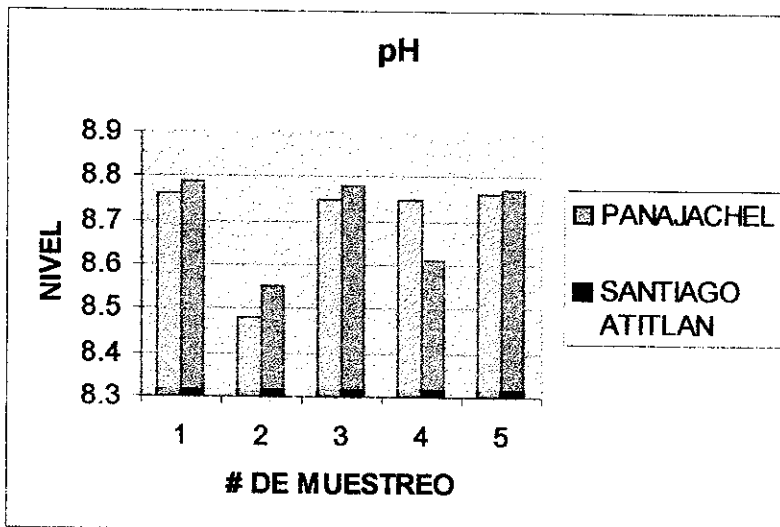
La concentración de plomo fue uniforme en ambos sitios, durante todos los muestreos, presentando valores máximos de 0.1 ppm.

Grafica # 9
Magnesio por sitio de muestreo.



Durante el primer muestreo, Panajachel y Santiago Atitlán presentaron las concentraciones máximas de magnesio, alcanzando valores superiores a 130 ppm y 80 ppm respectivamente. Las concentraciones encontradas del segundo al quinto muestreo fueron marcadamente inferiores, encontrando el valor máximo a los 20 ppm.

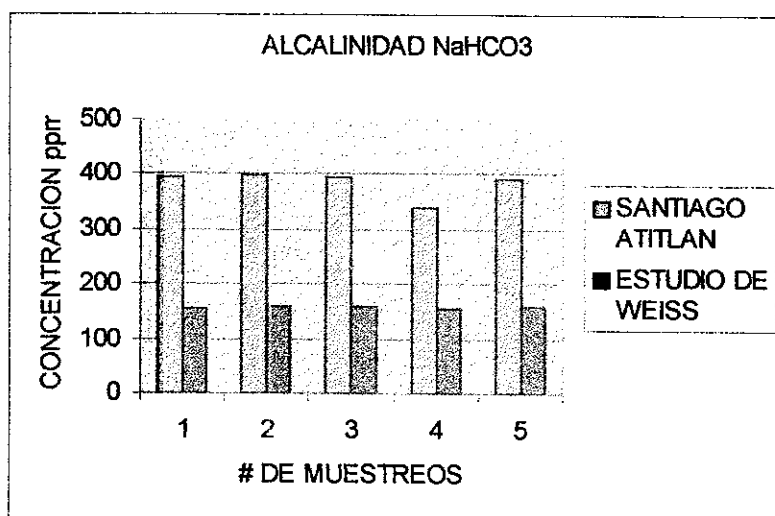
Gráfica # 10
pH por sitio de muestreo.



El nivel de pH fue fluctuante entre los muestreos, sin embargo el comportamiento fue similar entre ambos sitios. El rango de pH se mantuvo entre 8.5 y 8.8.

8.3. Comparacion de resultados de la investigación con el estudio Weiss realizado entre 1968 y 1969. Para alcalinidad, dureza, y nivel de pH

Gráfica# 11
Alcalinidad NaHCO₃ por sitio de muestreo.

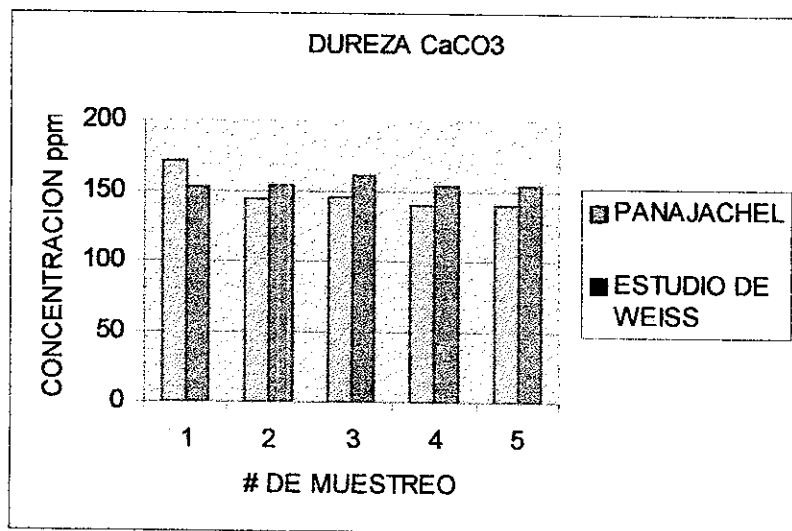


Los niveles de alcalinidad encontrados en las muestras de Santiago Atitlán fueron marcadamente superiores a los reportados por Weiss.

En Santiago Atitlán los valores de los muestreos 1, 2, 3 y 5 fueron próximos a los 400 ppm, mientras que los valores de Weiss llegaron a los 160 ppm.

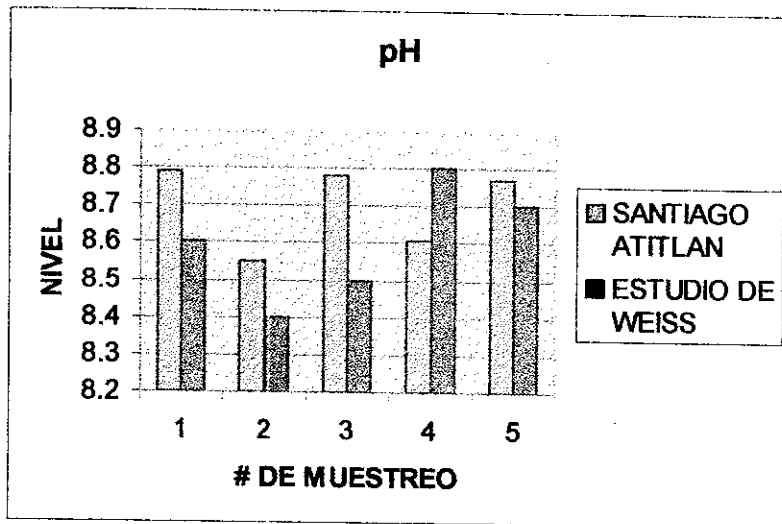
El estudio de Weiss, presentó concentraciones marcadamente superiores a las encontradas en Santiago Atitlan en el estudio. La mayor concentración en Santiago Atitlán se encontró en el tercer muestreo, presentando un valor máximo de 160 ppm.

