

REPUBLICA DE CHILE



XI CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA
QUITO - ECUADOR - 1968

YODACION DE AGUA POTABLE
EXPERIENCIA CHILENA

FRANCISCO UNDA OPAZO
INGENIERO CIVIL
MASTER OF ENGINEERING. UNIVERSITY OF CALIFORNIA
PROFESOR TITULAR CÁTEDRA DE INGENIERÍA SANITARIA
ESCUELA DE SALUBRIDAD. UNIVERSIDAD DE CHILE
PROFESOR INGENIERÍA SANITARIA ESCUELA DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
INGENIERO JEFE SECCIÓN HIGIENE AMBIENTAL
SERVICIO NACIONAL DE SALUD

RAUL MERINO BESOAIN
INGENIERO CIVIL QUÍMICO
ESCUELA DE SALUBRIDAD . UNIVERSIDAD DE CHILE
SECCIÓN HIGIENE AMBIENTAL . SERVICIO NACIONAL DE SALUD

JOAQUIN ZUÑIGA CAVIERES
QUÍMICO FARMACEUTICO.
JEFE SECCIÓN CONTROL SANITARIO
DIRECCIÓN DE OBRAS SANITARIAS

ALBERTO YELPI PULGAR
QUÍMICO FARMACÉUTICO
QUÍMICO SANITARIO
DIRECCIÓN DE OBRAS SANITARIAS

ADA GONZALEZ SAENZ
QUÍMICO
ESCUELA DE SALUBRIDAD
UNIVERSIDAD DE CHILE

SERGIO FUENTES PALMA . INGENIERO INDUSTRIAL . INSTITUTO BACTERIOLÓGICO . SERVICIO NACIONAL DE SALUD

ESCUELA DE SALUBRIDAD . FACULTAD DE MEDICINA . UNIVERSIDAD DE CHILE
HIGIENE AMBIENTAL . SERVICIO NACIONAL DE SALUD
OBRAS SANITARIAS . MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS.

PROLOGO

LA DESINFECCIÓN DEL AGUA, COMO COMPLEMENTO INDISPENSABLE DE LOS PROCESOS DE POTABILIZACIÓN, ES UNA PRÁCTICA MUNDIALMENTE ACEPTADA Y SE HA CONSTITUIDO EN UNA EXIGENCIA REGLAMENTARIA QUE LA AUTORIDAD COMPETENTE SE ENCARGA DE HACER CUMPLIR. EL ELEMENTO MÁS AMPLIAMENTE USADO EN LA DESINFECCIÓN DEL AGUA POTABLE ES EL CLORO, EL QUE SE EMPLEA EN SU ESTADO GASEOSO O COMO SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO, DEPENDIENDO EL USO DE UNA U OTRA FORMA, DEL CAUDAL DE LAS AGUAS POR TRATAR.

EN NUESTRO PAÍS, SE HAN PRESENTADO EN ESTOS ÚLTIMOS TIEMPOS, ALGUNAS DIFICULTADES EN EL SUMINISTRO DE CLORO, LO QUE UNIDO A PEQUEÑOS INCONVENIENTES DE ORDEN PRÁCTICO EN SU DOSIFICACIÓN PRECISA Y PERMANENTE EN LOS ABASTECIMIENTOS PARA POBLACIONES PEQUEÑAS Y MEDIANAS, HAN IMPULSADO LA PROGRAMACIÓN EN EL CARÁCTER DE EXPERIMENTAL, DE LA DESINFECCIÓN MEDIANTE YODO, DE UN SERVICIO DE AGUA POTABLE QUE ABASTECE A UNA POBLACIÓN CERCANA A LOS 6.000 HABITANTES, UBICADO AL ORIENTE DE SANTIAGO. LAS EXPERIENCIAS FUERON REALIZADAS POR UN COMITÉ EJECUTIVO EN EL QUE PARTICIPARON PROFESIONALES DEL SERVICIO NACIONAL DE SALUD Y DIRECCIÓN DE OBRAS SANITARIAS, BAJO LA DIRECCIÓN Y PARTICIPACIÓN DIRECTA DE LA CÁTEDRA DE INGENIERÍA SANITARIA DE LA ESCUELA DE SALUBRIDAD LA QUE, AL CONTAR CON LA ANUENCIA DE LA DIRECCIÓN DE OBRAS SANITARIAS, SOLICITÓ LA CORRESPONDIENTE AUTORIZACIÓN DEL SERVICIO NACIONAL DE SALUD, CON EL FIN DE LLEVAR A LA PRÁCTICA UNA INVESTIGACIÓN, PARA CUYO DESARROLLO, EXISTÍAN SUFICIENTES ANTECEDENTES DERIVADOS DE EXPERIENCIAS NORTEAMERICANAS Y CHILENAS, EFECTUADAS CON ANTERIORIDAD.

EL HECHO DE QUE CHILE SEA UNO DE LOS PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE YODO EN EL MUNDO Y QUE PRESENTE UNA ALTA PREVALENCIA DEL BOCIO SIMPLE, CONSTITUYEN CIRCUNSTANCIAS FAVORABLES PARA IMPULSAR EL USO DEL YODO COMO AGENTE DESINFECTANTE EN LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POTABLE.

EN EL PRESENTE TRABAJO, SÓLO SE ANALIZA LO QUE DICE RELACIÓN CON LA DESINFECCIÓN MISMA, QUEDANDO PARA UNA SEGUNDA ETAPA EL ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL CONSUMO DE AGUA YODADA EN LA INCIDENCIA DEL BOCIO EN COMUNIDADES DE ÁREAS BOCÍGENAS.

AGRADECIMIENTOS.

LA COMISIÓN DE YODACIÓN TIENE EL AGRADO DE EXPRESAR SUS AGRADECIMIENTOS A LAS SIGUIENTES PERSONAS POR SU VALIOSA COLABORACIÓN EN EL DESARROLLO DE LAS EXPERIENCIAS Y PREPARACIÓN DE LA INFORMACIÓN :

DRA. ERICA TAUCHER. DEPARTAMENTO DE BIOESTADÍSTICA. FACULTAD DE MEDICINA. UNIVERSIDAD DE CHILE.

PROF. EDUARDO DUSSERT. INSTITUTO BACTERIOLÓGICO.

ING. J. BASALTO. OFICINA DE SANEAMIENTO RURAL.

SR. H. BIGGS. CORPORACIÓN DE VENTAS DE SALITRE Y YODO DE CHILE.

SR. F. CANESSA. CORPORACIÓN DE VENTAS DE SALITRE Y YODO DE CHILE.

SR. F. P. IRIBERRY. CORPORACIÓN DE VENTAS DE SALITRE Y YODO DE CHILE.

ING. C. GAYÁN. CORPORACIÓN DE VENTAS DE SALITRE Y YODO DE CHILE.

SR. C. MERINO V. LABORATORIO DE BACTERIOLOGÍA. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS.

SR. J. CARRILLO. V ZONA DE SALUD. SERVICIO NACIONAL DE SALUD.

SR. C. GARCÍA C. SERVICIO SANTIAGO ORIENTE. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS.

SR. H. VALDÉS. PLANTA DE AGUA POTABLE EL ARRAYÁN.

SRTA. MARTA DUQUE G. SECRETARÍA CÁTEDRA DE INGENIERÍA SANITARIA. ESCUELA DE SALUBRIDAD. UNIVERSIDAD DE CHILE.

SRTA. MARCELA POLANCO. SECRETARIA SECCIÓN HIGIENE AMBIENTAL. SERVICIO NACIONAL DE SALUD.

SECCIÓN EDUCACIÓN PARA LA SALUD. SERVICIO NACIONAL DE SALUD.

INDICE DE MATERIAS

| | <u>PÁG.</u> |
|--|-------------|
| PROLOGO | I |
| AGRADECIMIENTOS | II |
| INDICE DE MATERIAS | III |
| INDICE DE FIGURAS: GRAFICOS Y ESQUEMAS | IV |
| | |
| 1.- FUNDAMENTOS DEL EMPLEO DEL YODO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE | 1 |
| 1.1 HISTORIA DEL EMPLEO DEL YODO COMO GERMICIDA EN EL AGUA POTABLE | 1 |
| 1.2 FUNDAMENTOS Físico-Químicos DEL PODER GERMICIDA DEL YODO | 1 |
| 1.3 ACCIÓN PREVENTIVA Y CURATIVA DEL YODO EN EL BOCIO SIMPLE | 3 |
| 1.4 PRODUCCIÓN CHILENA DE YODO | 6 |
| | |
| 2.- LA COMISION DE YODACION EXPERIMENTAL | 6 |
| | |
| 3.- INVESTIGACIONES PRELIMINARES | 6 |
| 3.1 ESTUDIO BIOESTADÍSTICO DE ACEPTACIÓN DEL SABOR DEL AGUA DESINFECTADA CON YODO | 6 |
| 3.2 DOSIFICADOR PILOTO | 10 |
| | |
| 4.- YODACION EXPERIMENTAL | 13 |
| 4.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EL ARRAYÁN, RE- LACIONADAS CON LA YODACIÓN | 13 |
| 4.1.1 ANÁLISIS Físico Y Químico DEL AGUA FILTRADA | 15 |
| 4.1.2 DEMANDA DE CLORO | 15 |
| 4.2 DOSIFICADOR DE YODO | 15 |
| 4.3 SISTEMAS DE CONTROL DE LA DESINFECCIÓN DEL AGUA CON YODO | 18 |
| 4.3.1 CONTROLES DEL AGUA CRUDA | 18 |
| 4.3.2 CONTROL DEL AGUA YODADA | 19 |
| 4.4 BALANCE DE YODO EN LA PLANTA DE AGUA POTABLE | 20 |
| 4.5 DOSIS DE YODO OBTENIDA EN EL AGUA POTABLE | 20 |
| 4.6 CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL AGUA | 22 |
| 4.7 RENDIMIENTO DESINFECTANTE DE LA YODACIÓN | 23 |
| 4.7.1 ESTUDIO DE LA SERIE DE PLANTA | 25 |
| 4.7.2 CONCLUSIONES DEL CONTROL BACTERIOLÓGICO DEL AGUA DESINFECTADA CON YODO | 28 |
| | |
| 5.- COSTOS DE YODACION Y CLORACION | 28 |
| | |
| RESUMEN | 33 |
| CONCLUSIONES | 35 |
| | |
| SUMMARY | 37 |
| CONCLUSIONS | 39 |
| | |
| BIBLIOGRAFIA | 40 |

