



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DEPARTAMENTO DE PROTECCION VEGETAL

ANALISIS MICROBIOLOGICO Y FISICO-QUIMICO DE LAS AGUAS DE
POZOS DEL CANTON TECUALUYA, DEPARTAMENTO DE LA PAZ.

REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE :
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

POR :

FRANKLIN JANUARIO GARCIA RODRIGUEZ



SAN SALVADOR, JULIO DE 1993.

T-015
1304
6216a
1975

001143
Ej 1.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : DR. FABIO CASTILLO FIGUEROA

SECRETARIO GENERAL : LIC. MIRNA ANTONIETA PERLA DE ANAYA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS

DECANO : ING. AGR. GALINDO ELEAZAR JIMENEZ MORAN

SECRETARIO : ING. AGR. MORENA ARGELIA RODRIGUEZ DE SOTO

d) por su Secretaría de La Fac. de C. A. A. / Febrero / 1999

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCION VEGETAL


ING. AGR. WIGBERTO LARA RODRIGUEZ

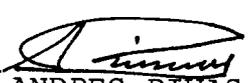
ASESORES :

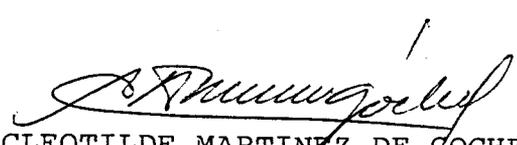

DRA. FRANCISCA CAÑAS DE MORENO


T.M. THELMA DE DEL CASTILLO

JURADO EXAMINADOR :


ING. AGR. BLANCA DAYSI AVILA DE SOLANO


ING. AGR. ANDRES RIVAS FLORES


LIC. CLEOTILDE MARTINEZ DE GOCHEZ

RESUMEN

Se realizó análisis microbiológico (incluyendo análisis microscópico) y físico-químico del agua de pozos en el Cantón Tecualuya, La Paz.

Se incluyeron a estos, muestreos de agua de los Ríos Comalapa y Cacapa (Aguacula); así como muestras de agua potable (chorro público) de San Luis Talpa y del Campo Experimental y de prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Se efectuaron muestreos para los diferentes análisis en lapsos de veinte a treinta días, durante los meses de agosto de 1990 a octubre de 1991.

En el análisis microscópico, las muestras de pozos y de los ríos hubo presencia de algas diatomeas y cianofíceas.

Con respecto al análisis bacteriológico se encontró que las muestras de pozos y de ríos presentaron presencia de bacterias coliformes con excepción de las muestras de agua potable.

Dichas bacterias se presentaron en gran número, siendo las más representativas Escherichia coli, Aerobacter aerogenes, organismos que determinan contaminación por residuos fecales.

En el análisis físico se detectó que la mayoría de las muestras no reúnen condiciones aceptables en relación a los

límites establecidos por la OMS, el color aparente y real - así como la turbidez excede las normas establecidas para el agua potable.

En cuanto al análisis químico se determinó que un 53% del total de muestras, excedieron de gran manera los límites aceptables para consumo humano; el sílice y el calcio también tuvieron altos grados de contenido en mg/l.

Se determinó que ninguna de las muestras analizadas - representan garantías para el consumo, y que los habitantes del Cantón Tecualuya se encuentran con el grave peligro de padecer enfermedades gastrointestinales.

A G R A D E C I M I E N T O S

El autor desea expresar sus más sinceros agradecimientos a las siguientes personas e instituciones por la realización y finalización de este trabajo:

- A los Asesores : Dra. Fca. Cañas de Moreno y Lic. Thelma de Del Castillo. Por su colaboración hasta en el último momento de este trabajo.
- A los Jurados : Lic. Cleotilde Martínez de Gochez, Ing. Agr, Blanca Deysi de Solano, Ing. Andrés Rivas-Flores por sus aportes a este trabajo.
- Al Ing. Agr. Wigberto Lara Rodríguez por su colaboración en el desarrollo del trabajo microbiológico.
- A la señora Concepción Carballo, Tec. Laboratorista por su cooperación en el trabajo bacteriológico.
- A la Lic. Magdalena de Aguilar, Jefe del Departamento de Control Sanitario de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Por su colaboración en el desarrollo del análisis químico.
- Al Lic. Daniel Flores del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, por su aporte en aspectos bibliográficos.
- A los profesores de la Facultad de Ciencias Agronómicas por haber transmitido lo mejor de sus conocimientos.
- A la Universidad de El Salvador por haber permitido -- que desarrollara en su seno, la realización de una carrera profesional.

A TODOS, MUCHAS GRACIAS.

DEDICATORIA

- A Dios y su hijo, creador de toda la naturaleza

- A MIS PADRES :
Sebastián García Rivera (+)
por ser el ejemplo que cultivo la inspiración en
el área agrícola.
María Victoria Rodríguez de García
Por mostrar su deseo inexpugnable de alcanzar esta meta.

- A MI ABUELITA :
Angela Rodríguez, por su apoyo constante.

- A MIS HERMANOS :
José María y Dalis Aida y en especial a Claudia Eleonora
que aunaron esfuerzos para la consecución de este trabajo.

- A MIS HIJOS :
Jessica, Franklin Jr., Sthephany
Que me motivaron a continuar en la labor en que estaba en-
causado.

- A Dora Elizabeth: por ayudarme en todo momento a la finali-
zación de este.

- A MIS SOBRINOS:
En especial a José María III y Celia Shelvy por ser parti-
cipes en el presente trabajo.

- A mis familiares, compañeros y amigos: por ayudarme en el -
transcurso de la carrera.

Franklin Januario García R.

I N D I C E

	Página
RESUMEN	
AGRADECIMIENTOS	
DEDICATORIA	
INDICE DE CUADROS	
INDICE DE FIGURAS	
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Generalidades del agua	3
2.2. Origen	4
2.2.1. Aparición de océanos y primeras manifestaciones de vida	4
2.2.2. Circulación de agua en la atmós- fera	5
2.3. Importancia del agua	6
2.3.1. El agua como elemento vital	6
2.3.2. Consumo promedio humano	7
2.3.3. Importancia biológica del agua .	8
2.4. Composición química del agua	9
2.5. Propiedades químicas del agua	9
2.5.1. El agua como disolvente	10
2.5.2. El agua como ácido y como base .	12
2.5.3. El agua de cristalización o hi- dratación	13
2.5.4. Naturaleza dipolar del agua	13

	Página
2.5.5. Estados físicos del agua	15
2.6. Ciclo hidrológico	21
2.6.1. Lluvia o nieve	22
2.6.2. Agua de superficie	24
2.6.3. Corrientes de agua	25
2.6.4. Lagunas y lagos naturales	30
2.6.5. Embalses	32
2.6.6. Aguas subterráneas	32
2.6.7. Manantiales	34
2.6.8. Pozos someros y galerías de filtra ción	35
2.6.9. Pozos profundos	36
2.6.10. Hidrología y litología	37
2.7. Formas naturales del agua	42
2.7.1. Clasificación de los usos del agua en la agricultura	44
2.7.2. Relación entre humano y animal pa- ra establecer criterios de calidad del agua	46
2.7.3. Definición de calidad de agua de - uso agrícola	47
2.8. Detección de contaminantes por experimen- tos isotópicos (técnicas nucleares)	48
2.9. Enfermedades transmitidas por el agua	53

2.9.1.	Enfermedades transmitidas por el -	
	agua a humanos	54
2.9.1.1.	Transmisión fecal-oral .	54
2.9.1.2.	Diarrea por <u>Escherichia</u>	
	coli	59
2.9.1.3.	Enfermedades por vecto-	
	res de habitat acuáticos.	60
2.9.1.4.	Causas de patología in-	
	fantil	63
2.9.2.	Enfermedades transmitidas por el -	
	agua a animales	70
2.9.2.1.	Diarreas en animales ...	70
2.9.2.2.	Colibacilosis, Enteritis.	70
2.9.2.3.	Enfermedad entérica de -	
	los terneros	71
3.	MATERIALES Y METODOS	74
3.1.	Generalidades	74
3.1.1.	Localización del experimento	74
3.2.	Características del lugar	74
3.2.1.	Climáticas	74
3.2.2.	Edáficas	75
3.3.	Geología	75
3.3.1.	Formaciones geológicas diferencia-	
	das	78
3.4.	Estratigrafía	78

	Página
3.4.1. Formación San Salvador	80
3.4.2. Formación Cuscatlán	80
3.5. Hidrogeología	80
3.6. Características hidrogeológicas de las -- formaciones diferenciadas	80
3.7. El agua subterránea	83
3.7.1. Drenaje superficial	83
3.7.2. Drenaje subterráneo	84
3.7.3. Dirección del flujo subterráneo .	85
3.8. Los recursos del agua subterránea	87
3.8.1. Caudales subterráneos en escurri- miento	87
4. METODOLOGIA	90
4.1. Preparación de materiales	90
4.2. Preparación de cristalería	91
4.3. Preparación de medios de cultivo	91
4.3.1. Recuento total bacteriano	91
4.3.2. Investigación de coliformes	92
4.4. Fase de campo	93
4.4.1. Recolección de información, propie- tarios de pozos	93
4.4.2. Toma de muestras	93
4.5. Fase de laboratorio	95
4.5.1. Pruebas para análisis microbioló- gico	97
4.5.1.1. Recuento total bacteria- no	97
4.5.1.2. Investigación de presen- cia de bacterias coli- formes	98
4.5.2. Análisis microscópico	101

	Página
4.5.3. Proceso para análisis físico	101
4.5.4. Proceso para análisis químico	104
4.6. Normas	115
5. RESULTADOS	119
6. DISCUSION	159
7. CONCLUSIONES	176
8. RECOMENDACIONES	178
9. BIBLIOGRAFIA	187
10. ANEXOS	196
11. Glosario	215

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Composición en por ciento de algunos mate_ riales biológicos	8
2	Propiedades físicas de agua y de agua pe- sada	14
3	Densidad del hielo y del agua líquida ...	17
4	Diez principales causas de enfermedades - infecciosas parasitarias	67
5	Diez principales causas de consulta exter_ na	68
6	Enfermedades transmitidas por el agua ...	69
7	Lugares de muestreo, procedencia y destino del agua.....	96
8	Resultados, de recuentos de colonias (RTB)..	120
9	Resultados de la prueba Presuntiva, Inoculación de caldos lactosados despues de 24 hs. de incub. ...	122
10	Resultados de Inoculación de Caldos a medio MacConkey (prueba Confirmativa)	124
11	Diferenciación de organismos coliformes . aislados. Resultados de prueba Completa (IMVIC)....	126
12	Combinación de resultados al aplicar prue_ ba de IMVIC (prueba completa) para identi- ficar bacterias coliformes.....	128

Cuadro		Página
13	Resultados de análisis físico	131
14	Resultados analíticos de sustancias fís <u>i</u> co-químicas de aguas de pozos del Cantón Tecua luya, La Paz. oct. 1990-1991.....	133
15	Resultados de análisis de sustancias quí- micas	135
16	Resultados de elementos químicos (mg/L)...	137

INDICE DE FIGURAS

Figuras		Página
1	Representación de la molécula del agua.....	9
2	Estructura de la molécula del agua.....	19
3	Ciclo hidrológico.....	23
4	Proceso simplificado de producción y disposición final de aguas residuales.....	26
5	Infiltración en zonas agrietadas.....	39
6	Infiltración en las calizas.....	41
7	Infiltración en terrenos sueltos.....	41
8	Mortalidad por diarrea.....	66
9	Mapa de la República de El Salvador.....	76
10	Departamento de La Paz.....	77
11	Mapa de San Luis Talpa.....	79
12	Mapa geológico de San Luis Talpa.....	81
13	Mapa de puntos de agua de San Luis Talpa..	86

Figura		Página
14	Flujo de método de análisis microbiológico - del agua	100
15	Análisis microscópico	129
16	Color verdadero	139
17	Color aparente	140
18	pH	141
19	Turbidez	142
20	Alcalinidad total	143
21	Dureza total	144
22	Bióxido de carbono (CO ₂)	145
23	Conductividad eléctrica a 25 °C	146
24	Dureza carbonática	147
25	Dureza no carbonática	148
26	Bicarbonatos	149
27	Cloruros	150
28	Sílice	151
29	Fluoruros	152

Figura		Página
30	Calcio (Ca)	153
31	Magnesio (Mg)	154
32	Sodio (Na)	155
33	Hierro (Fe)	156
34	Manganeso (Mn)	157
35	Cloro libre (residual)	158
36	Abastecimiento de agua con pozo clavado ...	181
37	Filtros de arena	182
38	Aparato sencillo para clorar agua	183
39	Dispensor de cloro	185
40	Servicio sanitario recomendable	186

1. INTRODUCCION

En nuestro país, la enorme polución de aguas residuales en los mantos acuíferos hace que la ingesta de agua pura, libre de elementos nocivos para la salud (humana y animal) vaya día a día en detrimento de la población .

Obteniendo en forma negativa, más personas con enfermedades entéricas crónicas que pueden ser fatales.

La población campesina sufre mucho más que las poblaciones urbanas, por las condiciones antihigiénicas y sanitarias de las aguas que consumen; éstas, no son tratadas adecuadamente por el poco interés que existe en los niveles institucionales por mejorar el saneamiento del agua en el sector rural.

Las instituciones responsables de servir y controlar la potabilidad del agua, no llevan un control estricto sobre esto, por la falta de recursos asignados, falta de técnicos especializados en el área sanitaria, etc.

Los resultados obtenidos en este estudio, muestran en forma crítica el exceso de contaminantes orgánicos e inorgánicos dañinos para la salud de los pobladores del Cantón Tecualuya, La Paz.

La presencia de bacterias coliformes (E. coli, A. aerogenes, Proteus), muestran el grado de contaminación a que se encuentran expuestos los abastecimientos de agua, así como los niveles altos de elementos químicos presentes, demues-

tran lo peligroso que es consumir agua de bebida en esta zona.

Uno de los deseos principales en este estudio, es que se continúe esta labor hasta lograr erradicar los contaminantes que han generado un desequilibrio ambiental.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades del agua

El agua es un ejemplo importante de la complejidad y simplicidad simultánea de la naturaleza. Porque el agua - es mucho más compleja en su comportamiento de lo que parecería si consideramos su simple fórmula molecular. No obstante, esta fórmula sencilla es la que proporciona la clave para entender el complejo comportamiento del agua y las soluciones acuosas.

El agua que obtenemos de la naturaleza no es químicamente pura; las aguas de consumo provienen del subsuelo, y al pasar por los diferentes estratos de la corteza terrestre, arrastran sustancia de distinta especie (32, 48, 63).

Aunque algunas sustancias son provechosas para el organismo humano (yodo, fluor), otras, aunque no llegan a ser perjudiciales, producen colores, olores o sabores desagradables (algas, bacterias, virus, etc.) (32).

Las aguas superficiales son potencialmente peligrosas como portadoras de microorganismos patógenos, siempre que se pongan en contacto con el ser humano o sus viviendas; la bacteria E. coli, se considera indicador de contaminación fecal reciente (14, 41, 50).

De acuerdo a Pérez (51) explica que: pozos que han pro

ducido agua de buena calidad baja en hierro y manganeso por varios años, han llegado a producir de pobre calidad, cuando se han descargado residuos orgánicos en el suelo.

- Requisitos para agua pura

Las aguas aceptables para tratamiento no deben contener ni organismos, ni sustancias tóxicas, odoríferas o dañinas, que no puedan eliminarse fácil y efectivamente por el tratamiento ordinario de potabilización (1, 12, 13).

Las aguas crudas deben de encontrarse libres de cantidades excesivas de ácidos, organismos microscópicos o materia orgánica, que pueda interferir en alguna forma con la operación normal y con la eficiencia de los procesos de potabilización (12).

2.2. Origen

2.2.1. Aparición de los océanos y de las primeras manifestaciones de vida.

- Era Arqueozóica (39) :

Las rocas que formaban la superficie de la tierra continuaron enfriándose, hasta que el vapor de agua que contenía la atmósfera comenzó a precipitarse en forma de lluvia (ciclo hidrológico).

El agua procedente de estas lluvias iniciales, escurriéndose desde las zonas altas a las bajas, fue a depositarse en

las depresiones de la corteza, para formar los océanos primitivos.

De las profundidades del planeta brotaban rocas fundidas (Magma), originándose grandes volcanes; y la corteza terrestre se arrugaba, formando estos plegamientos, altísimas montañas.

En esta era debieron aparecer las primeras manifestaciones de vida en forma de seres de una sola célula semejantes a las bacterias actuales, los cuales no podían dejar huellas fósiles.

Los fósiles más antiguos conocidos son de fines de esta era y corresponden a impresiones de algas marinas muy rudimentarias.

La era Arqueozóica (vida arcaica) debió de durar unos 650 millones de años (39).

2.2.2. Circulación del agua en la atmósfera

El agua en la atmósfera no puede ser utilizada directamente, en su forma gaseosa. Debe pasar antes por otras dos fases: La condensación y la precipitación (Fig. 3).

Hay un proceso constante en virtud del cual el agua se evapora mezclándola con el aire atmosférico, como un gas más; se condensa luego pasando al estado líquido o sólido, al formar las pequeñas gotitas de agua y los cristales de nieve y hielo que constituyen las nubes y, por último, se precipita en forma de agua o nieve. Este proceso es deno-

minado circulación del agua en la atmósfera o Ciclo Hidrológico (39).

El Ciclo Hidrológico es de extraordinaria importancia para la vida del hombre. Si el agua no se evapora acabaría por filtrarse toda bajo el subsuelo o iría a los océanos, no quedando agua para precipitarse en forma de lluvias o nieve, ni para correr en ríos y arroyos y llenar los lagos (Fig. 4).

2.3. Importancia

2.3.1. El agua como elemento vital

El agua es una sustancia común en nuestra vida, hay agua donde quiera, cubre cerca de las tres cuartas partes de la superficie terrestre. Su vapor se difunde en la atmósfera (Fig. 3).

Como el agua es el "disolvente universal", tendremos que considerar a los disolventes no acuosos, como inusitados. Hay muchas pruebas que la vida empezó en un medio acuoso y las células de los seres vivos están formadas principalmente por agua (17, 53, 19).

El agua, sustancia que con justicia puede denominarse fluido de la vida, representa más del 90% de cada organismo (19).

Participa, tanto directa como indirectamente, en todas las reacciones metabólicas de los seres vivos (17, 19, 35).

El agua tiene muchas funciones como: disolvente, como reactivo químico o como producto de una reacción (17).

2.3.2. Consumo promedio

Las dos terceras partes del peso corporal de un hombre adulto, y un 80% del peso corporal de un niño de seis meses representa el agua en los humanos (35).

Se estima que el hombre promedio (154 lbs de peso) debe consumir unos tres cuartos de galón de agua, o sean 12 vasos de 8 onzas; la mujer promedio (120 lbs) debe tomar unos 8 vasos de agua diarios; las mujeres embarazadas, sin embargo deben tomar 10 vasos debido al peso extra (53).

Una persona normal que hace ejercicio o trabaja al aire libre, suda un cuarto de galón de líquido por hora, durante el ejercicio, y se debe tomar el suficiente líquido para compensar la pérdida.

Las personas mayores deben tener especial cuidado con las cantidades de agua que consumen. Alrededor de los 65 años, el deseo de tomar agua se va perdiendo, pero ese deseo no refleja la necesidad del cuerpo; a esta condición se le llama Hipodipsia (53).

Las sodas, el café, el té y la cerveza, no compensan las necesidades de líquido de nuestro organismo. Si bien todas esas bebidas contienen agua, el azúcar, la cafeína y el alcohol pueden afectar el balance de los líquidos; la cafeína

y el alcohol por ejemplo son diuréticos, que estimulan la pérdida de agua a través de la orina (35, 53).

2.3.3. Importancia biológica del agua

En los seres humanos, el tejido donde la concentración de agua es mínima es la dentina (10%); la concentración mayor está en la sustancia gris del cerebro (85%). Generalmente cuanto más joven y activo es el tejido, mayor es la concentración de agua, aproximadamente el 37% del agua en el cuerpo humano, es extracelular (plasma y líquido tisular) y el 63% restante es intracelular. Casi toda el agua 85% sirve como solvente que proporciona un medio para el movimiento e interacción de los iones y compuestos en las células, entre las células, y entre el organismo y su ambiente. El agua restante se encuentra como agua de hidratación en las proteínas (17, 19, 35).

Cuadro 1. Composición porcentual de algunos materiales biológicos.

MATERIAL	AGUA	CARBOHIDRATOS	LIPIDOS	PROTEINAS	MATERIA ORGANICA
Sangre	79	1.1	1	19	0.9
Huesos	20-25	-	Trazas	20	60.0
Cerebro	78	0.1	12-15	8	1.0
Músculos	70	0.6	7	22	1.1
Hígado	60-80	1.16	3-20	15	2.0
Leche	88	4.7	3.4	3.4	0.8
Levadura	70-75	10	0.5	15	1.2
Col	88	0.9	0.7	2.7	3.9
Papas	75	21	0.1	2	0.7
Guisantes	14	52	2	23	3.0
Miel	19	80	-	0.3	0.3

Fuente : Fisiología humana (35).

2.4. Composición química del agua

Una molécula de agua H₂O está compuesta de dos átomos de hidrógeno (H), y uno de oxígeno (O).

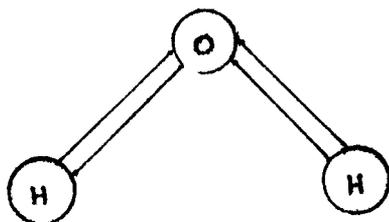
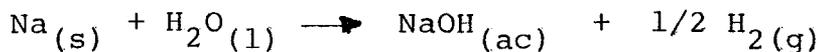


Fig. 1. Representación de la molécula del agua.

2.5. Propiedades químicas del agua

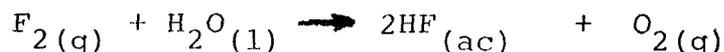
El agua es un compuesto estable, no se puede descomponer fácilmente debido a la estabilidad de los enlaces covalentes O-H ni siquiera empieza a descomponerse térmicamente en hidrógeno y oxígeno, mientras no se alcanza la temperatura de 1000 °C aún a 2500 °C, sólo se descompone en un 2% de agua. A temperaturas ordinarias, el agua reacciona violentamente con los metales químicos activos, como el sodio y el potasio, desprendiendo hidrógeno gaseoso :



a temperaturas más elevadas, los metales menos activos, como el cinc, reaccionan con el vapor de agua liberando H₂ gaseoso, en tales casos, se forma el óxido del metal :



El oxígeno del agua puede ser liberado químicamente por la reacción con no metales muy activos. El fluor gaseoso reacciona violentamente con el agua, desprendiendo O_2 gaseoso.



Si tomamos una muestra de agua lluvia y se descompone en los elementos que la forman, de cada 100 gr de la muestra de agua se obtienen 88.8 gr de oxígeno gaseoso y 11.2 gramos de hidrógeno gaseoso. Cuando se funden 100 gramos de hielo procedentes del Océano Artico y se descomponen los 100 gramos de agua obtenidos, el resultado es 88.8 gramos de oxígeno gaseoso y 11.2 gramos de hidrógeno gaseoso. La descomposición o análisis de 100 gramos de agua, procedente de cualquier río, océano o manantial, muestra de hielo o de vapor siempre ha producido 88.8 gramos de gas oxígeno y 11.2 gramos de gas hidrógeno. Podemos decir que la composición gravimétrica del agua es constante habiendo siempre 88.8/11.2, ó sea 7.93 veces más de oxígeno presente en peso que de hidrógeno (17).

2.5.1. El agua como disolvente

Una solución verdadera es una mezcla en que dos o más sustancias se han unido en una dispersión molecular homogénea. En el caso de soluciones que implican dos sustancias como sal y agua, el agua se llama disolvente, lo que significa el medio que disuelve, y la sal el soluto, o sustancia

disuelta.

El agua es un disolvente polar debido a la estructura de dipolo de su molécula. En general, los disolventes polares son excelentes para disolver otras moléculas polares, debido a la separación de cargas de la molécula polar, las sustancias iónicas, se disuelven fácilmente en agua. El extremo negativo (oxígeno) de la molécula de agua es atraído por los cationes, una capa de dipolos orientados de agua rodea el catión y la aísla de los aniones presentes, que, a su vez, atraen al extremo positivo de las otras moléculas de agua y su capa dipolar orientados a aislar los aniones de los otros iones en solución.

Este proceso, en que las moléculas del disolvente son atraídas por los iones del soluto y forman una capa a su alrededor se llama solvatación. Para el agua, se emplea el término hidratación para significar "solvatación por moléculas de agua".

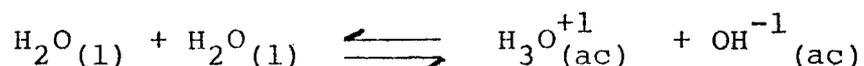
Los sólidos se disuelven en agua en cantidades que dependen de la temperatura y, aunque hay excepciones, la mayoría es más soluble cerca del punto de ebullición del agua que del de congelación.

Los gases son, generalmente, más solubles en agua fría y tienden a abandonar las soluciones en forma de burbuja, cuando se calienta el agua. Si este proceso es rápido, se llama efervescencia, la máxima solubilidad para los gases se encuentra cerca del punto de congelación del agua.

Muchos líquidos son completamente miscibles con el agua, los líquidos ligeramente solubles, o parcialmente no miscibles, tienen una solubilidad similar a la de los sólidos. - Sus solubilidades tienden a crecer con el aumento de la temperatura (17).

2.5.2. El agua como ácido y como base

El agua, es un electrolito muy débil y, también, anfótero. Este anfoterismo explica la escasa conductividad del agua pura. La ionización del agua se representa por :



La constante de ionización para esta reacción $K_{(\text{aq})}$ es el producto de las concentraciones molares de los iones hidronio e hidróxilo en equilibrio.

$$K_w = \left[\text{H}_3\text{O}^{+1} \right] \left[\text{OH}^{-1} \right]$$

2.5.3. Agua de cristalización o de hidratación

Es el agua que está unida químicamente a una sustancia a menudo esta agua se retiene débilmente en la combinación química y puede ser expulsada con facilidad. Se simboliza de las fórmulas químicas en forma separada del resto de la formula por medio de un punto.

Ej. : La fórmula de la sosa para blanquear es :



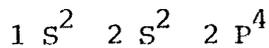
Una sustancia que contiene agua de cristalización se le conoce como hidrato.

2.5.4. Naturaleza dipolar del agua

La configuración electrónica del hidrógeno :



y del oxígeno :

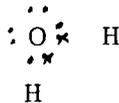


Estructuras de Lewis:

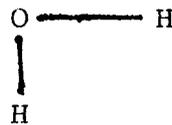
Hidrógeno .H

Oxígeno $\begin{array}{c} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \end{array}$

Molécula del agua:

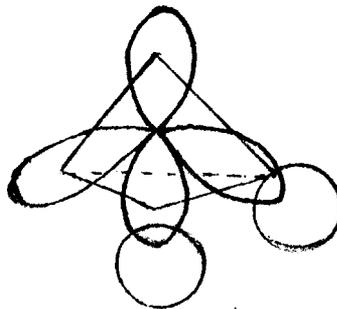


δ



donde el oxígeno con los dos electrones completa su octete molecular.

El modelo mecánico cuántico para el agua es :



puesto que los cuatro electrones están alrededor del átomo de oxígeno, orientados tetraédricamente, el agua debe ser por lo tanto, una molécula angular. El ángulo de 105° , determinado experimentalmente para el enlace de agua, es menor que el ángulo tetraédrico de 109°

El ángulo entre los pares de electrones enlazados (que

tienen menos repulsión) debido a sus implicaciones en los enlaces se reduce de 10^9 a 10^5 (12).

Cuadro 2. Algunas propiedades físicas del agua y del agua pesada.

Propiedades	H ₂ O	D ₂ O
Peso molecular (UMA)	18.015	20.027
Punto de congelación (°C)	0.00	3.8
Punto de ebullición (°C)	100.00	101.42
Densidad (g/ml a 20 °C)	0.998	1.106
Calor de fusión (Kcal/mol)	1.44	1.52
Calor de vaporización (Kcal/mol)	9.72	9.96
Solubilidad del NaCl (g/1.00 g H ₂ O a 25 °C).	0.36	0.30
Calor específico (Cal/g °C)	1.0	

Fuente : Chopin (17).

- Deuterio y Tritio, isótopos del hidrógeno

El Deuterio es isótopo del hidrógeno, está formado por un núcleo con un protón y un neutrón (el hidrógeno ordinario tiene en el núcleo un solo protón). Por cada 6700 átomos de hidrógeno ordinario sólo hay presente un átomo de deuterio.

El agua pesada, D₂O, tanto el elemento hidrógeno como el Deuterio ordinariamente existen como gases diatómicos, H₂ y O₂. La diferencia de pesos que hay entre ellos es la causa de los isótopos del elemento, así como sus compues-

tos, poseen propiedades físicas ligeramente diferentes.

- Diferencias en sus efectos fisiológicos : Las semillas no germinan en el D_2O , al dárselas a beber D_2O a animales en experimentación como ratones, conejos, etc., mueren de sed.

Otro isótopo del hidrógeno, es el Tritio H_3 ó T_3 tiene un protón y dos neutrones en su núcleo. A diferencia de los otros núcleos de hidrógeno, el del Tritio no es estable y experimenta una desintegración radiactiva. En la naturaleza se encuentra en cantidades pequeñísimas, pero se obtienen artificialmente grandes cantidades para fines de investigación; en el agua ha sido utilizado para la investigación de contaminantes (ver 2.8).

Tanto el Deuterio como el Tritio han sido utilizados como trazadores en la investigación química y biológica.

2.5.5. Estados físicos del agua

El agua puede estar presente en los tres estados -- principales de la naturales (17, 39, 47).

Dependiendo de la presión y la temperatura :

a) Estado líquido : a temperaturas entre 0° - $100^{\circ}C$ se -

encuentra agua fluida, a pesar de que las moléculas sean - mantenidas unidas por fuerzas de atracción, estas fuerzas no son lo suficientemente fuertes para mantenerlas rígidamente en su lugar (Cuadro 3).

b) Estado sólido : cuando el agua se congela, pierde su fluidez y el sólido resultante es rígido. Esta rigidez sugiere que la energía cinética de las moléculas en un sólido es tan pequeña que las fuerzas de atracción pueden mantener rígidamente a las moléculas en su lugar.

El estado sólido del agua se logra de 0° a menos °C.

c) Estado de gas : De 100°- a más °C, se diferencia con la evaporación, porque en la primera hay presencia de burbujas de vapor dentro del líquido. La presión de vapor dentro de las burbujas excede a la presión externa que actúa sobre ellas, al ir subiendo por el líquido, crecen hasta llegar a la superficie y deshacerse. A diferencia de la evaporación, que es un fenómeno de superficie, la ebullición se produce en todo el líquido (17).

- Evaporación del agua (líquidos)

Las moléculas de un líquido poseen energía cinética, pero ésta no es lo suficientemente grande para que puedan alejarse demasiado unas de otras.

Las moléculas de la superficie que no están sometidas a las fuerzas de atracción en todas las direcciones, a menudo ganan suficiente energía cinética para escaparse de la superficie y entrar a la fase gaseosa, a este proceso se le llama

evaporación.

La evaporación es un proceso de enfriamiento, cuando se evapora un líquido sobre la superficie de la piel tenemos sensación de frío. Es el mecanismo de la transpiración de que se vale el cuerpo humano para refrescarse en tiempo caluroso (17, 35, 19).

- Agua líquida

El agua líquida debe ser pura, inodora, insípida e incolora; exceptuando cuando se encuentra en capas gruesas, entonces se ve azul. En el Cuadro 3, vemos que el agua líquida es algo más densa que el hielo y que su densidad es máxima a 4 °C a partir de estos datos y de otros tipos de mediciones de las propiedades del agua, se puede presentar un modelo para la estructura del agua líquida.

Cuadro 3. Densidad del hielo y del agua líquida.

Estado	Temperatura	Densidad (g/ml)
Hielo	0 °C	0.917
Líquido	0 °C	0.9998
Líquido	4 °C	1.000
Líquido	10 °C	0.9997
Líquido	25 °C	0.9971
Líquido	100 °C	0.9584

Fuente : Chopin (17).

El agua es menos densa en estado sólido que en forma líquida; por ello el hielo flotará sobre el agua líquida, hecho que es una ventaja para la vida acuática en climas templados y fríos en donde los lagos y ríos forman hielo desde la superficie hacia abajo (Cuadro 3).

Luego se comprende que una consecuencia adversa a la expansión del agua al helarse en el interior de las células vivas es la ruptura de las paredes celulares (47).

Las moléculas del agua se unen entre sí y con diferentes superficies; estas propiedades reciben el nombre de cohesión y adherencia.

Tanto la cohesión como la adherencia tienen importancia en la ascensión del agua en las plantas (19).

A pesar de su abundancia, el agua es un compuesto notable que presenta muchas propiedades singulares, por Ej., el agua tiene un elevado calor específico (calor específico, es la cantidad de energía calorífica necesaria para elevar la temperatura de 1.00 g. de una sustancia en 1 °C por definición el calor específico del agua, es 1.00 cal/gm-grado a 15 °C), propiedad que permite al tejido vivo realizar una considerable absorción o pérdida de calor con sólo cambios pequeños en su temperatura. El elevado calor de vaporización del agua hace posible que cantidades de energía relativamente grandes se disipen en condiciones que favorecen la evaporación.

Las propiedades mencionadas se deben principalmente a la

configuración de la molécula de agua, que se presta al establecimiento de puentes de hidrógeno.

La presencia de Puentes de Hidrógeno es directamente responsable del elevado calor de fusión, del alto calor específico y del considerable calor latente de vaporización del agua.

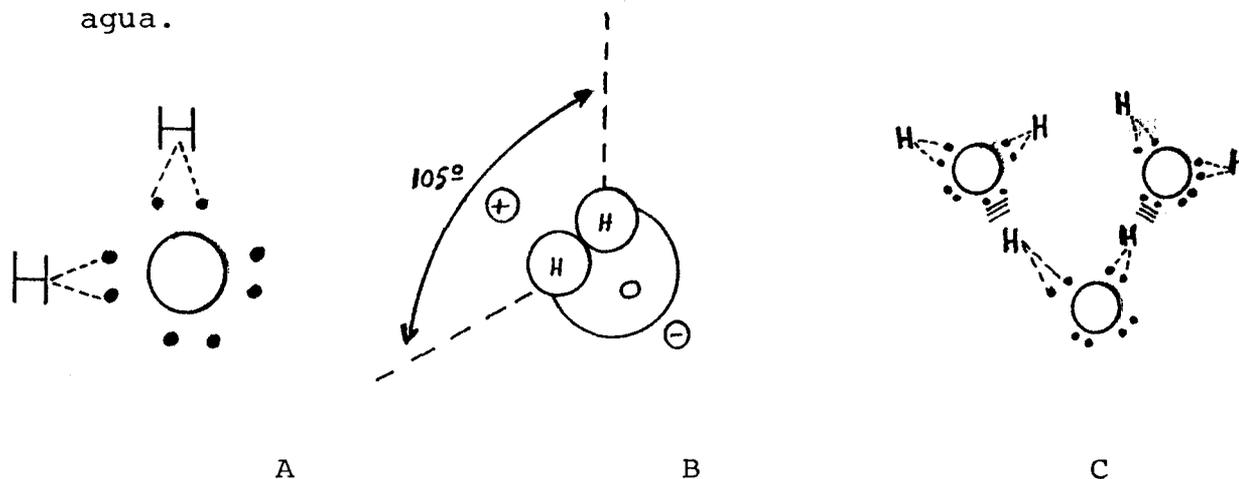


Fig. 2 . Estructura de la molécula de agua. A. Representación esquemática de la molécula de agua mostrando la disposición de los átomos de hidrógeno a un lado del átomo de oxígeno. B. Distribución de las cargas y ángulo formado por los enlaces entre el hidrógeno y el oxígeno. C. Asociación entre tres moléculas de agua mediante puentes de hidrógeno.

En la Fig. 2 podemos ver que la molécula de agua es una molécula polar, es decir, una parte de la molécula es positiva (extremo del hidrógeno). Debido a la distribución asimétrica de las cargas, las moléculas de agua se asocian en

tre si (cohesión), como puede verse en la Fig. 3 C. La relación que se establece entre el átomo positivo del hidrógeno de una molécula de agua y el átomo negativo de oxígeno de una segunda molécula constituye lo que se llama Puente de Hidrógeno. Aunque el puente de hidrógeno es más fuerte que el debido a las fuerzas de Van der Waals que atraen a las moléculas entre sí, es notablemente más débil que el tipo de enlace covalente y que el electrovalente.

La energía necesaria para romper los puentes de hidrógeno durante la fusión del hielo, el calentamiento del agua o la evaporación de ésta es considerablemente mayor que la energía necesaria para vencer las fuerzas de Van der Waals, que son las que normalmente mantienen agrupadas las moléculas de otros líquidos tales como metano, éter, benceno, etc.

Los Puentes de Hidrógeno son los responsables de la adherencia de las moléculas de agua a substratos como vidrio, celulosa y miscelas de arcilla. Estos materiales se mojan fácilmente porque las moléculas de agua tienen un acceso fácil a los átomos de oxígeno, bien expuestos sobre la superficie con los que fácilmente pueden formar Puentes de Hidrógeno.

En cambio, las sustancias hidrófugas y los lípidos como las ceras no se mojan fácilmente debido a los escasos Puentes de Hidrógeno que pueden establecerse (19).

Por lo que hace relación a la vida, la propiedad más im

portante del agua es su acción disolvente. Gracias a su capacidad para hacer entrar en disolución una gran cantidad de compuestos, el agua ha recibido a veces el nombre de "Disolvente Universal". La acción disolvente del agua es debida a su capacidad para formar Puentes de Hidrógeno y al hecho de poseer una distribución asimétrica de cargas en su molécula.

Por ejemplo, compuestos como los azúcares, alcoholes, aminoácidos, etc., que contienen átomos de oxígeno, grupos oxidrilo (-OH), o grupos amino (NH_2), pasan a disolución - gracias a la formación de Puentes de Hidrógeno. En cambio, la naturaleza polar de la molécula de agua es causa de que diversas sales se mantengan en disolución mediante interacción de cargas (ionización); las sales disueltas en agua se encuentran en ella en forma de iones positivos y negativos (11, 17).

2.6. Ciclo hidrológico

Las aguas naturales forman parte de un ciclo continuo. La humedad que se evapora de los océanos y otras superficies de agua es precipitada a su vez en forma de lluvia, nieve y granizo. Parte de esta precipitación regresa a las superficies de agua y parte cae sobre la tierra. De esta última, una parte es empleada por la vegetación, algo se evapora, - otra parte corre hacia los ríos que desembocan en los océanos por conducto de corrientes de agua y lagos y el resto penetra

en la tierra. El almacenamiento de agua para suministro se realiza mediante la intercepción de corrientes de superficie o por la captación del agua que se ha infiltrado en la tierra.

Las condiciones hidrológicas relacionadas con la lluvia, con las corrientes de agua y con la infiltración, son factores de mucha importancia en la formación de depósitos de aguas de abastecimiento y en la purificación de estas aguas

Fig. 3

Las variaciones de estos factores afectan no sólo la cantidad de agua aprovechable, sino también su calidad.

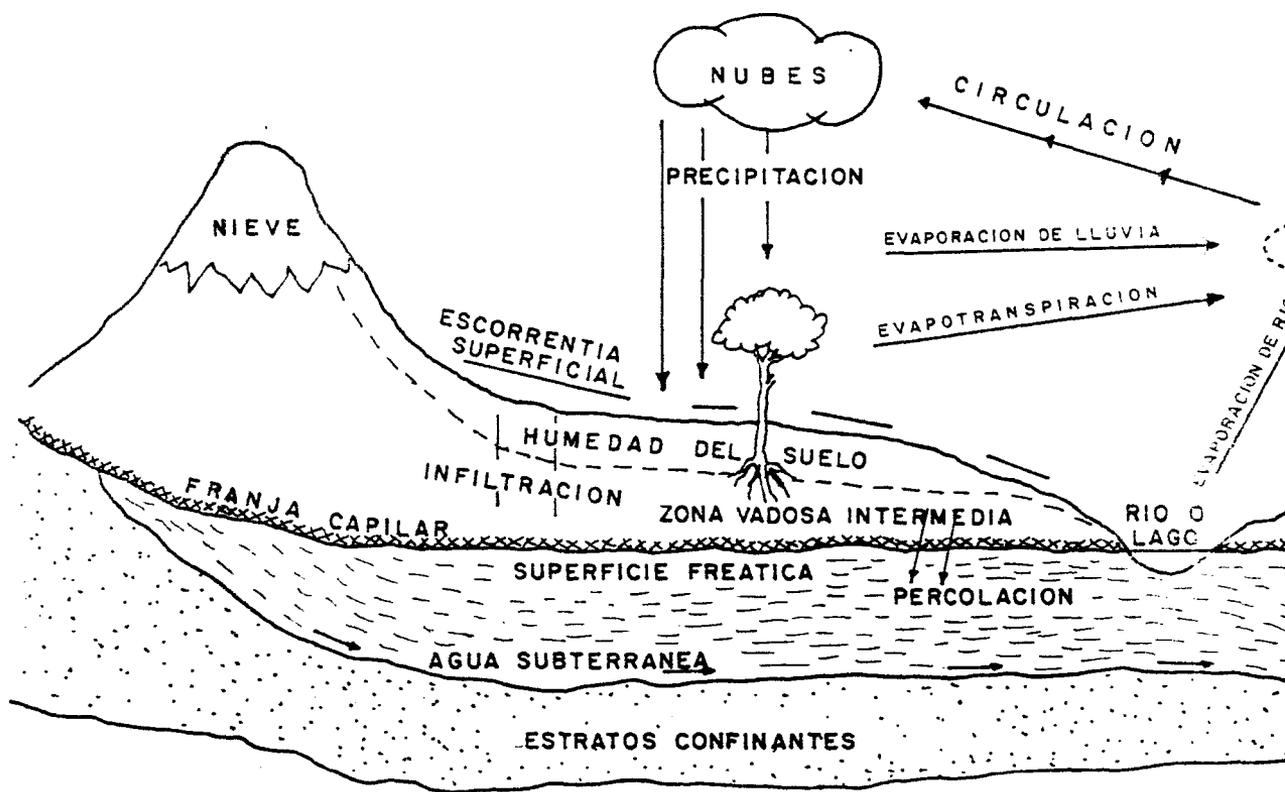
Para tener una idea general de las fuentes aprovechables de agua en el ciclo hidrológico pueden clasificarse de la siguiente forma :

- 1 - Lluvia y nieve
- 2 - Agua de superficie
 - a) Corrientes de agua
 - b) Lagunas y lagos naturales
 - c) Embalses
- 3 - Aguas subterráneas
 - a) Manantiales
 - b) Pozos poco profundos y galerías de infiltración
 - c) Pozos profundos (3, 41, 52).

7.6.1. Lluvia y nieve

El vapor de agua condensado en nubes o precipitado en

CICLO HIDROLOGICO



DISTRIBUCION DEL AGUA EN EL PLANETA TIERRA

FIG. 3

OCEANOS
 NIEVES Y GLACIARES
 AGUAS SUBTERRANEAS
 ATMOSFERA
 RIOS Y LAGOS

forma de lluvia o nieve es prácticamente puro en altitudes muy grandes.

A medida que caen, la lluvia y la nieve absorben oxígeno, dióxido de carbono y otros gases del aire, así como polvo, humos y vapores. La lluvia o la nieve recogen también las bacterias y las esporas vegetales que se encuentran en el aire.

En general, la cantidad de esas impurezas es pequeña; mayor al principio de la precipitación y menor al final. La lluvia y la nieve que caen en el campo son más limpias que las que caen en las ciudades; y después de una sequía o en una región árida contienen más partículas de polvo que durante la temporada de lluvias o en un lugar sujeto a muchas precipitaciones. Generalmente estas impurezas tienen poco significado sanitario (34, 60).