Gráfica # 14
Dureza CaCO₃ por sitio de muestreo.



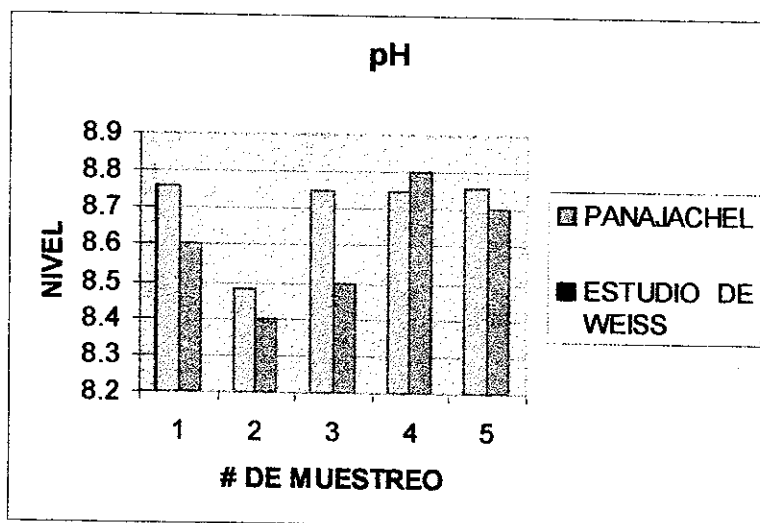
La dureza encontrada en Panajachel fue similar en todos los muestreos a los resultados reportados por Weiss entre 1968 y 1969. En el primer muestreo, Panajachel presentó la mayor concentración, con un valor de 170 ppm.

Gráfica # 15
pH por sitio de muestreo.



El nivel de pH de Santiago Atitlan fue superior el 80% de las veces (4 muestreos) a los niveles reportados por Weiss. Sin embargo, el rango de pH se mantuvo entre 8.4 y 8.8.

Gráfica # 16
pH por sitio de muestreo.



Los niveles de pH encontrados en las muestras provenientes de Panajachel, fueron mayores que los reportados por Weiss. El valor máximo de Weiss fue 8.8.

8.4. ANALISIS ESTADISTICOS DE LOS RESULTADOS

El anexo # 3 presenta en detalle los cálculos estadísticos realizados. Según la prueba estadística de Mann Whitney (estadística no paramétrica) no existe diferencia significativa entre las concentraciones de los analitos detectados en los dos sitios de muestreo.

Según la misma prueba se determinó que no existe diferencia significativa entre las concentraciones de alcalinidad y dureza y el valor de pH en los sitios de muestreo respecto a los resultados presentados por Weiss.

IX. DISCUSION DE RESULTADOS:

Comparando los analitos detectados y cuantificados en los sitios muestreados hubo tendencia de concentraciones (en ppm. o mg/l)mayores en Panajachel, respecto a Santiago Atitlán, en dureza, fósforo, nitratos , nitritos, potasio y magnesio, sin embargo estadísticamente (método Mann Whitney) la diferencia no es significativa, por lo cual se descarta la hipótesis propuesta en el estudio.

Promediando las concentraciones de CaCO_3 para determinar dureza, Panajachel presentó 147.4 ppm vrs 143.4 ppm. en Santiago Atitlán. Estos valores se encuentran por debajo del valor máximo permisible según el COGUANOR =500 ppm.

En el caso del fósforo los promedios de concentraciones fueron de 8.206 en Panajachel vrs 7.878. ppm en Santiago Atitlán. Estas concentraciones están sobre el máximo permisible, siendo 1300 miligramos/l para ortofosfatos, según la OMS.

Los nitritos y nitratos fueron detectados sólo durante el primer muestreo, y en ambos casos los valores mayores los presentó Panajachel,.

Para los nitratos el valor promedio de Panajachel duplicó el de Santiago Atitlán (63 vrs 30 ppm). Ambas concentraciones son superiores al límite máximo permisible según COGUANOR (4500 micro gramos/l).

El valor promedio de nitritos de Panajachel, también duplicó el de Santiago Atitlán (220 vrs 114 ppm). Estas concentraciones están sobre el límite máximo permisible según COGUANOR (10 microgramos /l)

Debido a que únicamente se detectó nitratos y nitritos en el primer muestreo, en

concentraciones muy superiores a los límites máximos, es probable que estas se debieran a algún tipo de contaminación de los recipientes en donde se colectó el agua durante el muestreo.

Para el potasio, este presentó valores promedio fueron significativamente superiores en el primer muestreo. En Panajachel 18 ppm vrs 13 en Santiago Atitlán, para los otros muestreos se presentaron valores inferiores a 1. La OMS, no cuenta con límites máximos permisibles para este analito. Probablemente también ocurrió algún tipo de contaminación de los recipientes durante el primer muestreo.

El magnesio presentó valores promedio, superiores en Panajachel vrs Santiago Atitlán (36.97 vrs 27.72 ppm)

La alcalinidad NaHCO_3 , presentó valores promedio superiores en Santiago Atitlán respecto a Panajachel (395.9 vrs 377 ppm) estos valores se encuentran sobre el límite máximo permisible según la OMS (100 mg/l)

Tanto el manganeso, plomo y el pH, presentaron concentraciones iguales en ambos sitios de muestreo.

El manganeso presentó en todos los casos valores inferiores a 0.10 ppm. El límite máximo permisible es de 0.5 ppm.