INDICE DE
GRAFICOS Y ESQUEMAS

| <u>FIG. Nº</u> | | <u>PÁG.</u> |
|----------------|---|-------------|
| 1 | - PORCENTAJE DE YODO TITULABLE COMO I ₂ Y COMO H I O EN SOLUCIONES ACUOSAS, A 18°C | 2 |
| 2 | - CURVA DE SOLUBILIDAD DEL YODO EN AGUA | 4 |
| 3 | - RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN DE YODO TITULABLE Y EL PERÍODO DE CONTACTO, EN LA DESTRUCCIÓN DEL 99,9% DE QUISTES, VIRUS Y BACTERIAS MEDIANTE I ₂ Y EL H I O A 18°C | 5 |
| 4 | - CROQUIS DE UBICACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EL ARRAYÁN .. | 7 |
| 5 | - ACEPTACIÓN A LA DEGUSTACIÓN DE AGUAS CON 0,0 (MG/L) DE I ₂ Y CON 0.5 (MG/L) DE I ₂ , A DIFERENTES TEMPERATURAS | 9 |
| 6 | - SOLUBILIDAD DEL YODO EN AGUA, SEGÚN TIEMPO DE CONTACTO (8°C) .. | 11 |
| 7 | - SERVICIO DE AGUA POTABLE EL ARRAYÁN. ESQUEMA DEL SECTOR ABASTECIDO. UBICACIÓN NUMERADA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO | 14 |
| 8 | - DOSIFICADOR DE YODO EMPLEADO EN EL SERVICIO DE AGUA POTABLE EL ARRAYÁN | 17 |
| 9 | - DOSIFICADOR DE YODO. TIEMPO DE CONTACTO VERSUS CAUDAL | 21 |
| 10 | - VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AGUA YODADA (SOLUCIÓN MADRE), SEGÚN MESES DEL AÑO | 24 |
| 11 | - CUMPLIMIENTO DE LOS ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS DEL AGUA YODADA EN LA PLANTA EL ARRAYÁN, SEGÚN LA NORMA VIGENTE EN CHILE | 26 |
| 12 | - PROMEDIO MENSUAL DEL N.M.P. DE COLIFORMES EN EL AGUA YODADA DE LA RED | 27 |
| 13 | - N.M.P. DE COLIBACILOS, PROMEDIO MENSUAL DEL AGUA CRUDA, DECAN-TADA, FILTRADA, CORRESPONDIENTE A LA PLANTA EL ARRAYÁN | 29 |

1.- FUNDAMENTOS DEL EMPLEO DEL YODO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.

1.1 HISTORIA DEL EMPLEO DEL YODO COMO GERMICIDA EN EL AGUA POTABLE

AUNQUE EL YODO EN SOLUCIONES ACUOSAS O HIDROALCÓHOLICAS HA TENIDO LA APROBACIÓN OFICIAL DE LA FARMACOEPA DE LOS ESTADOS UNIDOS DESDE 1930, Y HA SIDO UN MEDICAMENTO ESENCIAL EN EL BOTIQUÍN DE TODO HOGAR POR MÁS DE UN SIGLO, EL RECONOCIMIENTO DE SUS NOTABLES PROPIEDADES COMO DESINFECTANTE DE AGUAS, SE HA IDO DESARROLLANDO MUY LENTAMENTE. RECIÉN EN 1953, SE DEMOSTRÓ SU SUPERIORIDAD SOBRE EL CLORO PARA INACTIVAR LOS QUISTES DE ENTAMOEBIA HYSTOLÍTICA. ESTOS ESTUDIOS PROMOVIERON SU ADOPCIÓN PARA LA DESINFECCIÓN DEL AGUA DE CAMPAMENTOS MILITARES NORTEAMERICANOS. EN 1959, BLACK Y LACKEY PUBLICARON EL PRIMER ESTUDIO DE SU EFECTIVIDAD PARA LA DESINFECCIÓN DE LAS AGUAS DE PISCINAS Y ESTE TRABAJO, UNIDO CON EL DE OTROS, CONDUJO A QUE EN 1962 EL SERVICIO DE SALUD PÚBLICA DE LOS ESTADOS UNIDOS LE DIERA LA APROBACIÓN EN CARÁCTER TENTATIVO EN LA DESINFECCIÓN DEL AGUA DE LAS PISCINAS, CON LA CONDICIÓN QUE LA CONCENTRACIÓN MÁXIMA DE YODO, EN TODAS SUS FORMAS, NO EXCEDIERA DE 5 (MG/L). A LA FECHA, SU USO PARA ÉSTE PROPÓSITO HA SIDO APROBADO POR LOS ESTADOS DE OHIO, PENNSYLVANIA, ILLINOIS, CAROLINA DEL NORTE, GEORGIA, TEXAS Y CON CIERTAS LIMITACIONES, POR LOS ESTADOS DE FLORIDA Y CALIFORNIA, (1).

LA EXPERIENCIA REALIZADA EN 1963 POR LA UNIVERSIDAD DE FLORIDA (EE.UU.), YODANDO DOS PEQUEÑOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y EL INFORME QUE A.P. BLACK ELABORARA CON LOS RESULTADOS ALCANZADOS PROPORCIONARON UN VALIOSO ACOPIO DE INFORMACIÓN Y DATOS QUE DIERON BASE A LA PROGRAMACIÓN DE LAS EXPERIENCIAS QUE HICIERAMOS EN CHILE DURANTE EL AÑO 1967-1968, MATERIA QUE SE EXPONE EN EL PRESENTE TRABAJO.

POR OTRA PARTE, ES SABIDO QUE EN LA ACTUALIDAD SE ESTÁ YODANDO AGUA DE UN PEQUEÑO SERVICIO DE AGUA POTABLE QUE ABASTECE A 80 FAMILIAS DE MISIONEROS NORTEAMERICANOS UBICADOS EN LA JUNGLA DEL PERÚ. (2)

1.2 FUNDAMENTOS FÍSICO-QUÍMICOS DEL PODER GERMICIDA DEL YODO

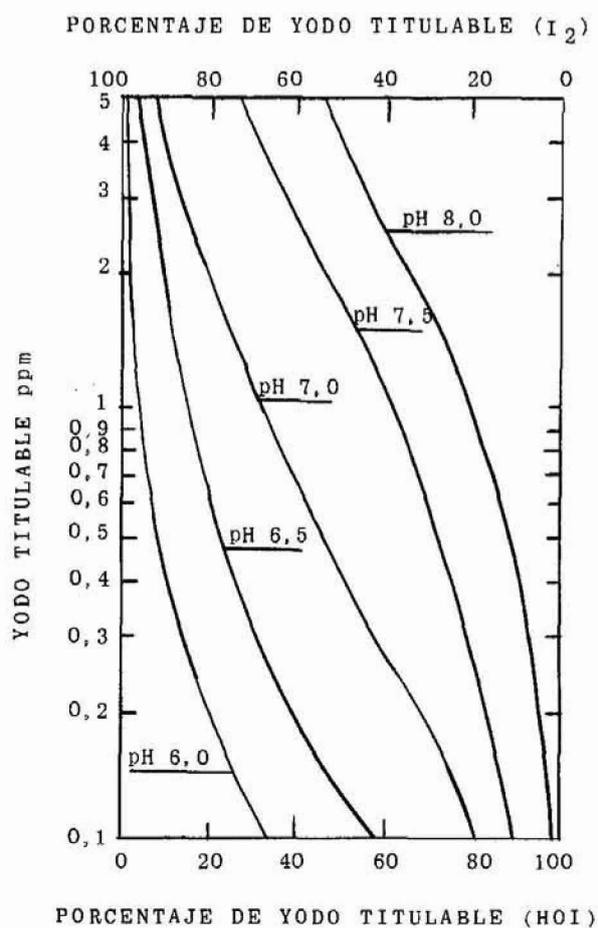
EN ESTE PUNTO SE REPITEN LOS CONCEPTOS VERTIDOS POR BLACK Y COLABORADORES (1) : EL YODO ES EL HALÓGENO DE MAYOR PESO ATÓMICO, EL MENOS SOLUBLE EN AGUA, EL MENOS HIDROLIZADO POR ELLA, TIENE EL MÁS BAJO POTENCIAL DE OXIDACIÓN Y ES EL QUE REACCIONA CON MÁS LENTITUD FRENTE A LOS COMPUESTOS ORGÁNICOS. POR ESTAS CARACTERÍSTICAS, PODRÍA ESTIMARSE QUE TUVIERA UN EMPLEO LIMITADO COMO DESINFECTANTE DE AGUAS. SIN EMBARGO, ESOS AUTORES, OPINAN QUE OCURRE LO CONTRARIO, YA QUE DEBIDO A ESTAS CARACTERÍSTICAS, LOS RESIDUALES BAJOS DE YODO SON MÁS ESTABLES Y POR LO TANTO, PERSISTEN POR MÁS LARGO TIEMPO EN PRESENCIA DE MATERIA ORGÁNICA Y OTRAS SUSTANCIAS OXIDABLES, QUE LOS RESIDUALES CORRESPONDIENTES A CUALQUIERA DE LOS OTROS HALÓGENOS. LA ALTA AFINIDAD QUÍMICA DEL CLORO Y SU PROPIEDAD PARA REACCIONAR CON EL MATERIAL ORGÁNICO POR OXIDACIÓN, POR SUSTITUCIÓN O POR ADICIÓN CONSTITUYE TALVEZ LA MAYOR DESVENTAJA COMO DESINFECTANTE DE AGUAS. EL DESINFECTANTE DE AGUAS IDEAL DEBERÍA SER ALGÚN MATERIAL, QUÍMICAMENTE DÉBIL E INCAPAZ DE PARTICIPAR DE TALES REACCIONES, PERO QUE AL MISMO TIEMPO, POSEYERA PROPIEDADES BACTERICIDAS Y VIRICIDAS IGUALES O SUPERIORES A AQUELLAS DEL CLORO. ÉSTAS CONDICIONES SERÍAN CUMPLIDAS POR EL YODO.

DEL ESTUDIO PRACTICADO POR BLACK (3) SE DEDUCE QUE, A VALORES DE PH DEL AGUA TRATADA, COMPRENDIDOS ENTRE 7 Y 8 Y EN PRESENCIA DE 0,5 (MG/L) DE YODO RESIDUAL, SE OBTIENEN PROPORCIONES ALTAS DE ÁCIDO HIPOYODOSO (H I O), COMO RESULTADO DE LA DISOCIACIÓN DE ESE YODO RESIDUAL. (FIGURA Nº 1).