El agua de lluvia es suave, saturada de oxígeno, pero insípida y un poco corrosiva. Con excepción de muy pocos lugares, como Las Bermudas que no se emplean las aguas de lluvia para uso doméstico (3).

El agua de lluvia debido a su suavidad y corrosividad no debe entrar en contacto con tuberías o recipientes de plomo.

2.6.2. Agua de superficie

Cuando la lluvia cae sobre la tierra, una parte corre al océano, a las corrientes de agua, lagunas o lagos. La -

nieve se evapota hasta cierto punto, pero en climas templados permanece casi en su totalidad para fundirse y correr en la primavera, contribuyendo con eso a las inundaciones en esta época del año. En las regiones montañosas, la nieve, en las partes más elevadas, se funde lentamente con el tiempo caluroso y de esa manera mantiene las corrientes de agua y afecta en el verano la calidad y la cantidad.

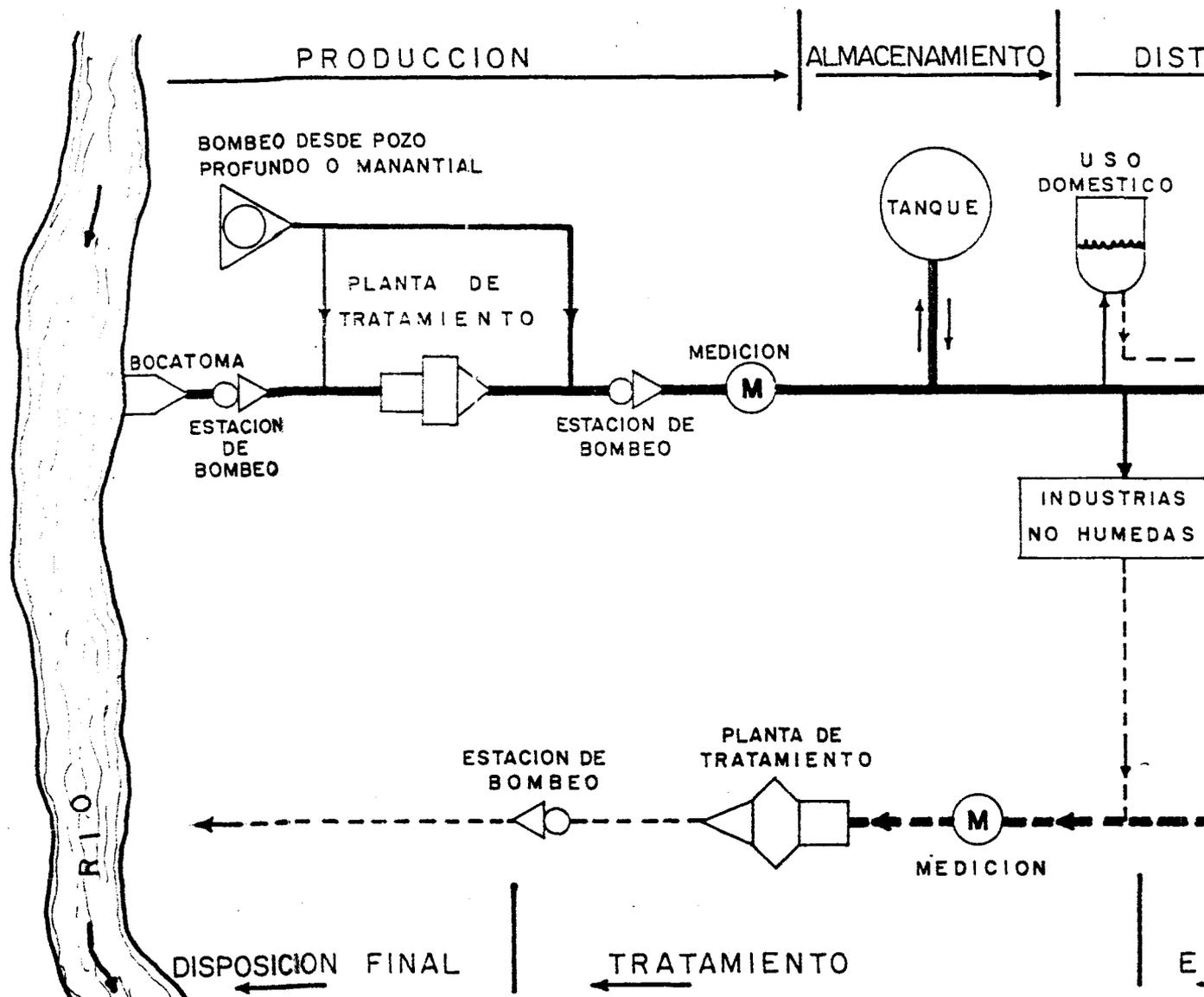
La calidad del agua tomada de una fuente de superficie depende del carácter y área de la cuenca, de su geología y topografía, de la extensión y naturaleza del desarrollo realizado por el hombre, de la época del año y de las condiciones del tiempo.

La calidad del agua de las corrientes es generalmente más variable y menos satisfactoria que las de las lagunas y lagos. El agua de regiones calcáreas es más dura, pero menos corrosiva, que el agua de regiones graníticas. Las fuentes de superficie en zonas muy pobladas están afectadas por las aguas de alcantarilla y desperdicios industriales.

La dureza del agua se expresa de acuerdo al contenido de carbonatos, bicarbonatos, etc.

2.6.3. Corrientes de agua

La formación de las corrientes de agua se debe a los escurrimientos producidos por precipitaciones directas, que han corrido sobre la superficie de la tierra, al rebosamiento de lagos y pantanos y a la filtración del agua a través de la tierra de las regiones montañosas hacia los valles. -



Proceso esquematizado:
 PRODUCCION, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE AGUA POR
 EVACUACION, TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE AGUAS

Fig. 4

La proporción del flujo de estas fuentes varía de una temporada a otra y según la geología y el desarrollo de la cuenca.

Durante los períodos de grandes precipitaciones, de nieve fundida y de inundaciones, el caudal de las corrientes consta principalmente de agua de superficie. En esas temporadas el agua puede ser lodosa, relativamente suave y con un alto contenido de bacterias. Durante grandes acumulaciones e inundaciones, la dilución puede ser tal que el agua es menos lodosa y su contenido de bacterias menor que en aguas de inundaciones de magnitud moderada. En tiempos de sequía, el agua de las corrientes contiene una proporción relativamente grande de agua de subsuelo, por lo cual es más dura que en otras temporadas. Las corrientes sujetas a polución por el hombre o sus actividades pueden volverse sumamente defectuosas debido a la subrecarga con materias orgánicas putrescible. Finalmente, entre el caudal máximo y el mínimo puede haber importantes variaciones de calidad.

Los suelos arcillosos producen corrientes lodosas y las tierras pantanosas dan notable color al agua.

Las pendientes con fuertes declive provocan corrientes rápidas cuyo resultado es la erosión y un cambio en la calidad del agua por el arrastre de limo. Por otra parte, los bosques retardan el escurrimiento y tienden a igualar el caudal de la corriente. Las otras condiciones siendo iguales, los escurrimientos que provienen de áreas con árboles de ho

jas caedizas son más subidos de color que los que provienen de áreas con árboles siempre verdes. Los escurrimientos - que atraviesan tierras de cultivo llevan limo y partículas de fertilizantes, mientras que los escurrimientos de pastizales llevan estiércol y otros desechos orgánicos. En el otoño, mucha vegetación muerta es llevada por el viento o los escurrimientos en las corrientes de agua. Por lo tanto, es evidente que aún las corrientes de cuencas relativamente poco pobladas llevan considerable "polución natural".

Los minerales solubles de las corrientes proceden no sólo de los escurrimientos que absorben estas sustancias en la superficie del suelo, sino también de la disolución en el agua subterránea de estos minerales durante la percolación a través de la tierra. Estos minerales solubles aumentan la alcalinidad y la dureza del agua según las proporciones re-lativas del agua subterránea y del agua de superficie y el carácter de la formación geológica.

Desde el punto de vista sanitario, la polución por el hombre o como resultado de sus actividades es la más signi-ficativa. En regiones poco pobladas, la polución humana es relativamente indirecta, incidental o accidental. En regiones pobladas, la polución por las aguas de cloaca y los de-sechos industriales es directa. Esta polución puede traer gérmenes de enfermedades contenidos en las excreciones humanas o sustancias tóxicas de los desechos de las fábricas. (Fig. 4)

El grado de deterioro de una corriente es aproximadamente proporcional a la densidad de la población en la zona de la corriente de agua.

Como resultado final, la polución "natural" y la provocada por el hombre producen el color, turbiedad, sabores y olores, dureza, bacterias y otros microorganismos en el agua antes de que las aguas de superficie se empleen para usos domésticos o industriales. (Fig. 4)

Hay causas naturales que también tienden a purificar las corrientes contaminadas. Estas causas son físicas, químicas y biológicas. La sedimentación quita el limo y otras materias en suspensión; la oxidación modifica los componentes orgánicos; la luz del sol aclara el color, y las fuerzas biológicas destruyen los organismos patógenos. El grado de autopurificación obtenida depende de numerosos factores, entre ellos el tiempo, la temperatura y el carácter de la polución y aireación (Fig. 3). Una capa de hielo retarda esos procesos naturales, puesto que aumentan con la aireación superficial, y está probado que los gérmenes patógenos, como los de la fiebre tifoidea, viven más tiempo en agua fría que en agua caliente.

La descomposición de los depósitos de materias orgánicas en el fondo de las corrientes tiene también un efecto adverso sobre el color, el sabor y el contenido de hierro y dióxido de carbono.

Las condiciones climatológicas, geográficas e hidrográficas se encuentran entre los factores que afectan los caracteres físicos, químicos y biológicos de las corrientes de agua.

Las temperaturas varían según la estación del año y la situación geográfica. En las grandes corrientes, la temperatura fluctúa menos rápidamente que en las corrientes pequeñas.

La flora y fauna microscópicas están fomentadas o retardadas por las variaciones de las condiciones físicas y químicas. Las inundaciones, que aumentan temporalmente la turbiedad y las materias en suspensión, lavan los depósitos -- del lecho de las corrientes y se llevan las materias orgánicas que, al descomponerse, alterarían la calidad del agua.

Las corrientes rápidas, poco profundas, pueden pasar por la autopurificación más rápidamente que las corrientes lentas y profundas, aunque en las últimas la sedimentación puede reducir con más efectividad las materias en suspensión y con ellas las bacterias.

2.6.4. Lagunas y lagos naturales

El agua que llega a las lagunas y a los lagos es la de las corrientes tributarias. En estos sitios de agua relativamente quieta, los notables cambios en la calidad se deben a las fuerzas de autopurificación. El grado y el carácter

ter de estos cambios dependen del volumen del cuerpo de agua en relación con su área de drenaje, de su forma y de las corrientes de aire. Un largo almacenamiento permite la sedimentación de las materias en suspensión, la aclaración del color y la remoción de bacterias. Por lo tanto, las aguas almacenadas son generalmente de calidad mucho más uniforme que las aguas tomadas directamente de las corrientes.

La acción de las olas produce aguas turbias en la orilla y en algunos casos el crecimiento de organismos microscópicos puede ser considerable en estas aguas. En los grandes lagos, la mayor parte de la polución ocurre a lo largo de las orillas en la proximidad de los grandes centros de población. Las corrientes inducidas por los vientos, las avenidas de las corrientes tributarias y los témpanos de hielo pueden llevar la contaminación a muchas millas en estos lagos. Generalmente, en los lagos grandes, la dilución y la autopurificación aseguran la buena calidad del agua que se encuentra lejos de las orillas, a menos que se produzca una contaminación localizada y pasajera debida al movimiento de los barcos.

2.6.5. Embalses

Los embalses, formados con diques a través de los valles cortados por corrientes, están sujetos a las mismas condiciones que las lagunas y los lagos naturales. Cuando se construyeron los primeros depósitos, se arrancaba toda la vegetación de fondo y se quitaba la capa superficial de la tierra para evitar los efectos de la descomposición de las materias orgánicas. En los métodos más recientes se omite la remoción de la tierra y se confía en la elección del punto de admisión y el tratamiento para asegurar la calidad satisfactoria del agua.

Normalmente, la mejor calidad del agua se encontrará a una profundidad mediana. El agua de la parte superior es propensa a desarrollar algas. El agua del fondo puede tener un alto contenido de dióxido de carbono, hierro, manganeso y, a veces, sulfuro de hidrógeno. En lagos y embalses profundos, el agua del fondo permanece fría durante todo el año porque se produce una zona permanente de relativa estancación a profundidades abajo de seis metros aproximadamente.

2.6.6. Aguas subterráneas

Parte de la lluvia que cae sobre la superficie de la tierra se filtra en el suelo y se torna en agua subterránea (Fig. 4). Durante su paso a través del suelo, el agua entra en contacto con muchas sustancias, tanto orgánicas como inoru

gánicas. Algunas de estas sustancias son fácilmente solubles en agua. Otras, como las que causan la alcalinidad y la dureza, son solubles en agua que contiene dióxido de carbono absorbido del aire o de las materias orgánicas en descomposición en la tierra. La descomposición de materia orgánica quita también el oxígeno disuelto del agua que se filtra a través de ellas. Esta agua, exenta de oxígeno y con un alto contenido de dióxido de carbono, disuelve el hierro y el manganeso del suelo. Las aguas que contienen hierro y manganeso favorecen el desarrollo de bacterias *Crenothrix* y otros organismos similares.

En los depósitos se encuentran estos organismos del agua almacenada subterránea. A veces, en las aguas subterráneas se produce sulfuro de hidrógeno cuando hay ausencia de oxígeno, descomposición de materias orgánicas o reducción de sulfatos.

Aunque las bacterias y otros organismos vivientes en la superficie de la tierra pueden ser recogidos primero por la lluvia que cae sobre ellos, la filtración en el subsuelo de por resultado la separación de estos organismos. Hay una excepción cuando cerca de la superficie las rocas están agrietadas, como ocurre con la piedra caliza. En este caso, la contaminación de superficie puede ser llevada a grandes distancias sin variación importante (Fig. 6).

Las condiciones sanitarias en la proximidad de las fuentes de agua subterráneas son importantes, en particular cuando

do la polución en el subsuelo proviene de letrinas, pozos absorbentes y albañales con fugas. Especialmente seria es la polución que se presenta al nivel o debajo del manto freático. Las fuentes de polución situadas en la superficie de la tierra, aunque no deben ser ignoradas, son menos importantes que las fuentes subterráneas.

En general, las aguas subterráneas son claras, frías, - sin color y más duras que el agua de superficie en la región en la cual se encuentran.

Con respecto a las bacterias, las aguas subterráneas son mucho mejores que las aguas de superficie, salvo en los lugares donde existe la polución subterránea.

Aunque las variaciones de la extracción en los pozos pueden provocar cambios en la calidad del agua, las aguas subterráneas tienen, en general, una calidad uniforme (60).

La temperatura del agua subterránea entre los 3 y 15 m debajo de la superficie equivale generalmente a la temperatura media atmosférica del lugar. Pasando los 15 m, la temperatura aumenta más o menos 1 grado centígrado por cada 10 m de profundidad. La temperatura de las aguas subterráneas permanece bastante constante durante todo el año.

2.6.7. Manantiales

El agua subterránea que corre en la parte superior de un

estrato impermeable puede salir a la superficie en forma de manantial. Esto sucede generalmente cuando el estrato impermeable aflora debajo de una extensión elevada de material permeable. A veces, los manantiales brotan entre las grietas de las rocas. Las aguas de manantiales provenientes de estratos someros se verán más probablemente afectadas por la polución superficial que las aguas profundas. En general, sus caracteres de calidad reflejan la formación geológica del lugar en que surgen. Normalmente, la cantidad de agua que se obtiene en manantiales es limitada y, por lo tanto, este modo de abastecimiento se aprovecha solamente para pequeñas poblaciones. Aunque haya buen número de grandes manantiales no se podría utilizar para consumo por el exceso de contaminantes.

2.6.8. Pozos someros y galerías de filtración

Los pozos someros son los que se forman en depósitos superficiales de material permeable encima de un estrato impermeable. De un modo arbitrario, los pozos someros con más de 15 m de profundidad se califican de "profundos". Hay pozos someros de gran diámetro abiertos por excavaciones y los hay de pequeño diámetro abiertos por perforaciones y utilizados mediante tubería. Generalmente se extrae el agua por aspiración.

El limitado descenso de nivel aprovechable reduce el tamaño del área de donde proviene el agua subterránea; por lo tanto, la calidad del agua proveniente de un suelo de poca profundidad se determinará principalmente por el carácter de

la zona vecina de captación. Los pozos someros debidamente protegidos con material permeable satisfactorios producirán agua de buena calidad.

Las galerías de filtración, como los pozos someros, se forman en capas someras de terreno, infiltradas con agua y cerca de corrientes o pantanos. En general, el agua proveniente de estas galerías tiene los mismos caracteres que la de los pozos someros de la región. A veces su rendimiento aumenta inundando zonas de material permeable en su vecindad, técnica que puede modificar considerablemente el carácter de agua de la galería.

2.6.9. Pozos profundos

Los pozos profundos se excavan o se perforan, según los estratos de la región. Frecuentemente atraviesan capas impermeables antes de alcanzar el estrato acuífero deseado.

Al igual que en los pozos someros, las aguas provenientes de pozos profundos tienen los caracteres determinados por la naturaleza de la superficie tributaria de captación y las formaciones geológicas atravesadas por el agua. La superficie de captación puede encontrarse cerca de los pozos o lejos de ellos.

Generalmente, el terreno de captación para pozos profundos es bastante extenso. Esto significa que el agua subterránea recorrerá largas distancias y tendrá amplio contacto con las formaciones rocosas y con la tierra. Las aguas de -

pozos profundos tienden a ser, por lo tanto, más intensamente mineralizadas que las aguas provenientes de pozos de poca profundidad.

Las aguas de pozos profundos son generalmente limpias y sin color (3, 4); pero contienen frecuentemente hierro o manganeso o ambos (5). Cuando entran en contacto con el aire, las aguas que llevan hierro o manganeso, aunque estén claras o incoloras al salir de la tierra, se enturbian y se tiñen por óxidos de los minerales.

Las aguas de pozos profundos son generalmente buenas desde un punto de vista bacteriológico. Una contaminación temporal puede ocurrir durante la excavación o perforación. Es preciso por lo tanto, dejar pasar algún tiempo después de construir el pozo para determinar la calidad exacta del agua extraída. En cuanto a pozos antiguos deberán considerarse sospechosos cuando se notan cambios marcados en determinaciones bacteriales.

2.6.10. Hidrología y litología

- Penetración de agua en los diversos terrenos: venas y mantos acuíferos

La porción de agua que se filtra en el suelo no lo hace de un modo homogéneo. sino que el proceso de infiltración está íntimamente ligado a la naturaleza del terreno.

En las rocas eruptivas y metamórficas, entre las que a -

nuestros efectos son típicas el granito, el gneis y las pi
zarras, presentan en sí una barrera a la penetración del -
agua de tal modo que, cuando se trata de formaciones no -
descompuestas, la porción principal de las aguas que sobre
ellos cae es evaporada o escurrida (Fig. 7); es necesario
que existan grietas en la superficie para que aumente la -
porción infiltrada y disminuyan las cantidades de agua eva
porada y escurrida. Cuando estas rocas eruptivas o metamór
ficas presentan, además de una descomposición superficial,
roturas y grietas en su zona inferior, la infiltración supo
ne ya la mayor parte del agua caída, resultando limitadísima
la porción escurrida.

Como las fisuras de todas estas rocas son debidas exclu
sivamente a las acciones del metamorfismo, el agua penetra
y rellena la red de grietas y circula a su través por la ac
ción de la gravedad, sin posibilidad de que por reacciones
químicas el volumen de huecos aumente progresivamente; por
otra parte, el origen mismo de las grietas hace que su núme
ro y volumen decrezca con la profundidad y, en consecuencia,
la penetración del agua en estos terrenos queda limitada en
general a las porciones superficiales, y siempre en forma dis
continua, no pudiendo hablarse propiamente de mantos, sino de
venas acuíferas, de cuya estructura puede dar idea el hecho -
de que al no ser precisamente cortadas con los trabajos de
alumbramiento no aparece el agua, sin que ello suponga su --
inexistencia absoluta en tales terrenos.

En el caso de las pizarras, se ha demostrado que la infiltración es mayor cuando su estratificación es vertical, mientras que llega a ser casi nula si las capas están prácticamente horizontales.

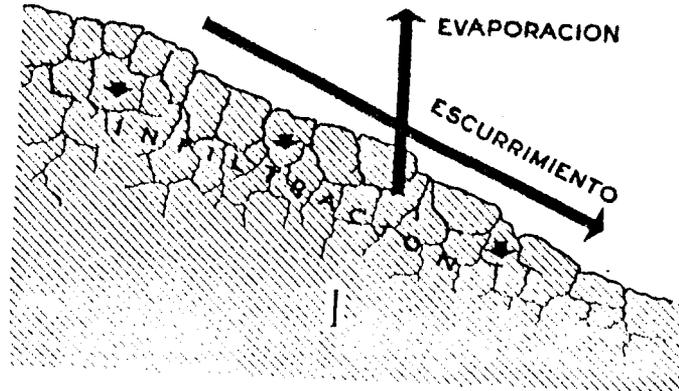


Fig. 5. En las rocas eruptivas la infiltración es muy pequeña y limitada a las zonas agrietadas. Tienen en cambio mayor importancia las porciones de evaporación y escurrimiento.

En los terrenos sedimentarios del grupo de las calizas y en sus afines, tales como las molasas y margas calizas y en los conglomerados de cemento calizo, la penetración tiene lugar también a través de sus fisuras y roturas, pero en ellos se da la particularidad de que la acción química de las aguas y del ácido carbónico tales redes de grietas tienen continuamente a ensancharse y a anastomosarse en todas direcciones, e incluso en profundidad, de tal modo que los terrenos calizos no fisurados van progresivamente aumentando en su agrietamiento y permitiendo la penetración de porcenta

jes siempre crecientes del agua caída; se alcanzan así en ellos las máximas infiltraciones, como puede verse en escu_rrimiento superficial prácticamente nulo (Fig. 8).

En estos terrenos, aunque tampoco puede hablarse de man_tos acuíferos, la red de grietas constituye en su interior verdaderas corrientes subterráneas por las que penetran y circulan caudales importantes. Consecuencia de ello es tam_bién que en las formaciones calizas resulte particularmente manifiesta la íntima relación entre aguas superficiales y subterráneas.

El paso de ríos y arroyos sobre zonas calizas agrietadas lleva consigo la penetración en el terreno de abundantes por_ciones de sus caudales e, inversamente, la existencia de grietas en laderas (63).

Esta naturaleza da lugar a resurgencia tales como manan_tiales y fuentes. Estos acuíferos se denominan karsticos.

En los terrenos sedimentarios, más o menos sueltos, en_tre cuyos componentes existe solución de continuidad, es de_e cir poros, el agua caída, o que se condensa en sus huecos, desciende verticalmente a causa de la gravedad, ocupando los espacios libres hasta que alcanza una impermeable, o menos _iimpermeable en la que la penetración es más lenta, resbalan_do entonces sobre ella y contribuyendo así un verdadero man_to freático o acuífero libre (Fig. 7).

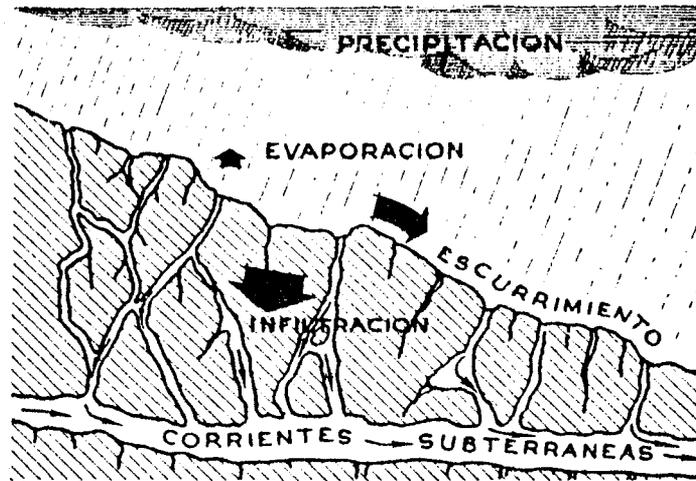


Fig. 6 . En las calizas la infiltración tiene lugar a través de las grietas existentes, que por la acción química del aire se van gradualmente ampliando. - La infiltración adquiere, pues, gran importancia en estas rocas.

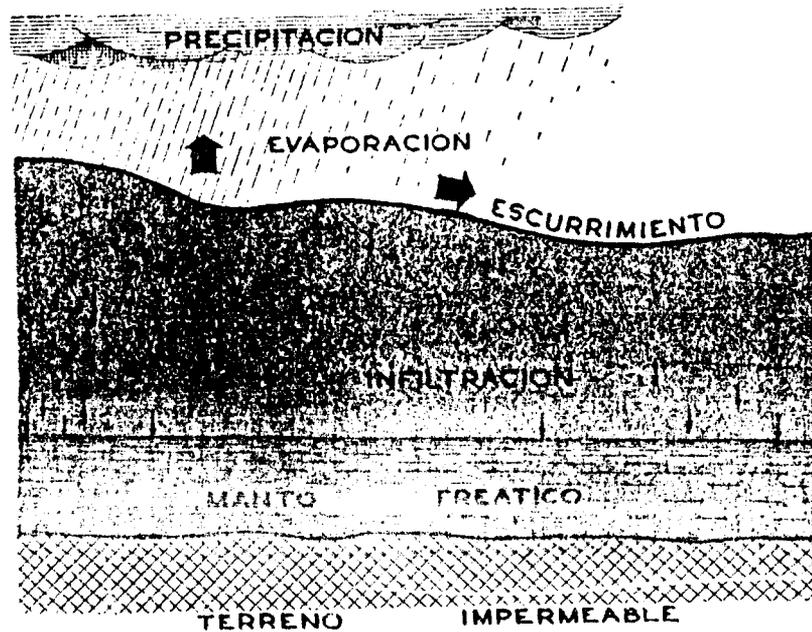


Fig. 7. En los terrenos sueltos sedimentarios la infiltración tiene lugar a través de los huecos existentes en toda la masa. El agua ocupa los espacios libres y descansa sobre otra capa impermeable, o menos permeables subyacentes.

2.7. Formas naturales del agua (6)

El agua dulce se encuentra en forma :

- 1) De agua lluvia
- 2) De agua subterránea
- 3) De agua superficial

El agua de lluvia : Contiene pocas bacterias y si la cisterna o aljibe donde se recoge están limpios, es siempre agua potable. Las cisternas se deben construir de tal modo que no puedan penetrar en ella ni el agua subterránea ni la superficial.

El agua subterránea, en las capas más profundas de la tierra, contiene algunos gérmenes no peligrosos y unas pocas bacterias de todo tipo, puesto que los microorganismos han sido filtrados a medida que el agua atraviesa las capas del suelo (6).

Cuando el agua subterránea profunda se lleva a la superficie por perforación de pozos, por lo general, se consigue agua excelente para un buen suministro de agua potable. Los manantiales que provienen de una gran profundidad pueden contener también agua pura. Sin embargo, tanto los pozos como los manantiales deben estar bien protegidos de la contaminación proveniente de la superficie del suelo.

Las corrientes o lagos cercanos a una población es casi seguro que están contaminados con bacterias intestinales y con gérmenes de infecciones intestinales.

- Tipos de microbios de agua dulce

La abundancia y propiedades de la población de microbios en cualquier masa de agua dulce estarán inevitablemente influidas por la temperatura y el pH del agua y por otros factores físicos, pero de una manera más importante por la cantidad relativa de materia orgánica putrescible que contenga.

Organismos parásitos patógenos que llegan al agua a través de excrementos humanos o animales, pueden sobrevivir allí por más de un corto período de tiempo. La infección procedente del agua es una fuente importante de enfermedad (6).

La Escherichia coli (el bacilo del colon) y la Enterobacter aerogenes, bacterias generalmente inocuas que se encuentran en el intestino son lo bastante resistentes para vivir algún tiempo en agua contaminada y pueden ser identificadas por exámenes bacteriológicos. La presencia de estas bacterias en una muestra de agua se puede tomar como índice de contaminación intestinal.

Las pruebas de agua en el laboratorio comprenden :

- 1) Examen microscópico
- 2) Análisis físico-químico
- 3) Análisis bacteriológico

El agua clara y transparente puede contener gérmenes patógenos.

El examen microscópico revela el número y tipo de algas, protozoarios y otras formas más grandes de vida microscópica y la naturaleza de materia amorfa que hay en el agua.

Este examen ayuda a explicar olores y sabores poco gratos que se deben a la presencia de grandes cantidades de determinados tipos de algas o protozoarios. Para destruir estas algas se añade sulfato de cobre al agua en los depósitos de almacenamiento.

El análisis físico y químico comprende determinación de cualidades como el color, turbiedad, olor, temperatura y dureza; determinación del contenido de amoníaco libre, nitratos, nitritos, cloro y pruebas para descubrir minerales tóxicos; como el plomo. La presencia de algunos compuestos nitrogenados en abundancia indican contaminación reciente del agua en los albañales.

El análisis bacteriológico del agua comprende :

- 1) Análisis cuantitativo o determinación de la cantidad total, es decir el número de bacterias por mililitro.
- 2) Análisis cualitativo o prueba para E. coli, cuya presencia indica contaminación intestinal. Es de mucha importancia que las muestras de agua para análisis sean recogidas con mucho cuidado en recipientes estériles para evitar contaminación del exterior (6).

2.7.1. Clasificación de los usos del agua en la agricultura.

Los usos del agua en la agricultura se pueden considerar en forma amplia como los siguientes :

- 1) Suministro de agua en granjas o viviendas agrícolas.
- 2) Suministro de agua para ganado
- 3) Suministro de agua para riego

- Suministro de agua para granjas o viviendas agrícolas

En vista de la amplia variedad de fuentes usadas como suministro para granjas o viviendas agrícolas, y las influencias no controlables de la localidad geográfica y condiciones climáticas, no sólo un conjunto de valores pueden realísticamente ser establecidos como criterios para suministro por lo tanto muchos de los valores son dados en forma de rangos aceptables a dicho punto de vista.

En este caso se les da confianza a los patrones de calidad para agua potable del Servicio de Salud Pública de los Estados Unidos de América.

Aguas que respetan estos patrones son generalmente seguras y aceptables para el consumidor. Con los mencionados patrones se pueden evaluar suministros para todos los usos caseros, lavado de productos agrícolas y sanidad de leche.

Criterio de calidad de agua para uso en granjas (57).

Características	Usos generales usos potables	Usos especiales
Sabor y olor	Sustancialmente libre .	
Color	Hasta 15 unidades	
pH	6.0 - 8.5	6.8-8.5 (Sanidad de la leche)

Continuación ... Cuadro

Características	Usos generales Usos potables	Usos especiales
Total de sólidos disueltos	500 mg/L (bajo ciertas circunstancias niveles altos son - aceptable) 1000 mg/L (WHO).	
Compuestos orgánicos disueltos	La concentración de pesticidas clorinados no deberá exceder los siguientes compuestos.	
	Endrin	Ug/L 1.0
	Aldrín	17.0
	Dieldrin	17.0
	Lindano	56.0
	Toxafeno	5.0
	Epoxi	18.0
	DDT	42.0
	Clordano	3.0
	Metoxiclor	35.0
Turbidez	Sustancialmente libre - hasta 5 unidades.	

2.7.2. Relación entre humano y animal para establecer el criterio de calidad de agua

El agua es un vehículo de transmisión de muchas enfermedades infecciosas (virus, parásitos y hongos) que afectan

al hombre y a los animales.

Los criterios de calidad para contaminantes químicos - establecidos para humanos han sido basados en experimentos sobre animales y no sobre pruebas con humanos.

Los componentes minerales presentes en el agua son: Carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, Sodio, Potasio, Calcio y Magnesio. Los cuales comprenden al 99% de contenido mineral total en muchas aguas naturales. Las aguas superficiales y profundas contienen pequeñas cantidades (trazas) de minerales tóxicos: Arsénico, Selenio, Cloro hexavalente, Cadmio, Plata, Bario y fluoruros los cuales son tóxicos y acumulativos (57).

2.7.3. Definición de la calidad del agua de uso agrícola mediante el análisis químico (57).

La calidad del agua no sólo afecta la seguridad y el valor de sus productos, sino también la salud y bienestar de los agricultores y sus familias, los cuales usualmente no tienen acceso a los grandes suministros de agua de las ciudades.

En aguas agrícolas, se le debe dar atención particular al agua para fines potables, preparación de alimentos, etc. Otro uso importante es el lavado de hortalizas en prepara-ción para ventas.

La irrigación es el más grande uso del agua en la agricultura. El criterio de calidad para la irrigación llega a

ser más crítico por la toxicidad que podrían surgir en los cultivos y afectar la producción agrícola.

Actualmente la situación es más complicada para la irrigación debido a la adición de contaminantes químicos y microbiológicos en las corrientes de agua, las cuales se han llegado a convertir en peligro potenciales para los cultivos, ganado y el hombre y su medio ambiente.

2.8. Técnicas nucleares para investigar la migración de contaminantes (21)

La protección contra la contaminación de los recursos hídricos ha sido un tema prioritario en los últimos años.

Las aguas subterráneas por lo general más puras y limpias que las superficiales, están protegidas naturalmente por un excelente sistema de filtración formado por el suelo, arcillas y otras formaciones rocosas que eliminan algunos componentes solubles, partículas en suspensión, bacterias y la mayor parte de los virus.

No obstante, si este sistema de filtración se sobrecarga o se elude, el acuífero puede contaminarse. El mismo tipo de contaminantes que afecta a las aguas superficiales incluidos de desechos domésticos e industriales, filtraciones procedentes de fosas sépticas, vertidos de minas, vertederos de basura y productos químicos de uso agrícola, puede tener mayores repercusiones y un efecto prolongado sobre las aguas subterráneas.

En los acuíferos, la contaminación se mantiene por pe ríodos que van de cientos a decenas de miles de años, poniendo en peligro el abastecimiento de agua de generaciones futuras.

La sensibilidad de la calidad de las aguas subterráneas a las actividades del hombre que producen su contaminación se designa como "vulnerabilidad de los acuíferos a la conta minación".

La vulnerabilidad de los acuíferos se ve afectada por di versos procesos, como asimismo por sus propiedades y las del suelo.

Los objetivos principales de esta técnica consisten en definir parámetros que caracterizan los procesos contaminan tes y predecir la migración de los contaminantes en los siste mas de aguas subterráneas, lo que pretende es impedir la conta minación y la degradación de los recursos hídricos subterr áneos; si ya están contaminados identificar su origen para pro poner las medidas correctivas.

El OIEA ha prestado especial atención a las aplicaciones prácticas de las técnicas nucleares e isotópicas vinculadas - directa o indirectamente a la solución de los problemas de la contaminación de las aguas subterráneas.

Se definió una serie de zonas para llevar a cabo complejas investigaciones con trazadores isotópicos. En dichas zonas se inyectó agua tritiada en el suelo para estudiar su redistribución en el tiempo y el espacio. El propósito era me-

dir la velocidad del flujo de las aguas subterráneas en la zona no saturada y evaluar el tiempo de permanencia o edad de las aguas subterráneas y su tasa de recarga en los acuíferos poco profundos. Simultáneamente en los mismos emplazamientos se inyectaron contaminantes marcados con isótopos y se observaron sus movimientos.

Los experimentos en Crimea cerca de Djankov se realizaron con el método de trazadores triples (Solución de cloruro de sodio en agua tritiada marcada además con sodio 22 y cloro 36.)

Las técnicas isotópicas consisten en la inyección de trazadores artificiales o en el uso de isótopos naturales para estudiar el movimiento del agua y sus componentes.

El marcado isotópico es posible tanto para las moléculas de agua como para los productos contaminantes, o para ambos, los ensayos de migración pueden realizarse a un nivel microscópico, en el plano local, regional e incluso a nivel mundial.

El agua y los contaminantes se pueden marcar sin alterar las condiciones y procesos que se investigan.

Los experimentos basados en el uso de trazadores isotópicos se pueden llevar a efecto en condiciones de extremas disoluciones, alto grado de mineralización, turbulencia, temperaturas altas y bajas en que no se pueden aplicar otros trazadores, además, existe una gran variedad de isótopos naturales en la geósfera y la hidrósfera que puede utilizarse con éxito para estudiar los procesos de transporte ambiental.

Una ventaja de los trazadores y de las técnicas isotópicas es que permiten calcular cualitativamente, los llamados "parámetros de retardo" del medio geológico en relación con el movimiento de los contaminantes. Por retardo se entiende básicamente las demoras en el transporte de contaminantes en relación con el movimiento del agua.

Se trata de un fenómeno muy complejo que incluye la absorción/desorción, la difusión/dispersión, la solución/precipitación y muchos otros procesos (21).

Para ayudar a evaluar el Retardo se pueden combinar isótopos diferentes. En las técnicas de "doble trazado" se pueden utilizar el Tritio (isótopo radiactivo de hidrógeno); como trazador del movimiento del agua y otro isótopo como trazador de un contaminante específico.

Las técnicas suministran información valiosa para evaluar los efectos del retardo.

Los experimentos de campo son las técnicas más convenientes para evaluar los parámetros de retardo en condiciones de campo, se suelen realizar experimentos de trazado múltiple, en los que se utiliza tritio artificial como trazador de agua junto con sustancias reactivas disueltas (contaminantes) marcados con otro isótopo, por lo regular las concentraciones de tritio que se necesitan para esos experimentos de campo basados en el uso de isótopos artificiales como trazadores pueden ser del orden de varias centenas de becquerelios por litro (Bq/L).

Estos experimentos ayudan a abordar problemas locales como son :

- La protección de determinadas zonas en las que se extrae agua para el consumo humano. El principal objetivo que se persigue es predecir el tiempo de tránsito del contaminante desde la fuente donde se origina.
- La investigación y el pronóstico de la contaminación de las aguas subterráneas en zonas aledañas a los emplazamientos de evacuación de desechos y grandes complejos industriales.
- La evaluación de la dinámica del agua en los sistemas de recarga artificial.
- El estudio y el pronóstico del movimiento y el comportamiento de la sal y los productos químicos agrícolas en el suelo y en las aguas subterráneas.

En la mayoría de las investigaciones hidrológicas e hidrogeológicas, los isótopos artificiales se usan en concentraciones bajas, las cuales no representan ningún riesgo para los operadores, para el público, ni para el medio ambiente. La utilización de isótopos radiactivos naturales no plantea ningún problema especial de seguridad (21).

2.9. Enfermedades transmitidas por el agua

Dentro de la gran cantidad de enfermedades transmitidas por el agua, se tratará de mencionar en este capítulo las más importantes.

2.9.1. Enfermedades transmitidas por el agua a humanos.

2.9.1.1. Transmisión fecal-oral

Muchas de estas enfermedades se transmiten por la vía "fecal-oral" o "ano a boca", las fuentes de agua potable son contaminadas por excretas humanas (o algunas enfermedades Zoonóticas" por excretas de animales) evacuadas por alguien con una infección. Esa persona puede estar enferma o ser un "portador". Un portador hospeda dentro de su cuerpo los organismos patógenos sin manifestar síntomas.

La mayoría de las enfermedades vía fecal-oral, se manifiestan en el tracto intestinal, es decir son "enfermedades entéricas". El síndrome más frecuente es la diarrea, es decir deposiciones sueltas frecuentes. El agente etiológico (patógeno), podría ser uno de los muchos organismos causantes de infecciones en el tracto digestivo.

- Amebiasis

El término significa infección con amebas; infección del intestino grueso, producido por la Entamoeba histolytica, es la única de las seis especies de amebas que parasitan el intestino humano. La Dientameba fragilis puede causar síntomas intestinales leves. La amebiasis se encuentra en todo el mundo afectando a un 10% de la población mundial (41).

Transmisión : El hombre se contagia con la E. histolytica

al ingerir los quistes (los únicos portadores de contagio) que llegan a la boca a través de alimentos, agua y otros objetos contaminados fecalmente, p. ej. los dedos. La transmisión es mayor en áreas con saneamiento deficiente.

- Disentería bacilar

Conocida como Shigelosis, es una enfermedad aguda, principalmente del intestino grueso, caracterizada por presentar diarrea, fiebre, náuseas, algunas veces calambres, vómitos y tenesmo.

La Shigelosis es una enfermedad grave especialmente en niños. Existen cuatro especies en su género: Shigella dysenteriae, S. flexneri, S. boydii y S. sonnei. El tipo 1. S. dysenteriae, es de bacilo "Shiga", aislado por el japonés Kiyoshi Shiga durante severa epidemia que azotó el Japón. En Guatemala apareció con un estimado de 112,000 casos y 8300 - muertos (1969) durante los diez primeros meses.

Debido a que se requiere una cantidad minúscula de inoculación, la Shigella puede propagarse por contacto, sin necesidad de un vehículo, tal como los alimentos, el agua o la leche, que amplifique la dosis de infección; lo único que se requiere es una capa delgadísima de heces contaminadas sobre los dedos. Horas después de la inoculación experimental de la bacteria en la piel, se ha cultivado regularmente de los dedos Shigellas viables. Se tipifica a la Shigelosis como una enfermedad "relacionada con la higiene del agua".

- Fiebre tifoidea

Es una enfermedad infecciosa sistémica, transmisible, caracterizada por presentar fiebre continua, dolor de cabeza, anorexia, pulso débil, manchas rosadas en el tronco, estreñimiento más comúnmente que diarreas y en ocasiones hemorragia o perforación intestinal.

Propagación : A través de alimentos o aguas contaminadas por las heces fecales u orina de un paciente o portador. Los moluscos y la leche son también importantes vehículos de transmisión.

Causas : La fiebre tifoidea se reproduce por ingesta de la bacteria Salmonella typhi.

Prevención : Detección y tratamiento de portadores, inmunización y la higiene personal y comunitaria en cuanto al suministro de sistemas adecuados de agua y disposición de excretas.

- Fiebre paratifoidea

Fiebre entérica bacteriana similar clínicamente a la fiebre tifoidea, generalmente más suave y con un menor índice de mortalidad. Presenta infecciones leves y asintomáticas.

Se reconocen tres grupos principales de agentes infecciosos :

- Salmonella paratyphi A

- Salmonella paratyphi B (S. schottmuller)

- Salmonella paratyphi C (S. hirschfeldii)

Todas ellas de origen predominantemente humano.

La transmisión es fecal-oral a través de los alimentos o

personas que los manipulan. Los brotes están relacionados con sistemas de abastecimientos de agua, incluyendo agua para nadar (estanques, piscinas, lagos, lagunas, etc.) (3, - 41, 52).

Prevención : Medidas preventivas similares a la tifoidea.

- Salmonelosis

Enfermedad aguda infecciosa, de origen bacteriano que presenta accesos repentinos de dolor abdominal, diarreas, náuseas, fiebre y algunas veces vómitos.

Más de 2000 serotipos de Salmonella son patógenos siendo el más común S. typhimurium.

Transmisión : La transmisión es fecal-oral de persona a persona y vía agua o alimentos contaminados. La epidemia generalmente se originan por los alimentos o la leche. En algunas epidemias de gran magnitud ha intervenido la contaminación fecal de abastecimientos públicos de agua clorada.

- Enteritis campilobacteriana

La diarrea causada por la infección de Campilobacter jejuni (feto vibrion), es una enfermedad entérica aguda, autolimitante caracterizada por diarreas, dolor abdominal, malestar, fiebre, náuseas y vómitos.

La transmisión se produce a través de alimentos o agua contaminada y por contacto con animales o infantes infectados. Medidas preventivas contra la Campilobacteria son: La cocción total de los alimentos, la pausterización de la leche, el con

troil de las infecciones en mascotas y animales domésticos, la correcta elección de las personas encargadas de manipular alimentos y el correcto lavado de las manos.

- Cólera

El Cólera es una enfermedad aguda provocada por la colonización del intestino delgado por parte del Vibrio cholerae, el bacilo del cólera. La enfermedad se caracteriza porque se presenta en forma epidémica y porque produce en los casos más graves, diarrea masiva con una rápida depleción de fluído extracelular y electrolitos.