El plomo presentó en todos los casos, valores inferiores a 0.10 ppm. Según el COGUANOR, se encuentra en el límite permisible (0.10 ppm)

Según el análisis estadístico, no existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos por Weiss (1968-1969) de pH, alcalinidad NaHCO_3 y dureza CaCO_3 , respecto a los resultados de este estudio.

El pH analizado en el estudio presentó (en ambos puntos) valores promedio superiores (más básicos) 8.70 que en el de Weiss 8.60, sin embargo ambos resultados se mantuvieron en valores cercanos a 8.

La alcalinidad NaHCO_3 promedio de Santiago Atitlán del estudio, duplicó los valores reportados por Weiss (383.74 vrs 157.2 ppm). En ambos casos, los valores son superiores al límite máximo permisible (100 mg/l) según la OMS.

La alcalinidad NaHCO_3 promedio de Panajachel también duplicó a los valores reportados por Weiss (377.62 vrs 157.2 ppm). Como en el caso anterior, están sobre el límite máximo permisible.

Los valores de dureza CaCO_3 reportados por Weiss (154.6ppm) fue mayor a los valores promedio encontrados en Panajachel (147.47ppm) y en Santiago Atitlán (143.46ppm).

Todos los valores se encuentran bajo el máximo permisible (500 ppm) según COGUANOR.

X. CONCLUSIONES:

1. Estadísticamente no existe diferencia significativa entre las concentraciones de analitos detectados en Panajachel respecto a los de Santiago Atitlán, sin embargo las concentraciones promedio de magnesio, potasio, fósforo, nitrito y nitrato presentaron valores superiores en Panajachel. La excepción fue la alcalinidad, que en promedio presentó valores superiores en Santiago Atitlán.
 2. Los analitos que se encontraron en el estudio, cuyos valores están situados entre los máximos permisibles según la OMS y COGUANOR son: el plomo y la dureza.
 3. Los analitos que se encontraron sobre el máximo permisible según la OMS y COGUANOR fueron el fósforo, manganeso, la alcalinidad, nitratos y nitritos.
 4. El pH, manganeso y plomo presentaron los mismos valores en los dos sitios de muestro.
 5. Estadísticamente no existe diferencia significativa entre las concentraciones de alcalinidad y dureza, y el valor de pH, reportados por Weiss en su estudio realizado entre 1968-1969, respecto a los resultados del presente estudio.
-

XI. RECOMENDACIONES:

1. Debido a su importancia natural, económica y cultural, es necesario continuar los monitoreos limnológicos del lago de Atitlán. Se recomienda realizar muestreos durante todo el año (época seca y lluviosa), en todos los poblados que rodean el lago.
 2. En próximos estudios aumentar el número de muestreos.
-

XIII. ANEXOS

Anexo #1: MAPAS DEL LAGO DE ATITLAN.

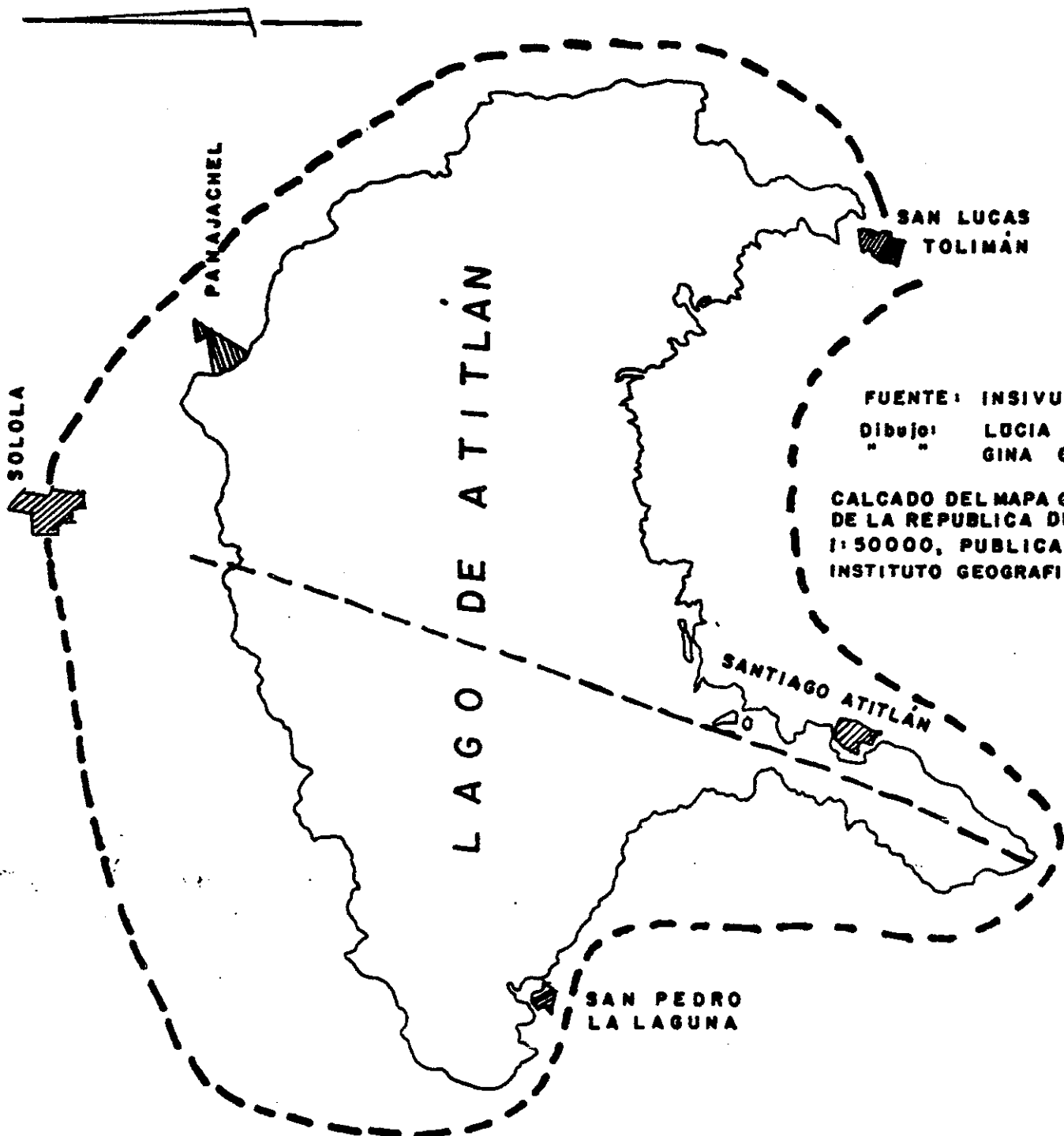
- 1.1 ESQUEMA GENERAL DEL LAGO DE ATITLAN. SITIOS DE MUESTREO . Fuente: PARQUES NACIONALES Y VIDA SILVESTRE - INAFOR-
- 1.2. MAPA DE ZONIFICACION DEL LAGO DE ATITLAN.-
Fuente: ANTEPROYECTO PLAN DE MANEJO “ PARQUE NACIONAL ATITLAN”
- 1.3. MAPA DE PENDIENTES DEL LAGO DE ATITLAN.
Fuente: ANTEPROYECTO PLAN DE MANEJO “PARQUE NACIONAL ATITLAN “
- 1.4. MAPA DEL PATRON DE DRENAJE EN LA CUENCA DEL LA GO DE ATITLAN. Fuente: ANTEPROYECTO PLAN DE MANEJO DEL LAGO DE ATITLAN.