EL H I O ES LA SUSTANCIA QUE EJERCE EL PODER GERMICIDA, DEL MISMO MODO QUE EL HClO, ES EL PRINCIPAL AGENTE DESINFECTANTE EN EL CASO QUE SE APLI-

FIG. 1

PORCENTAJE DE YODO TITULABLE, I_2 Y HOI,
EN AGUA A 18° C



QUE CLORO AL AGUA.

OTRA VENTAJA DEL YODO ES QUE NO FORMA YODAMINAS CON EL AMONÍACO. NO ORIGINA COLOR EN LAS DOSIS EMPLEADAS (NO MÁS DE 1 MG/L) Y RESPECTO AL DESARROLLO DE SABOR, ÉSTE SE ORIGINA DE UN MODO POCO SENSIBLE, SI SE FIJAN LAS RELACIONES TOLERABLES DE YODO ADICIONADO Y LA TEMPERATURA QUE TENGA EL AGUA EN LA RED. ESTE ASPECTO SERÁ TRATADO CON MÁS DETENCIÓN EN EL PUNTO 3.1.

POR OTRA PARTE, LA DOSIFICACIÓN DEL YODO SE PUEDE HACER EN FORMA FÁCIL, BASTANDO SÓLO CONSIDERAR LA CURVA DE SOLUBILIDAD (4) EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA QUE PRESENTE EL AGUA TRATADA. (FIGURA Nº 2). EL PROCEDIMIENTO CONSISTE EN LAVAR UN LECHO DE YODO DE VOLUMEN CONVENIENTE, RESPECTO AL CAUDAL DE AGUA QUE LO ATRAVIESA LONGITUDINALMENTE, EN CONTRA CORRIENTE, Y ASÍ SE OBTIENE UNA SOLUCIÓN CONCENTRADA DE YODO QUE SE DILUYE EN EL GASTO DE AGUA QUE SE ENTREGA A LA RED PARA EL CONSUMO DE LA POBLACIÓN. LA CONCENTRACIÓN DE YODO RESIDUAL DEBE GARANTIZAR LA DESINFECCIÓN DEL AGUA. LA DOSIS RECOMENDADA ES DE 0,6 (MG/L) DE YODO RESIDUAL PARA AGUAS POCO CONTAMINADAS Y QUE TENGAN PH NO INFERIOR 6,8. EL PERÍODO DE CONTACTO NECESARIO ES DE 20 MINUTOS (4).

EN EL MISMO TRABAJO PUBLICADO POR CHAG (4) SE HACE UNA COMPARACIÓN ENTRE LA CAPACIDAD MICROBICIDA DEL YODO Y LA DEL ÁCIDO HIPOYODOSO TENDIENTE A ESTABLECER PARÁMETROS FUNDAMENTALES A UTILIZAR EN LA YODACIÓN DEL AGUA. EN LA FIGURA 3 ESTÁN INCLUIDOS LOS RESULTADOS DE LA COMPUTACIÓN DE DATOS EXISTENTES ACERCA DE LA RELACIÓN ENTRE LA CONCENTRACIÓN Y EL PERÍODO DE CONTACTO CORRESPONDIENTE A LA INACTIVACIÓN DEL 99,9 % DE VIRUS POLIOMIELÍTICO, TIPO I (CEPA LOTSHAW), QUISTES DE E. HISTOLYTICA Y ESCH. COLI, POR 1₂ Y EL H 1.0, A 18°C.

1.3 ACCIÓN PREVENTIVA Y CURATIVA DEL YODO EN EL BOCIO SIMPLE.

ADEMÁS DE LAS PROPIEDADES GERMICIDAS DEL YODO, SE HA RECONOCIDO A ESTE HALÓGENO UNA IMPORTANTE ACCIÓN PREVENTIVA Y CURATIVA DEL BOCIO SIMPLE. EN EFECTO, SE SOSTIENE QUE "EL BOCIO SIMPLE O ENDÉMICO ES PROPIO DE LOS LUGARES DONDE LA TIERRA HA SIDO DESPROVISTA DE YODO POR LAS LLUVIAS, QUE LO ARRASTRAN A LAS CORRIENTES DE LOS RÍOS Y FINALMENTE AL OCEANO" (5).

EL MISMO AUTOR CONTINÚA: "EL BOCIO SIMPLE ES, ENTRE TODAS LAS ENFERMEDADES CONOCIDAS LA MÁS FÁCIL DE PREVENIR Y SE PODRÁ ACABAR CON ELLA TAN PRONTO COMO LAS SOCIEDADES SE RESUELVAN A DESPLEGAR EL ESFUERZO. EN VERDAD, BASTA CON SUMINISTRAR EL METALÓIDE EN DEFICIENCIA EN TABLETAS O SER AGREGADO AL AGUA DE BEBIDA, O A LA SAL DE COMER, O ALGÚN ALIMENTO DE USO DIFUNDIDO, CUYO GUSTO NO SE ALTERE POR SU ADICIÓN. GRACIAS A ESTOS PROCEDIMIENTOS HAN LOGRADO ÉXITOS SONADOS MUCHAS COLECTIVIDADES PROGRESISTAS, DE QUE SUIZA, QUE TALVEZ TUVO EN CUANTO A NACIÓN, LA ENDEMIA MÁS GRANDE DEL MUNDO, REPRESENTA EJEMPLO CONSPICUO. TAN VALEDERA ES ESTA AFIRMACIÓN QUE EL MAL SE ESTÁ HACIENDO PRIVATIVO DE LOS PAÍSES SUBDESARROLLADOS".

EN CHILE SE HAN ENCONTRADO ZONAS BOCÍGENAS CON UNA PREVALENCIA MEDIA DE 16,5% Y UNA MÁXIMA DE 33,5% EN ALUMNOS PRIMARIOS DE LAS PROVINCIAS DE COQUIMBO, SANTIAGO, LINARES Y ÑUBLE. EN ALTO PALENA SE ENCONTRÓ HASTA 60% DE PREVALENCIA, LO QUE FUE NOTIFICADO EN EL IER. CONGRESO CHILENO DE ENDOCRINOLOGÍA Y METABOLISMO, (5), LO CUAL TIENE ESPECIAL IMPORTANCIA, SI SE CONSIDERA QUE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ESTIMA ZONA BOCÍGENA A LA QUE TIENE UNA TASA IGUAL O SUPERIOR AL 10% .

EL HECHO DE QUE UNA REGIÓN UBICADA EN LA ZONA SUR DEL PAÍS PRESENTE 60% DE PREVALENCIA DEL BOCIO, PODRÍA ESTAR VINCULADO CON LA MENOR CANTIDAD DE SÓLIDOS DISUELTOS, ENTRE LOS CUALES ESTARÍA EL YODO, CONTENIDOS EN LAS AGUAS DE LOS RÍOS DE CHILE, QUE DECRECEN A MEDIDA QUE SU UBICACIÓN ES MÁS AUSTRAL, SEGÚN LO DEMUESTRAN

SOLUBILIDAD DEL YODO EN AGUA (SATURACION)

Tiempo de contacto \geq 20 minutos

FIG. 2

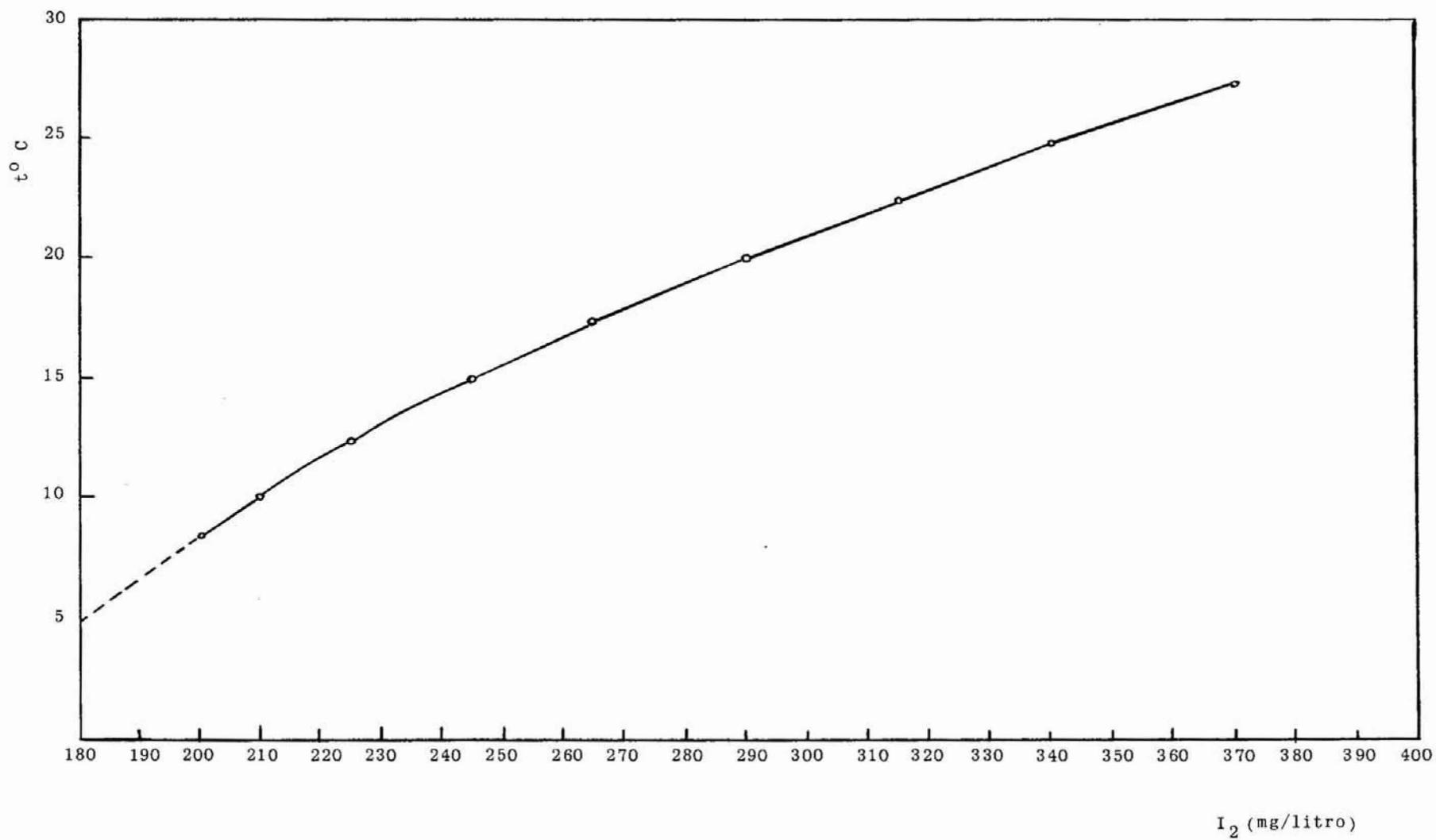
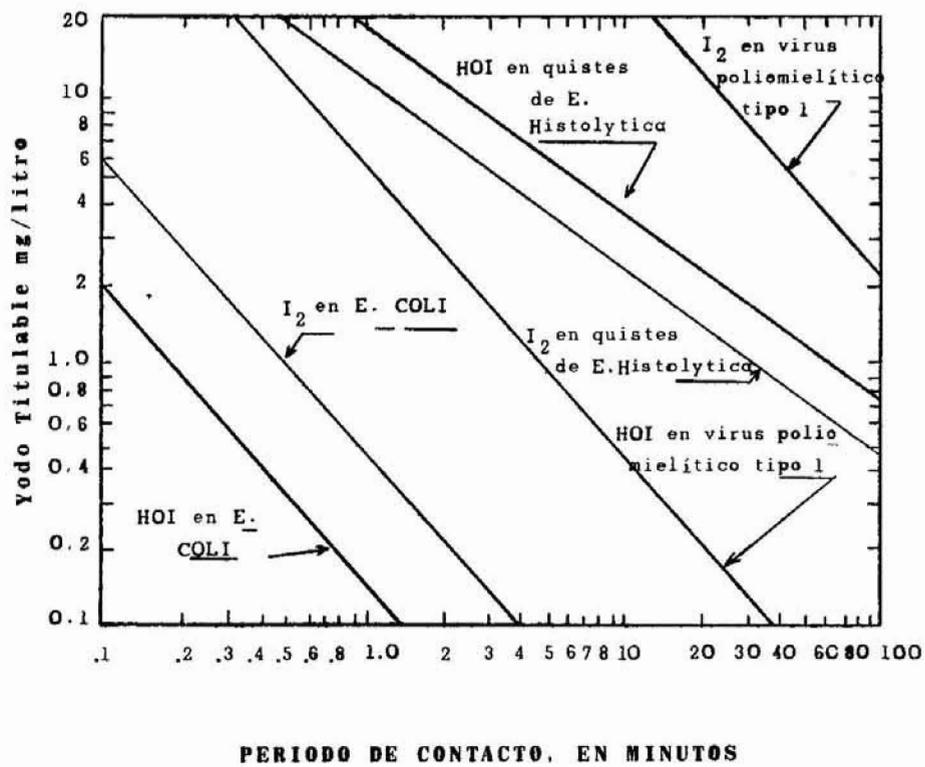