El Vibrio cholerae produce proteína enterotoxina que parece ser la responsable de todos los procesos patofisiológicos en el cólera. El período de incubación toma por lo general de 6 a 48 horas. Este es seguido por un repentino ataque de diarrea acuosa, generalmente sin dolor. En los casos más severos, la evacuación inicial de deposiciones diarréicas puede ser superior a 1000 ml, y en horas se pueden perder muchos litros de líquidos, conduciendo rápidamente a un estado de shock profundo. Generalmente el acceso de diarrea va seguido de vómitos, aunque algunas veces éstos lo preceden; la característica del vómito es que no va acompañado de dolor ni es precedido por náuseas. A medida que la depleción salina progresa, se presentan severos calambres musculares, que por lo general atacan a las pantorrillas. El paciente o contagia do por el cólera no se salva por el exceso de líquidos corporales que se pierden (43).

Epidemiología : La mayoría de las principales epidemias se han producido claramente a través del agua, pero probablemente también la contaminación directa de alimentos por heces infectadas ha contribuido a su propagación.

El saneamiento deficiente parece ser el principal responsable de la continua presencia del cólera, pero los factores huéspedes, tales como la aclorhidria (ausencia de ácido clorhídrico), también desempeñan un papel importante en la susceptibilidad del individuo al contagio. En áreas endémicas, el cólera es predominantemente una enfermedad infantil (41).

Sin embargo, cuando la enfermedad se propaga a áreas que no han sido previamente atacadas, los índices de incidencia son en un principio cuando menos tan altos en adultos como en niños.

2.9.1.2. Diarrea por Escherichia coli

El patógeno E. coli comprende por lo menos tres tipos - (OMS, 1979).

- 1) E. coli enterotoxígena (ECET). Estos organismos constituyen una causa importante de las enfermedades diarréicas en los niños de los países en vías de desarrollo y son la causa más común de la diarrea de los viajeros. Asimismo, son responsables de una grave enfermedad infantil similar al cólera. Si bien son una causa común de la diarrea en el tercer mundo, no constituyen una causa frecuente de diarrea en los países desarrollados, con excepción de las

áreas donde el saneamiento es deficiente. Su transmisión se da a través del agua, alimentos y, en guarderías infantiles, de persona a persona.

- 2) E. coli enteropatógena (ECEP) desde la década de los 40, se asocia a la enteritis infantil. Se sabe de brotes transmitidos a través del agua.
- 3) E. coli enteroinvasiva (ECEI). Es la causante de epidemias transmitidas a través del agua.

Estos organismos se propagan a través de alimentos contaminados, el agua y los vómitos. La falta de lavado de manos y las deficiencias en la higiene personal y el saneamiento ambiental son factores que contribuyen a la propagación de la enfermedad.

Para que se produzca la enfermedad se requiere de una inoculación de 10^6 - 10^9 organismos. Por esta razón solamente el agua y los alimentos, no así el contacto persona a persona, constituyen los medios de transmisión de E. coli diarréica.

Por virus : Hepatitis infecciosa y poliomielitis.

2.9.1.3. Enfermedades por vectores de habitat acuático

Estas son enfermedades que durante parte de su ciclo vital dependen de vectores animales que viven toda o parte de su vida en un hábitat acuático o adyacente a éste. Los prototipos son los esquistomiasis (asociado a caracoles), si la Malaria (asociada a los mosquitos) y la oncocercosis (asociada

a la mosca acuática).

La disposición sanitaria de excretas podría teóricamente interrumpir el ciclo de vida de estos parásitos (41).

- Enfermedades causadas por virus

A los Virus presentes en el agua, se asocia una larga lista de enfermedades; incluyendo enfermedades del sistema nervioso central. Sin embargo los informes autenticados son escasos.

Se sabe que las heces humanas expulsan más de cien tipos diferentes de virus. Una persona infectada puede expulsar más de un millón de partículas de virus infecciosos por gramo de heces. Los virus son comunes en las aguas residuales. Estos pueden sobrevivir durante meses en el agua, el suelo y los mariscos, pudiendo resistir a algunos procesos de tratamiento.

Los virus para los cuales el agua desempeña probablemente un rol importante en la transmisión de las enfermedades son: Virus A de la hepatitis, el virus tipo Norwalk de la gastroenteritis y los rotavirus.

- Virus A de la Hepatitis

La hepatitis viral, es una enfermedad a nivel mundial, - es común en los lugares con saneamiento ambiental deficiente. Se presenta a una edad temprana y es transmitida de persona a persona. Frecuentemente se producen brotes de vehículo común debido a agua o alimentos contaminados, especialmente le

che y mariscos. La enfermedad varía de leve hasta fulminante, con fiebre, anorexia, malestar e ictericia. El índice de mortalidad es bajo. Las medidas preventivas recomendadas incluyen educación sobre higiene y salud, higiene personal, adecuada disposición de las excretas y un cuidadoso lavado de manos.

- Diarreas virales

Los agentes virales que comúnmente causan diarrea incluyen por lo menos dos tipos con diferencias epidemiológicas distintivas: Enfermedades del tipo Norwalk y Rotavirus.

- Enfermedades virales del tipo Norwalk

Estas son enfermedades que presentan una aguda gastroenteritis de origen viral y que reciben su nombre del lugar - en el cual fueron identificadas por primera vez (Norwalk, Hawaii; Ditchling y otros).

Sus propiedades biofísicas son similares a las de los parvovirus. Actualmente se encuentran diseminadas a nivel mundial. No se conoce completamente su forma de transmitirse, pero es probable que sea fecal-oral, algunos brotes sugieren fuertemente una transmisión a través de alimentos y el agua. Todos los grupos generacionales parecen ser vulnerables. Estos virus probablemente no constituyen una causa importante de las enfermedades diarréicas graves de los niños. Esta enfermedad también se conoce como "mal invernal del vómito".

- Rotavirus

Los rotavirus se asocian con enfermedades diarréicas se veras que afectan principalmente a niños, con un alto índice de mortalidad en los países en vías de desarrollo.

Desde hace mucho tiempo se ha pensado en un patógeno vi ral de la diarrea. La estabilidad del virus, junto con las grandes cantidades que se expulsan en las excretas, hacen - que la contaminación ambiental sea casi inevitable.

- Otras enfermedades causadas por virus

Informes recientes consideran que entre las enfermedades transmitidas por el agua tenemos a la Ictericia infecciosa - que es un padecimiento producido por un virus que puede encontrarse en el agua, especialmente donde prevalecen condicio nes particularmente insalubres.

Se han dedicado grandes esfuerzos para investigar la posibilidad de que la poliomielitis provenga del agua, encontrándose dicha enfermedad en las aguas de cloaca (2, 3, 41).

2.9.1.4. Causas de patología infantil

En nuestro país las causas más frecuentes de consulta ex terna pediátrica son en su mayoría por enfermedades transmi- sibles, las cuales por otra parte son prevenibles. Como pue de observarse en el Cuadro 5, las diez principales enfermeda- des infecciosas y parasitarias en 1974.

De estas enfermedades gran porcentaje de ellas son motivo

de consulta por parte de la población infantil, lo que viene en detrimento de su crecimiento y desarrollo de por sí, ya deteriorado por otras causas, externas e internas.

Como se puede observar en el Cuadro 5, este tipo de consulta, en ocasiones hace que el médico se ocupe sólo del paciente con patología y dejar el aspecto preventivo, que debería ser el más importante, en segundo lugar o en manos del personal paramédico, de tal forma, que objetivos como inmunizaciones, educación en salud, vigilancia del crecimiento y desarrollo del niño sano, salud mental, se cumplen por personal paramédico (14).

- Daños a la salud

Evidenciados principalmente por gastroenteritis, parasitismo intestinal, desnutrición y enfermedades transmisibles prevenibles por vacunación.

- Diarrea infantil

Las enfermedades diarréicas, constituyen un problema particularmente devastador durante la primera infancia y la niñez; ellas causan la muerte de 10-20 millones de niños anualmente, la mayor parte de ellos, de los países en vías de desarrollo.

El niño posee una reserva nutricional menor, una inmunidad más débil y frecuentemente cuenta con una menor protección contra la acidez gástrica y la peristalsis intestinal (14).

Quizás lo más importante es que el niño tiene un volumen relativamente grande de fluido extracelular así como una amplia área superficial de intestino delgado en proporción al peso de su cuerpo, a diferencia del adulto.

Los efectos de las pérdidas fecales de agua y solutos en un niño se aproximan a los niveles peligrosos mucho más rápidamente que en un adulto. "La deshidratación y el desequilibrio electrolítico, la acidosis y el shock pueden progresar a una gran velocidad.

Los índices de mortalidad ocasionados por enfermedades diarréicas agudas entre los niños de corta edad (Fig. 10) en los países en vías de desarrollo podrían ser aún mayores si no fuera por la casi universal práctica de la lactancia materna. De este modo se proporciona una alimentación buena y limpia en lugares donde la nutrición y el saneamiento constituyen las principales deficiencias de la salud pública.

Existe una relación tan estrecha entre los alimentos de baja calidad nutritiva preparados bajo condiciones insalubres y la diarrea pediátrica que la enfermedad tiene un nombre especial "diarrea del recién destetado".

- Gastroenteritis

Es la primera causa de muerte y de consulta en nuestro país ataca también principalmente a los menores de cinco años, como se puede evidenciar en la (Fig.8) y especialmente a menores de un año.

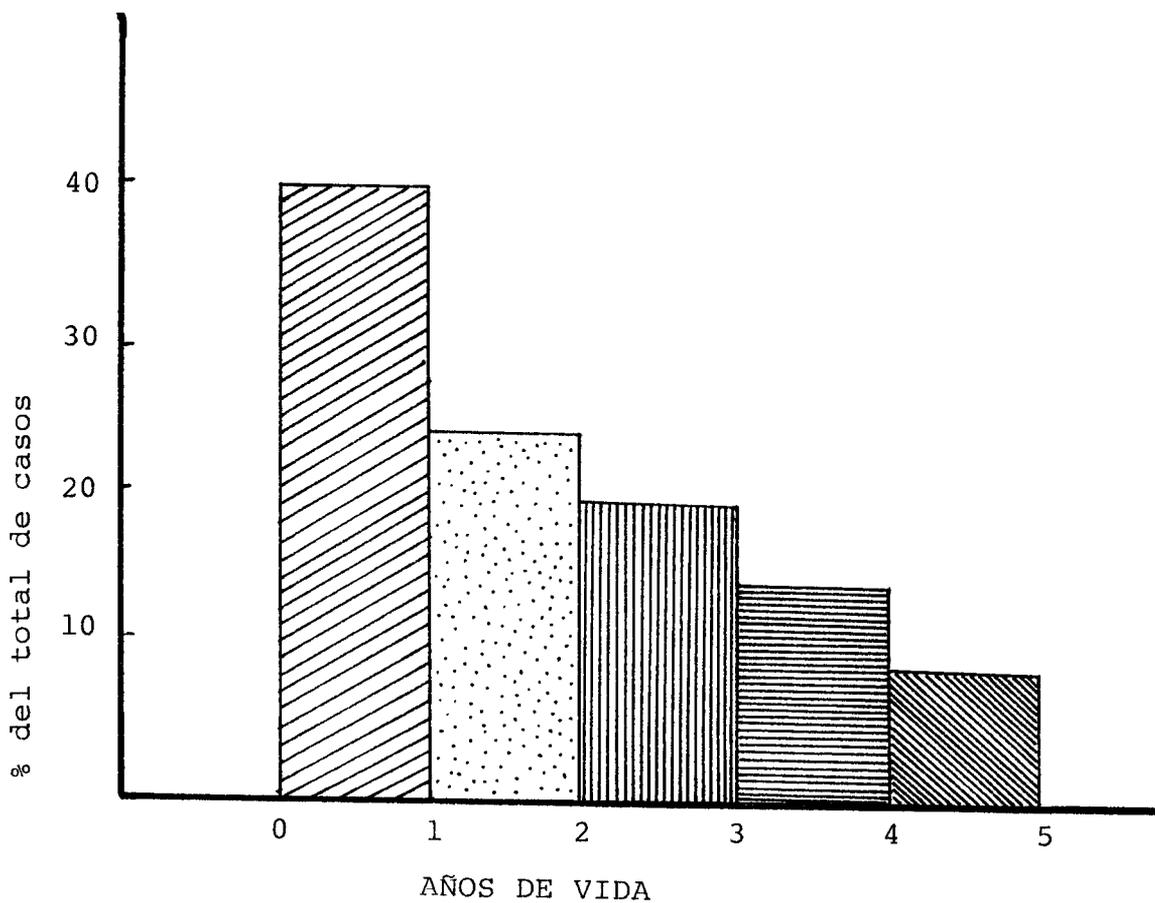


Figura 8 . Mortalidad por diarrea 1961-1970.

Fuente : Censo de Salud y población, datos acumulados 1961-1970. El Salvador.

Cuadro 4. Diez principales causas de enfermedades infecciosas y parasitarias. (Patología Infantil) El Salvador, 1974.

CAUSAS	Porcentaje
1. Enfermedades diarreicas (gastroenteritis, colitis y otras), excepto disenteria no especificada	27.6
2. Helmintiasis intestinal	21.0
3. Influenza o gripe	19.7
4. Paludismo	15.1
5. Disenteria (todas formas)	3.5
6. Neumonía y Bronconeumonía	2.9
7. Sífilis	1.7
8. Infecciones gonocóccidas	1.6
9. Hepatitis infecciosa	0.7
10. Tuberculosis pulmonar	0.6
Población : 3,971,702	

Fuente : Salud Pública en cifras, 1974 (14).

Cuadro 5. Diez principales causas de consulta externa. El Salvador, 1970.

C A U S A S	NUMERO	PORCENTAJE
Todas las causas	1,560,686	100.0
1. Enteritis y otras enfermedades diarréicas.	196,848	12.6
2. Enfermedad de los dientes y sus estructuras de sostén	150,255	9.6
3. Infecciones respiratorias agudas	98,652	6.3
4. Observación y atención prenatal	92,940	5.9
5. Otras enfermedades del aparato génito-urinario.	76,496	4.9
6. Helmintiasis	60,376	3.9
7. Bronquitis, enfisema y asma	53,496	3.5
8. Infecciones del tejido celular sub-cutáneo	44,700	2.9
9. Influenza (gripe)	41,142	2.6
10. Otras enfermedades del sistema nervioso y de los órganos de los sentidos	36,324	2.3
Demás causas	709,511	45.5

Fuente : Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

(14).

Cuadro 6. Enfermedades transmitidas por el agua. Fuentes químicas.

Fuente	Enfermedad o síndrome	OBSERVACIONES
Metales	Toxicosis	Ingestión de metales (provenientes de fuentes naturales o de actividades humanas) con el agua potable, los alimentos o aire. Estos incluyen : arsénico, cadmio, cobre, plomo, cinc, mercurio, selenio, vanadio, zinc y otros.
Productos químicos orgánicos	Toxicosis, cánceres, mutaciones y defectos congénitos.	Ingestión de ciertos productos químicos especialmente sustancias químicas incluyendo algunos pesticidas, también productos como trihalometanos de la cloración son posibles cancerígenos.
Radionúclidos	Cánceres	Radioactividad natural y artificial. No son de alta prioridad en los países subdesarrollados.
Dureza	Enfermedades cardiovasculares	Cierta evidencia epidemiológica indica una correlación inversa entre las enfermedades cardiovasculares y la dureza del agua potable.
Otras	Fluorosis	Daño producida en los dientes y en los huesos como resultado de la ingestión a largo plazo de la ingesta de fluoruros naturales.
	Metahemoglobine-mia.	Grave, algunas veces conduce un envenenamiento mortal en niños que ingieren agua de pozos con contenido de nitrato (NO ₃) en concentraciones mayores a 45 mg/L.

Fuente : McJunkin (41).

2.9.2. Enfermedades transmitidas por el agua a animales

2.9.2.1. Diarrea en animales

Enfermedades causadas por organismos patógenos que se encuentran en el agua y cuando se ingieren en una dosis suficiente infectan al que la bebe. La mayoría de estos organismos patógenos llegan al agua mediante la contaminación con excretas humanas o animales, e ingresan al cuerpo a través de la boca; se caracteriza por deposiciones acuosas continuas, estados febriles, anorexia, malestar, etc. (41, 43).

2.9.2.2. Colibacilosis

- Infecciones por Escherichia coli

Unos pocos serotipos de E. coli, pueden causar infección en las aves de corral. Aún cuando la E. coli es parte de la flora intestinal de todos los animales, sólo un pequeño número de serotipos aislados de las aves pueden causar enfermedad en los mamíferos, la E. coli es una causa frecuente de enfermedad en las aves, aún cuando generalmente participan factores predisponentes. Entre las lesiones observadas con mayor frecuencia figuran: infecciones del saco de yema, pericarditis, infecciones del tracto respiratorio, peritonitis, salpingitis, y con menor frecuencia infecciones articulares, septicemia aguda y panoftalmitis, el diagnóstico se hace por aisla

miento de E. coli en lesiones típicas.

Las pérdidas pueden reducirse usando solamente huevos en incubación limpios y desinfectados, medidas sanitarias en las incubadoras y eliminación de los agentes del tracto respiratorio, particularmente especies de Mycoplasma; en los casos agudos los nitrofuranos, estreptomycin, tetraciclina, gentamicina o sulfaquinovalina son a veces eficaces (43).

2.9.2.3. Enfermedad entérica de los terneros recién nacidos

Casos de diarrea en recién nacidos debido a trastornos alimentarios requiere la intervención de microorganismos en neonatos deficientes en inmunidad para que el trastorno se vuelva fatal.

Contribuye a la mortalidad de terneros, el ambiente intensamente contaminado y una alimentación deficiente.

En los distintos síndromes patológicos, se ha implicado a muchos microorganismos, que comprenden a E. coli, Salmone-la, Proteus, etc.

Los síndromes pueden ser distintos y es posible describirlos, darles nombre y actuar contra ellos profilácticamente (43).

- Colibacilosis

Aún cuando se atribuyen tres síndromes al E. coli, es útil considerarlos por separado.

1) La colisepticemia: Se produce a la primera semana de vida y debido a que el desarrollo de la inmunidad endógena en el ternero es raro después de esta edad, puede haber casos de muerte súbita, se observa embotamiento y depresión. Pronto entran en un período moribundo y mueren al cabo de 48 horas; otros rasgos clínicos que pueden observarse son: Taquicardia, pulso débil, humedad en torno de la boca.

Las lesiones post-mortem son características de septicemia con patequias en bazo, riñón y corazón; y un bazo aumentado de tamaño. Hay aumento de líquido sinovial en las articulaciones y congestión meníngea; es posible aislar cultivo puro de E. coli del bazo, riñón y sangre del corazón.

2) La Colibacilosis entérica: Es el tradicional "riego Blanco" de los terneros, generalmente se produce durante las dos primeras semanas de vida y termina por la muerte de 4 ó 5 días si no es tratada satisfactoriamente. El apetito disminuye, el ternero se encuentra deshidratado con los ojos hundidos y los cuartos traseros manchados por las heces líquidas, la respiración puede ser hiperneica por acidosis y el corazón lento y arrítmico. La exploración post-mortem de los casos fetales revela un cuerpo deshidratado, emaciado, con intestino lleno de líquido. La terapéutica puede ser con antibióticos, y electrolitos si se dan a tiempo pueden recuperar al animal.

3) La Colibacilosis Enterotóxica : Es un trastorno si-

milar a la colibacilosis entérica y es causada por un número - limitado de serotipos enteropatógenicos. Causan la transferen cia de líquido desde el cuerpo hasta el intestino delgado. Diarrea similar a la colibacilosis se produce en la primera se mana de vida y tiene una duración más corta hasta llegar a la muerte (3 días). Rara vez la muerte se produce sin diarrea. Se encuentra hemorragias en el corazón y bazo; se controla por medio de antibióticos y electrolitos (43).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Generalidades

3.1.1. Localización del experimento

La investigación se realizó en comunidades aledañas al Campo Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador en el Cantón Tecualuya, jurisdicción de San Luis Talpa, departamento de La Paz (Fig. 9, 10, 11) .

Localizado a 36 km de distancia de San Salvador a través de la Autopista que conduce al Aeropuerto Internacional El Salvador; a 55 km a través de la C-2 carretera del Litoral.

Se encuentra en la zona paracentral de la República de El Salvador en el Cuadrante 2356 II, Río Jiboa (20, 28, 40).

3.2. Características del lugar

3.2.1. Climáticas

Según Koppen Sapper Lauer, se clasifica como zona de clima propio de Sabana Tropical Caliente o tierras calientes (8-800 msnm) (40, 47).

Según Holdrige, se encuentra clasificado como bosque húmedo sub-tropical (bh-st), las condiciones de clima son: Biotemperatura : 24 °C, temperatura media anual : 26 °C, temperatura máxima : 33.4 °C, precipitación anual : 1453.7 mm, humedad

relativa anual : 70%, elevación mínima : 19.0 m. y máxima: 75 msnm (22, 40, 47).

3.2.2. Edáficas

Suelos conocidos como CMB Comalapa franco en planicies aluviales. Pertenecen al gran grupo regosol aluvial, los horizontes superiores hasta una profundidad de 30 cm, son francos y franco limoso de estructura granular y de colores por lo general café grisáceo, muy oscuros; los estratos inferiores predominantes son franco, franco arenoso y franco limoso; con menor frecuencia se encuentran los arenosos y franco arcillo limoso; los colores varían de café amarillentos oscuros a café grisáceos.

Moteo café rojizo, se encuentran a profundidades mayores de 60 cm, en resumen son suelos friables de moderada permeabilidad, con buena capacidad de retener agua profunda y con alta capacidad de producción (20, 40).

3.3. Geología

Geomorfológicamente, el área de estudio está ubicada - en la parte limítrofe de las unidades denominadas cadena costera en su región sur y la Planicie Costera en su región norte, constituida en esa área por formaciones geológicas de edad intermedia y de edad reciente pertenecientes a los periodos pleistoceno y holoceno de la era geológica Cuaternaria - (Fig. 12).

MAPA DE EL SALVADOR

DIVISION POLITICO-ADMINISTRATIVA

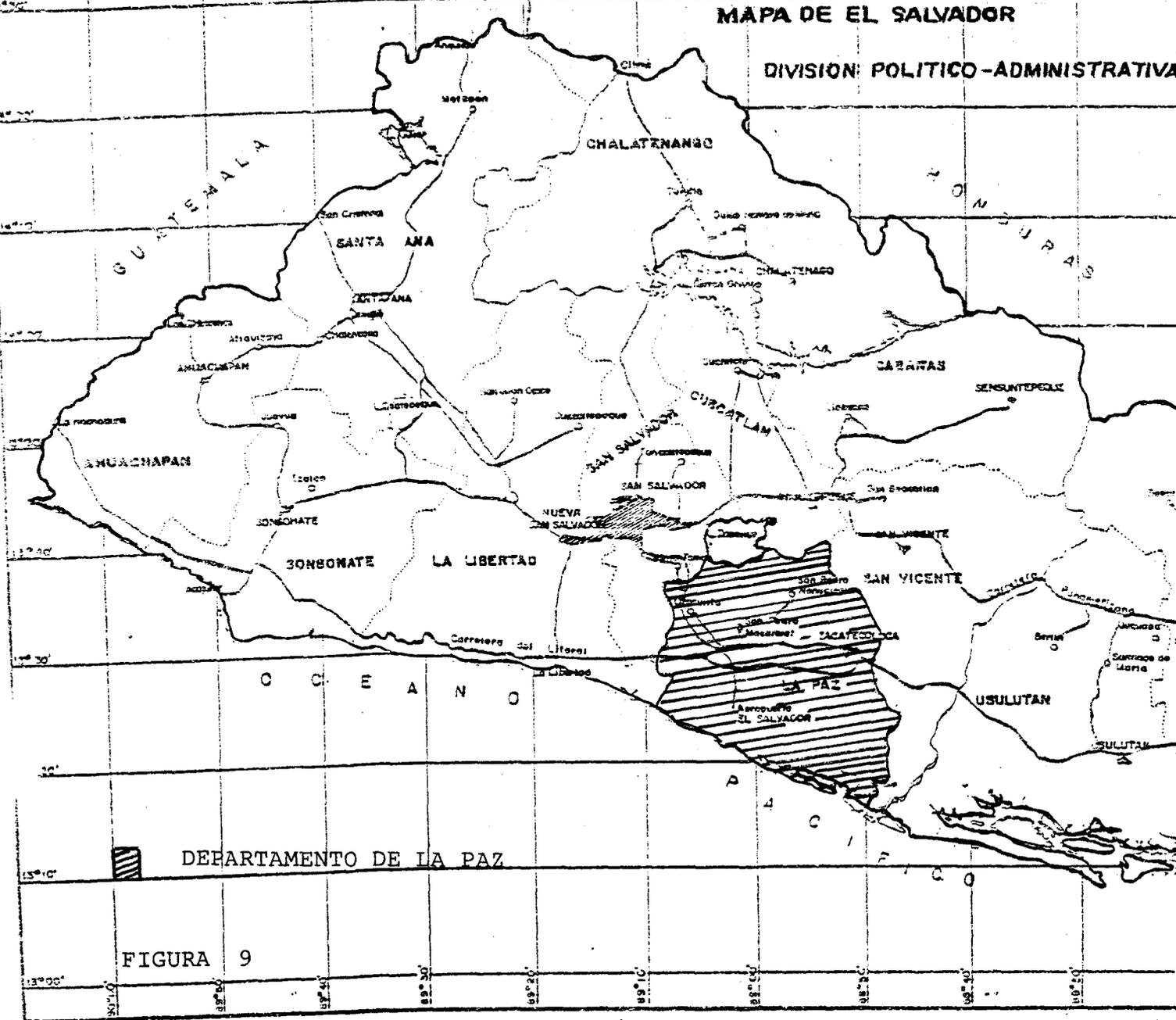
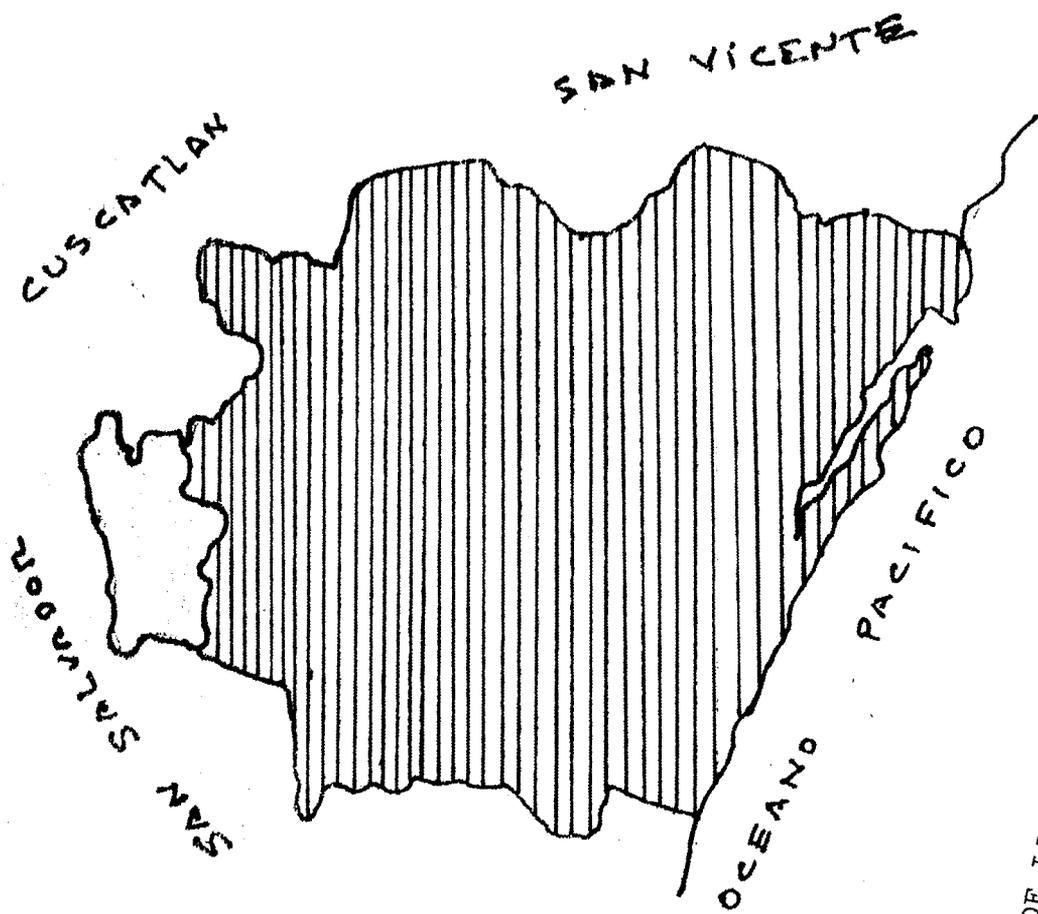


FIGURA 9



DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Estructuralmente, las unidades geomorfológicas, Cadena Costera y planicie Costera, se originaron por procesos geológicos-tectónicos y una serie o sistemas de fallas tectónicas que con rumbo NNW y SSE atraviesan el territorio nacional.

3.3.1. Formaciones geológicas diferenciadas

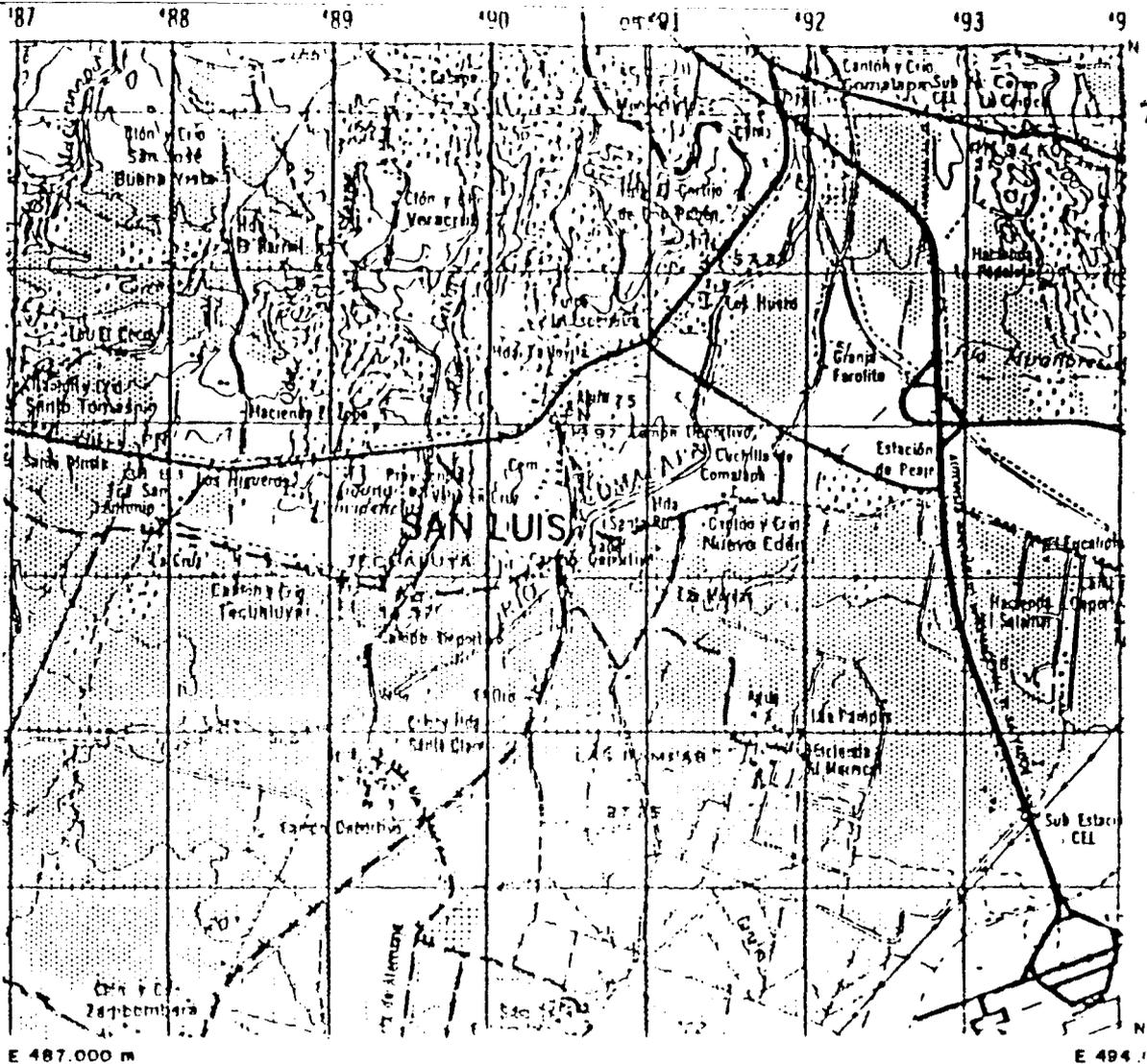
En el área de estudio se han diferenciado dos formaciones geológicas: la Formación San Salvador y la Formación Cuscatlán.

La Formación San Salvador está conformada por sedimentarios, compuestos por capas de piroclásticos retrabajados de carácter andesítico y pumítico, y capas de sedimentos aluvionales de carácter andesítico gruesos a medios, intercalados con estratos delgados de polvo volcánico o limos y arcillas.

La Formación Cuscatlán está conformada por extensas y -- gruesas capas de tobas fundidas o ignimbritas de textura fluidal, muy compactas.

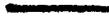
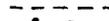
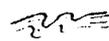
3.4. Estratigrafía

La secuencia estratigráfica en el área de estudio ha sido determinada por medio de columna litológica reconstruida en pozos perforados en la Hacienda Santo Tomás, y está definida de arriba hacia abajo, en la forma siguiente :



MAPA DE SAN LUIS TALPA

SIMBOLOGIA

-  AUTOPISTA AEROPUERTO INTERNACIONAL
-  CARRETERA PAVIMENTADA
-  CARRETERA MEJORADA
-  CAMINO TRANSITABLE
-  CAMINO VECINAL
-  CAMINO DE HUELLA
-  CANTON Y CASERIO
-  MUNICIPIO SAN LUIS
-  RIO
-  QUEBRADA
-  CURVAS DE NIVEL

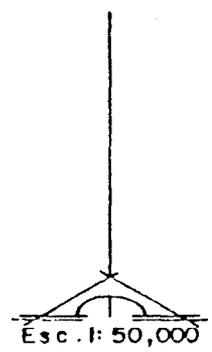


FIG. 11

3.4.1. Formación San Salvador

- Lapilli y cenizas finas a medias de carácter andesítico, mezcladas con polvo volcánico, de un espesor de 2.00 m (28).

- Piroclásticos retrabajados : Lapilli y cenizas medias a gruesas de pómez, de un espesor de 16.0 m.

- Sedimentos aluvionales: gravas y arenas gruesas a medias de carácter andesítico, con interrelaciones de estratos delgados de polvo volcánico, con un espesor de 8.00 m (Fig. 12).

3.4.2. Formación Cuscatlán

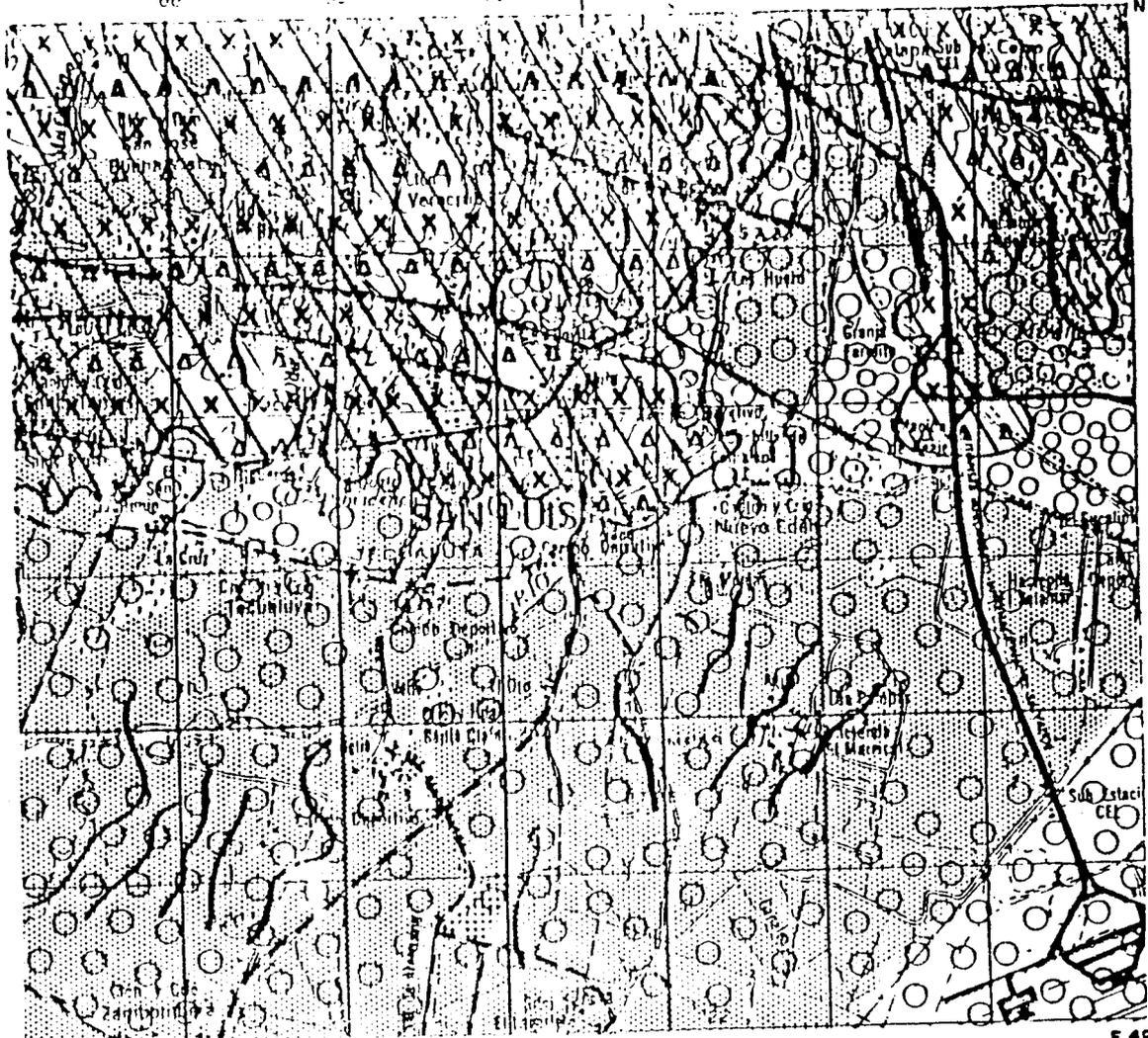
Tobas fundidas o ingnimbritas: piroclásticos gruesos cementados por una matriz fina, textura fluidal, muy compacta, con un espesor de 16.0 m.

3.5. Hidrogeología

La ocurrencia del agua subterránea de la región depende de los factores climáticos, de la topografía, del suelo, de la geología general y regional y de los sistemas de drenaje superficial y subterráneo propios de la zona.

3.6. Características hidrogeológicas de las formaciones diferenciadas

La formación San Salvador está conformada en esta área



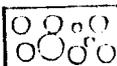
E 487.000 m

N 258.0
E 494.000

MAPA GEOLOGICO DE SAN LUIS TALPA

SIMBOLOGIA

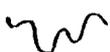
FORMACION SAN SALVADOR

 DEPOSITOS SEDIMENTARIOS

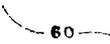
 PALEOCAUCES (CAUCE ANTIGUO DE RIO)

FORMACION CUSCATLAN

 TOBAS FUNDIDAS e IGNIMBRITAS

 CONTACTO DE FORMACIONES

 FALLA TECTONICA

 CURVAS DE NIVEL

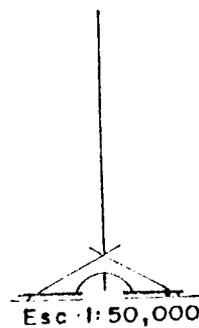


FIG. 12

por una capa geológica principal de depósitos sedimentarios, la cual se compone de los estratos que tienen la característica hidrogeológicas siguientes :

- Piroclásticos retrabajados :

Compuestos por Lapilli y cenizas medias a gruesas de pómez, tienen una porosidad alta y una permeabilidad buena; -- formando una unidad hidrogeológica de alta a media permeabilidad. Estos estratos almacenan y por ellos circulan acuíferos de buenos rendimientos, los que dependerán de su extensión, espesor y granulometría; a partir del nivel freático en la zona de saturación (28).

- Sedimentos aluvionales :

Compuestos por gravas y arenas gruesas a medias de carácter andesítico, tienen una porosidad buena y una permeabilidad alta, formando una unidad hidrogeológica de alta a buena permeabilidad. Estos estratos almacenan y circulan a través de acuíferos de altos rendimientos, a partir del nivel freático en la zona de saturación. Ambos estratos pueden encontrarse intercalados con estratos delgados de polvo volcánico en descomposición a limos y arcillas, de porosidad alta y de permeabilidad baja a nula.

La formación Cuscatlán conformada en esta área por una capa geológica, que tiene las características hidrogeológicas siguientes:

- Tobas fundidas o ignimbritas :

Muy compactas tienen una porosidad baja y una permeabili

dad baja a nula; formando una unidad hidrogeológica de baja a nula permeabilidad, constituyendo capas basales locales en el área.

3.7. El agua subterránea

La zona de recarga principal del agua subterránea de la región la constituye las elevaciones topográficas pertenecientes a la unidad geomorfológica denominada Cadena Costera, en donde se origina un drenaje superficial y un drenaje subterráneo en forma radial, refiriéndose en el presente caso a los drenajes de dirección sur predominante.

3.7.1. Drenaje superficial

El drenaje superficial comienza cuando el agua pluvial cae sobre la superficie del suelo en las partes altas de la zona de recarga antes mencionada; en donde parte del agua es interceptada por la vegetación y el resto del agua se infiltra en el suelo, almacenándose en las formaciones geológicas superficiales poco permeables. De esta parte del agua almacenada el mayor porcentaje escurre hacia los ríos y quebradas que drenan toda la región.

El drenaje superficial está definido principalmente por el Río Comalapa, el cual atraviesa toda el área con dirección suroeste predominante hasta descargar en el mar, siendo el

río de flujo permanente que conduce las masas de agua durante todo el año.

El Río Comalapa que tiene como afluentes al Río Cacapa, el Río Macucinapa y la Quebrada La Sierpe, cuyo flujo total de agua que conducen estos ríos no alcanzan a descargar en forma total en el mar; debido a que gran parte del agua se infiltra en las formaciones geológicas superficiales permeables, existentes en las zonas atravesadas por los ríos, incorporándose al nivel freático general de la región y convirtiéndose en agua subterránea.

3.7.2. Drenaje subterráneo

El resto del agua pluvial que penetra en el suelo y se almacena en las formaciones geológicas superficiales poco permeables, originando un drenaje gravitacional subterráneo a través de las formaciones geológicas más profundas de la región. Parte del agua que drena en forma gravitacional es desviada y forzada a aflorar cerca de la superficie por cambios de permeabilidad en los estratos y ligados a la morfología del terreno, formando manantiales aislados de bajos a medianos rendimientos. A este tipo de manantial corresponde el conocido como La Virgen, que sirve como fuente de abastecimiento del acueducto antiguo por gravedad construido en la población de San Luis (28).