Anexo# 2: GENERALIDADES DE LOS PARAMETROS DE CONTAMINACION REFERIDOS EN EL ESTUDIO.

Anexo# 3: ANALISIS ESTADISTICO, APLICADO A LOS RESULTADOS .

AREA PROTEGIDA DE USOS MULTIPLES

CONAP

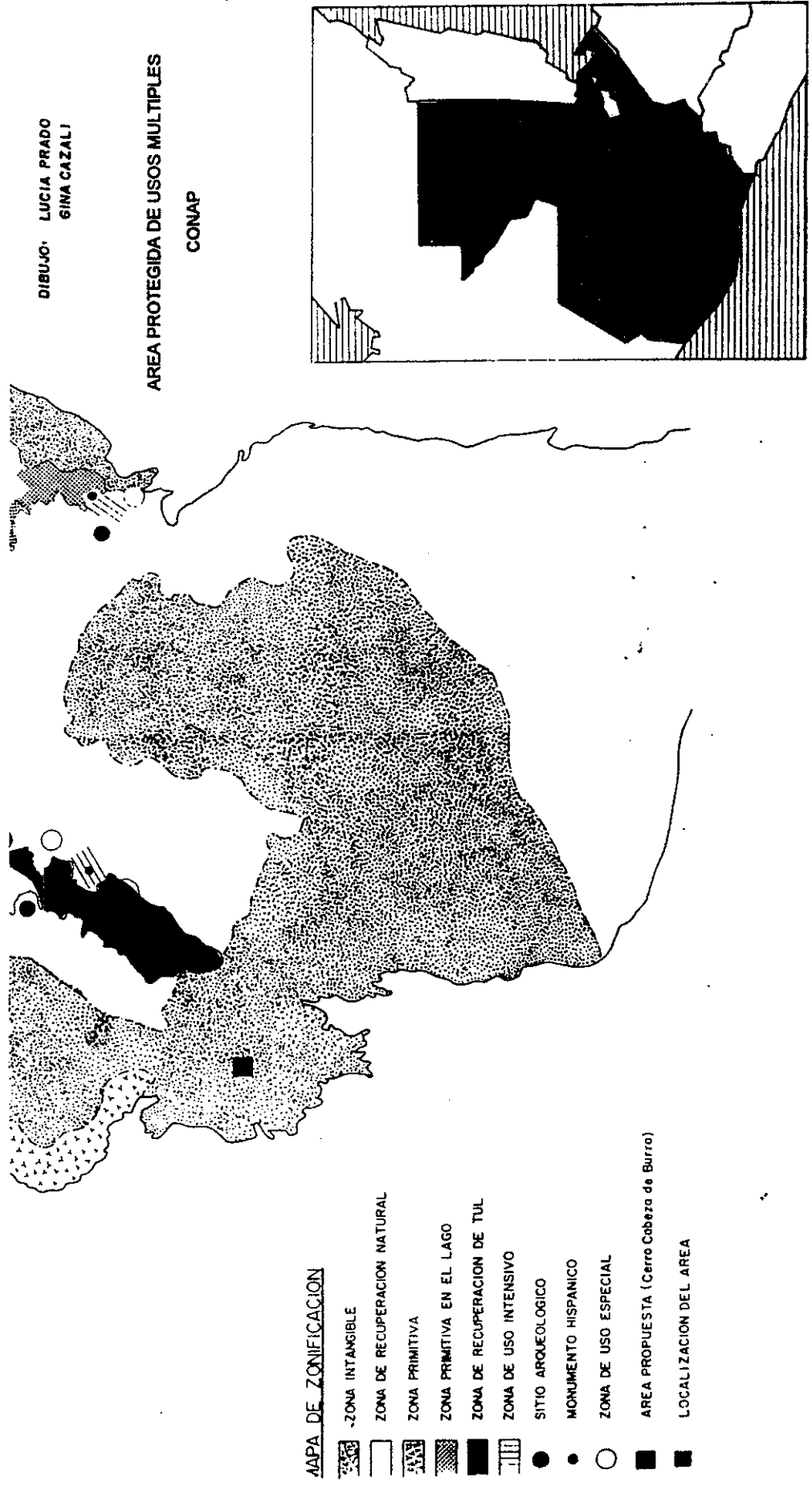


FUENTE: INSIVUMEH, 1983

Dibujo: LUCIA PRADO
" " GINA CAZALI

CALCADO DEL MAPA GEOGRAFICO
DE LA REPUBLICA DE ESCAL
1:50000, PUBLICADO POR
INSTITUTO GEOGRAFICO NACIO












FALLA TECTONICA EN LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLAN - - - -

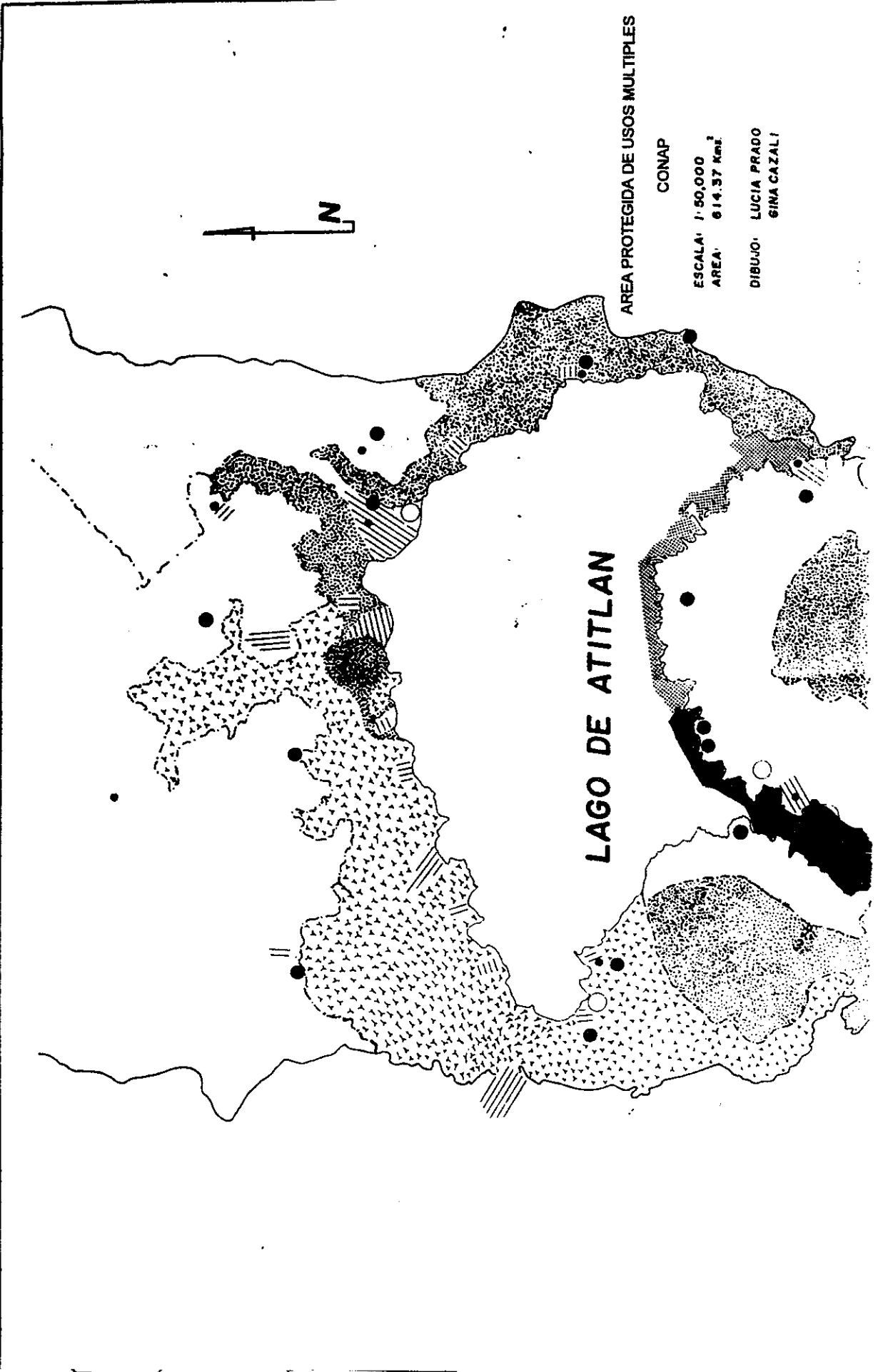


DIBUJO: LUCIA PRADO
GINA CAZALI

AREA PROTEGIDA DE USOS MULTIPLES
CONAP

AAPA DE ZONIFICACION

-  ZONA INTANGIBLE
-  ZONA DE RECUPERACION NATURAL
-  ZONA PRIMITIVA
-  ZONA PRIMITIVA EN EL LAGO
-  ZONA DE RECUPERACION DE TUL
-  ZONA DE USO INTENSIVO
-  SITIO ARQUEOLOGICO
-  MONUMENTO HISPANICO
-  ZONA DE USO ESPECIAL
-  AREA PROPUESTA (Cerro Cabeza de Burro)
-  LOCALIZACION DEL AREA