FIG. Nº 3

RELACION ENTRE LA CONCENTRACION DE YODO TITULABLE Y EL PERIODO DE CONTACTO, EN LA DESTRUCCION DEL 99,9% DE QUISTES, VIRUS Y BACTERIAS MEDIANTE EL I₂ Y EL HOI a 18°C



LOS ANÁLISIS HASTA AHORA PRACTICADOS (6).

1.4 PRODUCCIÓN CHILENA DE YODO

EN CHILE SE OBTIENE EL YODO COMO SUBPRODUCTO DE LA INDUSTRIA SALITRERA. SE ENCUENTRA EN PROPORCIÓN APROXIMADA AL 3% EN EL CALICHE QUE ES EL MINERAL DEL CUAL SE EXTRAE EL SALITRE. LA PRODUCCIÓN ANUAL ES DEL ORDEN DE 3.000 TON. DE YODO PROVENIENTE DE LA INDUSTRIA SEÑALADA Y SU PRECIO ACTUAL DE VENTA ES DE 5,50 (E\$/Kg).

EL ANÁLISIS TIPO DEL YODO ES EL QUE SE INDICA A CONTINUACIÓN :

| | | |
|----------------|----------------|---|
| YODO | 99.580 | % |
| RESIDUOS | 0.032 | |
| HUMEDAD | 0.388 | |
| | <u>100.000</u> | |

ENTRE LOS RESIDUOS SE ENCUENTRA 0,004 % DE ÁCIDO BÓRICO Y 0,004 % DE ÓXIDO FÉRRICO.

2.- LA COMISION DE YODACION EXPERIMENTAL.

EN BASE A EXPERIENCIAS EFECTUADAS POR LA UNIVERSIDAD DE FLORIDA (U.S.A) SOBRE YODACIÓN DE AGUA POTABLE Y A LAS EFECTUADAS POR LA DIRECCIÓN DE OBRAS SANITARIAS CHILE EN 1937, SE CONCERTARON INTERCAMBIOS DE OPINIONES QUE CONDUJERON A LA FORMACIÓN DE UNA COMISIÓN DE YODACIÓN QUE ESTARÍA ABOGADA A LA PLANIFICACIÓN, EJECUCIÓN Y CONTROL DE LA DESINFECCIÓN DEL AGUA DE UN DETERMINADO SERVICIO DE AGUA POTABLE.

ESTA COMISIÓN QUEDÓ INTEGRADA POR REPRESENTANTES DE LA CÁTEDRA DE INGENIERÍA SANITARIA DE LA ESCUELA DE SALUBRIDAD DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE, CUYO PROFESOR TITULAR ACTUÓ COMO PRESIDENTE DE LA COMISIÓN, DEL SERVICIO NACIONAL DE SALUD Y DE LA DIRECCIÓN DE OBRAS SANITARIAS DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS.

EL SERVICIO DE AGUA POTABLE ELEGIDO PARA EFECTUAR LA EXPERIENCIA, QUE SE DESARROLLÓ A TRAVÉS DE UN AÑO Y DOS MESES, FUÉ EL DE EL ARRAYÁN, UBICADO 20 KM. AL ORIENTE DE LA PLAZA DE ARMAS DE SANTIAGO Y EN LOS PRIMEROS CORDONES DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES. (FIG. Nº 4).

MEDIANTE UN ACUERDO DEL CONSEJO TÉCNICO DEL SERVICIO NACIONAL DE SALUD, QUEDÓ AUTORIZADA LA REALIZACIÓN DE LA EXPERIENCIA Y EL CAMBIO DEL CLORO POR EL YODO COMO AGENTE DESINFECTANTE DEL SERVICIO INDICADO.

3.- INVESTIGACIONES PRELIMINARES.

ADEMÁS DE LOS VALIOSOS ANTECEDENTES APORTADOS POR A.P. BLACK Y COLABORADORES Y POR SHIH L. CHANG, SE ESTIMÓ NECESARIO EFECTUAR ALGUNAS OBSERVACIONES QUE ASEGURARÁN EL ÉXITO DEL PROGRAMA DE YODACIÓN.

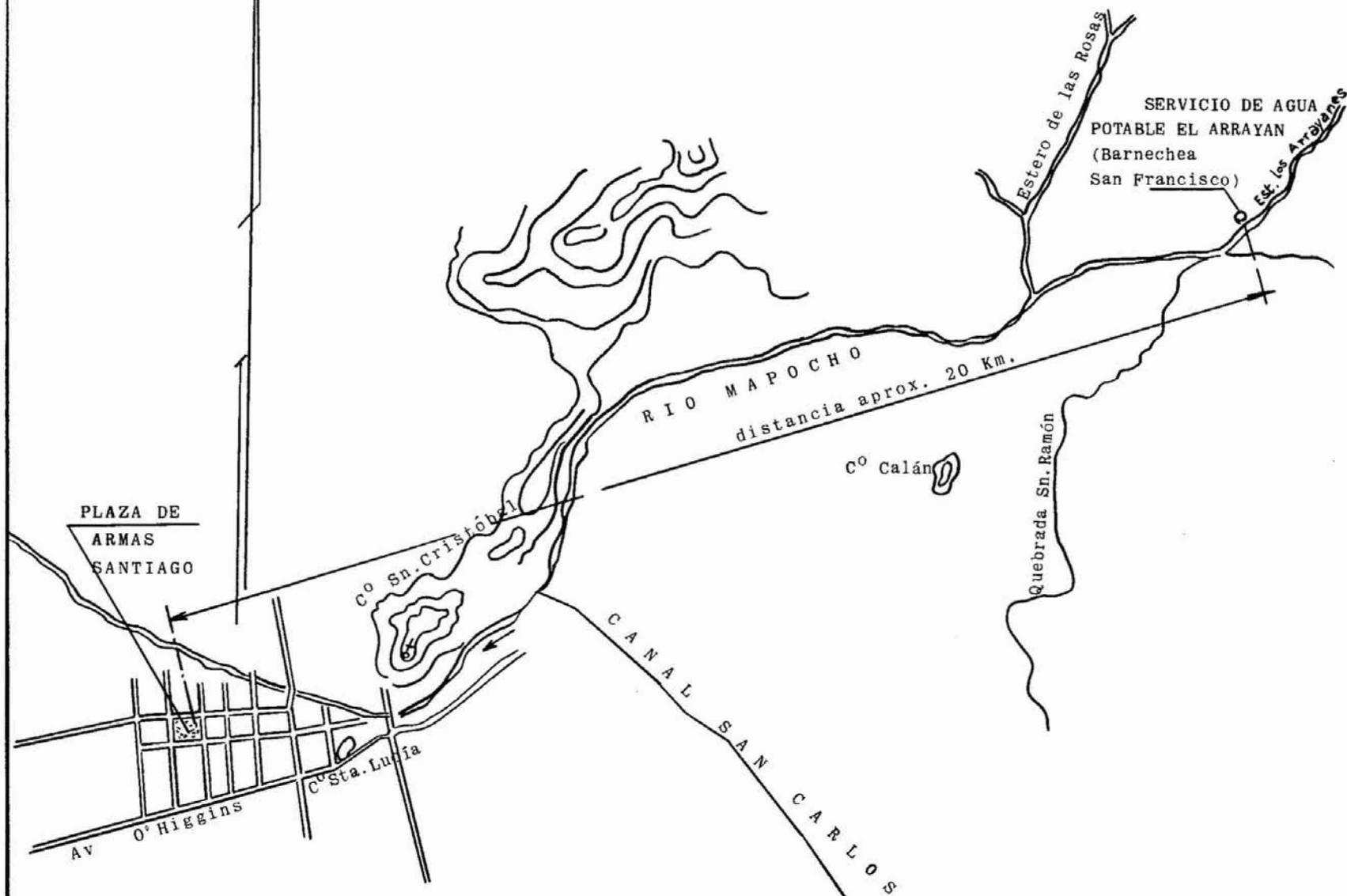
ESTAS OBSERVACIONES ESTUVIERON ENCAMINADAS : A) ESTUDIAR ESTADÍSTICAMENTE LA ACEPTACIÓN QUE TENDRÍA EL AGUA DESINFECTADA CON YODO, YA QUE SE SUPONÍA QUE SU SABOR SERÍA ALTERADO Y B) DETERMINAR LAS MEJORES CONDICIONES DE OPERACIÓN, EN RELACIÓN AL TIEMPO DE CONTACTO Y TEMPERATURA DEL AGUA QUE DISOLVERÍA EL YODO CONTENIDO EN EL DOSIFICADOR.