Un mayor porcentaje de agua que se infiltra profundamente se almacena y circula en las capas geológicas porosas de ma-

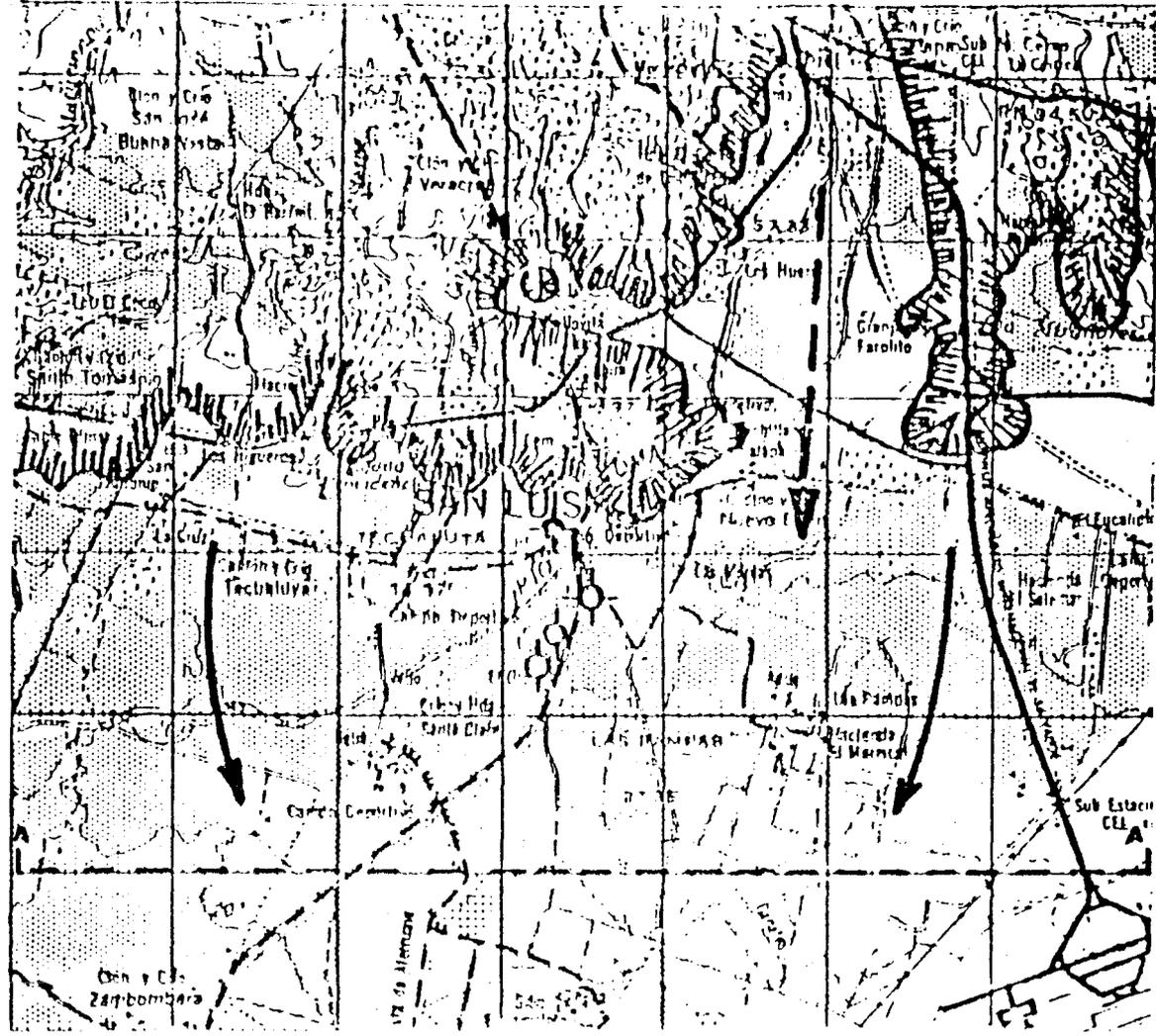
yor espesor, donde la capacidad de absorción y la permeabilidad dependen de las características físicas e hidráulicas de las capas acuíferas de la zona saturada propia de cada región.

Las características físicas e hidráulicas de las capas acuíferas, inciden directamente en sus coeficientes hidráulicos de transmisibilidad y de almacenamiento, a su vez estos coeficientes dependen de la magnitud de recarga de los mismos acuíferos; siendo estas condiciones generales las que rigen y determinan el aprovechamiento del agua subterránea y la capacidad de explotación por medio de pozos perforados.

3.7.3. Dirección del flujo subterráneo

La dirección del flujo subterráneo principal en la región es con rumbo sur predominantemente y un gradiente hidráulico del orden de 0.003. La profundidad del nivel freático en el área de la población de San Luis se encuentra entre - 6.00 y 7.50 m (18.68 pies y 24.6 pies), dependiendo de pequeños cambios topográficos y de permeabilidad locales (29).

Por la estructura geológica existente en la parte norte del área, determinada por una falla tectónica transversal que forma una Barrera Hidrogeológica, la cual modifica y cambia la dirección general del flujo subterráneo, teniendo una desviación lateral y paralela de dicha barrera. Por esta situación el área objeto de estudio recibe un flujo subterráneo indirecto y parcial, originando acuíferos de una extensión



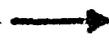
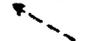
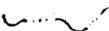
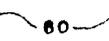
E 487.000 m

N 258.0 m

E 494.000 m

MAPA DE PUNTOS DE AGUA DE SAN LUIS TALPA, LA PAZ

S I M B O L O G I A

-  DIRECCION DE FLUJO DE AGUA SUBTERRANEA
-  BARRERA HIDROGEOLOGICA
-  SECCION DE ESCURRIMIENTO
-  TANQUE APOYADO
-  ACUEDUCTO POR GRAVEDAD
-  ACUEDUCTO POR BOMBEO
-  POZO EXCAVADO
-  POZO PERFORADO
-  POZO PROYECTADO
-  RIO
-  QUEBRADA
-  CURVAS DE NIVEL

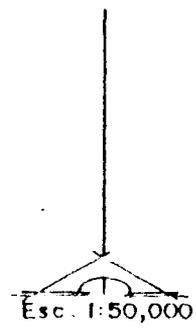


FIG. 13

limitada en zonas de contacto o cercanas a dicha barrera hidrogeológica (Fig. 13).

3.8. Los recursos del agua subterránea

Los recursos del agua subterránea existentes en el área de estudio son de medianos a buenos rendimientos. Los acuíferos que circulan en los depósitos sedimentarios compuestos por capas de piroclásticos retrabajados de pómez y capas de sedimentos aluvionales de carácter andesítico.

En estas capas de mayor espesor el agua subterránea se almacena y circula en los poros e intersticios, originando una formación saturada de poco espesor, con acuíferos de coeficientes hidráulicos de transmisibilidad y de almacenamiento de valores muy relativos y de una extensión limitada, acuíferos que pueden proporcionar caudales de mediana a buena capacidad específica en pozos perforados.

En la parte norte y central de la población de San Luis la extracción de estos caudales está limitada y definida por los linderos de recarga formados por la barrera hidrogeológica general de la región, barrera constituida por la capa de igninbritas impermeables existentes en la parte norte.

3.8.1. Caudales subterráneos en escurrimiento

El caudal del agua subterránea que escurre a través del

depósito sedimentario existente en el área de estudio y que descarga en el mar, calculada en base a una sección transversal de 7.0 km, la sección de escurrimiento, denominada A-A, tiene una longitud de 7.0 km (7000 m) y un espesor saturado de 70.45 m (231 pies) (Fig. 13).

Para calcular el caudal de agua subterráneo que fluye - por esta sección se aplica la ecuación de Darcy : $Q = TiW$

En donde :

Q = Caudal de agua subterránea en escurrimiento, en $m^3/día$.

T = Transmisibilidad, en $m^2/día$

i = Gradiente hidráulico del agua subterránea adimensional

W = Ancho de la sección en mts.

Sustituyendo :

$T = 141.58 m^2/día$ $Q = 141.58 m^2/día \times 0.003 \times 7000 m.$

$i = 0.003$ $Q = 2973.18 m^3/día$

$W = 7000.0 m$ $Q = 34.41 lt/seg.$

Fisiografía: Por su posición son áreas que tienen poco peligro de ser inundadas (20). La topografía del área de San Luis está caracterizada por un relieve semi-plano y una pendiente suave del orden del 3% con dirección sur predominante (28).

Uso actual : Con excepción de pequeños remanentes del - bosque húmedo-caliente original, la mayoría de estas tierras están ocupadas con cultivos intensivos : algodón, maíz, maicillo. Hay regulares extensiones dedicadas a pastos, los exis-

tentes son : Pangola (Digitaria decumbens), Estrella (Cynodon pleitostachyus), Elefante (Pennisetum purpureum).

Las tierras son aptas para la mayoría de cultivos propios de las zonas bajas, el uso de maquinaria agrícola es factible casi todo el tiempo, riego fácil de aplicar y dar excelentes resultados (40).

4. METODOLOGIA

Para efectos de análisis, las muestras se dividieron en los siguientes grupos :

- 1) Agua procedente de pozos de uso doméstico
- 2) Agua procedente de dos ríos de la zona : Río Comalapa y Río Aguacula (Cacapa).
- 3) Agua de chorro de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador.
- 4) Agua de chorro público situado en la zona periférica de San Luis Talpa.

Los muestreos se realizaron desde agosto de 1990, a octubre de 1991, efectuándolos por etapas de acuerdo al procesamiento en el laboratorio.

Inicialmente se llevaron a cabo, los exámenes microbiológicos y físicos, posteriormente se finalizó con los exámenes químicos.

4.1. Preparación de materiales

Previo a la adquisición de cada una de las muestras de agua se procedió a lavar y esterilizar el material utilizado durante los análisis, siguiendo recomendaciones de APHA, AWWA, OPS, OMS (1, 4, 12, 13).

4.2. Preparación de cristalería

Se utilizaron 35 frascos de vidrio para coleccionar las muestras de agua que fueron procesadas en el análisis microbiológico; con capacidad de medio litro (500 ml), lavados y esterilizados en autoclave (15 minutos, 121 °C a 15 lbs de presión). Pipetas serológicas con capacidad de 0.1, 1.0, 5.0 y 10.0 ml, se lavaron y se envolvieron en papel kraft haciendo grupos de 25 pipetas ordenadas de acuerdo a la capacidad, se colocaron en autoclave a 121 °C, 15 lbs de presión por 15 minutos.

Las cajas de Petri utilizadas, se lavaron previamente luego se envolvieron por pares en papel de empaque, posteriormente se esterilizaron en autoclave.

4.3. Preparación de medios de cultivo

Para la realización de análisis microbiológico se prepararon los medios de cultivo, reactivos, solución para diluciones y colorantes siguiendo las indicaciones dadas por APHA, AWWA, WPCF y las casas fabricantes Difco y Merck (1, 4, 42).

Todos los medios de cultivo utilizados en cada una de las etapas del análisis microbiológico se esterilizaron en autoclave a 121 °C, 15 lbs de presión durante 15 minutos.

4.3.1. Recuento total bacteriano (RTB)

Para el recuento total bacteriano (RTB), se prepararon tubos de ensayo tapón rosca con agua destilada estéril (tres tu-

bos por muestra), conteniendo cada uno de ellos 9.0 ml para hacer las diluciones (1:10, 1:100, 1:1000).

4.3.2. Investigación de coliformes

Para la investigación de bacterias coliformes, se prepararon para la prueba :

a) Presuntiva : Caldos lactosados contenidos en tubos de ensayo 13 x 100 mm tapón de rosca conteniendo campana Durham, - cada uno de ellos, se esterilizaron en autoclave a 5 lbs de presión por siete minutos (A.4).

b) Confirmativa: Siguiendo las indicaciones contenidas en las etiquetas del frasco de MacConkey, se procedió a hidratar el medio usando agua destilada. Se calentó e hirvió durante un minuto.

Se esterilizó en autoclave a 121 °C a 15 lbs de presión durante 15 minutos. Después de esterilizado, se repartió en cajas de Petri estériles, aproximadamente 20 centímetros cúbicos por placa. Se dejó solidificar y luego se guardó en refrigeración (A.6).

c) Prueba completa: Se prepararon los medios : Indol, Rojo de metilo, Voges Proskauer y citrato (IMVIC). Se hidrató cada uno de ellos y se repartieron en alicuotas de 5 centímetros cúbicos en cada tubo (de 13 x 100 mm tapón de rosca).

Se esterilizaron en autoclave a 21 °C, a 15 lbs de presión durante 15 minutos (A.5, A.6, A.7, A.8).

4.4. Fase de campo

4.4.1. Recolección de información

Se realizaron inspecciones de los lugares a muestrear, inicialmente se reconoció la zona; se tomaron datos de los propietarios de pozos, ubicación de los mismos, uso principal, distancia de los sanitarios a los pozos, etc. (Cuadro 7)

En otras giras posteriores, se inspeccionó el tipo de construcción de cada pozo, materiales usados, diámetros mayor y menor de los pozos, así como la profundidad del espejo de agua; (A. 1).

Para los ríos en la periferia del Cantón Tecualuya, se observó el lugar donde los vecinos tomaban el agua para diversos usos tales como: culinario, baño, lavado, etc., y de esos lugares se tomaron las muestras de agua.

Para determinar la calidad bacteriológica, física y química del agua potable de la zona, se tomó muestra de chorro público en los suburbios de San Luis Talpa, y del Campo Experimental y de Prácticas de la Universidad de El Salvador.

4.4.2. Toma de muestras

El análisis microbiológico incluye la técnica para coleccionar las muestras de agua (1, 3, 4).

- Recolección

Las muestras para análisis bacteriológico se tomaron en

frascos de vidrio de 500 ml, lavados y esterilizados previamente.

Se rotuló el frasco con los datos de identificación del propietario, hora de toma de muestra, número de pozo, etc.

Las muestras de los pozos se tomaron a la tercera balda para no sacar material ajeno al experimento que estuviera en la superficie del espejo del acuífero; se le midió la temperatura con un termómetro de escala $-20\text{ }^{\circ}\text{C} - 250\text{ }^{\circ}\text{C}$, no permitiendo que el bulbo entrara en contacto con las paredes del recipiente, sino que al centro del recipiente por espacio de un minuto. Se le midió el pH por medio de un trozo de papel Litmus que lleva una escala colorimétrica del 0 al 14.

Se guardó el frasco con la muestra, en una bolsa plástica, rotulada con lapiz y almacenada en una caja de cartón separada una de otra para no contaminarlas.

Para el agua de chorro del Campo Experimental y de Prácticas, se abrió el grifo completamente, se dejó que el agua fluyera por tres minutos, para permitir la purga de la línea de servicio, se cerró un poco el grifo para evitar que el exceso de presión hiciera que rebosara el frasco.

Para la toma de la muestra de los Ríos Comalapa y Aguaculla, se destapó el frasco para que la boca quedara hacia abajo, luego se invirtió y en sentido opuesto a la corriente se tomó la respectiva cantidad de muestra.

Para la muestra de agua de chorro público de los suburbios de San Luis Talpa, se procedió de igual forma que para la toma de muestras del Campo Experimental.

Las muestras para análisis físico y químico se tomaron en frascos de 1.0 galón (3.78 lts) de plástico, previamente lavados en el laboratorio; se les tomó la temperatura y pH con papel Litmus.

Todas las muestras fueron acompañadas de datos para su respectiva identificación y descripción (Cuadro 7).

Posteriormente fueron llevadas al laboratorio para su respectivo procesamiento microbiológico en el Laboratorio de Investigaciones del Departamento de Protección Vegetal y el análisis físico-químico en el Laboratorio de la Unidad de Química de la Facultad de Ciencias Agronómicas, ambos de la Universidad de El Salvador y al Laboratorio de Control Sanitario de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).

4.5. Fase de laboratorio

4.5.1. Análisis microbiológico

4.5.1.1. Recuento total bacteriano (RTB)

Recuento de colonias por el método de la "Placa vertida" con este método se detectan bacterias coliformes, inócuas y patógenas. Obteniéndose el número total de bacterias viables -- presentes en la muestra.

Cuadro 7. Lugares de muestreo, procedencia y destino del agua.

No. de Muestra	Propietario o Lugar	Fecha	Ubicación de la zona	Procedencia del agua	Destino Análisis
1	Rafael Amadeo Grande	18/9/90	RUR.	Pozo	Microbio.
2	Teódula Deras	"	"	"	"
3	Víctor Deras Ramos	"	"	"	"
4	Teófilo Escobar Flores	"	"	"	"
5	Cruz García	"	"	"	"
6	Ma. Versabé Vásquez	"	"	"	"
7	Juan Campos Olano	"	"	"	"
8	Juana Hernández	"	"	"	"
9	Alberto H. Torres P.	"	"	"	"
10	Perfecto López	"	"	"	"
11	Gumersindo León G.	"	"	"	"
12	Francisco Soriano	"	"	"	"
13	Juana López vda. de Hernández	"	"	"	"
14	Efraín Velásquez	"	"	"	"
15	Carlos Peñate	"	"	"	"
16	Eduardo Flores Vides	"	"	"	"
17	José Guillermo Gálvez	"	"	"	"
18	María Elena Parada González	19/9/90	"	"	"
19	Salvador Cardona	"	"	"	"
20	Jesús Escobar (Ext.)	"	"	"	"
21	Jesús Escobar (Int.)	"	"	"	"
22	Miguel Martínez (Ext.)	"	"	"	"
23	Miguel Martínez (Int.)	"	"	"	"
24	Teófilo Escobar	"	"	"	"
25	Rafaela Marroquín	"	"	"	"
26	Manuel de Jesús Mari- nero	"	"	"	"

Continuación Cuadro 7 .

No. de Muestra	Propietario o Lugar	Fecha	Ubicación de la zona	proceden_ cia del agua	Destino Análisis
27	CAEX pozo L-bomba	19/9/90	RUR	Pozo	Microbiol.
28	CAEX pozo L-casco	"	"	"	"
29	Río Comalapa	"	"	Río	"
30	Río Cacapa (Aguacula)	"	"	Río	"
31	Agua potable (CAEX)	"	"	ANDA	"
32	Agua potable San Luis Talpa	"	SUR	ANDA (Chorro público)	

RUR : Rural

SUR : Semi-Rural

CAEX : Campo Experimental y de Prácticas Fac. CC.AA. UES.

Microbiol : Microbiológico

L : Lote

- Procedimiento :

- a) Se prepararon diluciones 1 : 10, 1:100 y 1:1000 de la muestra de agua. (Fig. 14)
- b) Se tomó 1 ml. de cada dilución y se depositó en sus respectivas cajas de Petri estériles.
- c) Se licuó en baño María 3 tubos con 20 ml. de Agar-nutritivo estéril.
- d) Se agregó a cada placa el contenido de 1 tubo con Agar- -- (licuado y enfriado a una temperatura de 40 ± 0.5 °C)
- e) Se mezcló cuidadosamente por rotación dejando solidificarse, se identificó y se incubó a 37 ± 0.5 °C.

f) Transcurridas 24 horas se hizo el recuento de colonias (escogiéndose la placa que tuviera de 30 a 300 colonias).

Cálculos :

No. de colonias x dilución = No. de colonias x recíproca de la dilución (29).

4.5.1.2. Investigación de la presencia de bacterias coliformes

Se ha utilizado el grupo de bacterias coliformes para indicar la contaminación del agua con aguas negras y de desecho.

Para el estudio de coliformes se reconocen tres pruebas :

- 1- Prueba de presunción
- 2- Prueba de comprobación
- 3- Prueba completa

1) Prueba de presunción (Fermentación de la lactosa)

- a) Se inocularon 2 caldos lactosados con 1.0 y 0.1 ml. de la muestra de agua. (A. 4)
- b) Se identificaron e incubaron a 37 ± 0.5 °C
- c) Al cabo de 24 ± 2 horas se examinaron. En algunos casos que no se produjo cambios se dejó en incubación para -- ser examinado nuevamente al cabo de 48 ± 3 horas.
- d) La aparición de 10% de gas en el tubo de Durham se considera -- prueba de presunción de que hay coliformes.

En cada examen se registró la presencia o ausencia de gas, y se expresó en % el contenido.

2) Prueba de comprobación (Aislamiento en MacConkey) (A. 5)

- a) Se sembró una placa de MacConkey con una asada del cultivo en caldo lactosado que haya tenido más del 10% de gas (una placa por tubo que presente estas características) aunque se sometieron a esta prueba todos los de -- fermentación.
- b) Se identificaron e incubaron a 37 ± 0.5 °C durante 24 - horas.

3) Prueba Completa (IMVIC)

- De cada una de las placas en las que se observaron colonias de coliformes (colonias blancas y rosadas) se tomó del cultivo MacConkey una asada y sembró en los siguientes medios de cultivo:
 - a) Indol (caldo tripticasa soya) (A. 6)
 - b) Caldo lactosado para Rojo de Metilo y Voges Proskauer. (A.7)
 - c) Citrato. (A; 8)
- Se identifican e incubaron a 37 °C.
- Transcurridas 24 horas, se agregó los reactivos correspondientes, para cada prueba.

Indol : Se le agrega Reactivo de Erlich (A.6)

Rojo de metilo : Se le agrega indicador Rojo de Metilo (A.7).

Voges Proskauer : Se le agregó solución de alfa naftol e Hidróxido de potasio. (A.7)

CITRATO : No se le agregó reactivos debido a que contiene el indicador azul de bromotimol incorporado para verificar la lectura por el cambio de color. (de ph). (A.8)

FLUJO del METODO SEGUIDO PARA EL ANALISIS MICROBIOLOGICO del AGUA

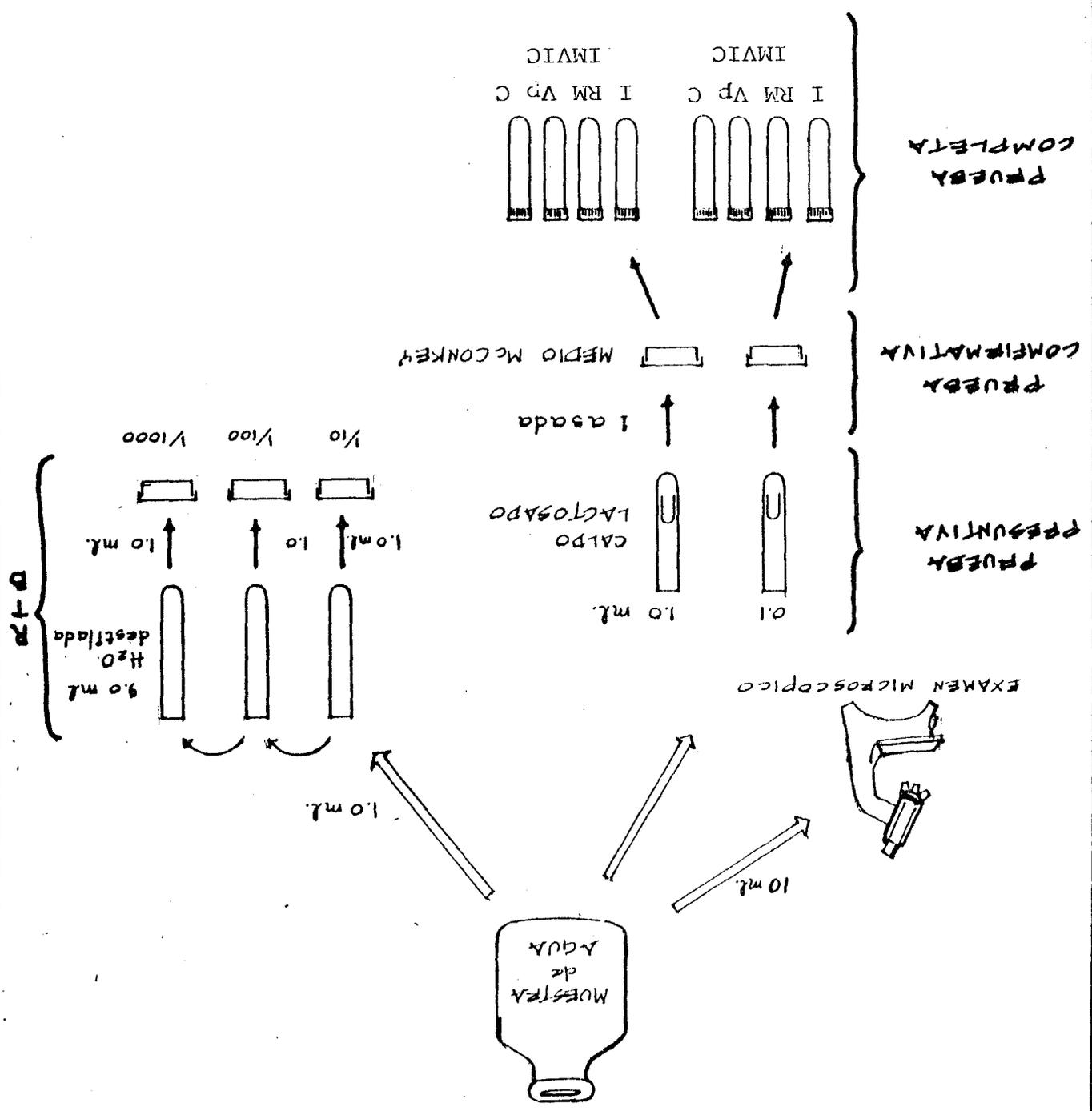


FIGURA 14

4.5.2. Análisis microscópico

Se tomaron 10 ml de la muestra de agua recogida en frasco estéril. Se depositó en tubos cónicos de 15 ml estériles, se centrifugó durante 10 minutos a 1500 rpm, luego se decantó cada tubo cónico. Se tomó una gota de sedimento de la muestra y se colocó entre lámina y laminilla.

Se observó al microscopio de campo claro con aumento de 10X, 40X, 60X (Fig.15).

4.5.3. Proceso para análisis físico

- Procedimiento

Temperatura (Ta) : La determinación se realizó con un termómetro de escala -20 °- 250 °C; introduciendo al bulbo a una profundidad de 0.5 cm. dentro de la muestra durante un minuto, teniendo cuidado que el bulbo no tocara ni el fondo, ni las paredes del recipiente, debiendo quedar suspendido en el seno del líquido. Se hizo la lectura en grados centígrados (Celsius) que marcó el termómetro, luego se anotó en la hoja de datos - (Cuadro 13).

- Color :

Procedimiento para color aparente

- 1- Se tomó una muestra de agua de 25 cc y se llenó una celda del colorímetro.
- 2- Se llenó una segunda celda con 25 cc de agua destilada.
- 3- Se colocó la muestra de agua destilada en el portacelda,

se insertó la escala para medir el color y se ajustó la longitud de onda de 455 nm.

- 4- Se puso la muestra en la celda y se hizo la lectura del color aparente (Cuadro 13) expresado en mg/l de pt-Co.

- Procedimiento para color real.

- 1- Se lavó inicialmente las celdas del aparato.
- 2- Se filtró 50 cc de agua destilada y se añadió una gota de solución Tx-10 al agua filtrada en el frasco, no se debe verter ni agitar violentamente, se depositó 25 cc en la celda del colorímetro.
- 3- Se puso la muestra con agua destilada en el portaceldas, se insertó la escala para color y se ajustó a una longitud de onda de 455 nm.
- 4- Después de ajustar el colorímetro, se ubicó la muestra filtrada en el portaceldas, luego se hace la lectura del color real. (Cuadro 13), expresado en mg/l expresado en unidades (Pt-Co).

- Turbidez (turbiedad)

Procedimiento :

Se realizó el análisis con un turbidímetro Hach modelo 1860. Se emplea el principio nefelométrico según el cual la luz transmitida a través de un líquido es reflejada por materia suspendida en dicho líquido. La cantidad de luz reflejada en un ángulo recto es registrado por fotoceldas del instrumento, siendo proporcional a la cantidad de turbiedad presente en el líquido (Cuadro 13).



- pH

Procedimiento :

- 1- Se limpiaron los dos electrodos del Peachímetro (potenciómetro Corning), de calomel y de vidrio.
- 2- Se tomó 50 ml de solución Buffers con un pH de 7.01 ± 0.01 .
- 3- Se introdujeron los dos electrodos en la solución.
- 4- Se equilibró el pH hasta estabilizarlo con la solución patrón.
- 5- Se lavaron los electrodos con agua destilada.
- 6- Se depositó la muestra en un beaker de 100 ml aproximadamente 60 ml de la muestra.
- 7- Se introdujeron los dos electrodos limpios y secos en la muestra de agua.
- 8- Se giró la perilla, se ubicó en el punto pH, a los 20 segundos de esperar que se equilibrara y estabilizara la aguja, se procedió a tomar la lectura (Cuadro 13).

Características organolépticas :

Dependen de la sensibilidad de los sentidos para hacer las determinaciones correspondientes.

Olor :

Los olores se debieron a sustancias volátiles que se desprendieron de la muestra.

Sabor :

No se realizó esta prueba por considerarla un riesgo, no era conveniente hacer esta determinación por el posible con-

tenido de agentes nocivos para la salud.

4.5.4. Proceso para análisis química

Alcalinidad total :

- 1- Mediante una bureta graduada de 100 cc., se colocaron 100 cc. de la muestra en un erlenmeyer de 100 cc.
- 2- En otro erlenmeyer se colocó la misma cantidad de agua destilada.
- 3- Se agregó 3 gotas del indicador de fenolftaleína a cada uno.
- 4- Si la muestra se vuelve rosada se agrega ácido sulfúrico (H_2SO_4), 0.02 N por medio de la bureta hasta que el color rosado desapareció, se anotó el número de cc de ácido utilizado.
- 5- Se agregó tres gotas de indicador anaranjado de metilo a cada muestra.
- 6- Al volverse la muestra amarilla se agregó H_2SO_4 0.02 N hasta que la muestra presenta una diferencia de color, - cuando se comparó el color del agua contenido en el otro erlenmeyer.

El punto final fue anaranjado (el anaranjado de metilo - es amarillo en soluciones alcalinas, anaranjado en neutras, rojo en soluciones ácidas).
- 7- Se anotó el número de cc de ácido utilizados.
- 8- La alcalinidad total como mg/l de carbonato de calcio es igual a los cc totales de ácido multiplicado por 10 (ver Cuadro 14, Fig.20).

Dureza total

- 1 - Se colocaron 50 cc de la muestra en un erlenmeyer.
- 2 - Se agregó de 1 a 2 cc de hidróxido de amonio - Cloruro de amonio.
- 3 - Se agregó de 3 a 5 gotas de solución indicadora negro de Ericromo T., se agitó, se mezcló y se obtuvo una coloración rojiza.
- 4 - Se tituló la muestra con una bureta graduada, gota a gota con una solución de EDTA (ácido etilen diamino tetra-acético) hasta que viró de rojizo a azul.
- 5 - Se anotó los cc de EDTA gastados.
- 6 - Cálculos : No. de cc EDTA x 20 = mg/l dureza total de CaCO₃ (Cuadro 14, Fig. 21).

Bióxido de carbono

- 1 - Con la muestra a analizar se llenó un tubo de Nessler o un erlenmeyer hasta la marca de 100 cc.
- 2 - Se agregaron 10 gotas de solución indicadora de fenolftaleína.
- 3 - Se agregó solución de NaOH N/44 gota a gota de la bureta, manualmente, agitando ligeramente hasta que un color rosado apareció y permaneció.
- 4 - Se anotó los cc de NaOH N/44 gastados y posteriormente se multiplicó por 10, para obtener mg/l de bióxido de carbono obtenidos (Cuadro 14, Fig. 22).

Conductividad a 25°

El paso de la corriente a través de la solución se efectúa por el movimiento de iones. La capacidad de los iones para moverse en la solución y la propiedad que tiene una solución

de conducir un flujo de corriente eléctrica se llama conductividad.

La conductividad de una solución es el recíproco de su resistencia y sus unidades son mhos (recíproco de ohms).

La conductancia específica de una solución es la conductancia de 1 cc de solución entre los electrodos de 1 cm² de área que se encuentran separados a 1 cm de distancia, las unidades son mhos/cm (Cuadro 14, Fig. 23.).

Las medidas de conductividad se llevan a cabo en una celda de conductividad realizando un puente de Wheatstone AC.

Cloro libre (residual)

- 1- Se preparó el aparato de Hach, se lavaron los dos tubos del aparato, se secaron con papel absorbente.
- 2- A uno de los tubos con la muestra se le agregó una bolsita del reactivo DPD; al otro tubo se le agrega hasta la marca agua destilada.
- 3- Se remueven el disco comparador de color con su respectiva escala.
- 4- Se anotó mg/l de cloro residual de acuerdo a la coloración presentada después de estabilizarse en un lapso de cinco minutos, y comparada con la escala colorimétrica que tiene el aparato (Cuadro 16).

Determinación de calcio (Ca); dureza carbonática

- 1- Se colocan 50 cc de la muestra en un erlenmeyer.
- 2- Se agregaron 2 cc de NaOH 1.0 N volumen suficiente para producir pH : 12-13.

- 3- Se agregaron 2 gotas de indicador murexida y se obtuvo un viraje de coloración rosado.
- 4- Se tituló gota a gota con EDTA (etilen diamino tetra acético) hasta que se obtuvo un ligero viraje de color púrpura.
- 5- Se anotan los cc. gastados de EDTA. 0.01 M.
- 6- Cálculos:
cc de EDTA x 8.016 = mg/l de Ca. (Cuadro 16).

Determinación de cloruros

Procedimiento

- 1- Se llenó una bureta con solución de Nitrato de plata 0.014 N se registró el nivel del líquido en la bureta, por lectura en el fondo del menisco.
- 2- Se midió el volumen de muestra (50 ml) apropiado para el ámbito de cloruro. A 50 ml de la muestra se le agregaron 50 ml de agua destilada, para obtener un volumen total de 100 ml.
- 3- Se preparó un testigo de comparación de color de 100 ml de agua destilada.
- 4- Con una pipeta se agregó 1 ml de la solución indicadora de cromato de potasio, tanto al testigo de comparación de color como a la muestra; se mezcló bien.
- 5- Al testigo de comparación, se agregó 0.30 ml de solución de Nitrato de plata de la bureta. Con un agitador se mezcló el color rojo naranja resultante de la solución. Se registró el nivel de la bureta.

- 6- Al cambio de color amarillo (paso 4) se agregó gradualmente solución de Nitrato de plata de la bureta. Se agitó constantemente la muestra. Se continuó la adición de solución hasta que la muestra tuvo un cambio de color a rojo-naranja similar al testigo de comparación de color.
- 7- Se calculó el volumen neto consumido destarando 0.30 ml utilizados en el paso 5.
- 8- Se calculó el contenido de cloruros en mg/l multiplicando el resultado obtenido por 10 (ver Cuadro 15, Figura 27).

<u>Volumen de muestra, ml</u>	<u>Multiplicar ml de solución de nitrato de plata por :</u>
100	5
50	10
25	20
10	50

Sílice método colorimétrico

Reactivos

- A. Solución de molibdato de amonio al 20%
Se disuelven 50 gr de $(\text{NH}_4)_2\text{MO}_2\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en 200 ml. de agua (sin calentar), se lleva a 250 ml y se filtra.
- B. Acido sulfúrico 10 N se agregan 70.2 ml de ácido sulfúrico concentrado a 185 ó 190 ml de agua agitando constantemente, en enfría, se pasa a un matraz volumétrico de 250 ml. y se afora a la marca. Debido a que A y B se usan en

cantidades pequeñas se pueden guardar en frascos de vidrio.

- C. Mezcla de molibdato de amonio y de ácido sulfúrico. Se agrega 1 ml de reactivo B y 2 ml de reactivo A a 200 ml de agua. Se usan 10 ml para cada determinación. Se prepararon mezclas frescas para cada grupo de muestras.
- D. Solución estandar de sílice 50 ppm de SiO_2 para prepararse se disolvió una cantidad mayor que la necesaria de $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$ en agua, se filtra y se analiza gravimétricamente.

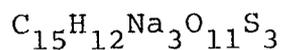
La concentración exacta de 50 ppm de SiO_2 se guarda en botella de polietileno, pero no de vidrio.

Procedimiento :

A 1.0 ml de muestra se le agregaron 10 ml de reactivo C y se mezclaron perfectamente. Se determinó la transmisión a 350 nm, después de 10 minutos de reposo pero no más de 45; contra una referencia de 1.0 ml de agua usada durante todo el proceso. Se leyó la concentración de sílice en el espectrofotómetro en ppm. de SiO_2 . (Cuadro 15, Fig. 28).

Determinación de Floruros

Método fotométrico de Spands : Significa : 4,5 Dihidroxi-3(P-sulfomiloso) 2,7 Naftaleno disulfónico de una sal trisódica).



Material :

Aparato : Espectrofotocolorímetro

Solución standar de fluoruros 1 mg/l

Reactivo de Spands

Escala para determinar fluoruros

Procedimiento

- 1- Se toma una muestra de agua y se coloca en la celda hasta la marca 25.
- 2- En otra celda de vidrio se coloca 25 cc de la solución es_tandar de fluoruro hasta la marca de 25.
- 3- Por medio de una pipeta se colocan 5 cc de Spand a cada celda, se agita y se mezcla. Se deja en reposo un minuto para que el color se desarrolle.
- 4- Se coloca la celda que contiene la solución estandar de - fluoruro en el portaceldas. Se cierra el protector de luz se inserta la escala de fluoruros y se ajusta la longitud de onda a 580 nm. Se ajusta el control de luz para leer en escala a 1 mg/l.
- 5- Se coloca la muestra preparada y se leen los mg/l de fluoruros.
- 6- Se anotan los resultados (Cuadro 15, Fig. 29).

Magnesio

Método gravimétrico

Procedimiento :

- 1- A 200 ml de muestra se agregan 2 a 3 gotas de solución in_dicadora de rojo de metilo, se neutraliza con HCl y se hir_vió por un minuto. Se agregó 50 ml de oxalato de amonio al formarse precipitado se agregó HCl para disolverlo.

2- A la solución se le agregó NH_4OH 3N por gotas utilizando la bureta, agitando constantemente se continuó la adición hasta que la solución quedó bastante turbia, se digiere a 90°C por 90 minutos. Se completó la precipitación agregando lentamente NH_4OH 3.0 N hasta que viró a amarillo, - se filtró el precipitado y se lavó.

3- Al filtrado y lavado se le agregó 50 ml de HNO_3 concentrado se evaporó a sequedad en una estufa en un vaso de precipitado de 600-800 ml.

Se humedeció el residuo con 2 a 3 ml de HCl concentrado se agregó 20 ml de agua destilada, se calentó, se filtró y lavó. Se agregaron al filtrado 1 ml de HCl concentrado, 2 a 3 gotas de indicador rojo de metilo y 10 ml de solución $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ se enfrió, se agregó NH_4OH concentrado, gota a gota, con agitación constante hasta un viraje a amarillo se agitó por 5 minutos, se agregó 5 ml de NH_4OH concentrado y se agitó por 10 minutos. Se dejó reposar por 24 horas, se filtró en papel filtro, se lavó con NH_4OH y se pasa a un crisol previamente calcinado, enfriado y tarado. Se sacó el papel con el precipitado en el crisol y a continuación se quemó lentamente, el papel permitiendo la circulación de aire.

Se calcinó a 500°C hasta que el residuo quede blanco, y a continuación se calcinó a 1100°C por períodos cortos hasta peso constante.

Cálculos :

$$\text{mg /l de Mg} = \frac{\text{mg de Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 \times 218.5}{\text{ml de muestra}}$$

(Cuadro 16 y Fig. 31).

Sodio : Determinación Método gravimétrico

Sodio por acetato de uranilo y zinc.

Reactivos

A. Acetato de uranilo y zinc

Acetato de uranilo dihidratado	300 g.
Acetato de zinc dihidratado	900 g.
Acido acético al 30%	270 ml
Agua destilada	2430 ml

Se pesaron las sales y se colocaron en un matraz grande, se agregó ácido acético y agua, se agitó ocasionalmente hasta disolver las sales. Esto requirió de varios días.

Se filtró antes de usar.

B. Alcohol etílico saturado con precipitado de acetato de zinc, uranilo y sodio. Filtrado antes de usar.

C. Eter anhidro.

Procedimiento :

Se evaporó en un vaso pyrex una alícuota de agua suficiente para dar de 500 a 200 mg de la sal triple (usualmente de 10 a 20 ml.) hasta un volumen de 1 a 2 ml. Se enfrió, se agregó 20 ml del reactivo A ya filtrado. Se agitó la solución y se dejó en reposo por una hora. Se filtró en un crisol de por-

celana con fondo poroso pasando toda la sal triple al filtro - usando solución A. se lavó el vaso 5 veces con porciones de 2 ml de A, se pasaron estos lavados por el filtro. Se dejó drenar el filtro completamente ya que es muy importante que filtro y precipitado queden libres de reactivo antes de lavar con alcohol, se lavó el crisol con porciones de 2 ml de B durante 5 veces y después de eliminar todo el alcohol por succión se lavó una o dos veces más con C.

Se continuó la succión hasta que está seco el precipitado, se dejó el crisol en un desecador durante dos horas, luego se pesó.

Se puso de nuevo el crisol en un aparato de succión y se lavó con pequeñas cantidades de agua hasta disolver todo el precipitado y nada quede en el crisol, se lavó con el alcohol y éter como se indicó antes. Se secó antes y se pesó, la diferencia entre la primera y segunda pesada representa el peso del precipitado de sodio. Se asume que el precipitado tiene $(\text{UO}_2)_2 \text{Na Zn} (\text{CH}_3\text{COOH})_9 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Con un peso molecular de 1,358,079 y porcentaje de sodio de 1.4952. (Cuadro 16, Figura 32).

Cálculos :

Meq de Na/l = g. de precipitado de acetato de Zn, Uranilo
y sodio x 650.16/ml de alícuota.

Determinación de hierro (Fe)

Método de la Fenantrolina

Procedimiento

1- Se colocaron 25 cc de la muestra de agua hasta la marca de

la celda del espectrofotómetro.

- 2- Se añade un bolsillo del reactivo Ferrover en polvo, se mezcló y se agitó, se dejó como mínimo 3 minutos para que desarrolle plenamente el color, no debe de exceder 30 minutos para el siguiente paso.
- 3- Se insertó la escala de hierro por el método de ferrover, se ajustó la longitud de onda a 510 nm.
- 4- Se llenó otra celda con el agua original hasta la marca de 25 y se colocó en el portaceldas, se cerró el control de luz a la lectura de 0 mg/l.
- 5- Se colocó la muestra preparada en el porta muestra, se cerró el protector de luz y se lee. mg/l de Fe. (Cuadro 16 y Fig. 33).

Determinación de Manganeso (Mn)

Método de oxidación por peryodato

Procedimiento :

- 1- Se colocó la muestra de agua en una celda del espectrofotómetro hasta la marca de 25.
- 2- Se agregó un bolsillo conteniendo una sustancia tampón en polvo tipo citrato, se agitó y se mezcló.
- 3- Se añadió un bolsillo de peryodato de sodio en polvo, se agitó y mezcló. En algunas mezclas se desarrolló un color violeta, detectando que había manganeso (Mn) presente. Se dejó pasar 2 minutos como mínimo para que el color se desarrollara plenamente, como máximo se esperó hasta 10 minutos.

- 4- Se insertó en el dispositivo especial, la escala para la determinación de Mn ajustándose la longitud de onda a -- 525 nm.
- 5- Se llenó otra celda con agua destilada hasta la marca de 25 se colocó en el porta celda y se ajustó la longitud de onda a 525 nm, se ajustó el protector de luz y el control a mg/l.
- 6- Se colocó la muestra preparada en el portacelda, cerrándose el protector y con el aparato ajustado previamente se leyó los mg/l de Mn (Cuadro 16, Fig. 34).

4.6. Normas para el control de calidad de las aguas

Las normas sobre calidad del agua se basan en los usos que se van a dar a las aguas y los efectos sobre el usuario. En general se fijan límites de concentraciones a categorías de parámetros así :

- a) Físicos
- b) Químicos inorgánicos
- c) Químicos orgánicos
- d) Microbiológicos

Las normas utilizadas en este trabajo fueron tomadas de APHA, AWWA, WPCF, OMS, OPS, COGUANOR (51).