AREA PROTEGIDA DE USOS MULTIPLES

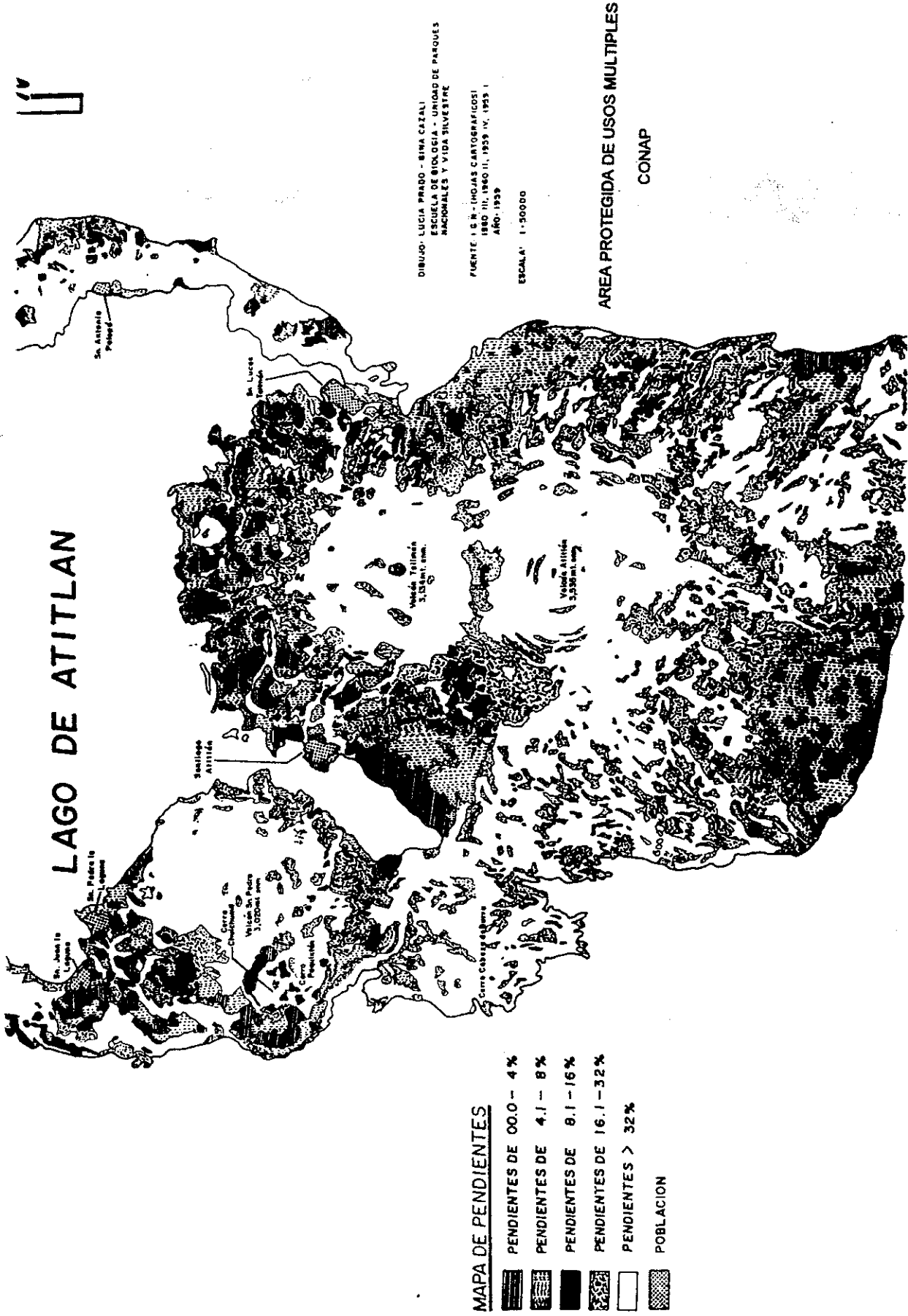
CONAP

ESCALA: 1:50,000

AREA: 614.37 Km²

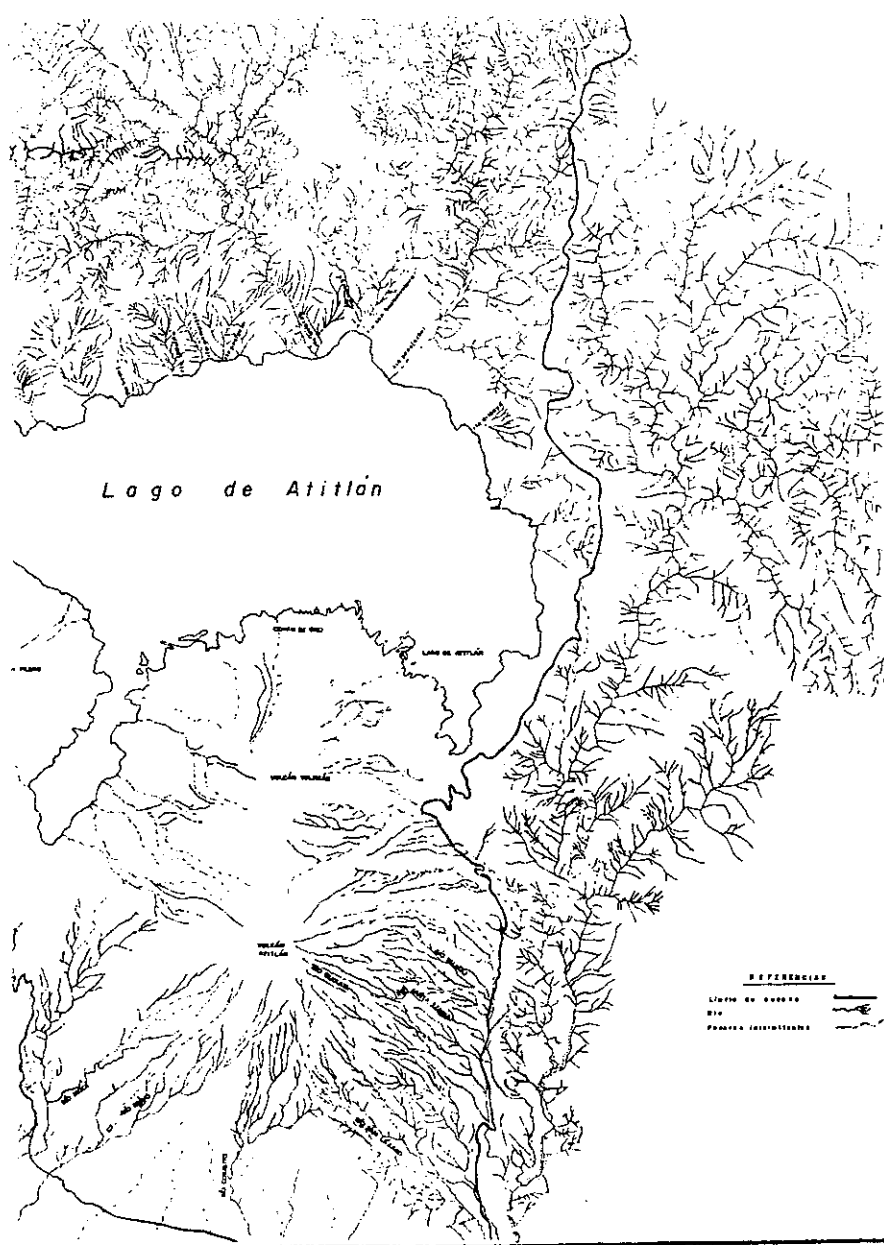
DIBUJO: LUCIA PRADO
GINA CAZAL

LAGO DE ATITLAN



LAGO DE ATITLAN





GENERALIDADES DE LO PARAMETROS DE CONTAMINACION REFERIDOS EN EL ESTUDIO

FOSFORO: Es un parámetro importante en el desarrollo de la vida en el seno del agua, ya que es imprescindible para su desarrollo, pero concentraciones muy altas actúan como inhibidor del desenvolvimiento de ciertas especies. El fósforo se encuentra en aguas naturales y en aguas de desecho casi solo en forma de **ORGANOFOSFATOS**. Los organofosfatos son los constituyentes principales de detergentes. Aplicados como fertilizantes en la agricultura puede pasar al agua al ser arrastrados por la lluvia.