3.1 ESTUDIO BIO-ESTADÍSTICO DE ACEPTACIÓN DEL SABOR DEL AGUA DESINFECTADA CON YODO.

LA POSIBILIDAD DE QUE LA POBLACIÓN ABASTECIDA CON AGUA

ESQUEMA DE UBICACION
DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EL ARRAYAN

FIG. 4



TRATADA CON YODO, PUDIERA RECHAZAR ESTE SISTEMA, PREOCUPÓ A LA COMISIÓN DE YODACIÓN. SE TENÍA LA PRESUNCIÓN DE QUE, A IGUALDAD DE DOSIS, SE DESARROLLARÍA UN AUMENTO DEL SABOR A YODO POR EFECTO DEL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA, COMO CONSECUENCIAS PRINCIPALMENTE DE CAMBIOS CLIMÁTICOS ESTACIONALES.

PLANTEADO ASÍ EL PROBLEMA, SE REALIZÓ UN ESTUDIO BIO-ESTADÍSTICO, DISEÑADO POR UNA PROFESIONAL ESPECIALIZADA. ASÍ, SE PROCEDIÓ A PREPARAR SERIES DE MUESTRAS DE AGUA PROCEDENTES DEL MISMO SERVICIO DE AGUA POTABLE DE EL ARRAYÁN, A LAS QUE SE LES AGREGÓ 0,25, 0,50 Y 0,75 (MG/L) DE YODO.

ESTAS SERIES, A DISTINTAS Y DETERMINADAS TEMPERATURAS : 5, 10, 15, 20 Y 25°C FUERON SOMETIDAS EN DIFERENTES ETAPAS, A LA PRUEBA DE DEGUSTACIÓN. PARA ELLO SE ENCUESTÓ A UN GRUPO DE CIENTO DOCE PERSONAS ADULTAS, DE AMBOS SEXOS, QUIENES MANIFESTARON SU OPINIÓN A TRAVÉS DE UNA FICHA, EN LA QUE SE PODÍA REGISTRAR SI EL SABOR DEL AGUA ERA "ACEPTABLE" O "NO ACEPTABLE" Y "SIN SABOR".

LA EXPERIENCIA INCLUYÓ AGUA EXENTA DE YODO, LLEVADA A LAS TEMPERATURAS ANTES MENCIONADAS, COMO MUESTRAS TESTIGOS. TABLA Nº 1.

T A B L A Nº 1

ACEPTACION A LA DEGUSTACION DE AGUAS SIN YODO Y CON DIVERSAS CONCENTRACIONES DE YODO, A DIFERENTES TEMPERATURAS.

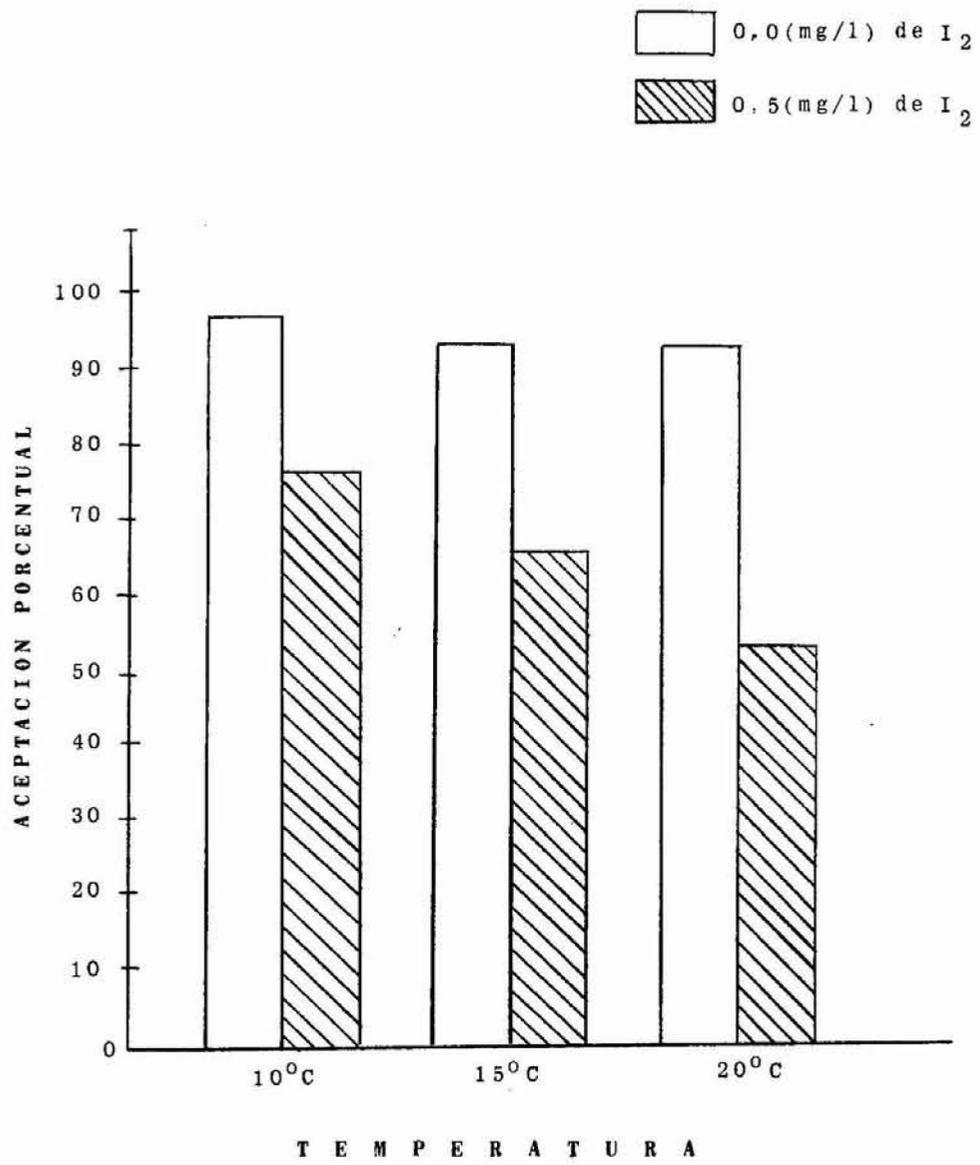
| % ACEPTACIÓN POR SABOR | | | | |
|-----------------------------------|-----|------|-----|------|
| Dosis de I ₂ (MG/L) | 0.0 | 0.24 | 0.5 | 0.74 |
| T°C | | | | |
| 5 | 97 | 97 | - | 82 |
| 10 | 97 | - | 76 | - |
| 15 | 93 | - | 65 | - |
| 20 | 93 | - | 53 | - |
| 25 | - | 67 | - | 39 |

AUNQUE LA TABLA NO ESTÁ COMPLETA, SE PUEDE APRECIAR, CLARAMENTE QUE, A MAYOR TEMPERATURA DEL AGUA, HAY UNA MENOR ACEPTACIÓN POR SABOR PARA UNA MISMA DOSIS DE YODO Y QUE, A IGUAL TEMPERATURA, TAMBIÉN DECRECE ESTA ACEPTACIÓN, CUANDO AUMENTA LA DOSIS.

DEBIDO A QUE EXISTE UN ESPECIAL INTERÉS POR CONOCER LO QUE ACONTECE CON LA DOSIS DE 0,5 (MG/L) DE I₂, POR SER LA DOSIS MEDIA QUE SE ENTREGÓ AL SERVICIO DE AGUA POTABLE EL ARRAYÁN, DURANTE LA EXPERIENCIA, SE PRESENTA EL GRÁFICO DE LA FIGURA Nº 5, CONSTRUÍDO EN BASE A LOS VALORES DE LA TABLA ANTERIOR. SE DEDUCE QUE ADEMÁS DEL DESCENSO DE LA ACEPTACIÓN CON EL AUMENTO DE LA TEMPERATURA PARA LA DOSIS FIJA DE 0,5 (MG/L) DE I₂, NO SE PRODUCE EL MISMO DESCENSO EN MUESTRAS QUE NO CONTENÍAN YODO. POR LO TANTO, LA ÚNICA CAUSA DE LA DISMINUCIÓN DEL PORCENTAJE DE ACEPTACIÓN POR SABOR, DEBE SER ATRIBUIDA A LA PRESENCIA DEL YODO, ALCANZANDO UN VALOR DE 53% DE ACEPTACIÓN POR SABOR A 20°C.

FIG. Nº 5

ACEPTACION A LA DEGUSTACION DEL AGUA DE LA PLANTA EL
ARRAYAN CON Y SIN YODO A DIFERENTES TEMPERATURAS



ANTES DE TERMINAR CON EL ANÁLISIS DE ESTA ENCUESTA, SE PLANTEA LA DUDA DE SI ELLA REFLEJA UNA MEDICIÓN REAL DE LA REACCIÓN DEL SUJETO CONSULTADO, YA QUE POR EL SÓLO HECHO DE SOLICITARLE SU OPINIÓN, PODRÍA COLOCARSE EN UNA POSICIÓN DE EXIGENCIA EXTREMA, POR LO QUE INVOLUNTARIAMENTE, PODRÍA EXAGERAR SU CALIFICACIÓN.