F I S I C A S

Color : Agua potable LMA : 5 U LMP : 50 U
Agua para alimentos : 5 U

	Agua para acuicultura :	LMA 0 - 50
	Agua para recreación :	LMA : 20 u LMP : 100 U
Olor	:	Aromático - similar a alcanfor Químico - Descargas industriales Desagradable (fétido) - Excremento animal Terrosos - similar a tierra húmeda Graso - similar a aceites.
Temperatura	:	18-30 °C
Turbiedad	:	5-25 UTN

SUSTANCIAS FISICO-QUIMICAS

Carbonatos	:	LMA : 12-27 °F - LMP : 10-50 °F (120-270 ppm)
Bicarbonatos	:	LMA : 100 LMP : 250 ppm
Hidróxidos	:	LMP : 120 ppm
Sílice	:	LMA : 30 mg/l - LMP : 150 mg/l
pH	:	LMA : 5 LMP : 8.5
Sólidos totales disueltos	:	LMP : 500 ppm
Sólidos totales:	:	LMP : 500 ppm
Alcalinidad total Carbonatos (CO ₃ ⁼)	:	LMP : 120 ppm
Dureza Carboná- tica	:	LMA : 100 - 250 ppm
Dureza no Carbo- nática	:	LMP : 120 ppm - 270 ppm
Dureza total (CaCO ₃)	:	LMA : 100 - 300 mg/l

Conductividad 25 ° : LMA : 200 - 800 us cm⁻²

SUSTANCIAS QUIMICAS

Calcio	:	LMA : 30	LMP : 100	mg/l
Magnesio	:	LMA : 30	LMP : 100	mg/l
Sodio	:	LMA : 20	LMP : 150	mg/l
Hierro	:	LMA : 0.1	LMP : 0.3	mg/l
Arsénico	:	LMA : 0.01	LMP : 0.05	mg/l
Boro	:		LMP : 30	ppm
Sulfatos	:	LMA : 25	LMP : 200	mg/l
Nitratos (NO ₃)	:	LMA : 50	LMP : 100	mg/l
Fluoruros	:	LMA : 0.7	LMP : 1.0	mg/l
Cloro libre	:	LMA : 0.2	LMP : 1.0	mg/l
Potasio	:	LMA : 10	LMP : 12	mg/l
Cloruros	:	LMA : 200	LMP : 600	mg/l
Fosfatos	:		LMP : 0.1	mg/l
Manganeso	:	LMA : 0.1	LMP : 0.5	mg/l

MICROBIOLOGICAS

Recuento total bacteriano (RTB)

Agua de uso potable : Contenido máximo 100 NTC/ml (sustrato gelatinoso)

50 NTC/ml (agar)

Límite máximo aceptable (LMA) : Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua,

arriba de la cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores.

- Límite máximo permisible : (LMP). Es el valor de la -- concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba de la cual, el agua no es adecuada al consumo humano.

- NTC : Número Total de Colonias (bacterias).

5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el presente estudio, se presentan siguiendo la secuencia de análisis realizados: Análisis microbiológico, físico y químico, estos tres determinan la calidad sanitaria del agua.

- Resultados microbiológicos

En el Cuadro 9 se exponen los resultados de la prueba presuntiva, inoculación en los tubos conteniendo 0.1 y 1.0 ml de la muestra en caldos lactosados, observando la presencia del contenido de gas, expresado en porcentaje, de la cantidad acumulada en la campana de Durham dentro de cada tubo, a partir del 10% de gas.

En el Cuadro 10 se observa a las 24 horas la presencia de colonias de organismos coliformes presentes en medio McConkey inoculadas después de haber sido trasladadas de los tubos de fermentación; se reporta (+) si existen colonias y (-) si no hay presencia de colonias de bacterias; prueba confirmada.

En el Cuadro 8 se contó el número de colonias en placas de Petri (RTB), las diluciones 1:10 y 1:100 no se pudieron contabilizar por haber demasiadas colonias, se pudo contar únicamente en la dilución 1:1000.

Para la prueba completa se observa en el Cuadro 11 las bacterias coliformes identificadas en las muestras (E. coli,

E. freundii, E. intermedia, A. aerogenes, A. cloacae, P. vulgaris).

- Examen microscópico

Después de observar en el microscopio de campo claro la porción de sedimento acuoso centrifugado depositado en la lámina y cubierto con laminilla, se detectaron algas en treinta de las muestras, no observando organismos microscópicos en las muestras 31 y 32.

Cuadro 8. Resultados de recuento de colonias en placas de - Petri (RTB).

Muestra No.	RTB (BAC/ml)	OBSERVACIONES
1	67,000	Se tomó la dilución de
2	39,000	1:1000, por ser la dilu-
3	21,000	ción que se podía contar.
4	14,000	
5	6,000	
6	23,000	
7	9,000	
8	5,000	
9	10,000	
10	32,000	
11	64,000	
12	87,000	
13	43,000	

Continuación Cuadro 8.

Muestra	RTB (Col./ml)	OBSERVACIONES
14	19,000	Se tomó la dilución de -
15	52,000	1:1000, por ser la dilu-
16	7,000	ción que se podía contar.
17	10,000	
18	32,000	
19	26,000	
20	45,000	
21	19,000	
22	35,000	
23	21,000	
24	12,000	
25	7,000	
26	15,000	
27	11,000	
28	23,000	
29	84,000	
30	45,000	
31	3,000	
32	14,000	

Cuadro 9. Resultados de la prueba presuntiva. Inoculación de caldos lactosados después de 24 horas de incubación.

Muestra No.	PRUEBA PRESUNTIVA siembra	
	0.1 ml. % de gas	1.0 ml. Muestra de agua % de gas
1	0	15
2	10	30
3	5	10
4	15	20
5	0	10
6	10	20
7	0	15
8	10	25
9	5	25
10	15	30
11	10	30
12	5	40
13	5	15
14	10	30
15	5	30
16	0	10
17	0	10

% : Por ciento de gas en tubos de Durham.

Continuación.....Cuadro 9.

Muestra No.	PRUEBA PRESUNTIVA	
	0.1 ml. SIEMBRA % de gas	1.0 ml. M. de agua. % de gas
18	10	25
19	10	30
20	5	15
21	0	20
22	5	25
23	10	20
24	10	15
25	0	10
26	0	15
27	10	25
28	0	10
29	15	30
30	10	50
31	0	0
32	0	0

Las Muestras 30 y 31 no mostraron presencia de gas.

% : porcentaje de gas.

Cuadro 10. Resultados de inoculación de caldo lactosado a medio McConkey . PRUEBA CONFIRMATIVA.

Muestra No.	0.1 ml	1.0 ml	OBSERVACIONES
1	+	+	
2	+	+	
3	+	+	
4	+	+	
5	+	+	
6	+	+	
7	+	+	
8	+	+	
9	+	+	
10	+	+	
11	+	+	
12	+	+	
13	+	+	
14	+	+	
15	+	+	
16	+	+	
17	+	+	
18	+	+	

Continuación Cuadro 10.

Nuestra No.	0.1 ml	1.0 ml	OBSERVACIONES
19	+	+	
20	+	+	
21	+	+	
22	+	+	
23	+	+	
24	+	+	
25	+	+	
26	+	+	
27	+	+	
28	+	+	
29	+	+	
30	+	+	

Muestras 31 y 32 no se inocularon por no presentar gas en prueba presuntiva.

Cuadro 11. Diferenciación de organismos coliformes aislados.
Resultados de prueba completa (IMVIC).

Muestra No.		Indol	Rojo de Metilo	Voges Proskauer	Citrato	OBSERVACIONES
1	0.1	+	-	+	+	<u>Aerobacter aerogenes</u>
	1.0	+	-	+	+	<u>A. aerogenes</u>
2	0.1	+	-	-	+	<u>Escherichia intermedia</u>
	1.0	+	-	-	+	
3	0.1	+	-	+	+	<u>A. aerogenes</u>
	1.0	+	-	+	+	
4	0.1	+	-	+	+	<u>A. aerogenes</u>
	1.0	+	-	+	+	
5	0.1	-	-	+	+	<u>Aerobacter cloacae</u>
	1.0	-	-	+	+	
6	0.1	+	-	+	+	<u>A. aerogenes</u>
	1.0	+	-	+	+	
7	0.1	+	-	-	+	<u>E. intermedia</u>
	1.0	+	-	-	+	
8	0.1	+	+	-	-	<u>Escherichia coli</u>
	1.0	+	+	-	-	
9	0.1	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
	1.0	+	+	-	-	
10	0.1	+	+	-	+	<u>Proteus vulgaris</u>
	1.0	+	+	-	+	
11	0.1	+	+	-	+	<u>P. vulgaris</u>
	1.0	+	+	-	+	
12	0.1	+	-	-	+	<u>E. intermedia</u>
	1.0	+	-	-	+	
13	0.1	+	+	-	+	<u>Escherichia freundii</u>
	1.0	+	+	-	+	
14	0.1	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
	1.0	+	+	-	-	
15	0.1	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
	1.0	+	+	-	-	
16	0.1	+	+	+	+	<u>E. freundii</u>
	1.0	+	+	-	-	
17	0.1	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
	1.0	+	+	-	-	

Continuación..... Cuadro 11.

Muestra No.		Indol	Rojo de Metilo	Voges Proskauer	Citrato	OBSERVACIONES
18	0.1	+	-	+	+	<u>A. aerogenes</u>
	1.0	+	-	+	+	
19	0.1	+	-	-	+	<u>E. intermedia</u>
	1.0	+	-	-	+	
20	0.1	+	+	-	+	<u>E. freundii</u>
	1.0	+	+	-	+	
21	0.1	+	-	+	+	<u>A. erogenes</u>
	1.0	+	-	+	+	
22	0.1	+	-	+	+	<u>A. erogenes</u>
	1.0	+	-	+	+	
23	0.1	+	-	-	+	<u>E. intermedia</u>
	1.0	+	-	-	+	
24	0.1	+	-	+	+	<u>A. aerogenes</u>
	1.0	+	-	+	+	
25	0.1	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
	1.0	+	+	-	-	
26	0.1	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
	1.0	+	+	-	-	
27	0.1	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
	1.0	+	+	-	-	
28	0.1	-	-	+	+	<u>A. aerogenes</u>
	1.0	-	-	+	+	
29	0.1	+	-	+	+	<u>A. aerogenes</u>
	1.0	+	-	+	+	
30	0.1	+	+	-	-	<u>E. coli</u>
	1.0	+	+	-	-	

Muestras 31 y 32 no se realizaron (no hubo presencia de bacterias coliformes).

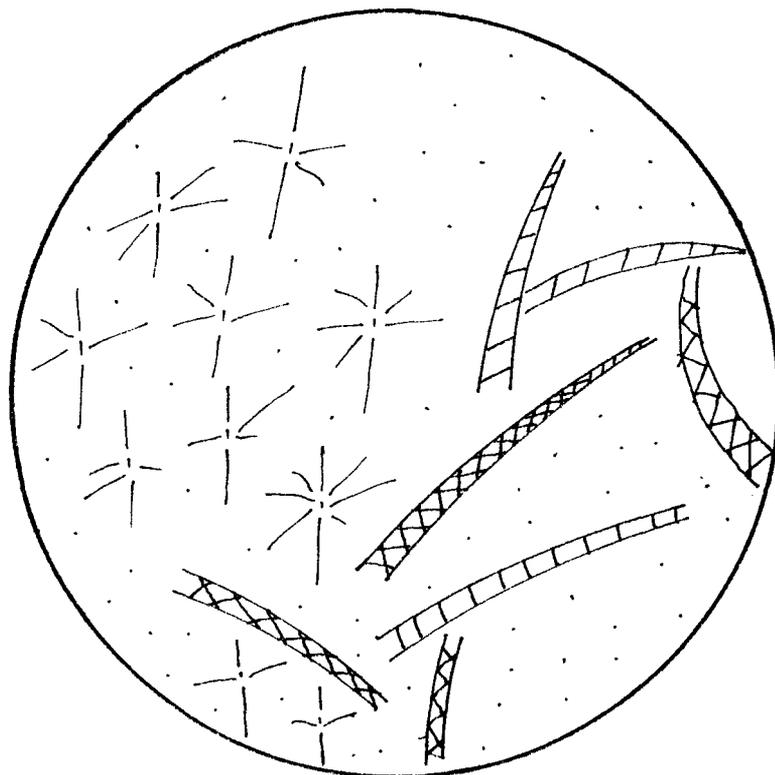
Cuadro 12. Combinaciones de resultados al aplicar pruebas de IMVIC para identificar bacterias coliformes.

Especies Coliformes	Indol	Rojo de Metilo	Voges Proskauer	Citrato
<u>Escherichia coli</u>	+	+	-	-
<u>Escherichia aurescens</u>	+	+	-	-
<u>Escherichia intermedia</u>	+	+	+	+
	-	-	-	+
<u>Escherichia freundii</u>	+	+	+	+
	-	-	-	-
<u>Aerobacter aerogenes</u>	+	-	+	+
	-	-	-	-
<u>Aerobacter cloacae</u>	-	-	+	+
	+	+	-	-
<u>Proteus vulgaris</u>	+	+	-	+

Fuente : Carpenter (8), Contreras (15).

Las reacciones IMVIC de algunas bacterias coliformes se presentan en el anterior cuadro; la reacción IMVIC de E. coli ++ -- significa que el microorganismo produce indol y es positivo al rojo de metilo y negativo al Voges Proskauer y al citrato.

Hay 16 combinaciones posibles de resultados y pruebas positivas y negativas de estas cuatro características. Se considera que todas las bacterias coliformes tienen importancia en el agua desde el punto de vista sanitario.



60 X

Figura 15. Análisis microscópico.

Algas observadas en microscopio de Campo claro, con objetivo 60 X

En la región izquierda se notan algas diatomeas - del género Asterionella; a la derecha algas --- cianofíceas del género Spirogyra

- Resultados físicos

En el Cuadro 14 se observa las características físicas -- del agua muestreada, como son : olor, color verdadero, color

aparente, temperatura, pH, turbidez.

Estos resultados se compararon con los límites establecidos por la OMS, APHA, AWWA. Coguanor en las Fig : 2 Color - verdadero, 3 color aparente, Fig. 4 se compara el pH, Fig. 5 se compara el nivel de turbidez de cada muestra con los límites LMA y LMP (límite máximo aceptable y límite máximo permisible).

- Resultados de sustancias físico-químicas

En el Cuadro 15 se notan las cantidades obtenidas en ppm de alcalinidad total; mg/l, dureza total, mg/l de bióxido de carbono, conductividad eléctrica a 25 °C expresada en mhos; dureza carbonática en ppm y dureza no carbonática en ppm.

En las Figuras 6, 7, 8, 9, 10, 11, se comparan los valores de la sustancia físico-químicas y los niveles permisibles de acuerdo a normas del agua potable.

- Resultados químicos

En los Cuadros 16 y 17 se observaron las cantidades detectadas analíticamente de los elementos presentes en las muestras de agua, expresados en ppm de bicarbonatos, miligramos por litro de cloruros, sílice, fluoruros, calcio, magnesio, sodio, hierro, manganeso, cloro residual (libre).

Nótese la comparación de los límites de los elementos químicos con las normas en las figuras 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20.

Cuadro 13. Resultado de análisis físico.

Muestra No.	Olor	Color verdadero	Color aparente	Temperatura °C	pH	Turbidez UNT
1	Fétido	-	25	29.0	7.50	0.60
2	Normal	-	15	29.5	7.10	0.42
3	Normal	10	15	29.0	7.20	2.00
4	Acido	5	25	29.0	7.20	5.00
5	Normal	15	23	28.0	7.30	4.00
6	Dulce	20	6	30.0	7.01	1.00
7	Normal	5	15	29.0	6.35	1.80
8	Acido	10	20	29.5	6.90	2.50
9	Normal	10	30	29.0	6.60	4.00
10	Normal	-	0	29.0	7.20	5.00
11	Normal	10	51	29.0	7.40	4.20
12	Acido	15	20	29.0	6.80	4.50
13	Pescado	25	7.5	29.0	7.10	12.00
14	Dulce	15	20	29.5	7.20	6.00
15	Desinfectante	65	17	29.0	6.40	4.00
16	Normal	15	20	29.5	7.00	5.00
17	Terroso	5	25	29.0	7.15	2.60
18	Normal	15	20	29.0	6.90	4.50
19	Terroso	10	15	29.5	7.30	4.40
20	Normal	10	20	29.0	7.10	4.00

Continuación.... Cuadro 13.

Muestra No.	Olor	Color verdadero	Color aparente	Temperatura °C	pH	Turbidez UNT
21	Fétido	65	15	29.0	7.50	4.20
22	Fétido	15	20	29.0	6.80	4.00
23	Dulce	10	20	30.0	6.70	4.40
24	Normal	5	10	29.5	7.00	5.00
25	Desinfectante	5	15	29.0	7.30	12.00
26	Normal	10	15	29.0	6.60	3.40
27	Acido	5	10	28.0	6.90	2.50
28	Normal	10	15	29.0	6.60	3.00
29	Terroso	10	20	29.0	6.50	5.50
30	Acido	5	15	29.0	6.20	6.00
31	Normal	5	0	29.0	6.60	4.50
32	Normal	10	10	28.5	6.50	3.00

Cuadro 14. Resultados analíticos de sustancias físico-químicas. de aguas de pozos del Cantón Tecualuya, La Paz. octubre 1990-1991.

Muestra No.	Alcalinidad total (CO ₃) (ppm)	Dureza Total (CaCO ₃) (mg/l)	Bióxido de Carbono (mg/l)	Conductividad 25° (mhos)	Dureza carbonática (ppm)	Dureza no carbonática (ppm)
1	40	170	10	300	150	20
2	55	40	12	325	20	20
3	20	72	8	300	50	7
4	150	90	17	350	50	40
5	100	150	50	275	130	20
6	60	85	45	260	53	32
7	80	92	22	340	50	42
8	20	145	15	315	115	30
9	90	62	43	220	42	20
10	250	246	58	275	246	0
11	100	80	31	200	80	0
12	65	42	45	230	24	18
13	70	50	10	205	50	0
14	95	35	18	225	35	0
15	76	100	45	345	76	24
16	100	58	40	230	58	0
17	88	74	15	225	74	0
18	75	40	31	260	20	20
19	64	100	27	225	64	36

Continuación ... Cuadro 14.

Muestra No.	Alcalinidad total (CO ₃) (ppm)	Dureza Total (CaCO ₃) (mg/l)	Bióxido de Carbono (mg/l)	Conductividad 25° (mhos)	Dureza carbonática (ppm)	Dureza no carbonática (ppm)
20	76	0	45	230	0	0
21	106	64	7	250	64	0
22	57	0	42	300	0	0
23	126	84	50	310	84	0
24	80	88	30	280	68	20
25	80	78	12	225	78	0
26	92	84	15	305	60	24
27	80	0	20	270	0	0
28	47	40	35	215	40	0
29	84	64	43	205	64	0
30	90	0	25	250	0	0
31	82	116	7	230	82	34
32	78	60	4	225	60	0

Cuadro 15. Resultados de análisis de sustancias químicas

Muestra No.	Bicarbonatos (ppm)	Cloruros (mg/l)	Sílice (mg/l)	Fluoruros (mg/l)
1	30	30	106.85	0.15
2	50	22	105.60	0.17
3	30	17	130.45	0.25
4	40	10	121.40	0.19
5	40	24	130.00	0.20
6	25	17	130.00	0.33
7	80	28	106.96	0.26
8	65	21	117.00	0.35
9	90	8	131.56	0.54
10	250	21	105.89	0.54
11	100	18	118.72	0.53
12	60	22	115.20	0.25
13	70	8	128.35	0.33
14	40	16	115.00	0.30
15	76	27	118.72	0.26
16	50	14	114.00	0.25
17	88	9	113.38	0.26
18	32	4	106.00	0.30
19	64	5	108.50	0.33
20	36	6	111.10	0.25

Contiuación Cuadro 15.

Muestra No.	Bicarbonatos (ppm)	Cloruros (mg/l)	Sílice (mg/l)	Fluoruros (mg/l)
21	106	7	126.21	0.26
22	45	6	125.15	0.24
23	126	6	108.03	0.26
24	60	4	109.65	0.33
25	80	7	115.52	0.26
26	50	5	122.42	0.33
27	60	8	117.54	0.20
28	40	6	119.65	0.32
29	84	6	128.35	0.26
30	60	7	116.40	0.40
31	82	5	111.24	0.33
32	78	7	128.35	0.26

Cuadro 16. Resultado análisis de elementos químicos (mg/l).

Muestra No.	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Sodio (Na)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Cloro residual (mg/l)
1	14.7	11.90	6.0	1.00	0.04	-
2	16.5	7.52	5.2	0.50	0.01	-
3	15.0	6.60	9.4	0.40	0.05	-
4	17.6	4.20	4.4	0.30	0.05	-
5	32.1	14.80	3.2	0.20	0	-
6	26.5	12.60	4.7	0.15	0	-
7	30.4	3.89	-	0.60	0	-
8	30.4	13.00	5.6	-	0.10	-
9	15.6	5.59	-	2.50	0.50	-
10	66.4	19.44	-	-	-	-
11	24.0	4.86	-	2.00	0.05	-
12	15.8	8.70	6.5	-	-	-
13	17.6	1.46	-	0.10	-	-
14	12.8	9.30	8.4	-	-	-
15	26.4	8.26	-	1.00	-	-
16	43.6	16.50	7.8	0.20	-	-
17	22.8	20.00	6.2	0.35	-	-
18	23.2	2.60	-	1.70	-	-
19	23.2	2.91	-	2.00	-	-
20	25.6	2.70	-	0.20	-	-

Continuación Cuadro 16.

Muestra No.	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)	Sodio (Na)	Hierro (Fe)	Manganeso (Mn)	Cloro residual (mg/l)
21	22.4	1.94	-	1.50	0.10	-
22	27.0	1.60	-	0.50	-	-
23	31.2	1.45	-	1.50	-	-
24	30.0	3.50	-	1.00	-	-
25	24.8	3.87	-	3.00	0.10	-
26	35.0	4.00	-	0.50	-	-
27	32.3	3.00	-	0.40	-	-
28	25.5	2.50	-	0.20	-	-
29	23.2	1.46	-	0.30	0.05	-
30	27.2	3.00	-	0.30	-	-
31	28.8	10.69	-	0.10	-	0.8
32	18.4	3.40	-	-	-	0.6

COLOR VERDADERO

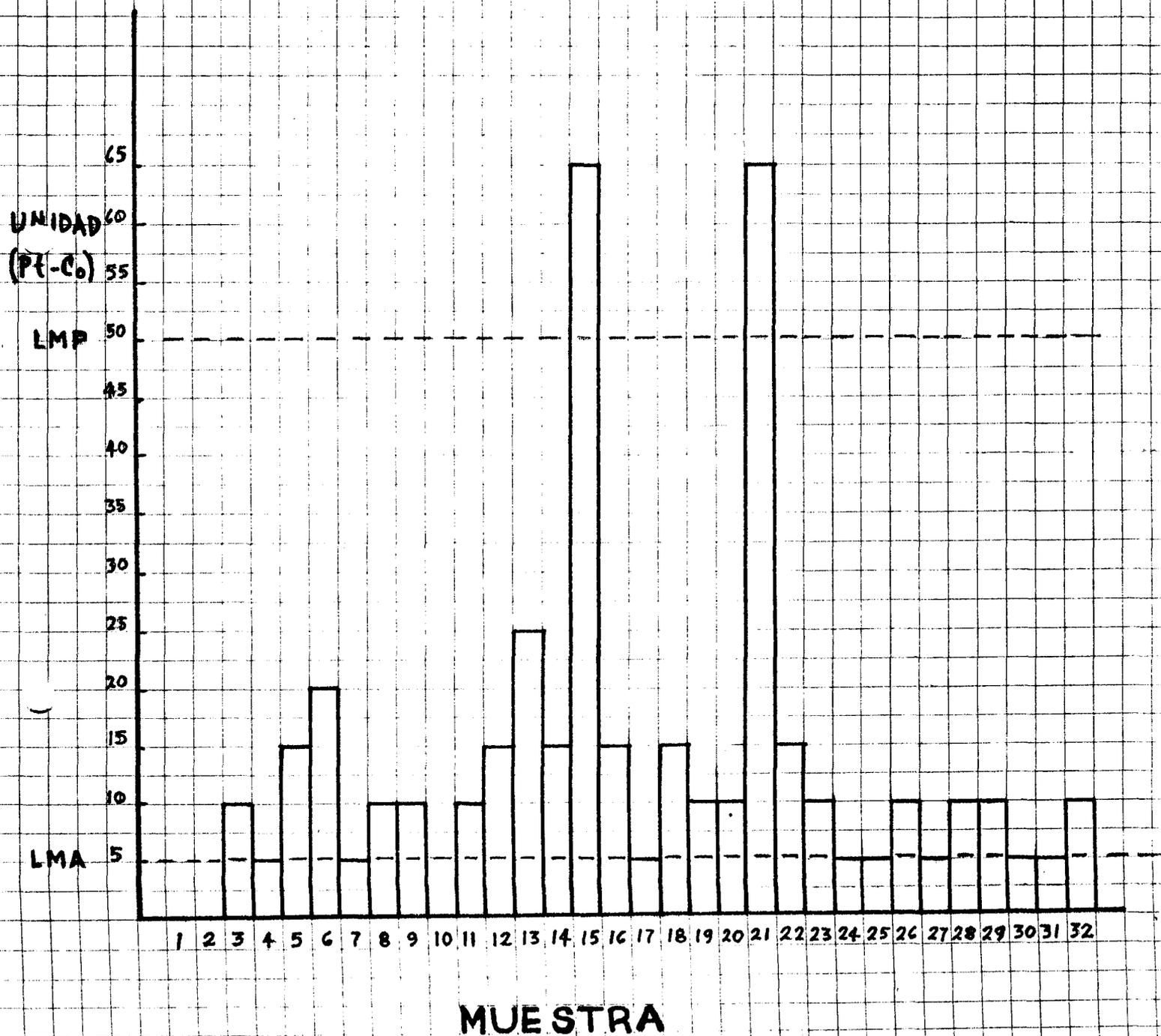


FIG. 16

LMA: 5.0 U LMP: 50.0 U

COLOR APARENTE

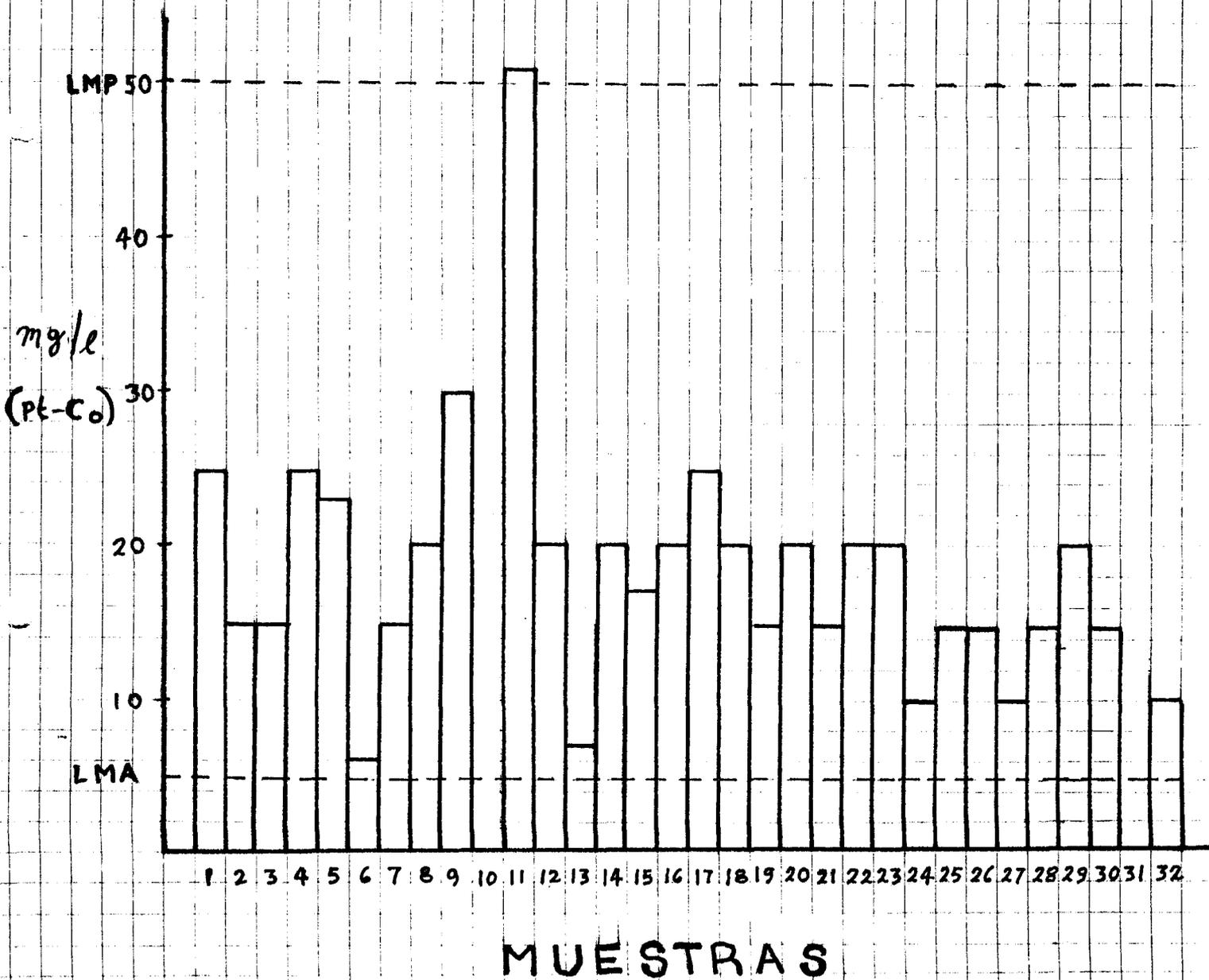


FIG. 17

LMA: 5.0U

LMP: 50.0U

PH

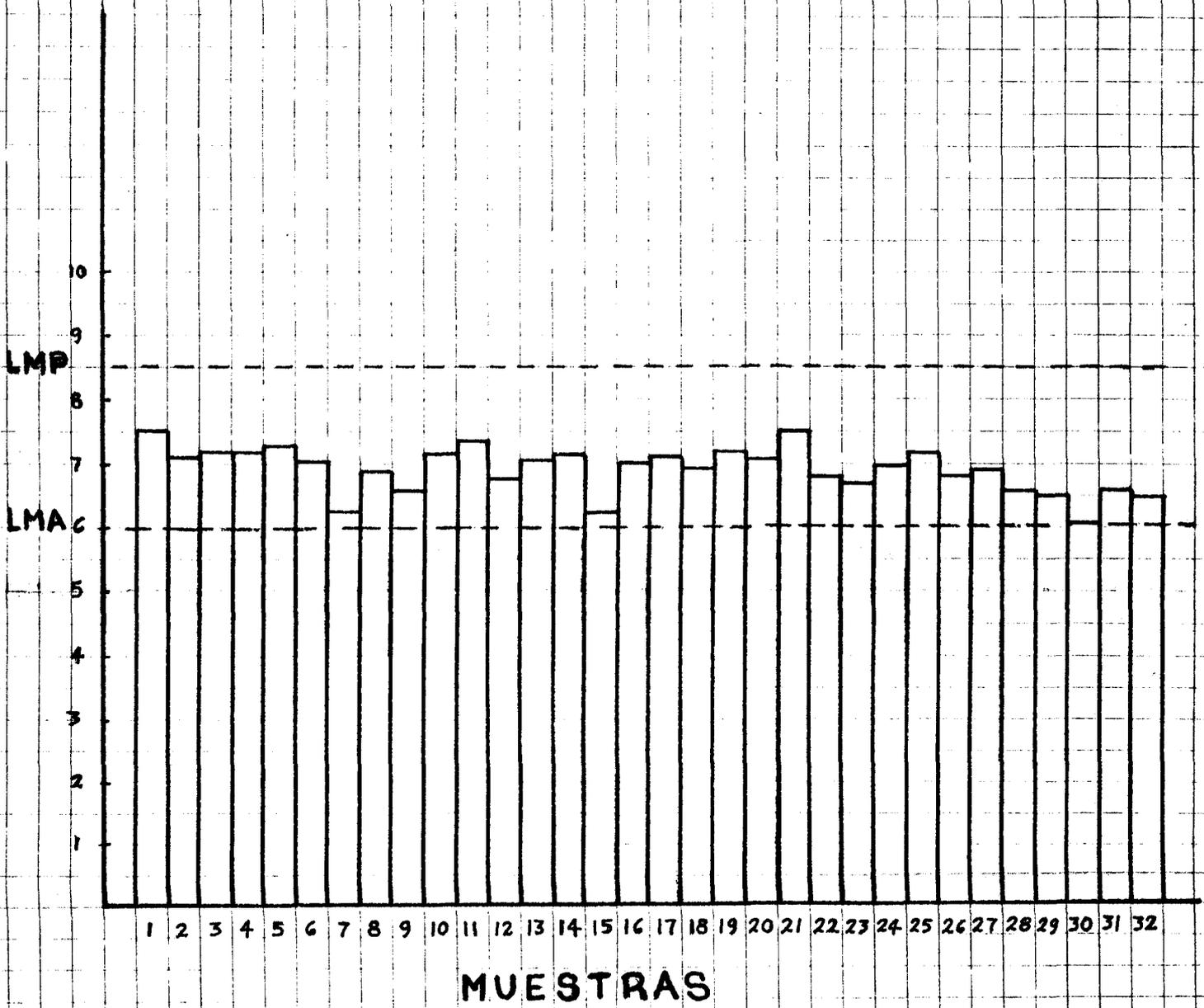


FIG. 18

LMA: 6.0 LMP: 8.5

TURBIDEZ

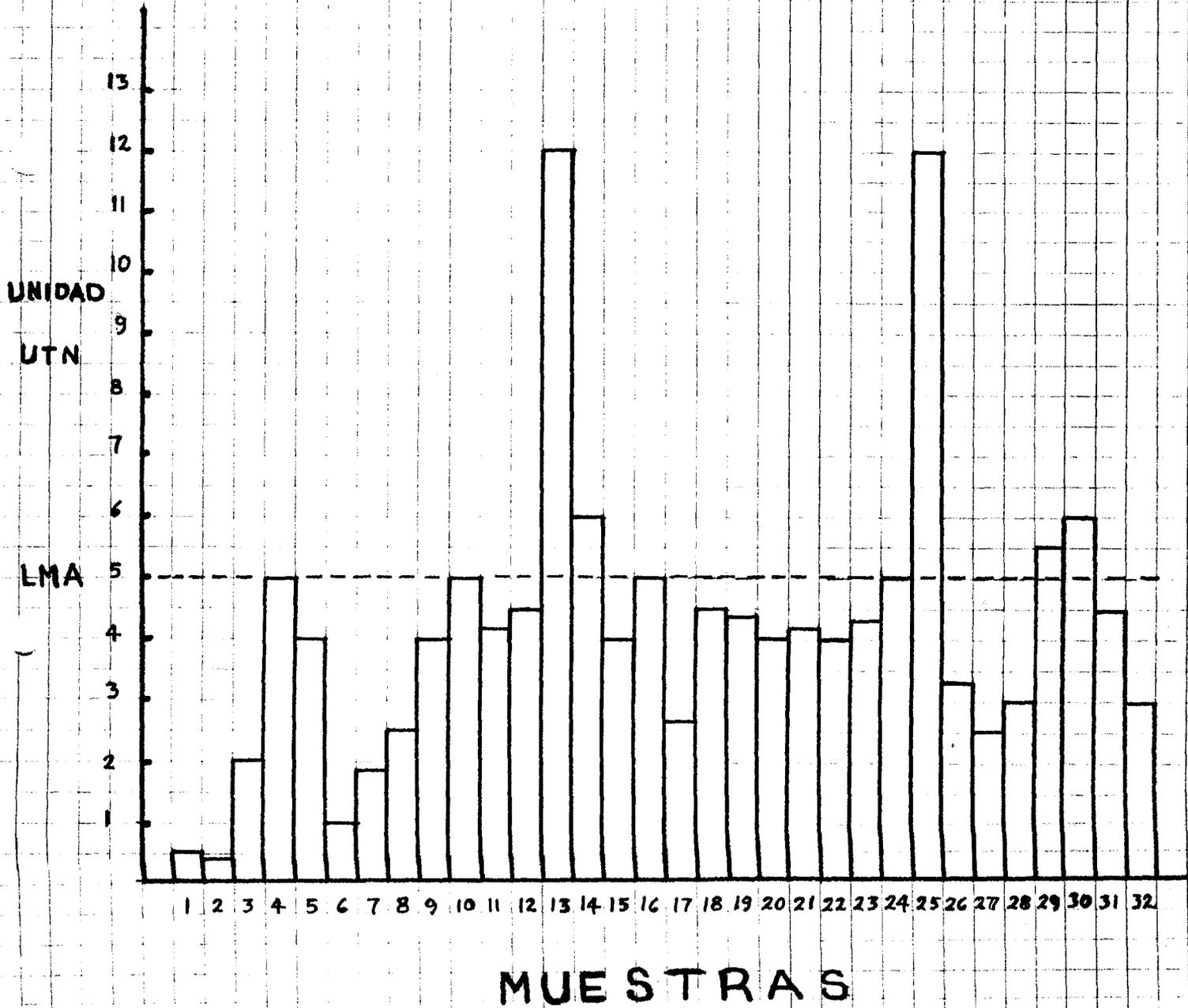


FIG. 19

LMA : 5.0 UTN LMP : 25.0 UTN

ALCALINIDAD TOTAL (CaCO₃)

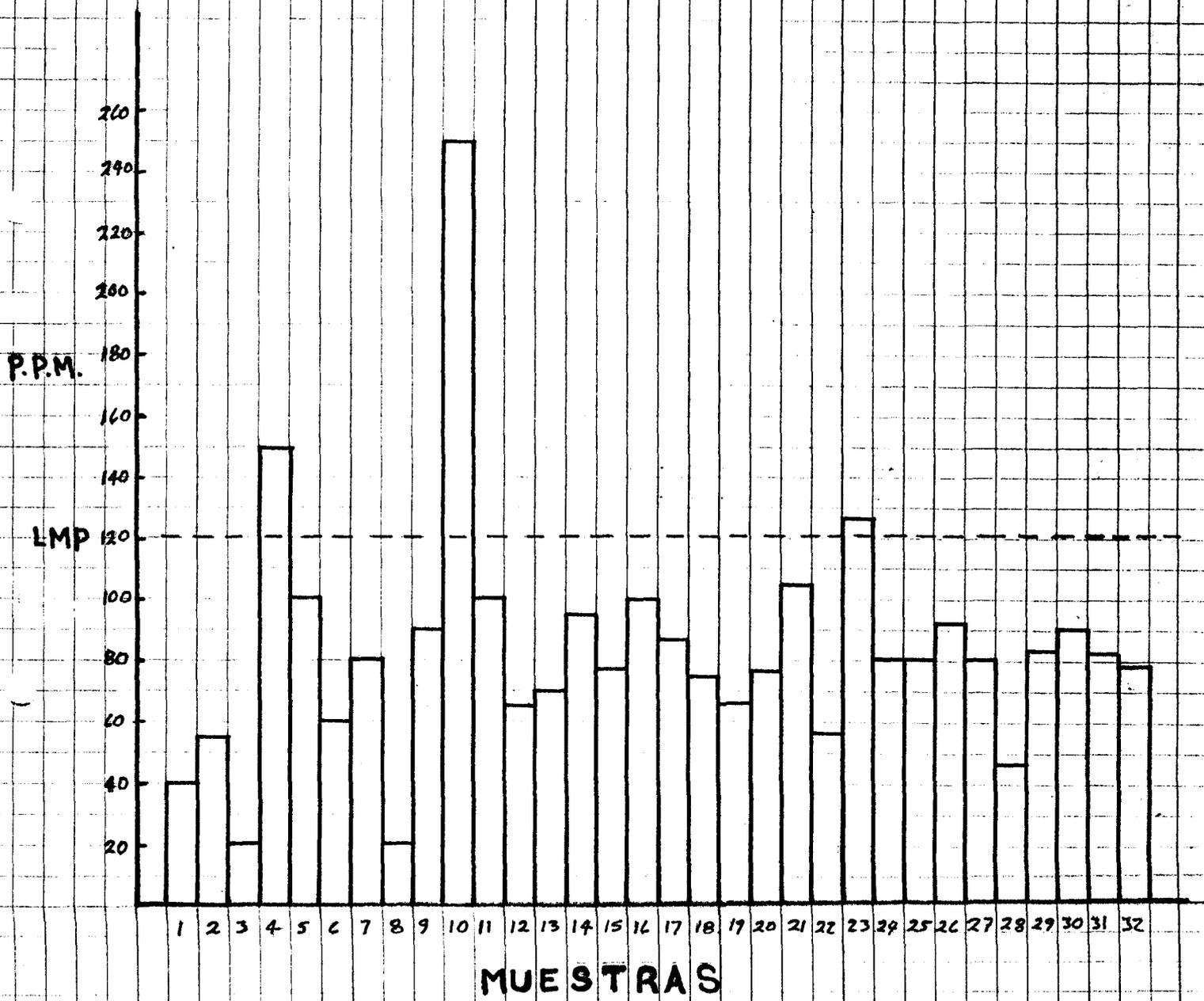


FIG. 20

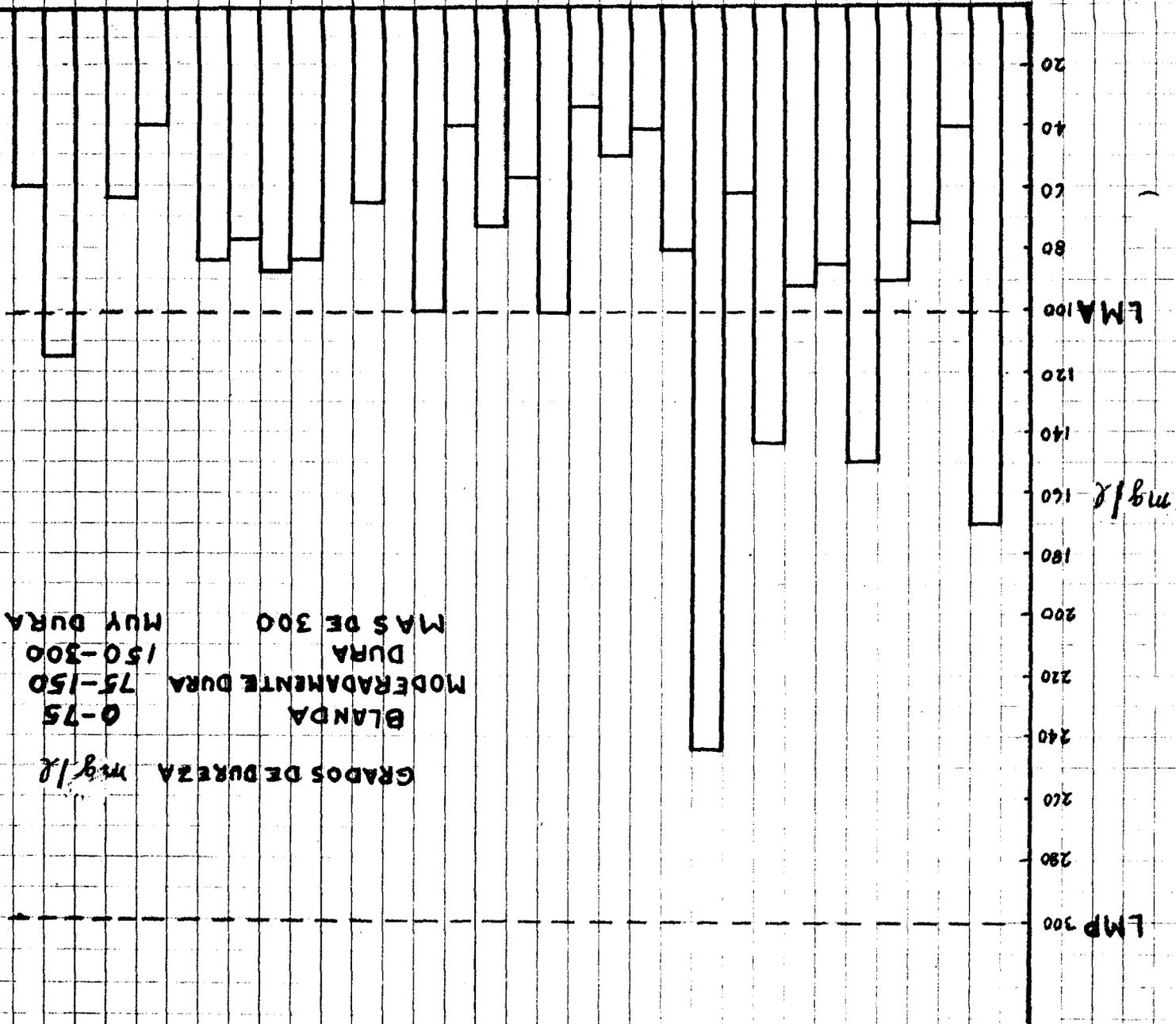
LMP: 120 PPM.