(Tabarini, A 1975)

MAGNESIO: Constituye 2.1% de la corteza terrestre. Por ser muy activo químicamente, no se encuentra en estado elemental en la naturaleza. Es esencial para el cultivo normal de plantas, los cationes calcio y magnesio en agua de irrigación tienden a guardar el suelo permeable y se obtienen buenos cultivos. Los animales requieren sales de magnesio en su dieta.

(Tabarini, A, 1975)

MANGANESO: No se encuentra puro en la naturaleza, pero sus minerales son comunes. El metal o sus sales son usadas extensamente en aleaciones con acero, baterías secas, en vidrios, cerámica, manufactura de pinturas y barnices, en tintas y tintes, y en agricultura. Los cloruros, nitratos y sulfatos de manganeso son altamente solubles en agua, pero los óxidos, carbonatos e hidróxidos son poco solubles.

El manganeso es poco deseable en el abastecimiento de agua doméstica, porque causa sabor desagradable, depósitos en los alimentos durante su cocimiento y otros.

(Tabarini, A 1975)

NITRATOS: Producto final de la estabilización aeróbica del nitrógeno orgánico, y como tal ocurre en aguas contaminadas, y estas al utilizarlas tienen que pasar por autopurificación.

Pueden ocurrir en la percolación del agua subterránea como resultado de excesiva aplicación de fertilizantes. Sirven como fertilizante esencial de todos los tipos de plantas desde fitoplancton a árboles.

(Tabarini, A 1975)

NITRITOS: Formados en el agua generalmente por acción de las bacterias, sobre el amonio y el nitrógeno orgánico. Debido a que son oxidados rápidamente a nitratos, raramente están presentes en concentraciones significativas en agua superficial. En unión con amonio, nitratos y nitritos en el agua son indicadores de polución. Es venenoso, pero se encuentra ordinariamente en pequeñas cantidades en agua de beber. Estimula el crecimiento de plancton y algas, y hacen a las bebidas más susceptible a la acción de bacterias.

(Tabarini, A 1975)

POTASIO: La presencia de aumento de cantidad de sodio y potasio no ejerce acción activa sobre el organismo humano. Si el contenido de potasio o sodio en aguas sufre incremento brusco, ello puede ser indicio de contaminación.

(Tabarini, A 1975)



DUREZA: Es considerada generalmente como la característica del agua la cual representa la concentración total de iones de calcio y magnesio expresados como carbonato de calcio.

(Ayres, 1979)

pH: En un lago de concentración iónica como Atilán, el pH de una muestra de agua puede ser usada para describir ciertas actividades biológicas de la muestra. pH altos son asociados generalmente con actividad de fitoplancton, el cual utilizando el bicarbonato disponible causa un cambio de pH hacia una escala más alcalina.

BICARBONATO, CARBONATO E HIDROXILO: La alcalinidad en agua naturales debida a una o más combinaciones de los iones bicarbonato, carbonato e hidroxilo.

En algunos procesos industriales la alcalinidad es inconveniente especialmente en los procesos que involucran la producción de alimentos y bebidas, ya que neutralizan el sabor

(Ayres, 1979)

ALCALINIDAD DE BICARBONATO: Valores de alcalinidad de bicarbonato deberían ser aproximadamente inversos a los valores de pH. Este es pH altos están asociados con baja alcalinidad de bicarbonato y viceversa.

(Ayres, 1979)

ANALISIS ESTADISTICO APLICADO A LOS RESULTADOS

H_0 = No existe diferencia significativa entre la concentración del analito detectado en Panajachel y Santiago Atitlán.

H_a = existe diferencia significativa entre la concentración del analito detectado en Panajachel y Santiago Atitlán.

Nota: muestra A= Panajachel N_1 = número de observaciones muestreo Panajachel
muestra B= Santiago Atitlán N_2 = número de observaciones muestreo Santiago Atitlán.

1. Alcalinidad (NaHCO_3)

N_1 = 5

N_2 = 5

Rango A= 7 U_A = 33

Rango B= 17 U_B = 21 (por ser el valor menor, es el que sirve para comparar con U_0)

U_0 = 2 (a un alfa de 0.025)

Conclusión= no se rechaza H_0 .

2. Dureza (CaCO_3)

N_1 =5 N_2 =5

Rango A= 12.5 Rango B=11.5

U_A = 27.5 U_B = 28.5

U_0 = 3 (a un alfa de 0.025)

Conclusión= no se rechaza H_0 .

3. Fósforo

N_1 = 5 N_2 = 5

Rango A= 11.5 Rango B= 12.5

U_A = 28.5 U_B = 27.5

U_0 = 3 (alfa 0.025)

Conclusión= no se rechaza H_0 .

4. Potasio

$N_1 = 5$ $N_2 = 5$

Rango A= 11 Rango B= 10

UA= 29 UB= 30

$U_o = 3$ (alfa 0.025)

Conclusión= no se rechaza H_o .

5. Magnesio

$N_1 = 5$ $N_2 = 5$

Rango A= 11 Rango B= 14

UA= 29 UB= 26

$U_o = 3$ (alfa 0.025)

Conclusión= no se rechaza H_o .

6. pH

$N_1 = 5$ $N_2 = 5$

Rango A= 9.4 Rango B= 14.7

UA= 30.6 UB= 25.3

$U_o = 3$ (alfa 0.025)

Conclusión= no se rechaza H_o .

Comparaciones de dureza, alcalinidad y pH del estudio con el realizado por Weiss en 1968-1969

H_o = no existe diferencia significativa entre las concentraciones de analitos reportadas por Weiss y el presente estudio.