3.2 DOSIFICADOR PILOTO.

CON EL OBJETO DE ADQUIRIR EXPERIENCIA Y DATOS DE DISEÑO DEL DOSIFICADOR QUE FUNCIONARÍA EN LA PLANTA, SE PROCEDIÓ A MONTAR Y OPERAR UN DOSIFICADOR PILOTO, CONSTRUÍDO DE ACUERDO CON LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES :

- 3.2.1 LA PLANTA DE AGUA POTABLE DEBE ENTREGAR UN CAUDAL MEDIO DE 5.300 (M³/DÍA).
- 3.2.2 LA DOSIS DE YODO QUE SE APLICARÍA AL AGUA DEBERÍA SER DE ALREDEDOR DE 0,5 (MG/L) PARA EVITAR UN MARCADO RECHAZO POR MAL SABOR DE ACUERDO CON EL ESTUDIO BIOESTADÍSTICO YA EXPUESTO, (FIG. Nº 5).
- 3.2.3 CON LA DOSIS INDICADA, AÚN CUANDO NO SE CONOCÍA LA DEMANDA DE YODO, SE ESPERABA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN, DE ACUERDO CON LO INFORMADO EN EL GRÁFICO DE LA FIG. Nº 3 Y SEÑALADO EN EL PUNTO 1.2, DONDE SE CONSIDERA LA CAPACIDAD QUE SE LE ATRIBUYE AL YODO PARA DESTRUIR BACTERIAS. ESTA CIRCUNSTANCIA ES FUNDAMENTAL PARA SATISFACER REQUISITOS BACTERIOLÓGICOS FIJADOS POR LA NORMA CHILENA DE AGUA POTABLE. ESTE ASPECTO SERÁ PROFUNDIZADO MÁS ADELANTE.
- 3.2.4 OTRO ASPECTO QUE SE CONSIDERÓ FUE LA IMPOSIBILIDAD PRÁCTICA DE CONSTRUIR UN DOSIFICADOR CAPAZ DE ENTREGAR UNA SOLUCIÓN SATURADA DE YODO, SUFICIENTE PARA DESINFECTAR EL CAUDAL DE AGUA CRUDA. LA SATURACIÓN DE AGUA CON YODO SE LOGRA CON UN PERÍODO DE CONTACTO DE 20 MINUTOS, SEGÚN INFORMACIONES PROPORCIONADAS POR CHANG, (7), LO QUE EXIGIRÍA DISPONER DE UN DOSIFICADOR DEMASIADO VOLUMINOSO.

FRENTE A ESTA SITUACIÓN, SE PREFIRIÓ BASAR LA DOSIFICACIÓN SÓLO EN LA CANTIDAD DE GRAMOS DE YODO QUE DEBERÍA ADICIONARSE POR MINUTO AL AGUA TRATADA, MEDIANTE LA OBTENCIÓN DE UNA SOLUCIÓN DE YODO QUE, SIN ESTAR SATURADA, TUVIERA UNA CONCENTRACIÓN APROPIADA PARA OBTENER, POR DILUCIÓN, UNA DOSIS DE ALREDEDORES DE 0,5 (MG/L) EN EL AGUA. DE ESTE MODO PODRÍA REDUCIRSE NOTABLEMENTE EL PERÍODO DE CONTACTO EN EL DOSIFICADOR Y POR LO TANTO, SUS DIMENSIONES, LO QUE FUE POSTERIORMENTE CONFIRMADO.

MEDIANTE PRUEBAS DE LABORATORIO, EFECTUADAS EN UN DOSIFICADOR PILOTO, SE PROCEDIÓ A DETERMINAR LAS CONCENTRACIONES DE YODO (MG/L), QUE ADQUIRÍA EL AGUA A SU PASO A TRAVÉS DE UN LECHO DE YODO DE 50 (CM) DE ALTO, CONTENIDO EN UN TUBO DE VIDRIO, COLOCADO EN POSICIÓN VERTICAL, DE 23,7 (CM²) DE SECCIÓN Y DE 130 (CM) DE ALTO. LAS MUESTRAS SE TOMARON CON DISTINTOS TIEMPOS DE CONTACTO ($T = \frac{V}{Q}$) QUE FUERON LLEVADOS AL GRÁFICO DE LA FIGURA Nº 6, LO MISMO QUE LOS VALORES $\frac{V}{Q}$ DE LAS CONCENTRACIONES DE YODO OBTENIDAS.

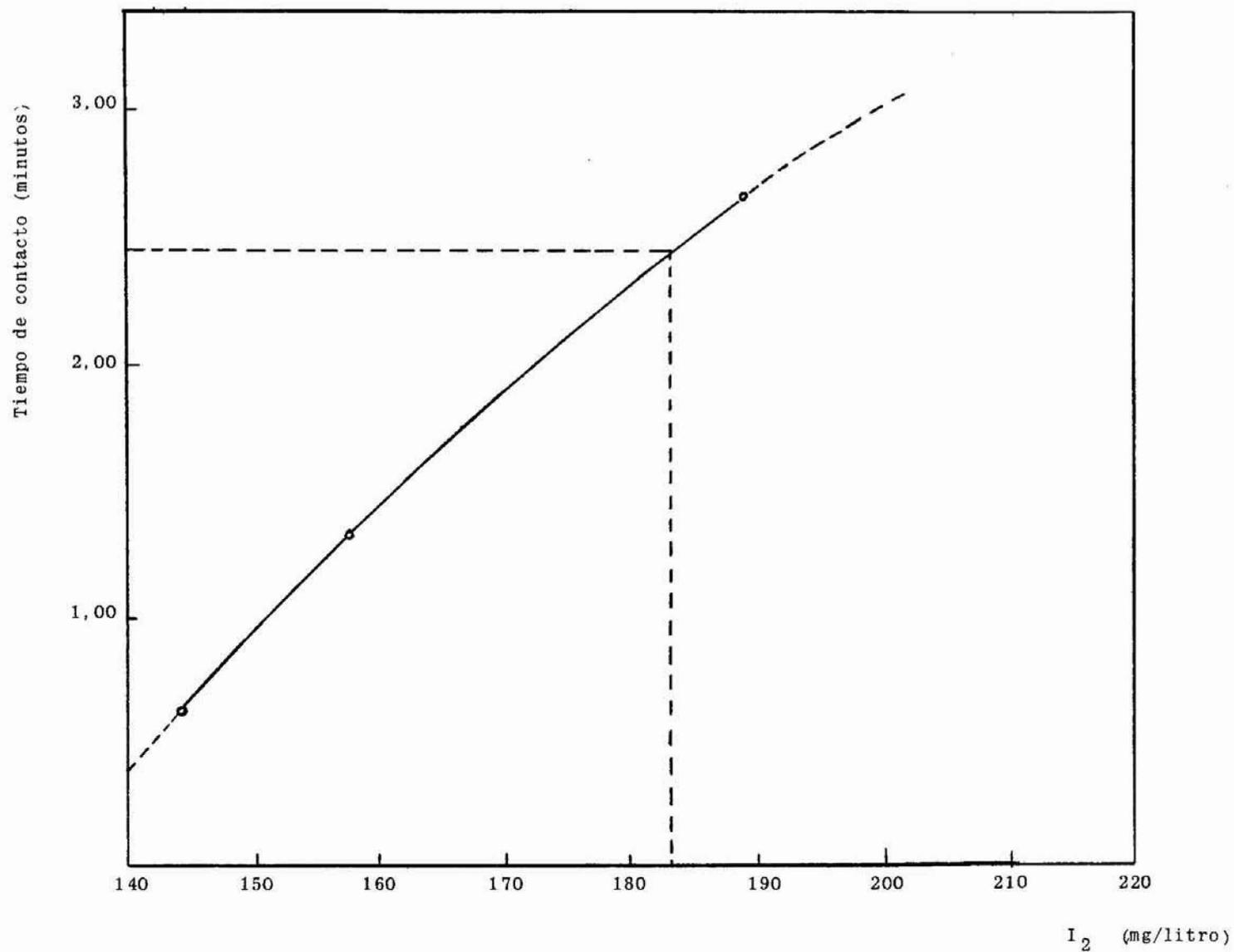
LA TABLA Nº 2 SIGUIENTE, PRESENTA LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LAS PRUEBAS HECHAS EN EL DOSIFICADOR PILOTO, CUYO VOLUMEN ERA DE $V = 1,19$ LITROS DE YODO.

LAS MUESTRAS FUERON TOMADAS CADA 2 HORAS DURANTE 4 DÍAS EXCEPTUANDO LAS NOCHES. EN LA ÚLTIMA COLUMNA DE LA TABLA APARECE LA CONCENTRACIÓN DE YODO CORREGIDA A 8°C., LO QUE NECESITA SER EXPLICADO :

SEGÚN EL PROYECTO HIDROMETEREOLÓGICO EFECTUADO POR LAS NACIONES UNIDAS, EL "VALOR MEDIO DE LAS TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS", ALCANZA EN

SOLUBILIDAD DEL YODO EN AGUA
SEGUN TIEMPO DE CONTACTO (8° C)

FIG. 6



SANTIAGO, SU MÍNIMO EN EL MES DE JULIO, CON 8°C (DATOS ESTADÍSTICOS ANUALES DESDE 1916 A 1945).

ESTA TEMPERATURA MÍNIMA DEBERÍA SER, POR LO TANTO, LA QUE FIJARÍA LA CONDICIÓN MÁS DESFAVORABLE PARA LA SOLUBILIDAD DEL YODO EN AGUA. EN EL TRANCURSO DE LA YODACIÓN EXPERIMENTAL, SE ENCONTRÓ EN EL AGUA DE LA PLANTA EL ARRAYÁN, UNA TEMPERATURA MÍNIMA DE 5°C.