LMA: 100.0 mg/l LMP: 300.0 mg/l

FIG. 21

MUESTRA

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32



GRADOS DE DUREZA mg/l

0-75 BLANDA
 75-150 MODERADAMENTE DURA
 150-300 DURA
 MUY DURA MAS DE 300

DUREZA TOTAL (CaCO₃)

BIOXIDO DE CARBONO (CO₂)

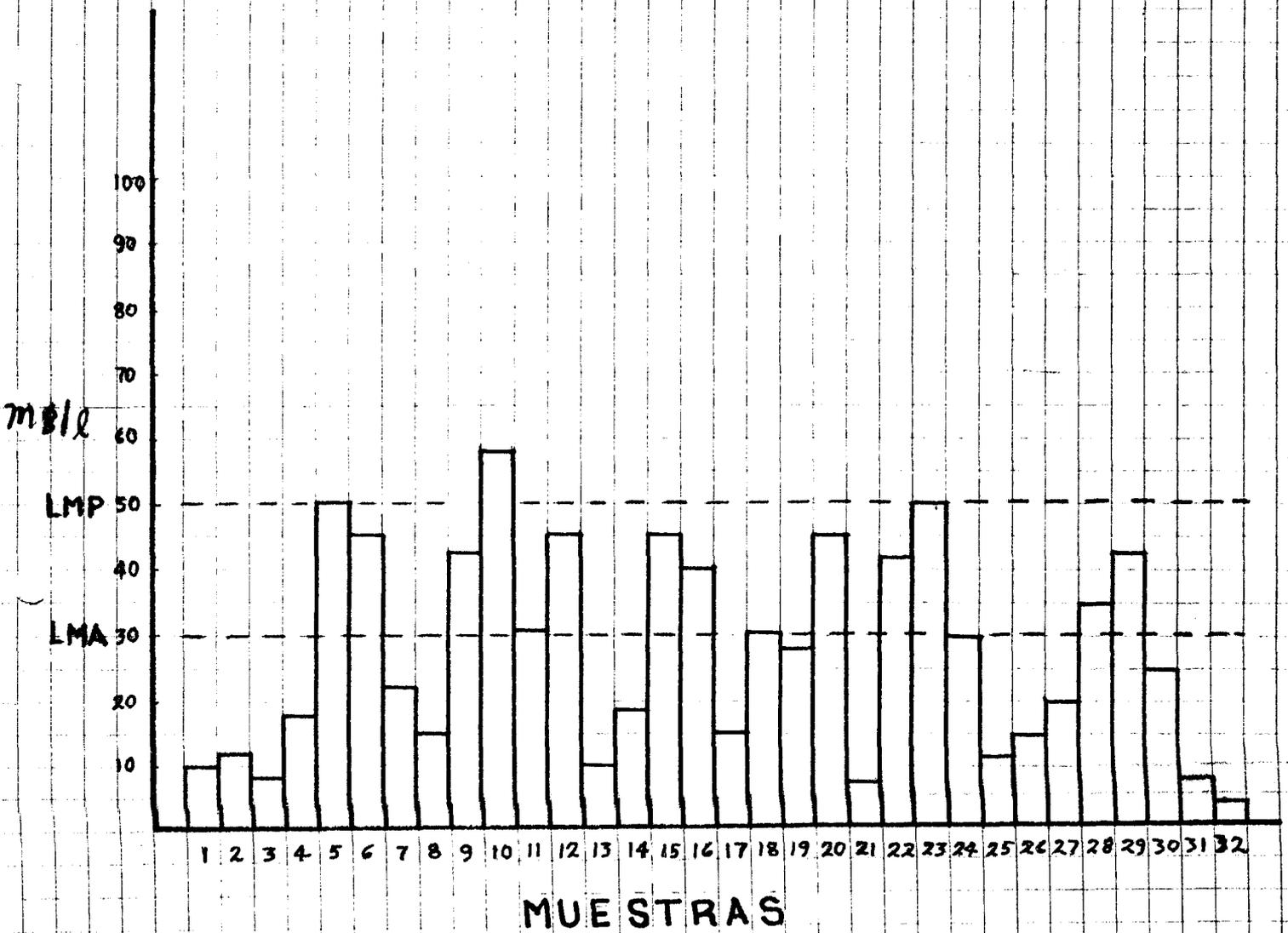


FIG. 22

LMA: 30 mg/l LMP: 50 mg/l

CONDUCTIVIDAD 25°C

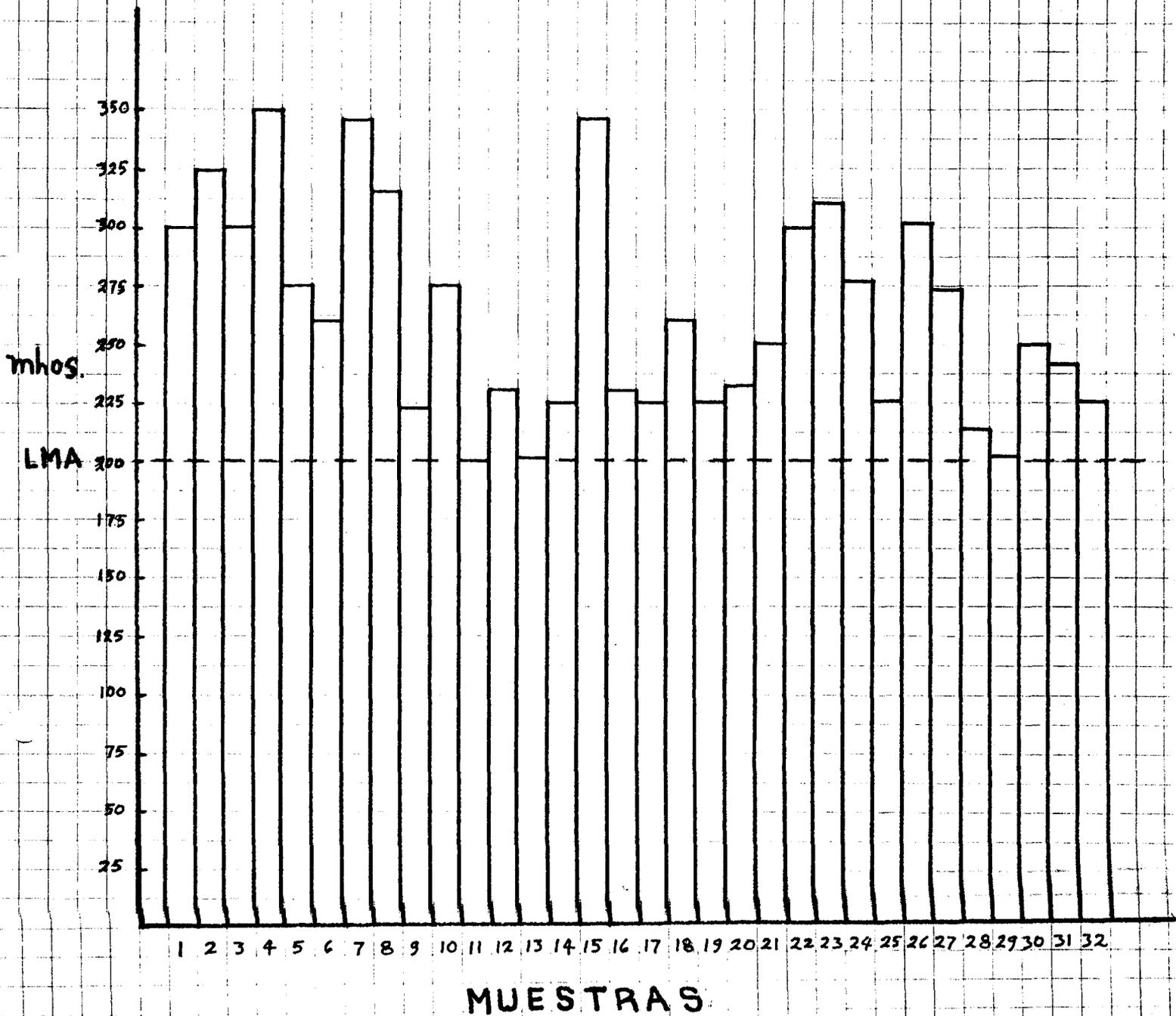


FIG. 23

LMA: 200 mhos LMP: 800 mhos

DUREZA CARBONATICA

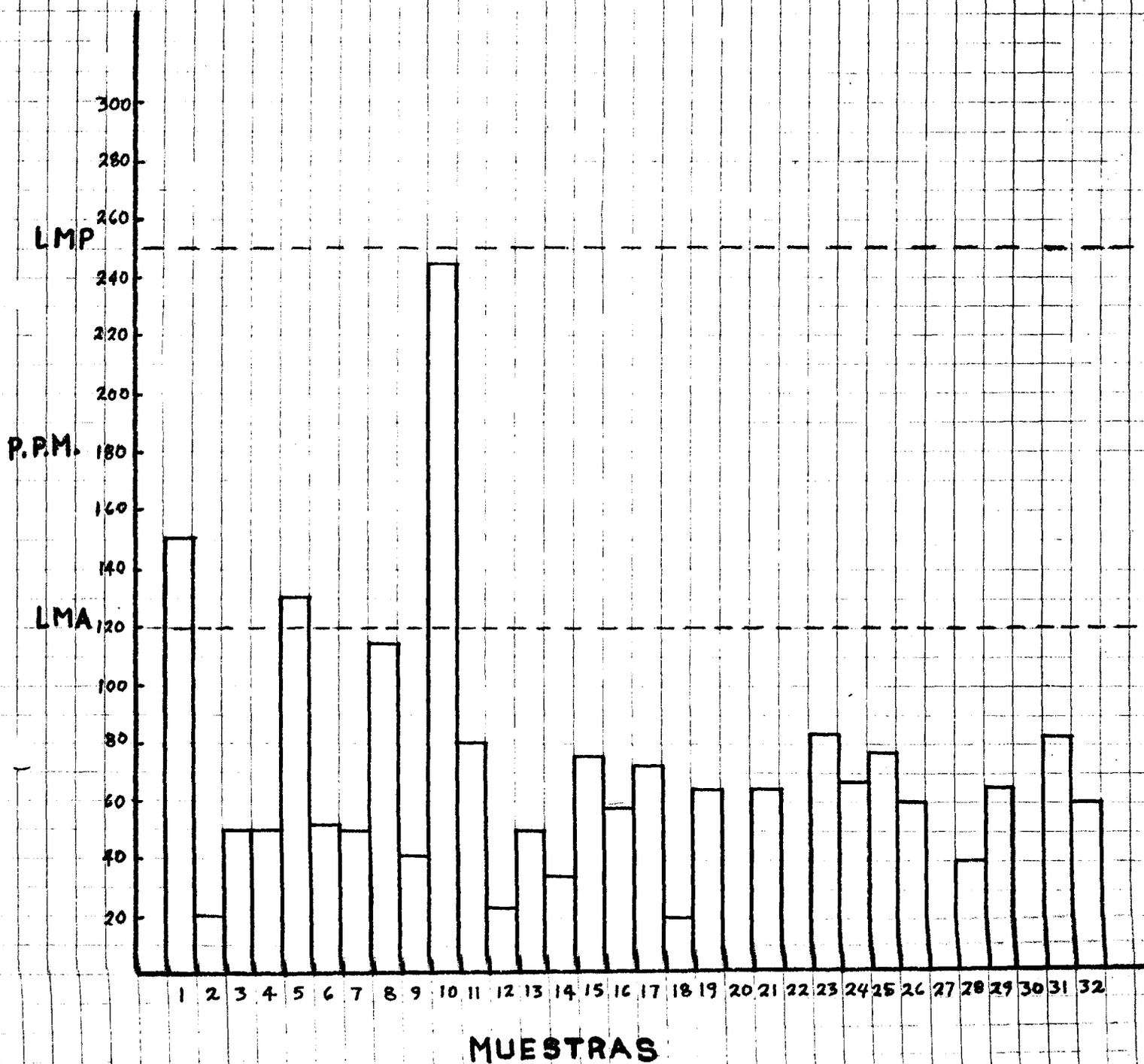


FIG. 24

LMA : 100 P.P.M. LMP : 250 P.P.M.

DUREZA NO CARBONATICA

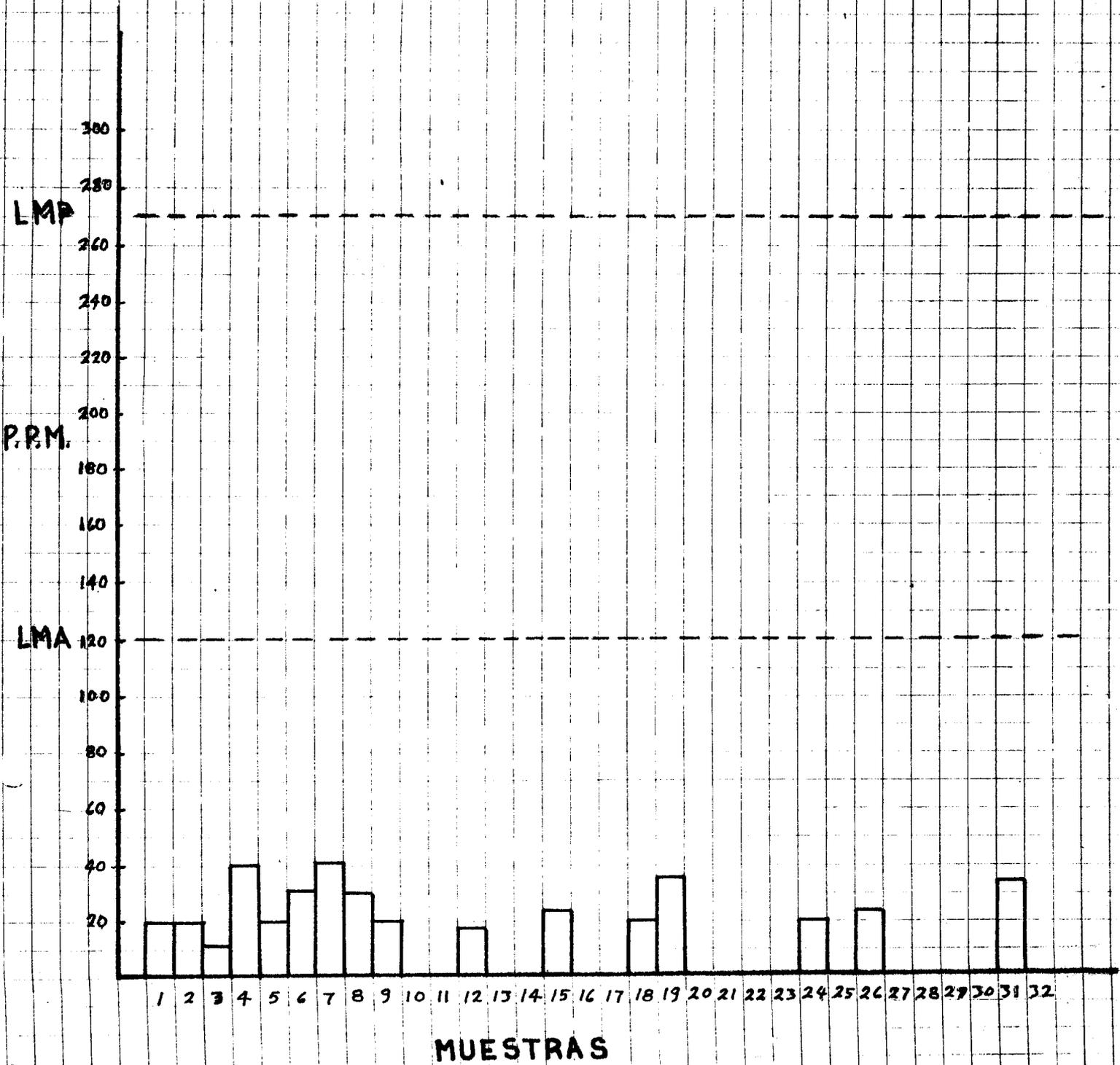


FIG. 25

LMA: 120 P.P.M. LMP: 270 P.P.M.

BICARBONATOS

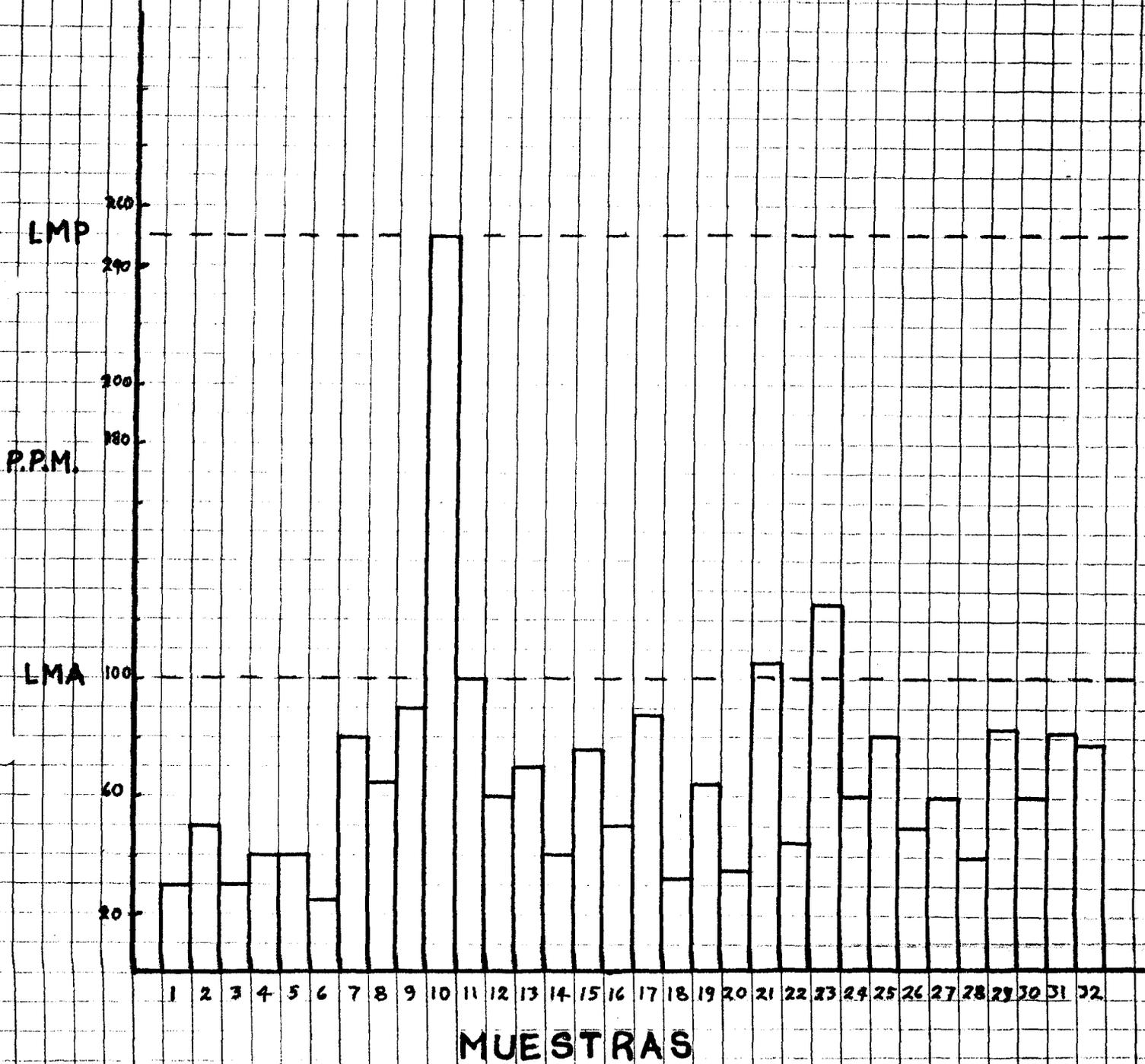


FIG. 26

LMA: 100 PPM

LMP: 250 P.P.M.

CLORUROS

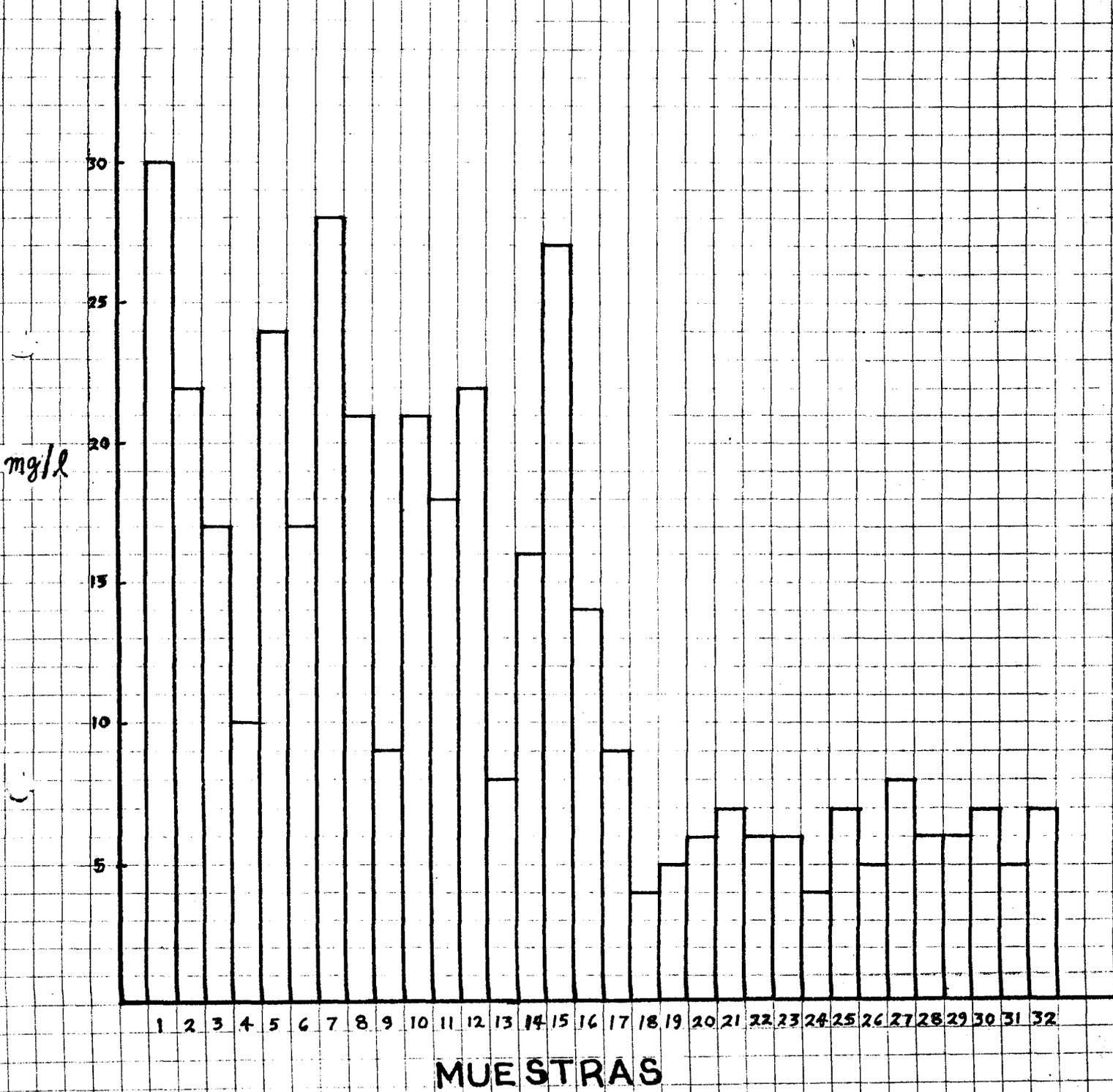


FIG. 27

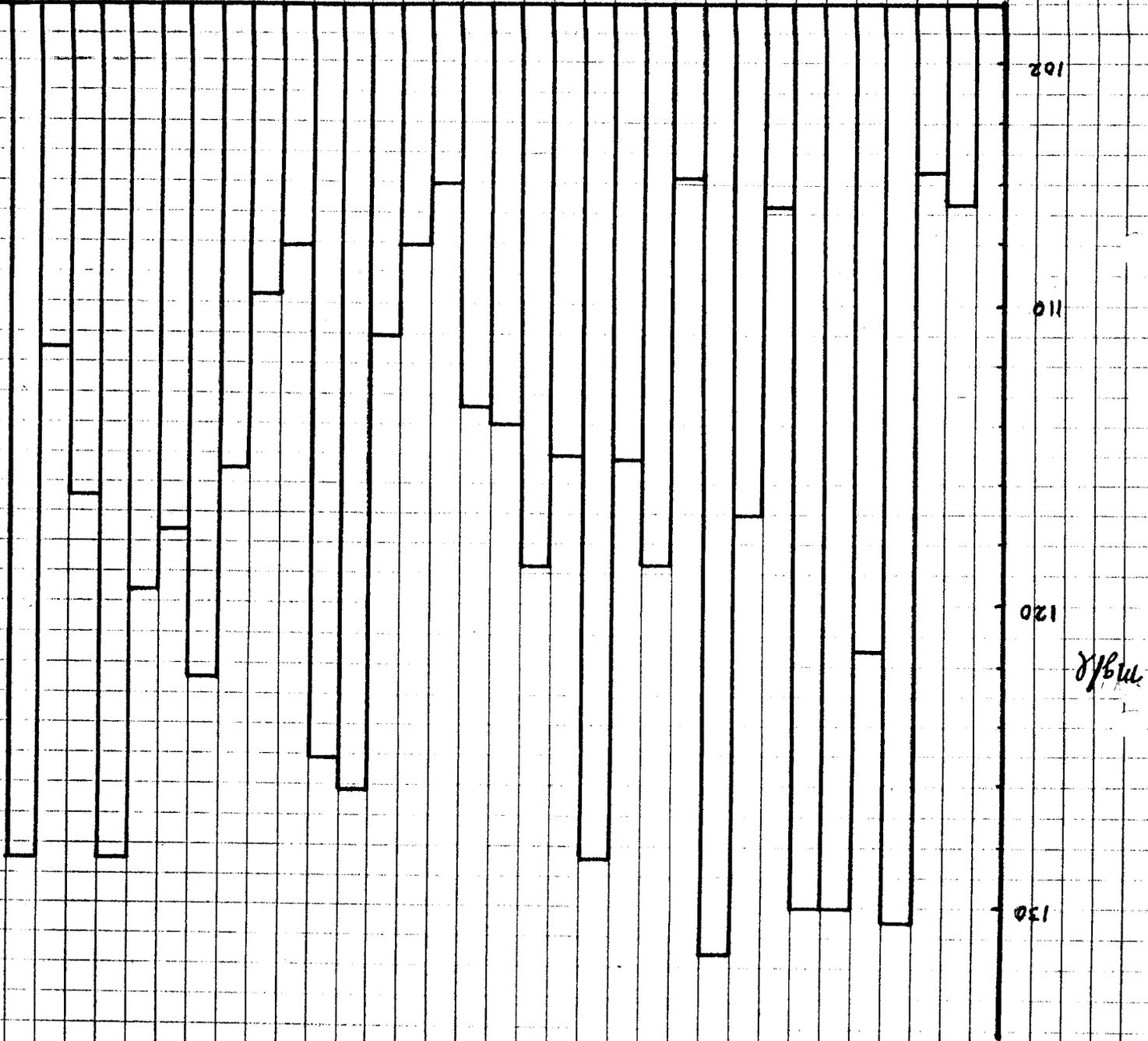
LMA: 200 mg/l LMP: 600 mg/l

LMA: 30 mg/l
LMP: 150 mg/l

FIG. 28

MUESTRAS

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32



SILICE

FLUORUROS

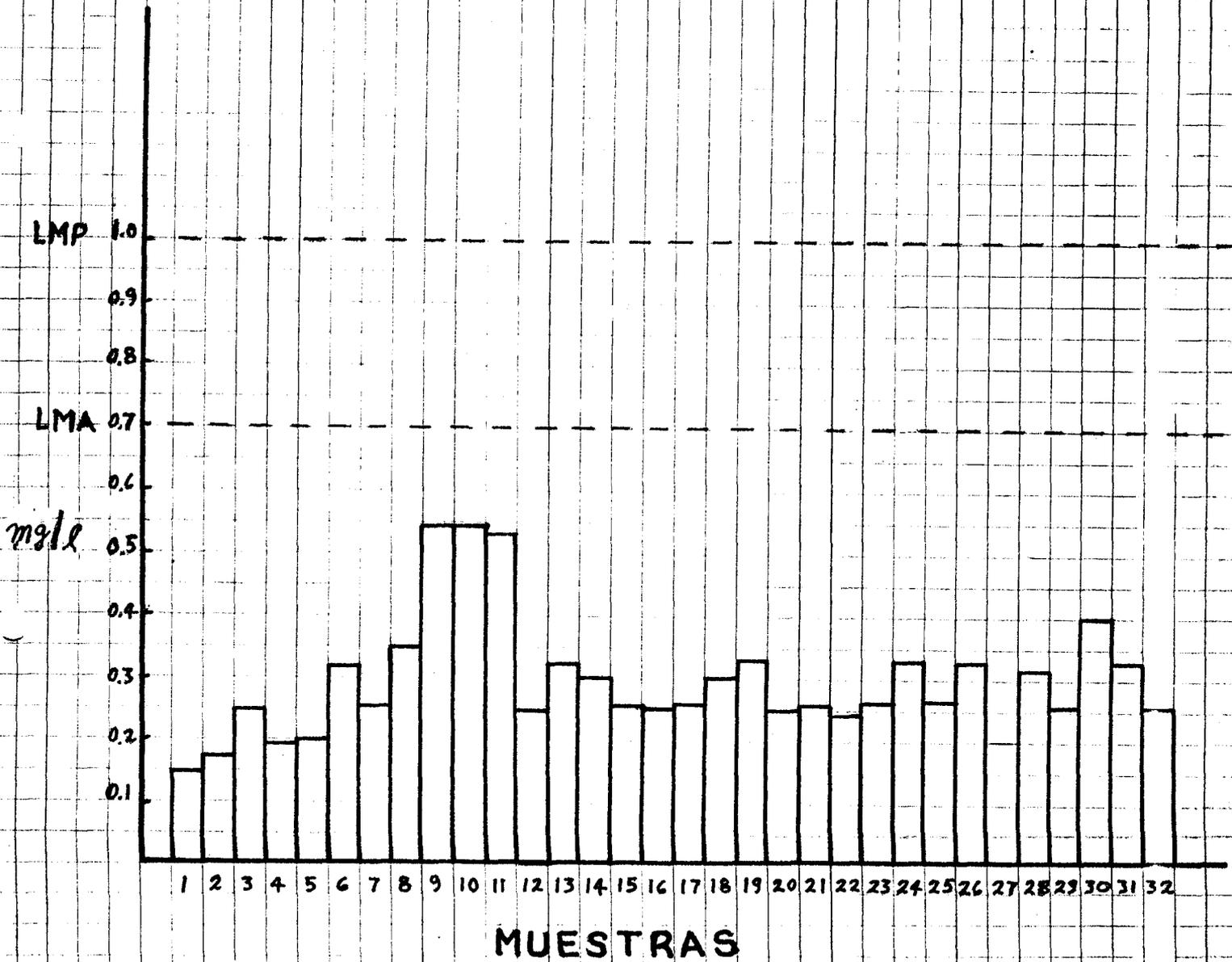


FIG. 29

LMA: 0.7 mg/l

LMP: 1.0 mg/l

LMP 100

- 153 -

CALCIO (Ca)

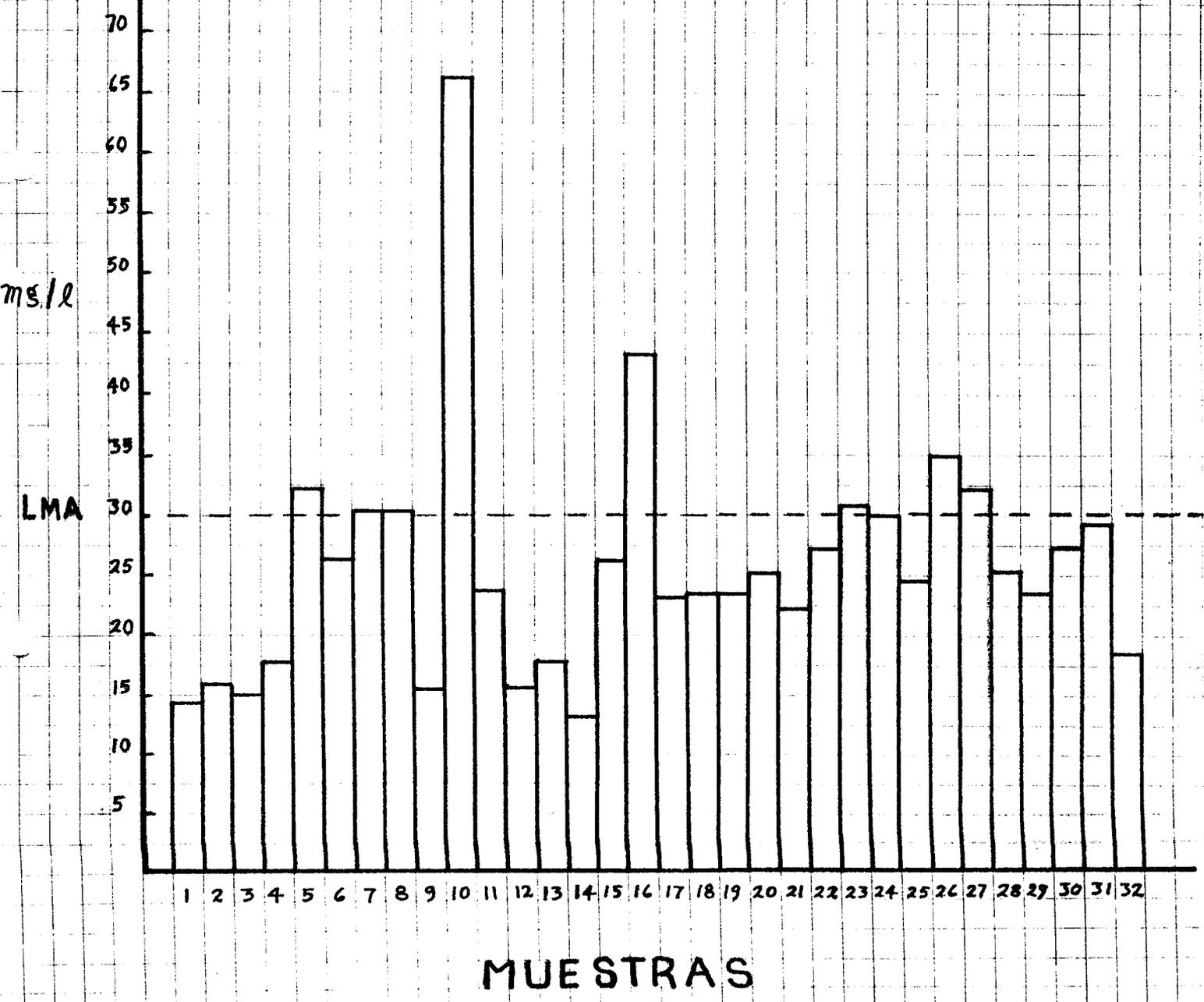


FIG. 30

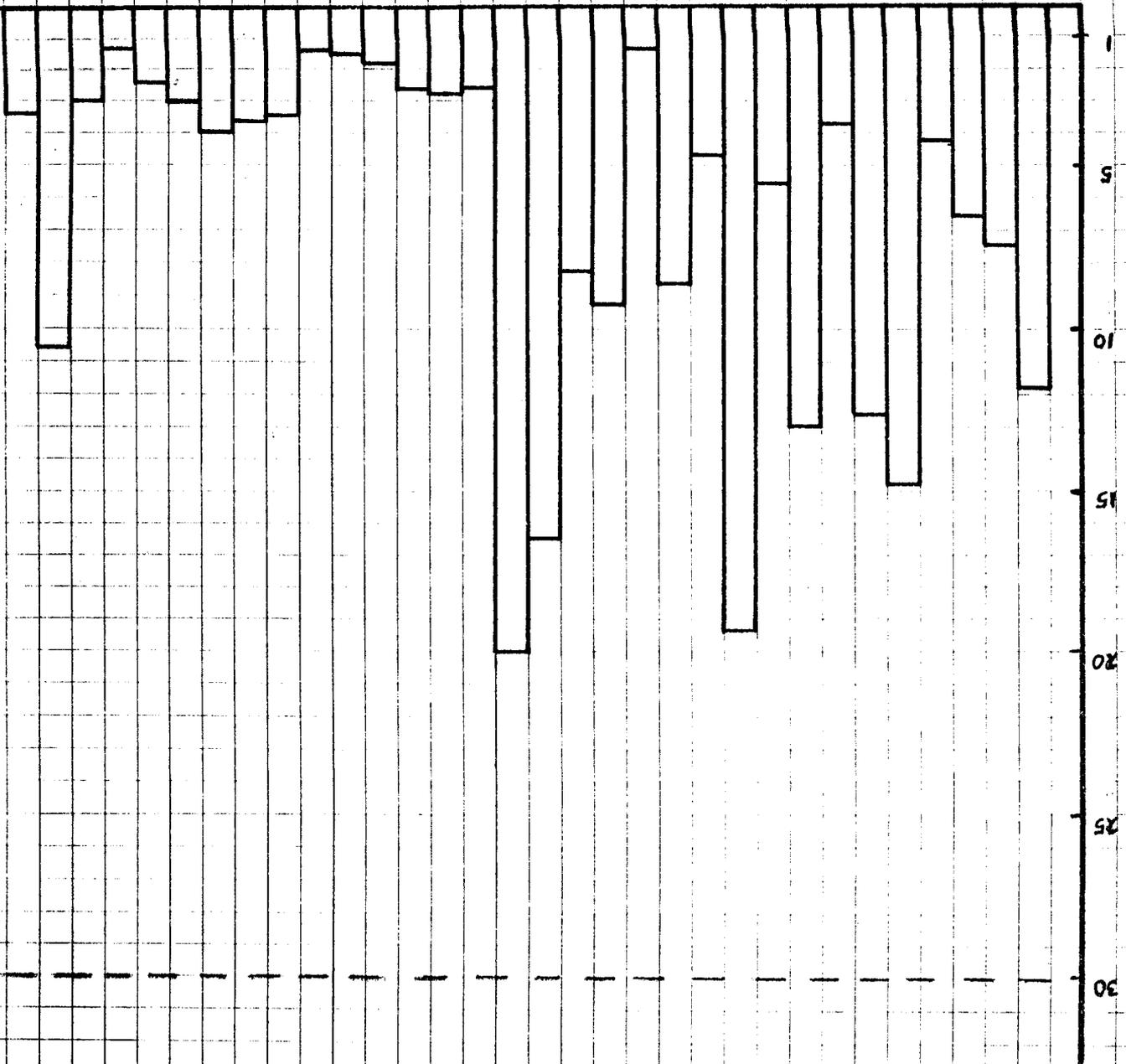
LMA : 30 mg/l LMP : 100 mg/l

LMA: 30 mg/l LMP: 100 mg/l

FIG. 31

MUESTRAS

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32



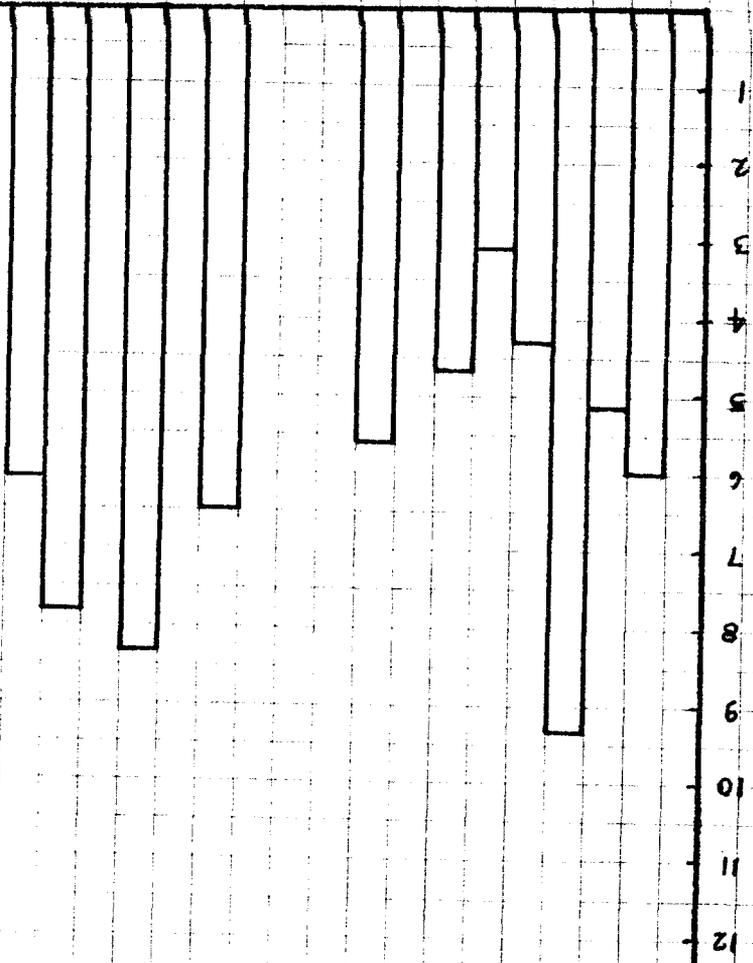
MAGNESIO (MG)

LMA: 20 mg/l LMP: 150 mg/l

FIG. 32

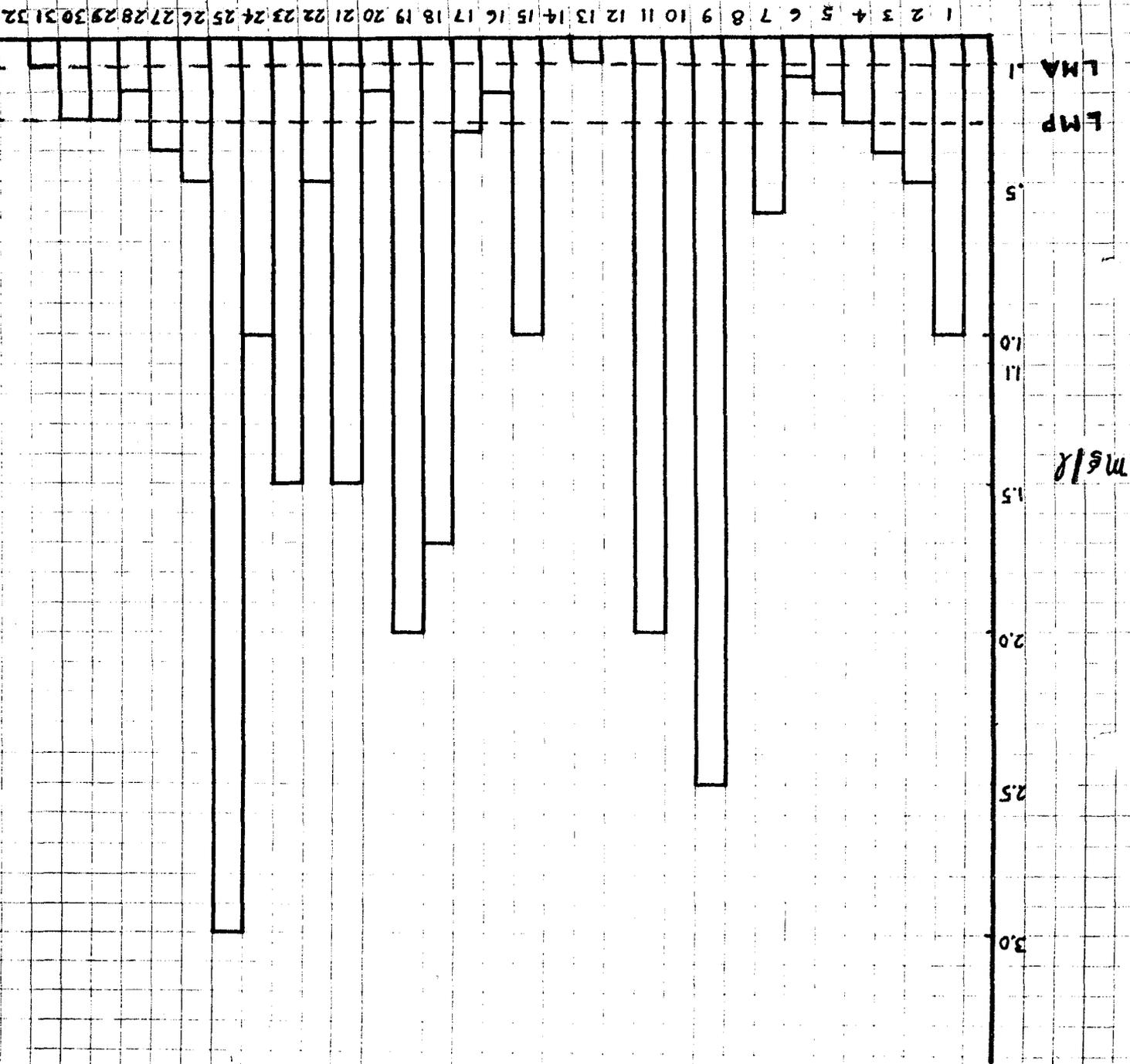
MUESTRAS

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32



mg/l

SODIO (Na)