H_a = existe diferencia significativa entre Weiss y el estudio.

7. PH Panajachel-Weiss

A =Panajachel B= Weiss N_1 = observaciones de Panajachel. N_2 = observaciones de Weiss

$N_1 = 5$ $N_2 = 5$

Rango A= 17 Rango B= 8

UA= 23 UB= 32

$U_o = 3$ (alfa 0.025)

Conclusión = no se rechaza H_o .

8. pH Santiago-Weiss

A= Santiago Atitlan B=Weiss

$N_1 = 5$ $N_2 = 5$

Rango A= 17 Rango B= 8

UA= 23 UB= 32

$U_o = 3$ (alfa 0.025)

Conclusión= no se rechaza H_o .

9. Alcalinidad Panajachel-Weiss

$N_1=5$ $N_2=5$

Rango A= 15 Rango B=0

UA= 15 UB=40

$U_0=3$ (alfa 0.025)

Conclusión no se rechaza H_0 .

10. Alcalinidad Santiago- Weiss

$N_1=5$ $N_2=5$

Rango A= 25 Rango B= 0

UA= 15 UB= 40

$U_0=3$ (alfa 0.025)

Conclusión no se rechaza H_0 .

11. Dureza . Panajachel-Weiss

$N_1=5$ $N_2=5$

Rango A=5 Rango B=20

UA= 35 UB=20

$U_0=3$ (alfa 0.025)

Conclusión no se rechaza H_0 .

12. Dureza Santiago-Weiss

$N_1=5$ $N_2=5$

Rango A= 0 Rango B=25

UA= 40 UB= 15

$U_0=3$ (alfa 0.025)

Coclusión= no se rechaza H_0 .

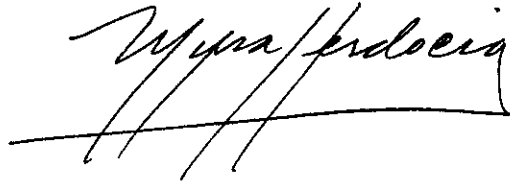
XIII. GLOSARIO

Aleatorio	Fortuito, al azar.
Analito	Sustancia química sujeta a análisis.
Autosostenido	Calidad de bastarse o mantenerse a sí mismo.
Cuenca	Territorio cuyas aguas afluyen todas a un mismo río, lago o mar.
Endémico	Planta o animal confinado a un determinado país o región.
Eutroficación	Proceso por el cual se enriquecen con sustancias nutritivas las aguas superficiales. Tiene por resultado el desarrollo de los organismos vegetales, en especial de algas, la disminución de la fauna acuícola y el empobrecimiento de la calidad del agua.
Índice de contaminación	Número que establece el grado de contaminación producido por una sustancia química.
Lacustre	Perteneciente o relativo a los lagos.
Limnología	Ciencia que estudia los lagos.
Microgramo	Unidad de peso equivalente a una millonésima de gramo o una milésima de miligramo.
Monitoreo	Observación y seguimiento de un fenómeno o proceso, en un período de tiempo determinado.
Parámetro	Cualquier constante característica de una población.
Plancton	Masa de seres vivientes animales o vegetales que viven en suspensión en las aguas dulces y saladas.
Rango	Límites inferior y superior entre los que se establece un determinado parámetro.
Tectónico	Perteneciente o relativo a la estructura de las rocas y a sus formas externas resultantes de la deformación de la corteza terrestre.

XIV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. American Public Health Association. 1963. Método estándar para el examen de aguas y aguas de desecho, incluyendo sedimentos bentales y lodos. Cababello, P. Trad. American Water Works Association. Interamericana. México. 580pp.
2. Asesoría Basterrechea S.A. 1993. Estudio técnico para la recategorización del Parque Nacional Atitlán. Asociación de Amigos del Lago de Atitlán. Guatemala. 189 pp.
3. Ayres, G. 1979. Análisis químico cuantitativo. Séptima reimpresión. Harper & Row Latinoamericana. México. 740pp.
4. Castañeda, C. 1995. Sistemas Lacustres de Guatemala. Recursos que mueren. Edit. Universitaria. USAC. Guatemala. xxi + 196pp.
5. Castillo, A y Ojeda, M. 1994. Principios de la estadística no paramétrica. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 121-134p. 159pp.
6. --- 1961. Diccionario Geográfico de Guatemala. Tomo I. Dirección general de cartografía. Guatemala. 30-31 p.
7. Documentos del CDC, CECON, con los siguientes códigos: 274, 153, 157, 145, 156, 254, 158, 159, 164, 391, 393, relacionados con el Lago de Atitlán y el pato Poc.
8. Gall, F. 1981. Diccionario geográfico nacional tomo II y III. Copilación crítica. Guatemala.

9. Mendenhall, W. Et al. 1986. Estadística matemática con aplicaciones. Grupo editorial Iberoamérica. México. 621-626p. 751pp.
10. Merck. Análisis del agua. Novena ed. E.Merck, Darmstadt. R.F. de Alemania. 226 pp.
11. Schaeffer, P. 1974. Lake Atitlán. Phillip Schaeffer productions. Panajachel, Sololá. Guatemala. 85 pp.
12. --- 1968. Seminario de la integración social guatemalteca. Los pueblos del lago de Atitlán. Publicación #3. Tipografía nacional. Guatemala. 340 pp.
13. Serrano, M. 1970. El lago de Atitlán. vol. III Colección de la casa de la cultura de Occidente. Tipografía nacional. Guatemala. 216 pp.
14. Susnhine, I. 1978 .Methodology for Analytical toxicology CRC Press, Inc. Florida, USA.
15. Tabarini, A y col. 1975. La eutroficación del Lago de Amatitlán. Informe preliminar.
16. Weiss, C. 1971. Investigación sobre la calidad del agua, Lago de Atitlán. 146pp.
17. Chevalier, R. 1965. Radiestesia. 5ta edición. Sintés. España. 215pp.



Myra Lissette Herdocia Villeda

Autora

Rodolfo Castillo E.
Ing. Rodolfo Castillo Escobar

Asesor



MSc. Oscar Francisco Lara López

Director



Licda Hada Marijeta Alvarado Beteta

Decana