DURANTE EL DESARROLLO DEL TRABAJO CUYOS RESULTADOS ESTÁN ANOTADOS EN LA TABLA Nº 2 SE ENCONTRARON TEMPERATURAS SUPERIORES A 8°C, EN EL AGUA DE LAVADO DE LOS CRISTALES DE YODO CONTENIDO EN EL DOSIFICADOR PILOTO, (ALREDEDOR DE 20°C) POR LO QUE HIZO NECESARIO CALCULAR EL VALOR QUE LAS CONCENTRACIONES DE YODO HABRÍAN ALCANZADO SI EFECTIVAMENTE EL AGUA HUBIERA TENIDO 8°C. PARA ELLO, SE CONSIDERÓ LA CURVA DE SOLUBILIDAD DEL YODO, DIBUJADA A PARTIR DE LA TABLA PRESENTADA POR CHANG (4), FIG. Nº 2. EN ELLA SE PUEDE VERIFICAR QUE POR CADA GRADO DE TEMPERATURA, HAY UNA VARIACIÓN DE 7,2 (MG/L) DE YODO, EN EL INTERVALO DE 5 A 20°C. DE TEMPERATURA. SE RECONOCIÓ QUE SE INTRODUÍA UN ERROR AL RELACIONAR ESTA CURVA CON LAS CONCENTRACIONES DE YODO OBTENIDAS SIN ALCANZAR SU SATURACIÓN EN EL DOSIFICADOR PILOTO, PERO ESTE ERROR PODRÍA SER CORREGIDO, POSTERIORMENTE, POR ANÁLISIS DIRECTO DE LA SOLUCIÓN MADRE.

T A B L A Nº 2

SOLUBILIDAD DEL YODO EN AGUA, SEGUN TIEMPO DE CONTACTO (8°C)

| SERIE | Nº DE PRUEBAS | Q (L/MIN) | $T = \frac{V}{Q}$ (MIN) | CONCENTRACIÓN DE I ₂ (MG/L), CORREGIDA A 8°C. |
|-------|---------------|--------------|----------------------------|---|
| 1 | 10 | 0.45 | 2.64 | 188 |
| 2 | 6 | 0.90 | 1.32 | 157 |
| 3 | 5 | 1.82 | 0.65 | 144 |

A CADA VALOR DE LA CONCENTRACIÓN DE YODO DETERMINADO POR ANÁLISIS, SE LE DESCONTÓ EL CORRESPONDIENTE AL PRODUCTO $(T - 8)V$, EN QUE T ES LA TEMPERATURA DE LA MUESTRA (SUPERIOR A 8°C), Y $V = 7,2$ (MG/°C). POR EJEMPLO, SI LA TEMPERATURA DEL AGUA YODADA ENTREGADA POR EL DOSIFICADOR FUE DE 15°C Y SU CONCENTRACIÓN DE YODO, DETERMINADA POR TITULACIÓN DE 238 (MG/L) ENTONCES $238 - (15 - 8) 7,2 = 188$ (MG/L) DE YODO. ES EL VALOR CORREGIDO QUE LE CORRESPONDERÍA A 8°C Y QUE FUE INTRODUCIDO EN LA CURVA DE LA FIGURA Nº 6. DE ESTE GRÁFICO SE DEDUCE POR EJEMPLO QUE, PARA UN TIEMPO DE CONTACTO DE 2,45 (MINUTOS), EL AGUA DISUELVE 188 (MG/L) = 188 (G/M³) DE YODO. POR OTRA PARTE EL CAUDAL DE AGUA CRUDA QUE SE TRATA EN LA PLANTA ES DE 5.300 (M³/DÍA) = 3,7 (M³/MINUTO) CUYA DOSIS DE YODO A APLICAR ES DE 0,5 (G/M³); POR CONSIGUIENTE, SERÁ NECESARIO MEZCLAR CON EL CAUDAL ENTREGADO AL ESTANQUE DE REGULACIÓN DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE $3,7 \times 0,5 = 1,85$ (G/MINUTO) DE YODO. ESTA CANTIDAD DE YODO ES POSIBLE OBTENERLA CON $1,85/1,83 = 0,010$ (M³/MIN = 10 (L/MIN), QUE DEBERÍAN CIRCULAR POR EL DOSIFICADOR A PROYECTAR, EL CUAL DEBERÍA TENER EL PERÍODO DE CONTACTO CONFORME A LA EXPERIENCIA REALIZADA.

DE LAS CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN OBSERVADAS EN ESTAS EXPERIENCIAS, SE DEDUCE QUE PARA OBTENER UNA DOSIFICACIÓN ADECUADA DE YODO

EN EL AGUA TRATADA EN LA PLANTA, A PARTIR DE UNA SOLUCIÓN MADRE, NO SATURADA EN YODO QUE FLUYA DEL DOSIFICADOR (2) ES NECESARIO CONSIDERAR LAS SIGUIENTES VARIABLES :

- A) DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE : CAUDAL DE AGUA TRATADA.
- B) DEL AGUA MADRE O SOLUCIÓN CONCENTRADA DE YODO QUE FLUYE DESDE EL DOSIFICADOR : CAUDAL, TEMPERATURA Y CONCENTRACIÓN DE YODO.

4.- YODACION EXPERIMENTAL.

A LAS 11 HORAS DEL DÍA 6 DE FEBRERO DE 1967, SE INICIÓ LA YODACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE EL ARRAYÁN, QUE SE MANTUVO POR 62 SEMANAS. SE ENTREGARON 1.090 KG. DE YODO A UN CAUDAL PROMEDIO DE 5.300 (M³/DÍA) DANDO LUGAR A UNA DOSIS MEDIA DE 0,5 (MG/L).

4.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EL ARRAYÁN RELACIONADAS CON LA YODACIÓN.

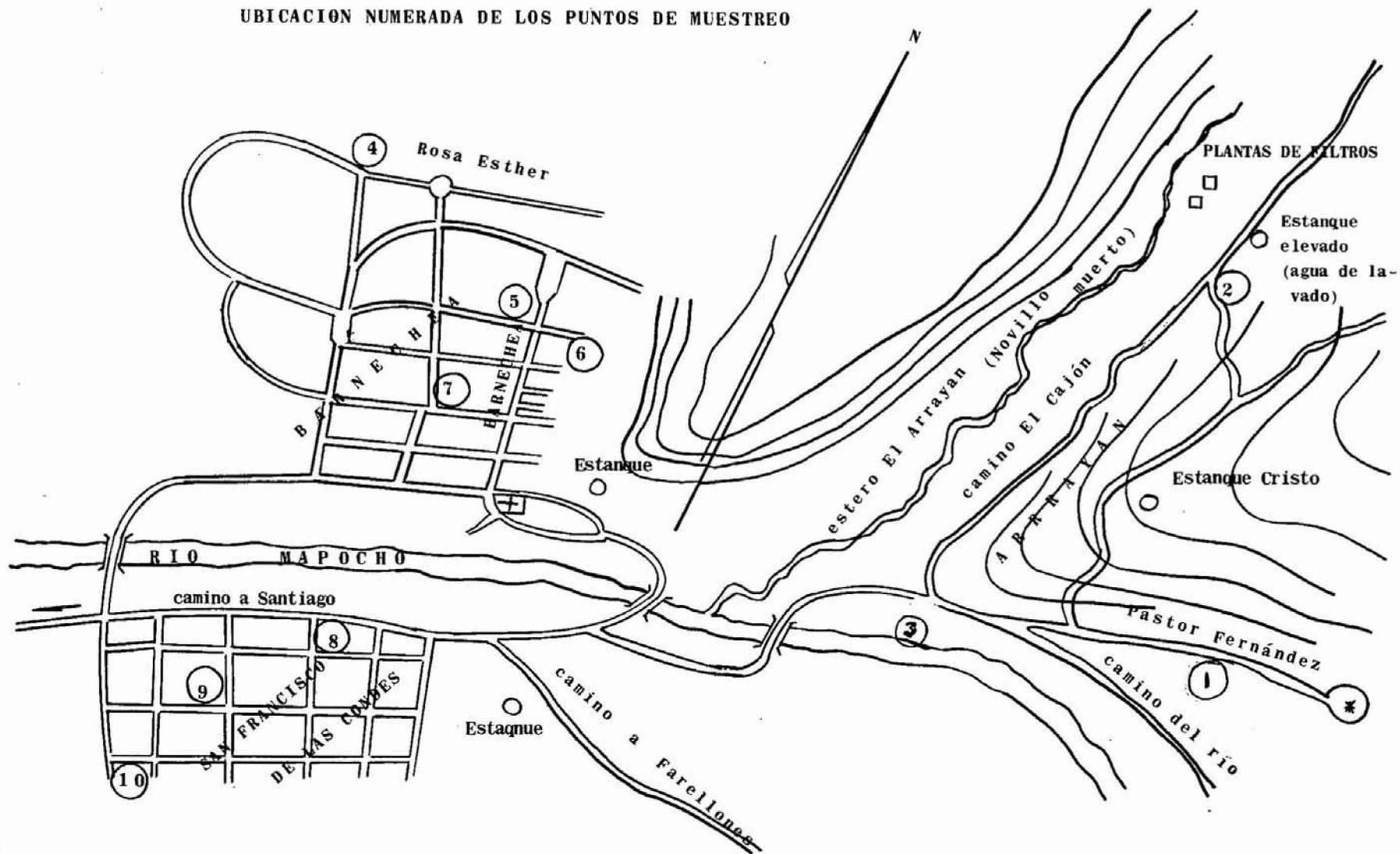
EN LOS PRIMEROS CORDONES DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES Y A UNOS 20 KM. DESDE LA PLAZA DE ARMAS DE SANTIAGO, SE ENCUENTRA LA PLANTA DE AGUA POTABLE DE EL ARRAYÁN (FIG. Nº 4), QUE SIRVE APROXIMADAMENTE 6.000 HABITANTES RESIDENTES EN LAS LOCALIDADES DE EL ARRAYÁN, BARNECHEA Y SAN FRANCISCO DE LAS CONDES (FIG. Nº 7). EL CAUDAL DIARIO, FLUCTÚA ENTRE 4.800 Y 5.400 (M³/DÍA). ESTA ALTA DOTACIÓN SE DEBE A QUE PARTE IMPORTANTE DEL AGUA SE EMPLEA EN EL RIEGO DE NUMEROSAS PARCELAS AGRÍCOLAS. CUANDO HAY UNA MENOR DEMANDA, EL EXCESO DE AGUA SE DESCARGA POR REBALSE DE UN ESTANQUE ACUMULADOR. POR LA RAZÓN ANTERIOR, LA RED DE DISTRIBUCIÓN ES MUY EXTENSA EN PROPORCIÓN A LA POBLACIÓN SERVIDA Y SUS LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN SON DE DISTINTA NATURALEZA: FIERRO Y ASBESTO-CEMENTO, LO QUE PODRÍA TENER IMPORTANCIA DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU POSIBLE REACCIÓN FRENTE AL AGENTE DESINFECTANTE QUE EXAGERARÍA SU DEMANDA EN ALGUNOS TRAMOS DE LA RED.