MUESTRAS

FIG. 33

LMA: 0.1 mg/l
LMP: 0.3 mg/l

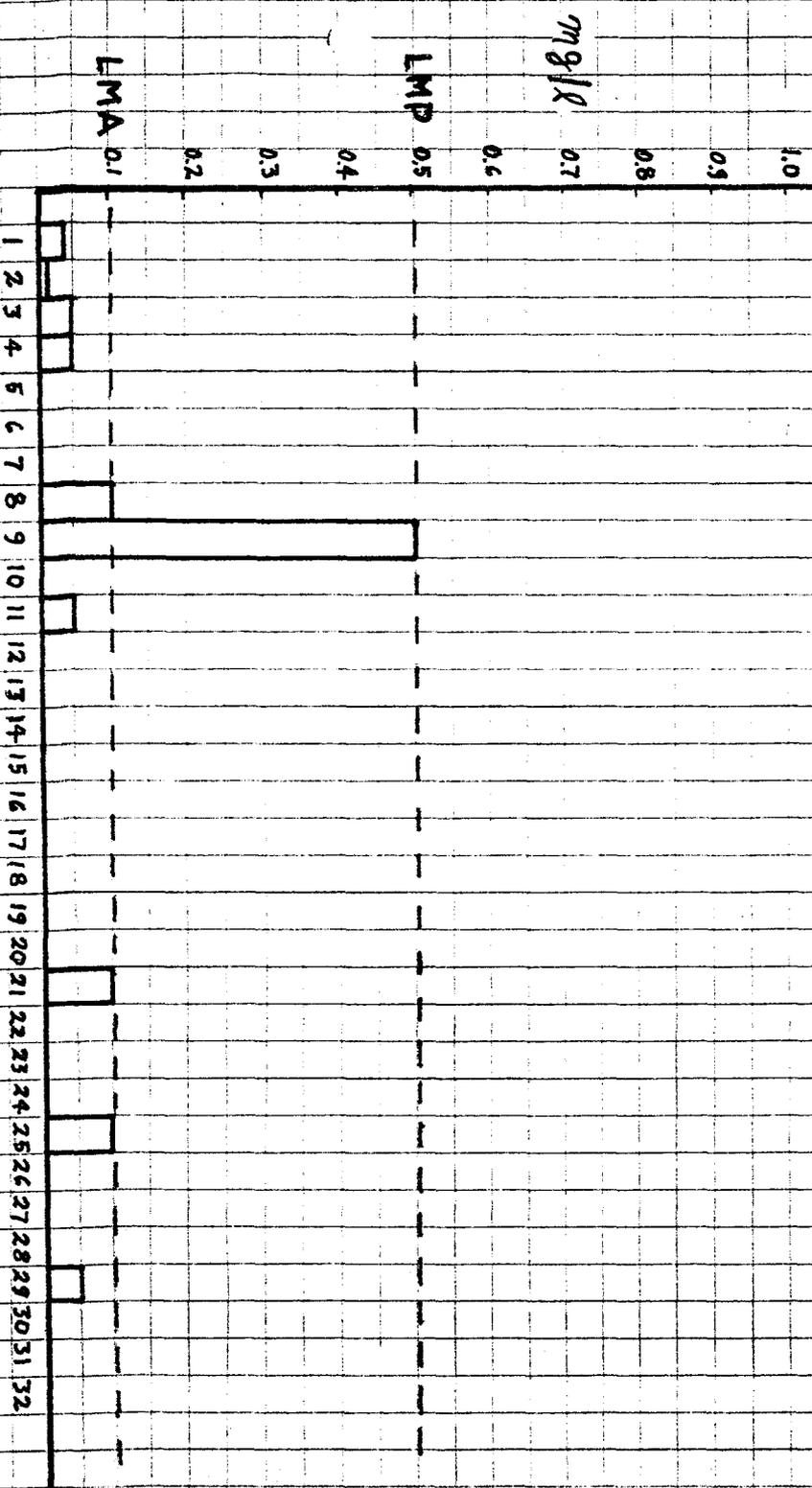


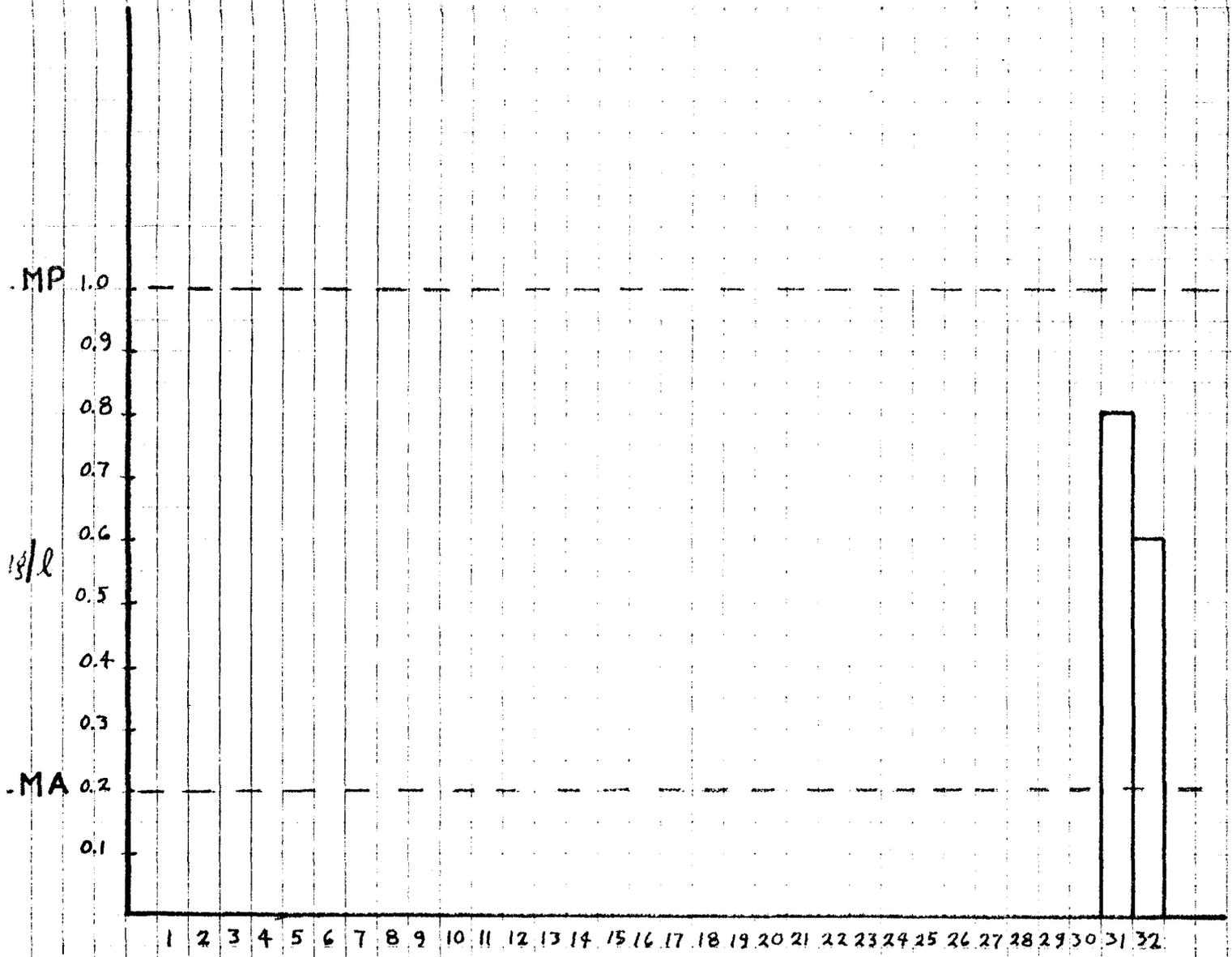
FIG. 34

LMA: 0.1 mg/l

LMP: 0.5 mg/l

MUESTRAS

CLORO LIBRE



MUESTRAS

FIG. 35

LMA : 0.2 mg/l

LMP : 1.0 mg/l

6. DISCUSION DE RESULTADOS

Los actuales abastecimientos de agua de superficie en todo el mundo, están contaminados con desechos municipales e - industriales, que los riesgos para la salud que presenta el consumo de agua tomada de esas fuentes difiere muy poco de los que entraña el ap^rovechamiento directo de aguas residua- les.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha reconocido siempre que las deficiencias de las condiciones del medio a que da lugar la contaminación de agua y del suelo suscitan problemas de la salud de mayor importancia en todo el mundo.

La clase de agua de consumo en nuestro país, y en el área del Cantón Tecualuya, La Paz, específicamente, proceden de - diferentes fuentes: aguas superficiales que proceden de ríos; aguas subterráneas de pozos perforados, aguas de pozos domés- ticos; debido a esto, las muestras de agua analizadas se agru- paron en las siguientes clases :

<u>Clase de agua</u>	<u>Número de muestra analizada</u>
1- Agua de pozos domésticos sin tratamiento de cloro	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12 13-14-15-16-17-18-19-20-21 22-23-24-25-26-27-28.
2- Agua de ríos (Comalapa-Cacapa)	29-30
3- Agua de chorro con tratamien- to de cloro	31-32

El lugar de procedencia de las muestras, incidió notablemente en los resultados obtenidos en los análisis realizados:

Microbiológico, físico y químico.

- Características físicas

Con respecto a las características físicas hay límites propuestos por diversas organizaciones internacionales como: Asociación Americana de Salud Pública (APHA); Asociación Americana de Trabajadores del Agua (AWWA); Organización Panamericana de la Salud (OPS), Normas COGUANOR (Guatemala).

Todas son coincidentes con las normas dadas por la OMS Organización Mundial de la Salud, en este estudio tomaremos como base estas normas.

Se establecen límites :

LMA : Límite Máximo Aceptable

LMP : Límite Máximo Permisible

- Color verdadero

En el agua el color puede ser de origen mineral o vegetal, causado por sustancias metálicas como hierro y manganeso; materiales húmicos, taninos debidos a algas, plantas acuáticas; o por residuos orgánicos o inorgánicos.

El color verdadero es resultado de la presencia de sustancias disueltas o coloidales.

En el Cuadro 13, Fig. 18, tenemos los resultados obtenidos en el análisis de color verdadero. En la Fig.18 podemos observar que el LMA : es 5.0 U (pt-Co) y el LMP : es 50.0 (pt-Co). Una unidad de color es comparable a la coloración que produce 1 mg/l de platino-cobalto en forma de ión cloro-platino.

Las muestras 3-8-9-11-19-20-23-26-28-29-32 sobrepasaron en cinco unidades el límite máximo aceptable.

Las muestras 5-12-14-16-18-22 sobrepasaron en 10 unidades el límite máximo aceptable; la muestra 6 en 15 U (pt-Co); la muestra 13 en 20 unidades excedió el LMA.

No presentaron unidades de color 1-2-10 por lo que se consideran aceptables; en el nivel del LMA se mantuvieron 4-7-17-24-25-27-30-31 por lo que se consideran aceptables.

Las muestras 15 y 21 sobrepasaron en 15 U el LMP por lo que estas muestras no son aceptables, se rechazan.

- Color aparente

En el Cuadro 13 se observan los datos obtenidos de color aparente de las aguas muestreadas.

Los colores más comunes obtenidos fueron: incoloro, amarillo y marrón. El color aparente es causado por materiales en suspensión. El color en el agua de abastecimiento público es estéticamente indeseable para el consumidor y económicamente perjudicial para algunas industrias (54).

En la Fig. 19 se analiza lo siguiente :

Todas las muestras exceden el límite máximo aceptable (LMA).

Las muestras : 2-3-7-19-21-25-26-28-30 sobrepasan en 10 unidades.

Las muestras : 1-14-17 sobrepasan en 20 unidades el LMA.

Las muestras : 24-27-32 sobrepasan en 5 unidades el LMA

- Las muestras : 8-12-14-16-18-20-22-23-29, exceden en 15 U el LMA.

- La muestra 13 sobrepasa en 2 U el LMA.

- La muestra 6 pasa el LMA en 1 unidad

- La muestra 11 pasó el LMP en 1 unidad

Según este análisis todas las muestras son rechazables.

LMA : 5.0 Unidades (pt-Co) LMP : 50 Unidades (pt-Co).

- Olor

En el Cuadro 13 observamos los resultados del olor de las muestras, éstas se reportaron de acuerdo a la sensibilidad del sentido del olfato de quien tomó la muestra (características organolépticas).

- Normal : Sin variación en el olor

- Dulce : Descomposición

- Terroso : Similar a tierra húmeda

- Fétido : Similar a excrementos

- Acido : Descargas industriales

- Desinfectante : Materiales químicos

- Temperatura

En el Cuadro 13 tenemos los resultados de temperatura tomada a las muestras de agua. Los límites para la temperatura son:

LMA : 18-30 °C LMP : No mayor de 34 °C

Todas las muestras cumplen con el límite aceptable.

- pH

Se define el potencial de hidrógeno (pH) como el logaritmo

del inverso de la actividad del ión hidrógeno expresado en moles por litro. Es un término universalmente empleado para expresar la intensidad de condiciones ácidas o básicas de una solución. Expresa la concentración hidrogeniónica (H^+), más exactamente, la actividad del ión hidrógeno en la solución.

El valor del pH de una muestra de agua expresa su tendencia a aceptar o a dar iones hidrógeno en una escala desde cero (muy ácido) a catorce (muy básico). El agua pura es neutra valor de 7.0.

Se realizaron dos pruebas de pH; una en el campo, con papel litmus de escala amplia (análisis químico); se comprobó en el laboratorio por medio del potenciómetro (análisis físico). En el Cuadro 14, Fig. 20, vemos los valores de pH de todas las muestras que están situadas alrededor del valor de 7.

Las muestras : 7, 15, 30 están más cercanas al valor de pH = 6 que es el LMA.

Las muestra : 1 y 21 son las que tienen el pH más alto, - 1.5 unidades más arriba del LMA.

Todas las muestras se encuentran entre LMA y LMP.

LMA : 6.0 LMP : 8.5

- Turbidez

La turbidez del agua es debida, principalmente, a partículas sólidas en suspensión que reducen el paso de la luz. Puede deberse a la presencia de plancton, algas, detritos orgánicos, arena, arcilla y productos resultantes de la erosión o procesos domésticos e industriales.

En el Cuadro 13 observamos la turbidez encontrada (detectada) en las diferentes muestras. En la Fig. 21 se nota que las muestras 13 y 25 exceden el LMA en 7 unidades, por lo que son rechazadas.

Las muestras 14 y 30 exceden en 1 unidad ambas el LMA; la muestra 29 excede el nivel aceptable de 0.5 unidades por lo que estas tres últimas muestras son también rechazadas.

Las muestras 4, 10, 16, 24 se mantienen en el mismo nivel de 5.0 U de LMA; en cuanto a este análisis la muestra más aceptable es la No. 2 con 0.42 UTN.

En orden creciente de muestras aceptables tenemos: 1, 3, 6, 7, 8, 9, 27, 17, 32, 28, 26, 22, 15, 21, 11, 19, 12.

LMA : 5.0 UTN

LMP : 25 UTN

- Sustancias físico-químicas

Alcalinidad total (CaCO_3)

Se debe a bicarbonatos (CHO_3^-), carbonatos (CO_3^{--}) e hidróxidos (OH^-); generalmente de metales alcalinos o alcaloides ferrosos.

Para determinar la alcalinidad se tuvieron los cuidados:

- El agua tenía que encontrarse fuera de color y excenta de turbiedad, puede enmascarar o afectar la respuesta del indicador, se tuvo que eliminar la interferencia.
- El cloro libre residual disponible afecta marcadamente la respuesta del color del indicador, se eliminó esta interferencia en las muestras 31 y 32 con una gota de tiosulfato de sodio.

- Las muestras se trajeron del campo en frascos de polietileno; la determinación de alcalinidad se llevó a cabo en el mismo día de la toma de muestra.

La alcalinidad en el agua es una medida de capacidad de neutralización de un ácido; la alcalinidad se forma en forma considerable debido a la acción del bióxido de carbono.

En el Cuadro 15 podemos observar el contenido de alcalinidad total de cada muestra. En la Fig. 22 se compara resultados; la muestra 10 excede el límite permisible en 130 ppm; la muestra 4 excede el LMP en 30 unidades ppm; la muestra 23 excede el LMP en 6 ppm. Las muestras que contienen menor alcalinidad abajo del LMP son la 3 y 8.

Las muestras restantes están abajo del LMP: de 120 ppm

- Dureza total (CaCO_3)

Las aguas duras son aquellas que requieren gran cantidad de jabón para formar espuma y que no producen incrustaciones en la tuberías, calderas, etc.

En el Cuadro 14 observamos las cantidades en mg/l de dureza total como CaCO_3 ; las muestras que observamos gráficamente en la Fig. 23, los hemos clasificado así :

<u>Clasificación</u>	<u>Muestra No.</u>
Aguas blandas - 0-75 mg/l	2-3-9-12-13-14-16-17-18- 21-22-27-28-29-30-32.
Aguas moderadamente duras 75-150 mg/l	4-6-7-8-11-15-19-23-24-25-26-31
Aguas duras 150-300 mg/l	1-5-10

La muestra 10 excede en 150 unidades el LMA = 100 mg/l, considerando el agua de ese pozo como dura.

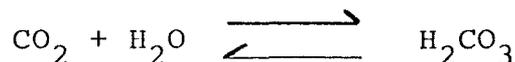
La muestra 20 no presentó mg/l de dureza.

La muestra 1 excede el LMA en 70 mg/l; la muestra 5 excede en 50 mg/l; la muestra 8 en 42 unidades; la muestra 31 excede en 15 unidades el LMA; la muestra 15 y 19 se encuentra en el límite de LMA.

- Dióxido de carbono (CO₂)

El bióxido de carbono libre, es la parte del CO₂ disuelta en agua en estado gaseoso y bióxido de carbono combinado, el combinado en los bicarbonatos. Una parte del CO₂ libre es capaz de solubilizar el carbonato de calcio (CaCO₃) y se llama bióxido de carbono agresivo.

La propiedad corrosiva del agua del gas carbónico es cuando se forma el ácido carbónico.



En el Cuadro 14 tenemos los resultados de bióxido de carbono obtenidos en las treinta y dos muestras expresado en mg/l. En la Fig. 24 podemos observar lo siguiente : La muestra 10 excede 8 unidades al LMP por lo que se rechaza las muestras 5 y 23 se encuentran en el LMP.

Las muestras 6, 12, 15, 20 tienen 15 unidades arriba del LMA.

Arriba del LMA están las muestras : 5, 6, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 18, 20, 22, 23, 28, 29, estas muestras se rechazan pa-

ra consumo. Abajo del LMA se encuentran : 1, 2, 3, 4, 7, 8, 13, 14, 17, 19, 21, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32 estas muestras no se objetan, exceptuando las muestras 11, 18 y 24 que se aceptan con reserva, por estar en el límite de LMA.

La muestra que tuvo menos CO_2 fue la muestra No. 32

LMA : 30 mg/l

LMP : 50 mg/l

- Conductividad eléctrica a 25 °C

La conductividad eléctrica es la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica. Esta propiedad está relacionada con la concentración total de las sustancias ionizadas en el agua.

El agua tiene una conductividad baja cuando es pura, siendo un aislante bueno. Pero una pequeña cantidad de cationes o aniones están presentes y tornan el agua en conductora. -- Cuandos más iones se encuentran en el agua, mayor es la conductividad.

LMA : 200 mhos

LMP : 800 mhos

En el Cuadro 14 observamos los valores de conductividad que presentan las muestras de agua.

En la Fig. 25 se comparan los valores de conductividad para el total de muestras.

Las muestras 4, 7, 15 son las que más conductividad presentaron pasan arriba del LMA por lo que se rechazan.

Todas las muestras están arriba del LMA por lo que contienen muchos iones presentes, se rechazan estas muestras.

Las muestras 11, 13, 29, se encuentran en el límite acept

table.

- Dureza carbonática

Es la dureza debida al carbonato (CO_3^-); en el Cuadro 14, observamos los datos de dureza carbonática expresada en ppm. En la Fig. 26 se comparan los datos de dureza con respecto a los límites. LMA : 100 ppm LMP : 250 ppm.

La dureza carbonática en la muestra 10 se excede 130 ppm de LMA. La muestra 1 está 30 ppm más arriba de LMA, la muestra 5 está 10 ppm del LMA por lo que se rechazan estas muestras. La mejor muestra resultó ser la 27 por tener 8 ppm

Todas las demás muestras están abajo del LMA, por lo que son aceptables en cuanto a la dureza carbonática (Cuadro 14, Fig. 26).

- Dureza no carbonática (Cuadro 14, Fig. 27).

Todas las muestras están abajo del LMA 120 ppm

Las muestras 10, 11, 13, 14, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 32, no presentan dureza no carbonática, su valor es igual a cero. Las muestras que presentan dureza fueron 4, 7, 19, 31. La suma de dureza carbonática más dureza no carbonática nos da la dureza total.

- Sustancias químicas

Bicarbonatos :

En el Cuadro 15 tenemos el contenido de las muestras de agua que poseen bicarbonatos expresados en ppm.

En la Fig. 28, observamos el comportamiento del contenido de bicarbonatos; la muestra 10 se encuentra en el LMP igual a

250 ppm. Las muestras 21 y 23 se exceden 5 ppm del límite máximo aceptable por lo que estas muestras se rechazan; todas las demás muestras están abajo del LMA, por lo que son aceptables. LMA : 100 ppm.

- Cloruros

El ión cloruro (Cl^-) es uno de los principales aniones encontrados en el agua. En aguas superficiales y subterráneas, las concentraciones son mucho menores que la de los océanos (19 mil mg/l), pero en algunos casos pueden llegar hasta 300 a 600 mg/l (54).

La tolerancia del hombre al cloruro depende del clima y costumbres alimentarias. En zonas áridas y calientes las concentraciones de Cl^- en el agua pueden llegar hasta 900 mg/l sin ningún efecto fisiológico adverso. El efecto laxativo generalmente es sentido por individuos que estaban acostumbrados a bajas concentraciones, pasados algunos días el individuo se adapta a altas concentraciones de cloruros.

En el Cuadro 15, observamos los resultados de contenido de cloruros en las muestras; en la Fig. 29 observamos que todas las muestras están abajo del LMA = 200 mg/l; las muestras que presentaron mayor contenido de cloruros fueron: 1, 7, 15 pero son aceptables todas las muestras.

- Sílice

El sílice influye en la turbidez del agua, está relacionada con los sólidos totales.

En el Cuadro 15 se encuentran las muestras con su respectivo contenido de silicatos; en la Fig. 30 se observa que todas las muestras están arriba del límite máximo aceptable que es 30 mg/l y abajo del LMP = 150 mg/l por lo que son rechazables todas las muestras en cuanto al contenido de sílice. -- Las muestras que tienen mayor contenido de sílice son: 9, 3, 5, 6, 29, 32, 13, 21.

- Floruros

El contenido de floruros (F^-) en las aguas puede ser de origen natural o procedente de descargas industriales; los compuestos de fluor se encuentran en mayores cantidades en aguas subterráneas y las concentraciones son más elevadas en aguas alcalinas, por lo que las aguas subterráneas deben ser siempre analizadas para conocer el contenido de fluor.

Los dientes quebradizos ocurren cuando el contenido de fluor está arriba de 1.5 mg/l, valores arriba de 3.0 mg/l producen manchas notables en el cuerpo y los huesos. Esta enfermedad se llama fluorosis.

En el Cuadro 15 podemos ver el contenido de fluor de las muestras en la Fig. 31 podemos ver que todas las muestras presentaron bajo contenido de floruros, muy por debajo del LMA = 0.7 LMP = 1.0 mg/l. Las muestras que presentaron mayor contenido de fluor fueron 9, 10, 11.

- Calcio (Ca^{+2})

Es el elemento más común, se encuentra en la mayoría de -

las aguas naturales, el calcio contribuye a las propiedades de dureza del agua, los resultados se dan como dureza de calcio el LMA = 30 mg/l LMP = 100 mg/l.

En el Cuadro 16 tenemos los resultados de calcio expresados en mg/l; en la Fig. 32, la muestra 10 presentó más contenido de calcio, 36.4 unidades arriba del LMA = 30 mg/l - la muestra con menos contenido de Ca fue la 14 con 12.8 mg/l. Las muestras 5-10-16-23,26-27 se excedieron sobre el LMA. Las muestras 6, 7, 24 se encuentran en límite máximo aceptables; - las muestras restantes son aceptables puesto que están abajo del LMA.

- Magnesio (Mg)

El magnesio es uno de los dos minerales que producen la dureza del agua. El magnesio ha sido restringido a niveles de LMA = 30 mg/l LMP = 100 mg/l, según las normas para el control de agua potable, a altas concentraciones de magnesio existen efectos laxantes; a pesar que el cuerpo humano desarrolla una tolerancia que anula este efecto.

En el Cuadro 16 tenemos las concentraciones de magnesio expresado en mg/l; en la Fig. 33 observamos los valores de Mg comparados con los límites LMA = 30 mg/l; LMP = 100 mg/l; todas las muestras están bajo el LMA. Numéricamente las muestras con más contenido de Mg son : 17, 10, 5, 31, 1. Las muestras con menor contenido de Mg son : 13, 23, 29, 22, 21; la mayoría de muestras oscila entre 2 y 10 mg/l.

- Sodio (Na)

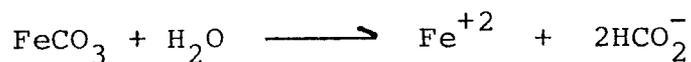
El contenido de sodio en altas concentraciones puede ser -

perjudicial para los que sufren de alta presión sanguínea. - El sodio es importante en la permeabilidad de los suelos agrícolas. En el Cuadro 16 podemos observar el contenido de sodio de las muestras analizadas; en la Fig. 34 observamos en forma comparativa el contenido de Na con respecto a las normas internacionales (OMS), LMA = 20 mg/l; LMP = 150 mg/l. Todas las muestras están abajo del LMA; las muestras : 9, 10, 11 y de la 18 a la 32 no presentan mg/l de Na.

La muestra con mayor contenido de Na fue la No. 3 = 9.4 mg/l. La que tuvo menor contenido de Na fue la 5 igual a 3.2 mg/l. Todas las muestras para este elemento son aceptables.

- Hierro (Fe)

El hierro se encuentra en los abastecimientos subterráneos más que en los superficiales, debido a que los minerales como el óxido férrico que es insoluble en algunas partes, se encuentra como carbonato ferroso (siderita) que es ligeramente soluble; como las aguas subterráneas frecuentemente contienen cantidades considerables de CO₂ se pueden disolver cantidades -- apreciables de siderita.



En el Cuadro 16 podemos observar los resultados de la concentración de hierro en las muestras de agua, expresadas en mg/l. En la Fig. 35 comparamos y observamos la tendencia de las muestras con respecto a las normas LMA = 0.1 mg/l LMP = 0.3 mg/l; las muestras 8, 10, 12, 14, 32 no presentaron contenido de hierro; las muestras 13 y 31 se encuentran en el límite

te máximo aceptable.

Dentro del LMA y LMP tenemos a : 5, 6, 16, 20, 28.

Las muestras arriba del LMP : 1, 2, 3, 7, 9, 11, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, éstas son rechazadas, están fuera de norma.

La muestra que tuvo mayor contenido de hierro fué : la 25 con 3.0 mg/l por lo que se rechaza.

- Manganeso (Mn)

El manganeso se encuentra en las aguas subterráneas junto al hierro en muchas ocasiones; no obstante es más común encontrar solo el hierro. El Mn proviene de terrenos maganíferos y este elemento queda en solución en forma de bicarbonatos y luego, cuando el agua entra en contacto con el aire, se oxida formando flóculos marrones.

LMA : 0.1 mg/l

LMP : 0.5 mg/l

En el Cuadro 16 podemos observar que solamente 10 muestras presentaron contenido de manganeso; en la Fig. 36 observamos - las muestras comparadas con los límites; la muestra 9 fue la que obtuvo mayor contenido de Mn y se encontró en el límite máx_{imo} permisible por lo cual se rechaza; las muestras 8, 21, 25 se encuentran en límite máximo aceptable, se aceptan estas muestras, como no dañinas para la salud. Las demás muestras se encuentran abajo del LMA por lo cual son aceptables.

- Cloro residual (libre)

Es el cloro que se encuentra trabajando en una solución acuosa. En el Cuadro 16 observamos que solamente dos muestras

tuvieron contenido de cloro; en la Fig. 35 observamos comparativamente con los límites respectivos: LMA = 0.2 mg/l y LMP = 1.0 mg/l; las muestras 31 y 32 exceden los LMA, - en 6 unidades y 4 unidades respectivamente; pero se encuentran abajo del LMP, por lo que se rechazan estas muestras (a pesar de que el cloro es altamente volátil).

- Discusión de resultados microbiológicos

1° Con respecto al análisis microscópico se observaron treinta muestras con algas; las muestras 31 y 32 no presentaron algas debido al exceso de cloro.

2° Con respecto al análisis bacteriológico, en el cuadro 11 se observa, que la mayoría de las muestras resultan positivas; mostrando presencia de bacterias coliformes; con la prueba completa se comprobó la presencia de coliformes por medio de crecimiento en el medio selectivo para Gram negativo en MacConkey.

La diferenciación de microorganismos del grupo de colibacilos se realizó mediante las cuatro pruebas bioquímicas del IMVIC; puede observarse en el cuadro 11, que la mayoría de bacterias fueron : Escherichia coli y las especies : E. freundii, E. cloacae, E. intermedia todas ellas de origen fecal. Se identificó Aerobacter aerogenes, también de origen fecal.

En el cuadro 8, se aprecia el número de bacterias viables detectadas en las muestras.

La muestra que menos bacterias presentó fue la No. 31, -- 3 bacterias (colonias) en una dilución de 1:1000 (cuadro--- 8).

En el recuento total bacteriano, el agua de uso potable debe tener un contenido máximo de 100 NTC/ml en sustrato gelatinoso y 50 NTC/ml para el caso de agar. (46)

De acuerdo a lo anterior podemos rechazar las muestras de agua de estos pozos, por estar fuera de Norma; es obvio que se contaminan los pozos, por tener a menos de 30 metros de distancia el servicio sanitario, y en algunos casos los propietarios de los pozos no poseen servicio sanitario.

Otra razón de posible contaminación, es el hecho que -- las fosas sépticas se encuentren a mayor altura que la de los pozos y a favor de la gradiente del terreno.

normas dadas por la OMS a través de sus diferentes organizaciones mundiales. Se nota que existe una relación entre contaminantes físicos y análisis microbiológicos.

Los elementos químicos que más afectaron las muestras de agua --- fueron : Sílice arriba del LMA; el hierro estuvo muy -- por encima de los niveles máximos aceptables, estuvo fuera- de norma.

Los fluoruros, magnesio y sodio estuvieron abajo del límite aceptable, por lo que no afectaron sus resultados.

En consecuencia se puede concluir que de todas las muestras analizadas, solamente las muestras 31 y 32 reúnen los-- requisitos adecuados para consumo humano; las muestras procedentes de agua de pozos no reúnen las condiciones para ser -- consumidas.

Estas aguas se encuentran contaminadas con bacterias que - proceden de excretas humanas y/o animales, que son arrastradas por el agua, así como desechos industriales depositados en los ríos Comalapa y Aguacula que se unen a las aguas subterrá-- neas de los pozos perforados por los vecinos del lugar.

La presencia de hierro encontrada en el análisis químico -- se debió probablemente a la corrosión de las tapaderas y el bosal de hierro utilizado en la construcción de los pozos.

8. RECOMENDACIONES

8.1. En cuanto a la higiene personal y comunitaria

- a) Hervir el agua durante 15 a 20 minutos
- b) Lavarse las manos con agua y jabón antes de cada comida.
- c) Lavarse las manos con agua y jabón después de defecar
- d) No defecar en el suelo, cerca de la fuente de abastecimiento de agua (pozo, río, vertiente, nacimiento, etc.).
- e) Lavar bien las frutas, verduras, mariscos, etc.)

8.2. Utilizar filtros prácticas de arena (Fig. 37)

8.3. En cuanto a destrucción, disposición, aislamiento o diso- lución de residuos

- a) Utilizar servicio sanitario de fosa (Fig. 40).
- b) Ubicar los servicios sanitarios a no menos de 30 mts de distancia del pozo, y abajo si existiere pendiente.
- c) Eliminar servicios sanitarios cercanos a la fuente de abastecimiento.

8.4. Tratamiento químico

Tratar el agua cruda de pozos con hipoclorito de calcio al 70% a razón de 1 g/m^3 ; polvo blanqueador (lejía en polvo) a 25-35% a razón de $2-3 \text{ g/m}^3$, aplicar blanqueador líquido (solu-

ción de lejía) (hipoclorito de sodio al 5%) 14 ml/m³ (fig. 40)

8.5. Para evitar altas concentraciones de hierro

Airear el agua, dispersar el agua en el aire o hacerla - descender en capas delgadas por una serie de peldaños para que la luz solar y el oxígeno puedan destruir parte de las bacterias presentes, se evita el incremento de CO₂ .

8.6. Evaluar con cierta periodicidad los mantos acuíferos - en la zona.

8.7. Capacitar al personal que labora en el área sanitaria, - con instrucción en el país o en el exterior.

8.8. Hacer un llamado a ANDA y al Ministerio de Salud Pública para realizar proyectos de Potabilización de las aguas y de Alcantarillado Sanitario en el Cantón Tecualuya, -- para mejorar la salud de los habitantes de la zona.

8.9. Hacer estudio de los laboratorios de análisis de agua, - adecuandolos a las necesidades actuales.

8.10. Elaborar e implementar un programa de investigación de -- parámetros nacionales (normas) de calidad eminentemente-Salvadoreño.

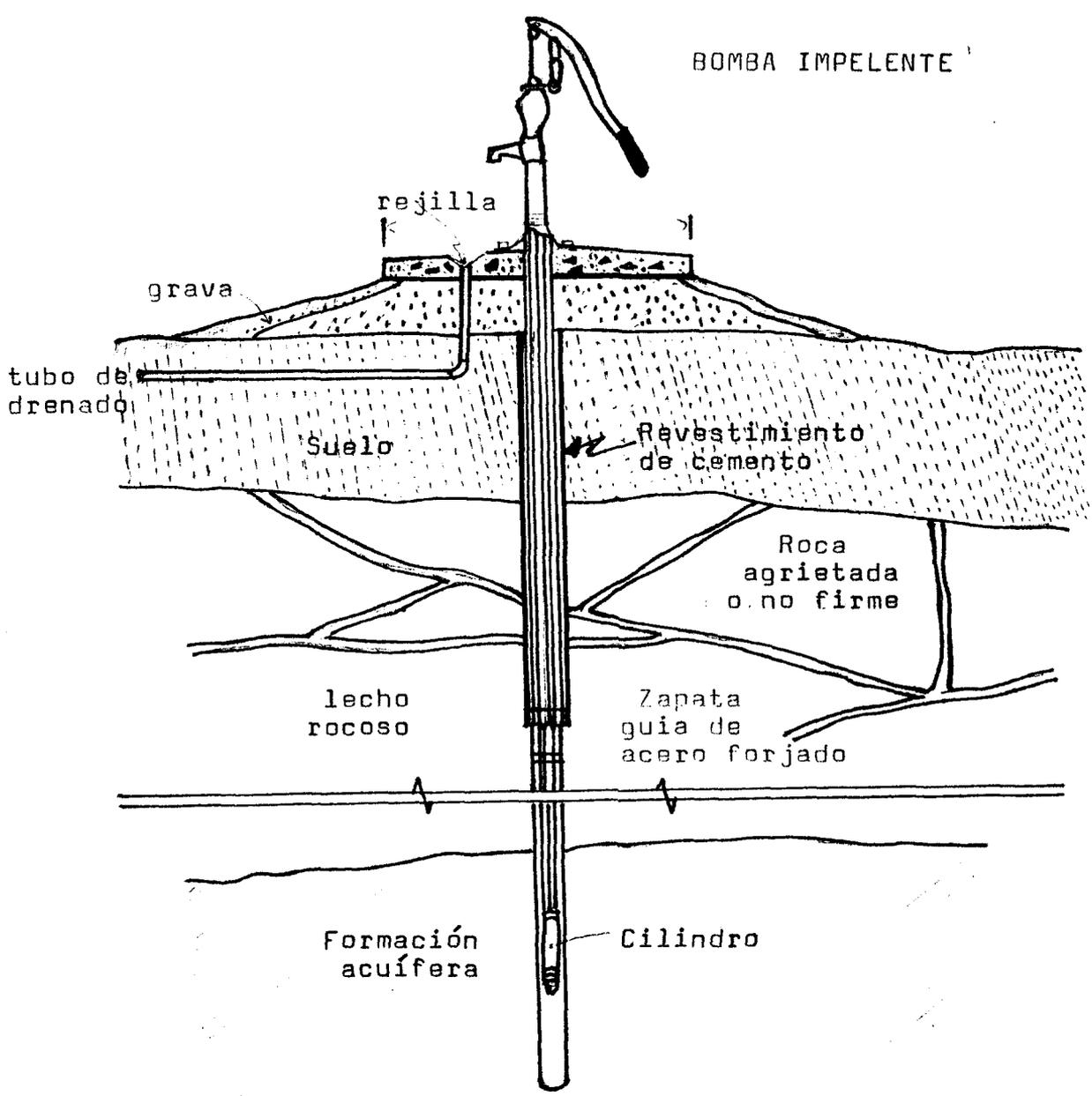
8.11. Establecer un comité interinstitucional para intercambio

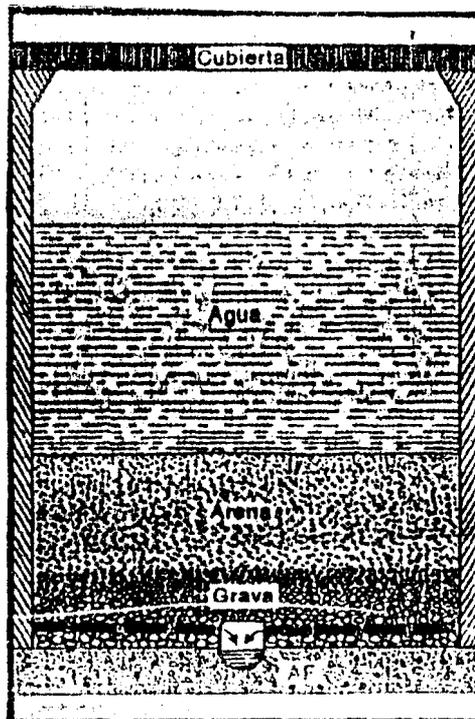
de información, de proyectos, diseños de agua entre los laboratorios de análisis de agua (ANDA, Universidad de El Salvador, Ministerio de Salud Pública, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Laboratorios de Investigación y Saneamiento Ambiental, Unidades Ecológicas, etc.)

8.12. Se hace un llamado a las generaciones de profesionales en el área agronómica, Sanitaria, Química, Médica, - Biológica, etc., para que continúen en la búsqueda de soluciones en el saneamiento y potabilización de las aguas de consumo en el sector Rural.

8.13. Realizar proyectos de letrinización, adecuados y recomendables para el área Rural (fig. 40), así como proyectos seguros para la extracción de agua con pozos clavados (fig. 36), que abastecerían a las comunidades aledañas al Cantón Tecualuya, Con la cooperación de la CEE (Comunidad Económica Europea), FIS - (Fondo de Inversión Social), AID (Agencia Internacional para el Desarrollo), BID (Banco Interamericano de Desarrollo).

Abastecimiento de aguas con pozo clavado





Fuente: RAJAGOPALAN, S. 1974 (52)

Figura 37. Filtro de arena.

Sección transversal de un filtro de arena lento.

Es indispensable la cubierta por algún tipo de contaminación ambiental. AF conducto de agua filtrada.

Los filtros lentos de arena, están hechos de capas de arena fina, arena gruesa, grava y roca. El agua pasa lentamente por el filtro, las bacterias, algas y protozoos son captados en las capas superficiales de arena fina. Estos microorganismos se multiplican y producen una masa gelatinosa, en la que adsorben otros microorganismos y partículas de suspensión.

La eficiencia del filtro disminuye gradualmente, por lo que es necesario cambiar y limpiar la capa superficial.

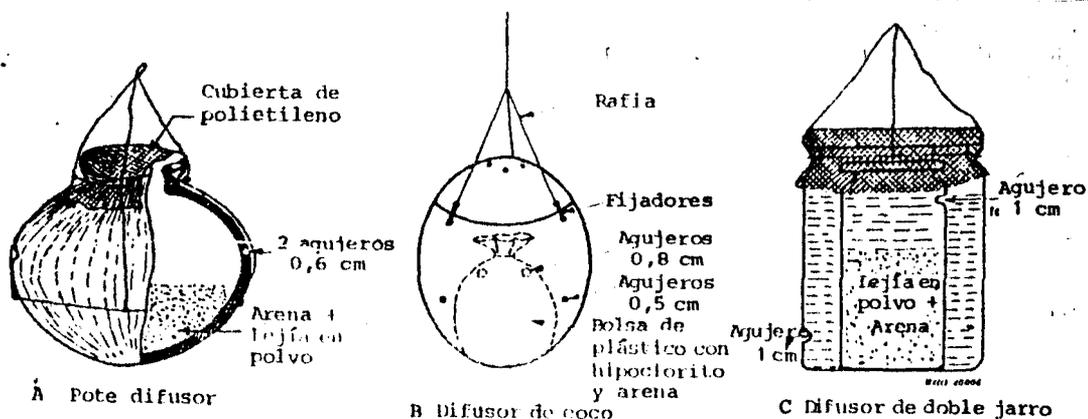


Fig. 38. Aparatos sencillos para clorar (purificar) el agua. Hipocloradores de difusión.

- Difusor de cerámica

Recipiente de barro lleno con una mezcla apropiada y húmeda de lejía en polvo y arena (A) suspendido dentro del pozo a más o menos 1 m por debajo del nivel de aguas bajas, puede ser adecuado para una extracción diaria de 900 a 1300 litros (40 a 60 personas) por un tiempo aproximado de una semana, con niveles de cloro residual del orden de 0.2 - 0.8 mg/l.

El recipiente debe tener una capacidad de 12 a 15 lts. con dos agujeros de 0.6 cms en los lados opuestos y a media altura del bote. Una mezcla húmeda compuesta de 1.5 kg de lejía en polvo y 3 kg de arena gruesa (tamaño 1.4 a 1.6 mm) no debe llenar el bote por encima de los agujeros centrales, la boca debe de estar tapada con una cubierta de polietileno o cualquier otra membrana, el bote debe de ser bajado al pozo y suspendido lejos de los puntos de donde se extrae el agua. La adición de Hexametáfosfato de sodio (75 gms o 5% del polvo -

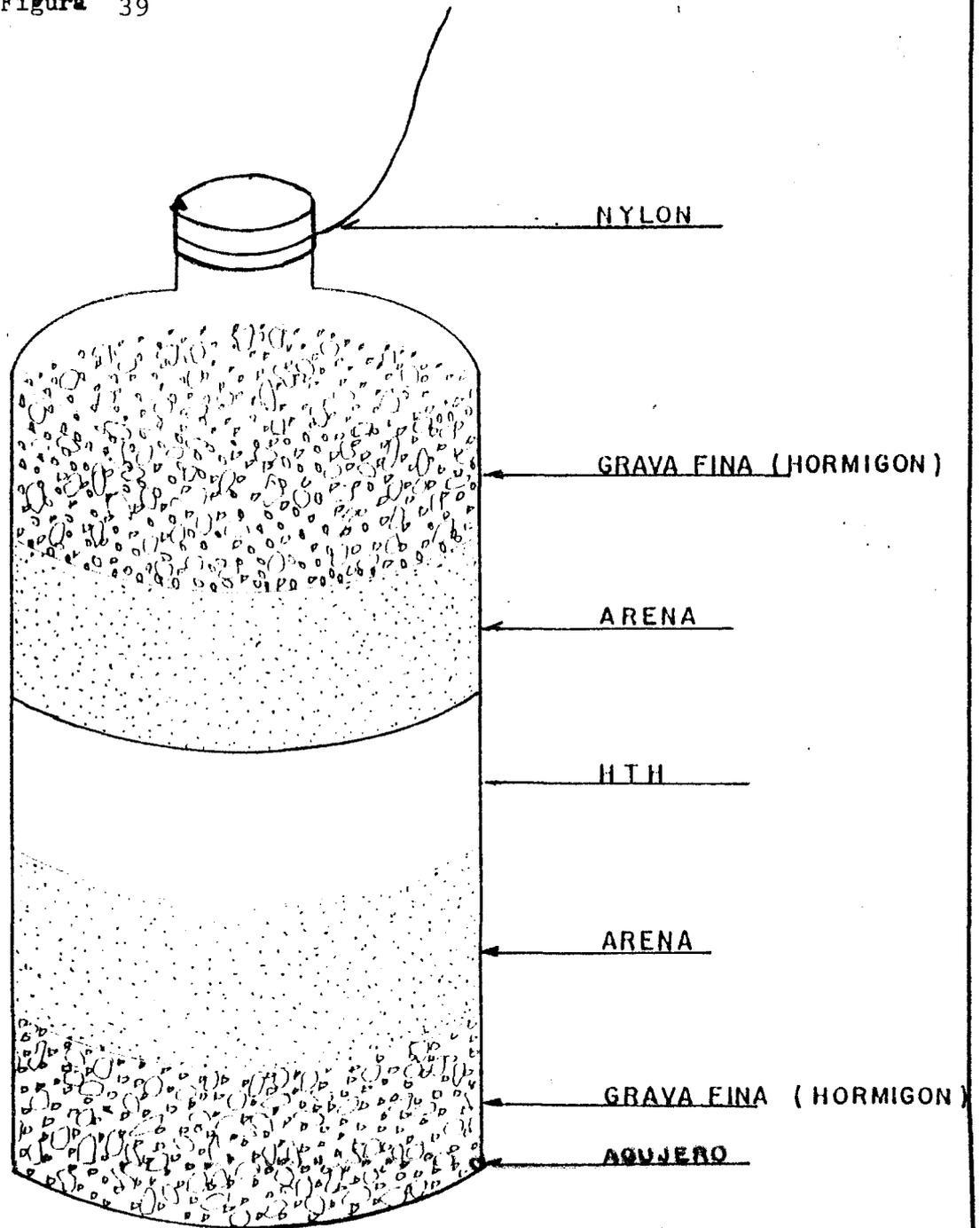
blanqueador, a la mezcla ayuda a mantenerla blanda y a prolongar el período de cloración.

- Difusor de cáscara de coco

En Malasia se usan cáscaras de coco como recipientes del "Clorador contínuo Pahan" (Fig. B), muestra los detalles de este sencillo dispositivo. Se corta en dos partes, una cáscara de coco grande pelada a la que se le raspa el meollo. Dentro de la cáscara se coloca una bolsa plástica que contiene una mezcla de polvo blanqueador (aproximadamente 2 kg) y arena limpia en proporciones iguales (la boca de la bolsa se cierra con una banda plástica) y las dos partes de la cáscara se amarran por medio de bandas elásticas que pasan a través de grampas en tres puntos de la periferia. Se perfora con un alambre candente haciendo tres agujeros (cada uno de 0.5 cm de diámetro), que atraviesen el cuerpo del recipiente, justo por debajo del centro. (C) combinación de A y B.

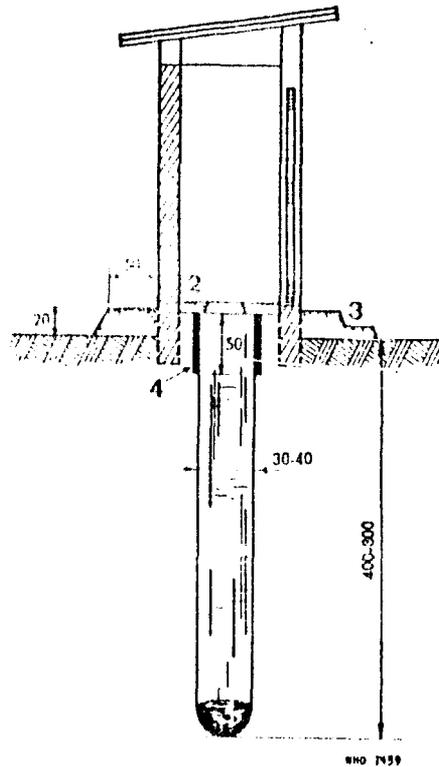
Fuente : RAJAGOPALAN, S. 1974. (52)

Figura 39



DISPERSOR DE CLORO

Fuente : MORAN, A.C., REPETTO, C. 1987. (46)



Las medidas se dan en centímetros

Figura 40. Servicio sanitario recomendable.

- Debe estar emplazado a más de 6 m de distancia de cualquier vivienda.
- Se debe encontrar a más de 30 m de distancia de cualquier abastecimiento de agua (pozos).
- Debe tener tapadera para evitar la contaminación ambiental con olores fétidos.

Fuente : RAJAGOPALAN, S. y SHIFFMAN, H.A. (52).

9. BIBLIOGRAFIA

1. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION AND AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. 1980. Standar Methods for the Examination of water and sewage. 9 ed. New York, Illus. 286 p.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1982. Manual de aguas para usos industriales. Trad. por Hortensia Corona Rodríguez. 3 ed. México, México. Limusa. 457 p.
3. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. 1978. Agua su calidad y tratamiento. Trad. por Jack M. Verrey. 4 ed. México, D.F. UTEHA. 564 p.
4. APHA, AWWA, WPCF. 1971. Métodos estandar para el examen de aguas de desecho. 13 ed. American Public Health Association. Washington, USA. s.n. p. 636-702.
5. BABCOCK, R.H. 1980. Instrumentos y control en el tratamiento de agua potable, industriales y de desecho. 2 ed. México, D.F. Limusa. P. 33-34.
6. BURDON, K.L.; WILLIAMS, R. 1983. Microbiología. Trad. por Antonio Oriol Anguera. 7 ed. México, D.F. Cultura. p. 357-368.
7. BURROWS, W. 1969. Tratado de microbiología. 19 ed. México, D.F. Interamericana. p. 317-480.

8. CARPENTER, P.L. 1979. Microbiología. Trad. por José Rafael Bengio. 4 ed. México, D.F. Interamericana. P. 242-252.
9. CAÑAS DE MORENO, F. 1988. Manual de Química Analítica. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. 103 p.
10. CAÑAS PRIETO, G. 1980. Definición de la calidad del agua de uso agrícola mediante el análisis químico. Manual Técnico 4-80. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria, San Andrés, La Libertad, El Salvador, C.A. 44 P.
11. CATALAN LA FUENTE, J.G. 1969. Química del agua. 1a. ed. Madrid, España. Blume. p. 71-265.
12. CENTRO REGIONAL DE AYUDA TECNICA. 1965. Normas para potabilizar el agua. Publicación No. 956. 1 ed. Servicio de Salud Pública de Estados Unidos. 61 p.
13. _____. 1965. Manual de prácticas recomendables para el saneamiento de agua. Trad. por P.J. Caballero. 4 ed. Boletín No. 296. México, México. Cultura. 55 p.
14. CONGRESO NACIONAL DEL NIÑO. V. San Salvador. 1976. Documentos. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. San Salvador, El Salvador, C.A. s.n. 140 p.
15. CONTRERAS, A.M. 1979. Análisis microbiológico y físico-químico de agua potable en el área de San Salvador. Tesis de grado, Departamento de Biología, Universidad de El Salvador. 73 p.

16. CHAPMAN, D.H.; PRATT, F.P. 1984. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Trad. por Agustín Cantín. 5 ed. México, D.F. Trillas. p. 110-150.
17. CHOPPIN, G.R.; JAFFE, S. et. al. 1976. Química. Trad. - por Xorge A. Domínguez. 13 ed. Publicación Cultural. México, D.F. 595 p.
18. CHRISTIAN, D.G. 1981. Química analítica. 2 ed. México, México. Limusa. p. 646-652.
19. DEBLIN, R. 1978. Fisiología vegetal. Trad. por Xavier Llimona Pages. 3 ed. Barcelona, España. Omega. P. 45-83.
20. DENYS, J.R.; BOURNE, W.C. 1962. Levantamiento general de suelos, Cuadrante 2356 II, Río Jiboa. Nueva San Salva dor, El Salvador. Dirección General de Investigacio- nes Agronómicas. Escala 1:50,000. Color.
21. DUBINCHUCK, V.T.; PLATA-BEDMAR, A.; FROENLICH, K. 1990. Técnicas nucleares para investigar migración de conta_{minantes} en las aguas subterráneas. Trad. por Equipo de Servicio de Traductores e Intérpretes (ESTI), Cuba. No. 4. Organización Internacional de Energía Atómica. OIEA. Viena, Austria. Boletín. Vol. 32. 57 p.
22. EL SALVADOR, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1989. Almanaque Salvadoreño. Centro de Recursos Naturales Servicio de Meteorología e Hidrología. San Salvador, El Salvador, C.A. p. 47.

23. EL SALVADOR, ADMINISTRACION NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y AL-CANTARILLADOS. ANDA. 1981. Boletín Estadístico No. 3 San Salvador, El Salvador, C.A. 77 p.
24. _____. 1982. Boletín Estadístico No. 6. San Salvador, El Salvador. s.n. 78 p.
25. _____. 1983. Boletín Estadístico No. 7. San Salvador El Salvador. s.n. p. 42-46.
26. _____. 1986. Memoria Anual. San Salvador, El Salvador, C.A. s.n. p. 14.
27. _____. 1989. Memoria anual. San Salvador, El Salvador, C.A. 45 p.
28. ESTEVEZ, J.A. 1987. Estudio hidrológico del área Municipio San Luis Talpa, Departamento de La Paz. OPS/OMS. ANDA. San Salvador, El Salvador, C.A. Octubre. 17 P.
29. FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS. 1989. Manual de Microbiología Agrícola. Departamento de Protección Vegetal. Universidad de El Salvador. p. 46-50.
30. FACULTAD DE MEDICINA. 1967. Manual de microbiología médica. Departamento de Microbiología. Universidad de El Salvador. 82 p.
31. FAIR, M.G.; GEYER, C.J. 1989. Abastecimiento de agua y remoción de aguas residuales. 6 ed. Vol. I Ingeniería Sanitaria y de aguas residuales. México, D.F. Limusa. P. 163-295.

32. GARCIA, R.A. 1964. Estudio sanitario del sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de San Salvador, Tesis de grado, Facultad de Ingeniería. Universidad de El Salvador. 86 p.
33. GEBHARDT, L.P. 1972. Microbiología. Trad. por Homero Vela Treviño. 4 ed. México, México. Interamericana. 380 p.
34. GWINN, P.; SWANSON, E.; VAN DOREN, C. 1975. Enciclopedia Barsa. E. Británica. Chicago, USA. Tomo II. p. 141-145.
35. HOUSSAY, A.B.; CALDEYRO-BARCIA, R. et al. 1969. Fisiología humana. 4 ed. Buenos Aires, Argentina. El Ateneo. 670 p.
36. JENKIS, D.; SNOEYINK, L.; FERGUSON, F. et al. 1983. Química del agua. 1 ed. Manual de laboratorio. México, México. Interamericana. 380 p.
37. JAWETZ, E.; ADELBERG, E. 1977. Manual de microbiología Médica. 7 ed. México, D.F. El Manual Moderno. P. 77-236.
38. MARTINEZ, H.G. 1983. Diseño de un sistema de riego por goteo, en pepino, tomate y repollo en el Campo Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas. Tesis de grado, Universidad de El Salvador. 120 p.
39. MARRERO, L. 1981. La tierra y sus recursos. Barcelona, España. Edime. p. 121-234.

40. MARROQUIN AREVALO, H.A. 1984. Primer diagnóstico del -
Campo Experimental y de Prácticas La Providencia, San
Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador, Fa-
cultad de Ciencias Agronómicas. 51 p.
41. McJUNKIN, E.F. 1986. Agua y salud humana. Trad. por
E.C. Quevedo. 3 ed. OPS. México, México. Limusa.
231. p.
42. MERCK, E. 1980. Manual de microbiología. Trad. por An-
tonio Núñez Cachaza. Darmstadt, R.F. Alemania. 3 ed.
Barcelona, España. s.n. 458 p.
43. _____. 1983. El manual Merck de veterinaria. 2 ed.
Rahway, N.J. USA. s.n. 1386 p.
44. MESTRA, R.J.; LLOP, R. et al. 1985. Enciclopedia de la
ciencia y de la técnica. Barcelona, España. s.n.
v. 5. 180 p.
45. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1966. Estudios hi
drológicos. Boletín Técnico No. 5. Dirección General
de Agricultura. Departamento de Recursos Hidráulicos,
El Salvador, C.A. 32 p.
46. MORAN, A.C.; REPETTO, G. 1987. Apuntes sobre la calidad
del agua de uso potable. Ministerio de Salud Pública.
OPS. Cooperación Italiana. San Salvador, El Salvador,
C.A. 58 p.
47. NASON, A. 1969. Biología. México, México. Limusa.
P. 45-383.

48. OCHOA, C.R. 1984. Bases metodológicas para evaluar en El Salvador, vertidos industriales, municipales y sistemas de tratamientos. OEDA. Ministerio de Planificación. San Salvador, El Salvador, C.A. P. 27-54.
49. ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. 1985. Guías para la calidad de agua potable. Recomendaciones. México, México. Limusa. p. 123-465.
50. PELCZAR, M.J.; REID, R.D. 1966. Microbiología. 2 ed. Castilla, España. P. 504-510.
51. PEREZ, E.A. 1988. Parámetros de calidad de agua. Tesis de grado Mag. Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala. 137 p.
52. RAJAGOPALAN, S.; SHIFFMAN, M.A. 1974. Guía de medidas sanitarias simples para el control de enfermedades entéricas. Trad. por Andrés Bello y E. Elmore. OPS. Ginebra, Suiza. 151 p.
53. REVISTA DOMINICAL. 1990. Beba... pero beba agua. La Prensa Gráfica. San Salvador, El Salvador; Nov. 11: P. 3.
54. ROSSIN, C.A. 1985. Diseño simplificado de plantas de tratamiento de agua potable. s/ed. Comité Nacional de Instituciones de agua potable y saneamiento. ANDA OPS. San Salvador, El Salvador, C.A. 33 p.

55. SALVAT, M. 1975. La contaminación. Barcelona, España. Estella de Navarra. T.I. 144 p.
56. SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1965. Suelos salinos y sódicos. Trad. por Sánchez Durán N. 4 ed. México, D.F. Cultura. 172 p.
57. SEGURA, V.M. 1980. Definición de la calidad del agua de uso agrícola, mediante el análisis químico. Manual Técnico 4-80. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Andrés, La Libertad, El Salvador, C.A. 44 p.
58. SORTO, J.M. 1986. Diagnóstico sobre control de la calidad del agua potable suministrada en las áreas urbanas y rural y de los vertidos. Proyecto suministro de agua potable y saneamiento a poblaciones afectadas. OPS. San Salvador, El Salvador. 80 p.
59. STANDAR METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTE WATER. 1975. American Public Health Association. 14 ed. Washington, D.C. p. 89-98.
60. STEEL, W.E.; MCGHEE, T. 1981. Abastecimiento de agua y alcantarillado. 5 ed. Barcelona, España. Gustavo Gilli. p. 197-206.
61. TODD, D.K. 1970. The water encyclopedia. 6 ed. Water Information Center. Manhasset isle port. New York. USA. 559 P.
62. TOLMAN, C.F. 1972. Ground Water. 4 ed. New York, Mc Graw-Hill. P. 358-415.

63. VIUDAS, A.M. 1976. Aguas subterráneas, prospección y -
alumbramiento para riego. 4 ed. Ministerio de Agricul
tura, Madrid, España. 374 p.
64. VOGT, G. 1965. El hombre y la tierra. 3 ed. Departamen
to editorial, Ministerio de Educación, San Salvador,
El Salvador, C.A. 122 p.

10. A N E X O S

Cuadro A-1. Medición de estructura de pozos. (Diámetros, profundidades y niveles de agua).

Muestra No.	Propietario o lugar	Fecha	Diámetro 1 m	Diámetro 2 m	Diferencia
1	Rafael Amadeo Grande	18/3/90	0.82	1.13	0.31
2	Teófila Deras	18/3/90	0.88	1.19	0.31
3	Víctor Deras Ramos	18/3/90	0.98	1.30	0.32
4	Teófilo Escobar Flores	18/3/90	0.90	1.14	0.24
5	Cruz García	18/3/90	0.84	1.13	0.29
6	María Versabé Vásquez	18/3/90	0.57	0.88	0.31
7	Juan Campos Olano	18/3/90	0.76	0.90	0.14
8	Juana Hernández	18/3/90	0.57	0.90	0.33
9	Alberto H. Torres Polanco	18/3/90	1.00	1.14	0.14
10	Perfecto López	18/3/90	1.03	1.18	0.15
11	Gumersindo León González	18/3/90	0.96	1.10	0.14
12	Francisco Soriano	18/3/90	1.15	1.25	0.10
13	Juana López Vda. de Hernández	18/3/90	0.95	1.10	0.15
14	Efraín Velásquez	18/3/90	0.85	0.94	0.09
15	Carlos Peñate	18/3/90	1.40	1.70	0.30
16	Eduardo Flores Vides	18/3/90	1.44	1.50	0.06
17	José Guillermo Gálvez	18/3/90	0.80	0.89	0.09
18	María Elena Parada González	1/4/90	0.92	1.05	0.13
19	Salvador Cardona	1/4/90	1.09	1.34	0.25
20	Jesús Escobar (Ext.)	1/4/90	1.15	1.25	0.10

Continuación Cuadro A-1.

Muestra No.	Propietario o lugar	Fecha	Diámetro 1 m	Diámetro 2 m	Di
21	Jesús Escobar (Int.)	1/4/90	0.96	1.12	0.
22	Miguel Martínez (Ext.)	1/4/90	0.98	1.10	0.
23	Miguel Martínez (Int.)	1/4/90	0.97	1.12	0.
24	Teófilo Escobar	1/4/90	0.80	1.03	0.
25	Rafaela Marroquín	1/4/90	0.80	1.05	0.
26	Manuel de Jesús Marinero	1/4/90	1.16	1.31	0.
27	CAEX Poxo L-Bomba	1/4/90	1.22	1.44	0.
28	CAEX Pozo L-Casco	1/4/90	1.20	1.43	0.
29	Río Comalapa	1/4/90	*	-	-
30	Río Cacapa (Aguacula)	1/4/90	*	-	-
31	Agua potable CAEX	1/4/90	*	-	-
32	Agua potable, San Luis	1/4/90	*	-	-

L : Lote

CAEX : Campo Experimental y de Prácticas, Facultad de Ciencias Agronómicas, UES.

* : Gira de observación.

FICHA DE RECEPCION AGUA POTABLE		REFERENCIA: _____	
NOMBRE Y DIRECCION DEL SOLICITANTE: _____			
DATOS RELATIVOS A LA TOMA Y RECEPCION DE MUESTRAS			
CODIGO: _____	TOMADA POR: _____		
NOMBRE: _____	FECHA: _____		
DIRECCION: _____	HORA: _____		
	RECIBIDA POR: _____		
LUGAR: _____	FECHA: _____		
ZONA: _____	HORA: _____		
T. AMBIENTE °C: _____	AGUA PARA:	AGUA CRUDA ()	
T. DEL AGUA °C: _____	ANALISIS FISICOQUIMICO ()	AGUA TRATADA ()	
CORO RES. (mg/l): _____	ANALISIS BACTERIOLOGICO ()		
CLASIFICACION DEL AGUA			
POZO ()	LAGO ()	TANQUE ()	RED ()
RIO ()	NACIMIENTO ()	CISTERNA ()	OTRO (ESPECIFIQUE)
OBSERVACIONES: _____			

FICHA DE RECEPCION AGUA POTABLE		REFERENCIA: _____	
NOMBRE Y DIRECCION DEL SOLICITANTE: _____			
DATOS RELATIVOS A LA TOMA Y RECEPCION DE MUESTRAS			
CODIGO: _____	TOMADA POR: _____		
NOMBRE: _____	FECHA: _____		
DIRECCION: _____	HORA: _____		
	RECIBIDA POR: _____		
LUGAR: _____	FECHA: _____		
ZONA: _____	HORA: _____		
T. AMBIENTE °C: _____	AGUA PARA:	AGUA CRUDA ()	
T. DEL AGUA °C: _____	ANALISIS FISICOQUIMICO ()	AGUA TRATADA ()	
CORO RES. (mg/l): _____	ANALISIS BACTERIOLOGICO ()		
CLASIFICACION DEL AGUA			
POZO ()	LAGO ()	TANQUE ()	RED ()
RIO ()	NACIMIENTO ()	CISTERNA ()	OTRO (ESPECIFIQUE)
OBSERVACIONES: _____			

**CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICA DEL AGUA
RESULTADOS ANALITICOS**

CODIGO _____

REF. _____

NOMBRE Y DIRECCION DEL SOLICITANTE : _____

LUGAR Y DIRECCION DE LA TOMA DE MUESTRA : _____

CLASIFICACION : POZO _____ RIO _____ LAGO _____ NACIMIENTO _____ RED _____
TANQUE _____ CISTERNA _____ OTRO _____

FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA : _____

FECHA Y HORA DE RECEPCION : _____

FECHA DE ANALISIS : _____

CARACTERISTICAS FISICAS Y SUSTANCIAS QUIMICAS					
DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD	DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD
PH			ALCALINIDAD TOTAL (Ca Co ₃)		Mg/L
OLOR			DUREZA TOTAL (Ca Co ₃)		Mg/L
COLOR VERDADERO			BIOXIDO DE CARBONO		Mg/L
COLOR APARENTE			CONDUCTIVIDAD 25°		
TEMPERATURA		°C	CLORO RESIDUAL		Mg/L
TURBIEDAD		UNT	INDICE LANGELIER		
SOLIDOS TOTALES		Mg/L	ALCALINIDAD DE BICAR- BONATO DE SODIO O		Mg/L
SOLIDOS TOTALES DISUELTOS		Mg/l	POTASIO		Mg/L
			DUREZA CARBONATICA		Mg/L
			DUREZA NO CARBONATICA		Mg/L
DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD	DETERMINACION	RESULTADO	UNIDAD
CALCIO		Mg/L	CARBONATOS		Mg/L
MAGNESIO		Mg/L	BICARBONATO		Mg/L
SODIO		Mg/L	HIDROXIDOS		Mg/L
POTASIO		Mg/L	CLORUROS		Mg/L
HIERRO TOTAL		Mg/L	SULFATOS		Mg/L
HIERRO DISUELTO		Mg/L	NITRATOS (NO ₃)		Mg/L
MANGANESO TOTAL		Mg/L	SILICE (SiO ₂)		Mg/L
MANGANESO DISUELTO		Mg/L	FLORUROS		Mg/L
ARSENICO		Mg/L			Mg/L
BORO					
* Menor que 0.2 ppm					
** Menor que 0.05 ppm					

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS _____

ANEXO - 4

PHENOL RED LACTOSE BROTH

- Finalidad de empleo

Medio de cultivo libre de sustancias inhibitoras, para pruebas previas de orientación sobre la presencia de bacterias coliformes, así como para la demostración de la degradación de la lactosa por microorganismos.

La formulación y utilización del caldo-lactosado corresponde a las recomendaciones de la American Public Health Association (1965-1967) (42); para la investigación de productos lácteos y agua.

- Modo de actuar

La fermentación del caldo lactosado se comprueba por la formación de gas obtenido; el gas liberado se recoge en forma de burbujas en tubitos de Durham.

<u>Composición</u>	<u>g/litro</u>
Extracto de carne	5.0
Peptona de gelatina	5.0
Lactosa	5.0
Rojo fenólico	3.0
Fosfato dipotásico	2.0
Dextrosa	1.0

Valor del pH del medio de cultivo listo para el uso 35 °C:
6.9 ± 0.1.

- Empleo

Para la comprobación de la esterilidad del medio de cultivo se recomienda la incubación del medio a 35 °C durante 24 - horas, previamente a su siembra. A continuación se toman muestras de 0.1 y 1.0 ml del fluido objeto de investigación (inóculo) y se mezclan con determinadas cantidades de caldo lactosa-do. Para alcanzar una concentración final constante en la composición del medio de cultivo (21 g/l).

- Interpretación

Se investiga en los tubitos de Durham la formación de gas.

Fuente : MERCK, E. 1980 (42)

ANEXO 5

MEDIO AGAR MacCONKEY

- Finalidad de empleo

Agar selectivo para aislamiento de Salmonellas, Shigellas y bacterias coliformes, a partir de heces, orina, alimentos, aguas residuales, etc., constituye un mejoramiento descrito por Maconkey (1905).

- Modo de actuar

Las sales biliares y el violeta cristal inhiben notablemente la flora Gram positiva. La lactosa en combinación con el indicador de pH rojo neutro, sirve para demostración de la degradación de lactosa.

<u>Composición</u>	<u>g/litro</u>
Peptona de caseína	17.0
Peptona de carne	3.0
Lactosa	10.0
Mezcla de sales biliares	1.5
Cloruro sódico	5.0
Rojo neutro	0.03
Violeta cristal	0.001
Agar-agar	13.5

Valor del pH del medio de cultivo listo para el uso a 37°C:
7.1 ± 0.1

- Interpretacion

Las colonias lactosa-negativas son incoloras; las lactosa positivas son rojo-violeta con halo turbio, debido a la -
disminución del valor del pH de los ácidos biliares precipitados.

Fuente : MERCK, E. 1980 (42)

ANEXO 6

Reactivo de Indol según ERLICH

- Finalidad de empleo

Solución reactiva, según Erlich; para la demostración del Indol formado microbiológicamente, para la identificación de microorganismos indol-positivos.

Para esta prueba se usa como substrato, el caldo phenol red lactosa broth.

- Modo de actuar

Muchos microorganismos pueden escindir triptófano, que está presente en abundancia especialmente en la peptona degradada tripticamente, dando ácido pirúvico, amoníaco e indol.

- Resultados

Para detectar la producción de indol, se agrega 1 ml de éter al cultivo. Se agita bien y se deja reposar unos minutos hasta que el solvente suba a la superficie.

Se agrega suavemente 0,5 ml de reactivo de Erlich haciéndole correr por las paredes del tubo para que se forme un anillo entre el medio y el solvente.

Dejar en reposo.

Formación de un anillo rojo cereza: Prueba positiva.

Composición

Paradimetilaminobenzaldehído	2 gms
Alcohol etílico 95%	190 ml
Acido clorhídrico (puro)	40 ml

- Interpretación de la reacción

Se lleva a cabo una hidrólisis de proteínas, el triptófa no es un polipéptido, las enzimas (proteasas) lo desdoblan a Indol, el éter se emplea para extraer el indol.

Fuente : MERCK, E. 1980 (42)

ANEXO - 7

CALDO MR - VP

CALDO ROJO DE METILO

- Finalidad de empleo

Medio de cultivo líquido para la realización de la prueba de rojo de metilo y de la reacción de Voges-Proskauer, particularmente para la diferenciación dentro del grupo coliaerógenes. El ensayo según Voges y Proskauer (1898) ha sido reiteradamente modificado (42).

- Modo de actuar

a) Algunas bacterias fermentan la glucosa bajo formación exclusiva de ácido, por lo que el valor de pH del medio desciende por debajo de 4.4; otros transforman el ácido formado, o su fase previa, de nuevo hacia la neutralidad por lo que el valor de pH del medio disminuye menos intensamente. Esta diferencia en el comportamiento fermentativo puede hacerse visible mediante el rojo de metilo, el cual presenta un color amarillo por encima de pH 5.1 y sólo toma color rojo por debajo de pH 4.4.

b) Numerosos organismos forman acetoina (acetilmetilcarbinol), 2,3 butanodiol o diacetilo, a partir de glucosa. En el medio muy alcalino de estas soluciones, la acetoina y el 2,3 butanodiol se oxidan a diacetilo, el cual produce a su vez con los reactivos guanidina, contenida en la queratina; iones cobre, naftol y otros compuestos de color rojo (= reacción positiva de Voges-Proskauer).

Por menores e investigaciones comparativas sobre las diversas modificaciones del ensayo MR-VP, se encuentran en Eddy (1961).

<u>Composición</u>	<u>g/litro</u>
Peptona especial	7.0
D(+) glucosa	5.0
Hidrogenofosfato dipotásico	5.0

- Empleo

Con el germen a investigar, que debe encontrarse en forma de cultivo puro, se siembra caldo MR-VP y se incuba a 37 °C.

- Prueba de rojo de metilo :

Al cabo de 1 a 4 días de incubación se añaden por tubo - unas 5 gotas de solución indicadora de rojo de metilo.

<u>Reacción de color</u>	<u>Microorganismos</u>
- De anaranjado a rojo	<u>Escherichia coli</u> , <u>Citrobacter</u> y otros.
- De anaranjado a amarillo	<u>Enterobacter aerogenes</u> , <u>Enterobacter cloacae</u> y otros.

- Reacción de Voges-Proskauer

Reactivos utilizados :	(Se emplea el mismo medio que para rojo de metilo)
Solución A :	
Alfa-naftol	5 grs.
Alcohol etílico absoluto	100 ml
Solución B :	
Hidróxido de potasio	40 grs
Agua destilada	100 ml

- Resultados

Se agregó al cultivo 10 a 12 gotas de alfa-naftol al 5% y 4 gotas de KOH al 40%.

Se dejó en reposo durante 5 a 10 minutos.

Aparecimiento de un color anaranjado rojizo: prueba positiva.

No cambió de color : Prueba negativa.

La reacción produce : Acetil-metil-carbinol

Reacción de color	Microorganismos
- Rojo (positiva)	<u>Enterobacter aerogenes</u> , <u>Enterobacter cloacae</u> y otros.
- Sin cambio (negativa)	<u>Escherichia coli</u> , <u>Citrobacter</u> y otros.

Fuente : MERCK, E. 1980. (42)

Medio: AGAR CITRATO según SIMMONS

- Finalidad de empleo

Medio de cultivo sintético para diferenciar colibacterias y bacterias de los grupos Enterobacter y citrobacter; pueden ser diferenciadas S. typhy, S. paratyphi y Shigellas con respecto a S. schmitmuelleri, S. enteritidis y S. typhimurium; estas bacterias utilizan el citrato.

Este medio de cultivo también fue recomendado para aislamiento e identificación de ciertos hongos (Simmons 1926).

Frente al caldo-citrato según Kossler, este medio de cultivo sólido tiene la ventaja de que la turbidez utilizada como criterio de la multiplicación de gérmenes no puede ser simulada por el material de investigación no disuelto.

- Modo de actuar

La degradación de Citrato produce una alcalinización del medio, que se reconoce por un viraje de color a azul oscuro del indicador de pH azul de Bromotimol.

<u>Composición</u>	<u>g/litro</u>
Amonio dihidrogenofosfato	1.0
Hidrogenofosfato dipotásico	1.0
Cloruro sódico	5.0
Citrato sódico	2.0
Sulfato magnésico	0.2
Azul de bromotimol	0.08
agar-agar	12.0

- Interpretación

Cultivo	Microorganismos
Crecimiento y color azul oscuro	Citrato positivo: ej. <u>Citrobacter</u> , <u>Enterobacter</u> , <u>S. schottmuelleri</u> , <u>S. enteritidis</u> , <u>S. typhimurium</u> , <u>Arizona</u> , <u>Klebsiella</u> , <u>Serratia</u> .
Sin crecimiento o crecimiento <u>in</u> <u>hibido</u> .	Citrato-negativos: ej. <u>Escherichia</u> , <u>Shigella</u> , <u>S. typhi</u> , <u>S. paratyphi</u>

Fuente : MERCK, E. 1980. (42)

CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE POR P ATENDIDAS POR ANPA, AÑO 1989



FQ (Físico Químico)



B (Bacteriológico)

○ Cloración

Nº DE MUESTRAS

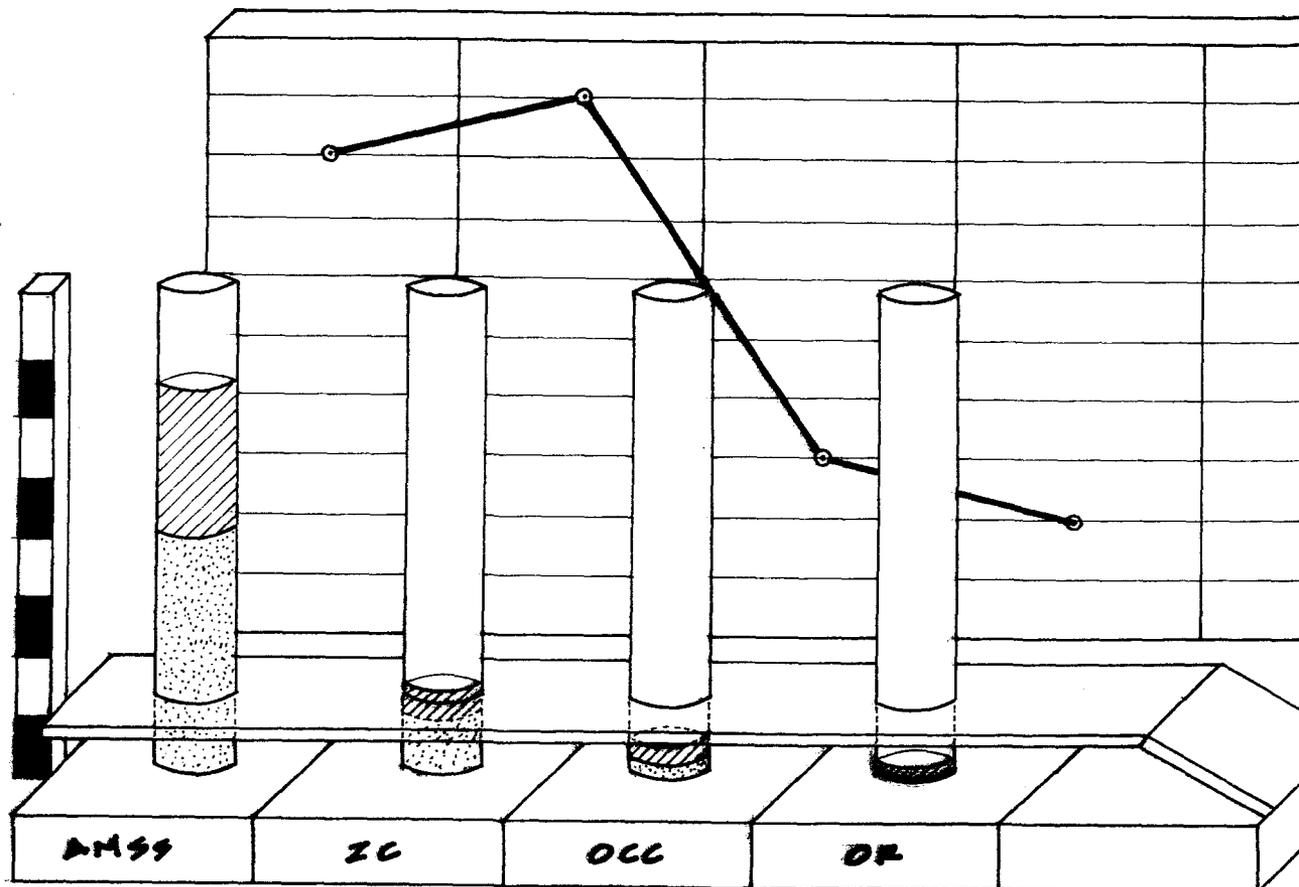
800

600

400

200

0



ANEXO 10

Municipios atendidos por ANDA con servicio de Acueducto y Alcantarillado a 1983 (25).

N°	MUNICIPIO	N°de servicios		Población servida	
		Acueduc.	Alcantar.	Acueduct.	Alcantar.
1	Zacatecoluca	2028	1605	14196	11235
2	Stgo. Nonualco	484	235	3388	1645
3	Sn. Juan Nonualco	334	146	2338	1022
4	Sn. Pedro Nonualco	270	95	1890	665
5	Olocuilta	302	72	2114	504
6	Sn. Pedro Masahuat	301	-	2107	-
7	Sn. Juan Talpa	147	34	2029	238
8	El Rosario	254	157	1778	1099
9	Sta. María Ostuma	88	-	616	-
10	Sn. Miguel Tepezontes	74	-	518	-
11	Sn. Rafael Obrajuelo	213	-	1491	-
12	Tapalhuaca	2	-	14	-
13	Sn. Luis Talpa	104	-	728	-
14	Sn. Antonio Masahuat	89	-	623	-
15	Mercedes La Ceiba	21	-	147	-
16	Jerusalem	25	-	175	-
17	Sn. Juan Tepezontes	2	-	14	-
18	Sn. Edmigio	15	-	105	-
19	Paraiso de Osorio	56	-	392	-
T O T A L		4809	2344	33663	16408

Fuente: Unidad Estadística, División Planificación (25).

ANALISIS DE AGUA POR ZONAS DE OPERACION
AÑO 1986

Z O N A S	ANALISIS EFECTUADOS						Muestras para Clorac.	
	Físico-Quím.	%	Bacteriológico	%	Total	%	No.	%
METROPOLITANA								
- Alta	48	5.3	85	11.0	133	7.9	71	9
- Media	152	16.9	211	27.2	363	21.7	340	43.
- Baja	393	43.6	180	23.2	573	34.2	181	23.
P. y ZONA NORTE	123	13.6	110	14.2	233	13.9	30	3.
ST. Z. METROPOLITANA	716	79.4	586	75.6	1302	77.7	622	79.
ZONA CENTRAL	124	13.8	141	18.2	265	15.8	127	16.
ZONA OCCIDENTAL	45	5.0	45	5.8	90	5.4	35	4.
ZONA ORIENTAL	16	1.8	3	0.4	19	1.1	-	-
T O T A L	901	100	775	100	1676	100	784	100

Fuente : División de Operaciones, ANDA (26).

11. GLOSARIO

- AGAR : (agar-agar) :
Un polisacárido que se extrae de algas marinas y se utiliza para solidificar medios de cultivo.

- AEROBIO :
Microorganismo que necesita oxígeno atmosférico libre para respirar.

- CALDO :
Medio de cultivo fluido, libre de agar, que contiene productos cárnicos o protéicos (peptona, extracto).

- CIANOSIS :
Coloración azul de la piel debido a la excesiva concentración de cantidades reducidas de hemoglobina en la sangre.

- COLIFORME :
Un organismo parecido a E. coli o ella misma.

- COLITIS :
La inflamación del colon.

- COLON :
La parte del intestino grueso que va desde el ciego hasta el recto.

- CONTAGIOSO :
Capaz de transmitir de una persona a otra.

- DESINFECTAR :
Aniquilar o desactivar a organismos patógenos.

- DESINFESTAR :
Aniquilar o remover insectos roedores u otros animales - que pueden transmitir enfermedades presentes en las personas, en las ropas o en el ambiente.

- DEYECCION :
Evacuación de los excrementos (vómitos frecuentes, cólera : deyección frecuente).

- DIARREA : :
Evacuación anormalmente frecuente de deposiciones acuosas.

- DISENTERIA
Desorden intestinal caracterizado por la inflamación, especialmente del colon, con dolor abdominal, tenesmo y deposiciones frecuentes con sangre y mucosa.

- ENDEMIAS :
Enfermedad que reina habitualmente en un país o comarca.

- ENDEMICAS :
Cualquier enfermedad humana que se mantiene a un nivel - aproximadamente constante en una comunidad durante varios años.

- ENFERMEDAD :
Alteración en la salud; proceso mórbido definido frecuentemente con síntomas característicos (sinónimo: Achaque, mal, padecimiento, dolencia, etc.).

- ENTERICAS :
Pertenece al intestino delgado.

- ENTERITIS :
Inflamación del intestino.

- EPIDEMICA :
Cualquier enfermedad del * * * e en la que el

número de casos supera el nivel normalmente esperado; aparición brusca y dispersa de gran número de casos de una enfermedad infecciosa en una población o un área geográfica. Las malas condiciones higiénicas favorecen el desarrollo de epidemias. (Difiere la epidemia de la endemia: en que la primera depende de causas accidentales, mientras que la segunda depende de circunstancias constantes o periódicas).

- ESTERIL :
Libre de todo organismo vivo.

- ESTERILIZACION :
Destrucción o supresión de todos los organismos vivos.

- FECAL :
Adjetivo de heces.

- FENOL :
Desinfectante químico que mata un germen o microorganismos.

- FERMENTACION :
Descomposición anaerobia de una sustancia orgánica por un sistema enzimático en el cual, el aceptar final de hidrógeno es un compuesto orgánico.

- FITOPLANCTON :
Algas libremente flotantes.

- GASTRICO :
Pertenece al estómago.

- GASTROENTERITIS :
Inflamación del estómago y los intestinos.

- HECES :
Excremento descargado por los intestinos a través del recto.

- INFECCION :
La entrada y multiplicación (o desarrollo) de una agente infeccioso en el cuerpo; puede ser una infección con enfermedad manifiesta o una infección inaparente.

- ISOTOPO :
Átomos del mismo elemento que tienen las mismas propiedades químicas pero diferente número de masa.

- MEDIO DE CULTIVO :
Una solución o sustrato utilizado para cultivar microorganismos.

- MICROORGANISMO :
Un organismo tan pequeño que no puede verse directamente a simple vista; un organismo microscópico; los microorganismos incluyen bacterias, virus, protozoarios, hongos y algas unicelulares.

- PARASITO :
Una planta o animal que vive a expensas de otro, dentro, sobre o encima de otro organismo viviente del cual saca ventaja.

- PATOGENO :
Un organismo o una sustancia capaces de causar enfermedad.

- PERIODO DE INCUBACION :

El intervalo de tiempo entre la exposición a un agente infeccioso y el primer signo o síntoma de la enfermedad en cuestión.

- POLUCION :

Presencia en el agua de cualquier sustancia extraña (orgánica, inorgánica, radiológica o biológica) que tiende a deteriorar la calidad del agua, para que -- llegue a constituir un riesgo o bien degradar su utilización.

- TOXINA :

Un veneno producido por ciertos organismos patógenos

- TRANSMISION :

Cualquier mecanismo por el cual el huésped humano susceptible se ve expuesto a un agente infeccioso.