ADEMÁS, EXISTEN OTRAS RAZONES PARA JUSTIFICAR LA ELECCIÓN DE ESTE SERVICIO QUE SON :

- A) EL ORIGEN DEL AGUA ES SUPERFICIAL, PROVENIENTE DEL ESTERO EL ARRAYÁN. NO TIENE ADUCCIONES SUPLEMENTARIAS QUE AUMENTE SU CAUDAL A LO LARGO DE LA RED.
- B) LA PLANTA DE AGUA ESTÁ DOTADA DE LAS INSTALACIONES PROPIAS DE UNA PLANTA CONVENCIONAL: REJAS EN LA BOCA-TOMA DE ADUCCIÓN, VERTEDERO, CÁMARA DE DOSIFICACIÓN DE COAGULANTES, CANALETAS DE MEZCLAS Y ACONDICIONADORES DE FLÓCULOS, SEDIMENTADORES, FILTROS RÁPIDOS DE ARENA, SALA DE DOSIFICACIÓN DE DESINFECTANTE, ESTANQUE DE AGUA DE LAVADO DE FILTROS Y ESTANQUE DE REGULACIÓN.
- C) EL AGUA CRUDA SIEMPRE ESTÁ CONTAMINADA Y A VECES EN EXCESO, CON MÁS DE 1.000 COLIBACIOS POR 100 CC. EL EFLUENTE DE LOS FILTROS LLEGA A UN POZO DE CONCRETO DE POCA PROFUNDIDAD, DONDE SE PUEDE MEZCLAR, CON FUERTE AGITACIÓN CON EL AGUA CONCENTRADA DE YODO, PROCEDENTE DEL DOSIFICADOR. EL EFLUENTE YODADO CONTINÚA SU CURSO AL ESTANQUE DE REGULACIÓN (500 M³), DONDE ALCANZA UN PERÍODO DE CONTACTO, DE UN POCO MÁS DE 2 HORAS, TIEMPO MÁS QUE SUFICIENTE PARA ASEGURAR QUE EL YODO DESARROLLE SU MAYOR EFICIENCIA GERMICIDA, COMO SE INDICA EN EL GRÁFICO DE LA FIGURA Nº 3.

(2) ESTA CONDICIÓN NO ES NECESARIA SI EL YODADOR SE CALCULA CON UN PERÍODO DE RETENCIÓN MÍNIMO QUE PERMITA LA SATURACIÓN DEL AGUA CON YODO Y LO CUAL ES ACONSEJABLE, ESPECIALMENTE, EN PEQUEÑOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE.

SERVICIO DE AGUA POTABLE DE EL ARRAYAN
 ESQUEMA DEL SECTOR ABASTECIDO.
 UBICACION NUMERADA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO



D) PROXIMIDAD DE LA PLANTA AL LABORATORIO DE CONTROL BACTERIOLÓGICO UBICADA EN SANTIAGO, Y EXISTENCIA DE SERVICIO TELEFÓNICO.

4.1.1 ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL AGUA FILTRADA.

EN 12 ANÁLISIS QUÍMICOS EFECTUADOS EN EL PERÍODO DE UN AÑO EN MUESTRAS TOMADAS EN EL EFLUENTE DE LOS FILTROS, SE COMPROBÓ QUE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA, ERAN MÁS O MENOS CONSTANTES, CUYOS RESULTADOS SE INDICAN EN LA TABLA Nº 3.

4.1.2 DEMANDA DE CLORO.

SE DETERMINÓ LA DEMANDA DE CLORO DE ALGUNAS DE LAS MUESTRAS DESTINADAS AL ANÁLISIS QUÍMICO Y DE LA OBSERVACIÓN DE LAS CURVAS RESULTANTES SE CONCLUYÓ QUE LA DEMANDA ES BAJA : 0,20 (MG/L) (VALOR PROMEDIO).

4.2 DOSIFICADOR DE YODO.

LA COMISIÓN DE YODACIÓN TUVO QUE SUPERAR ALGUNAS DIFICULTADES EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SATURADOR DE YODO APROPIADO PARA SU DOSIFICACIÓN. LOS PROBLEMAS SE DERIVABAN DE LA FALTA DE RECURSOS PARA ADQUIRIR ALEACIONES INOXIDABLES, NECESARIAS PARA LA CONFECCIÓN DE ACCESORIOS Y PRINCIPALMENTE, PORQUE SE CONSIDERÓ IMPOSIBLE CONSTRUIR UN APARATO DE TAMAÑO SUFICIENTE, PARA ALCANZAR EL TIEMPO DE CONTACTO DE 20 MINUTOS, RECOMENDADO POR CHANG, SEGÚN LO YA EXPUESTO EN EL PUNTO 3.2.4.

LA FIG. Nº 8 REPRESENTA EL DOSIFICADOR DISEÑADO EN BASE A LAS CONSIDERACIONES ANTERIORES Y QUE SE EMPLEÓ, SIN DIFICULTADES, DURANTE LOS 15 MESES EN QUE SE DESINFECTÓ CON YODO EL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE EL ARRAYÁN.

EL CUERPO PRINCIPAL DEL APARATO ESTÁ CONSTRUIDO POR UN CILINDRO DE ASBESTO-CEMENTO DE 25 CM. Ø INTERIOR QUE, COLOCADO EN POSICIÓN VERTICAL, ESTÁ APOYADO EN UNA BASE CONSTITUIDA POR UN TERMINAL DE ACERO ENCHUFE - GIBALT Y UN DISCO CON PERFORACIONES DE $\frac{1}{2}$ " Ø, QUE SIRVE DE SOPORTE AL LECHO DE GRAVA. ESTE LECHO ACTÚA COMO DIFUSOR DEL AGUA QUE ENTRA POR LA PARTE CENTRAL DEL DISCO, PARA ENSEGUIDA ASCENDER A TRAVÉS DE UNA CAPA DE CRISTALES DE YODO, COLOCADO SOBRE LA GRAVA.

EL ESPESOR DE LA CAPA DE YODO ES DE 70 CM. COMO VALOR MÁXIMO Y DE 60 CMS. COMO VALOR MÍNIMO, MANTENIDO POR ADICIONES SEMANALES DE YODO QUE REEMPLAZAN A LA CANTIDAD DISUELTA POR EL FLUJO DE AGUA, DEBIDAMENTE CONTROLADO POR UNA VÁLVULA Y UN MEDIDOR ROTÁMETRO Y QUE PERMITE LECTURAS DE CAUDALES EN (L/MINUTO) Y ACUMULADAS EN M³. POR DIFERENCIA DE LECTURAS HECHAS CADA 24 HORAS, SE PUEDE DETERMINAR EL CAUDAL DE AGUA YODADA QUE ENTREGA EL DOSIFICADOR. CONSIDERANDO UNA ALTURA MEDIA DE 65 CM. DE LA CAPA DE YODO, PARA EL DIÁMETRO DEL CILINDRO INDICADO, LE CORRESPONDE UN VOLUMEN DE 32 LITROS.

LA VÁLVULA DE PASO COLOCADA AGUAS ARRIBA DEL MEDIDOR, REGULA EL CAUDAL ENTRADO AL APARATO, Y POR LO TANTO, EL DE LA SOLUCIÓN YODADA ADICIONADA AL EFLUENTE.

EL LECHO DE GRAVA TIENE UNA ALTURA DE 37 CM. COLOCADO, COMO YA SE INDICÓ, SOBRE EL DISCO PERFORADO. ESTÁ FORMADO POR CUATRO ESTRATOS DE GRAVA DE DIFERENTE GRANULOMETRÍA, SIENDO LA INFERIOR LA DE PIEDRA DE MAYOR TAMAÑO. LA TABLA Nº 4 ILUSTRAS LAS CARACTERÍSTICAS DE ESTE LECHO.

LA SALIDA DEL AGUA YODADA SE HACE POR UNA CAÑERÍA DE ACERO DE $1\frac{1}{2}$ " Ø. EL EXTREMO UBICADO EN EL INTERIOR DEL CUERPO DEL DOSIFICADOR, ESTÁ ACODADO Y PENETRA 5 CM. EN LA SOLUCIÓN PARA EVITAR EL FLUJO DE PEQUEÑÍSIMOS CRISTALES DE

T A B L A N^o 3
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA DE LOS FILTROS EL ARRAYAN

PERÍODO ABARCADO : UN AÑO

(SE CONSIDERAN 12 ANÁLISIS DE DIFERENTES MESES, PARA CUBRIR LA VARIACIÓN ESTACIONAL).

LOS RESULTADOS SE EXPRESAN EN (MG/L).

| | VALOR MÁXIMO | VALOR MÍNIMO | VALOR T ^o M ^o |
|---|--------------|--------------|-------------------------------------|
| COLOR | 5,0 | 0,0 | 0,6 |
| TURBIEDAD | 10,0 | 0,0 | 2,8 |
| ALCALINIDAD TOTAL (P.P.M. DE CaCO ₃) | 72,0 | 26,0 | 46,0 |
| DUREZA TOTAL (P.P.M. DE CaCO ₃) | 140,0 | 75,0 | 100,0 (MODERADA- MENTE DURA) |
| RESIDUO DISUELTO A 105 ^o C | 280,0 | 135,0 | 193,0 |
| RESIDUO SUSPENDIDO | 10,0 | 0,0 | 3,0 |
| CLORO DE CLORUROS | 10,0 | 4,0 | 6,3 |
| ALBUMINOÍDEO | 0,112 | 0,000 | 0,059 |
| AMONÍACAL | 0,052 | 0,000 | 0,006 |
| DE NITRITOS | 0,009 | 0,000 | 0,003 |
| DE NITRATOS | 6,0 | 0,12 | 0,83 |
| CO ₂ LIBRE | 7,0 | 1,3 | 3,6 |
| HIERRO DISUELTO | 0,15 | 0,0 | 0,05 |
| HIERRO TOTAL | 0,25 | 0,0 | 0,15 |
| SULFATOS | 113,0 | 27,0 | 78,0 |
| SÍLICE | 47,0 | 15,0 | 28,0 |
| COBRE | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| FLUOR | 0,4 | 0,0 | 0,1 |
| SODIO Y POTASIO | 18,0 | 0,0 | 16,0 |
| ÍNDICE DE LANGELIER | 1,5 | 0,5 | 1,0 (CORROSIVO) |
| PH | 7,8 | 7,0 | 7,4 |

SALIDA SOLUCION

MADRE

TUBO CEMENTO

ASBESTO D = 25

UNION

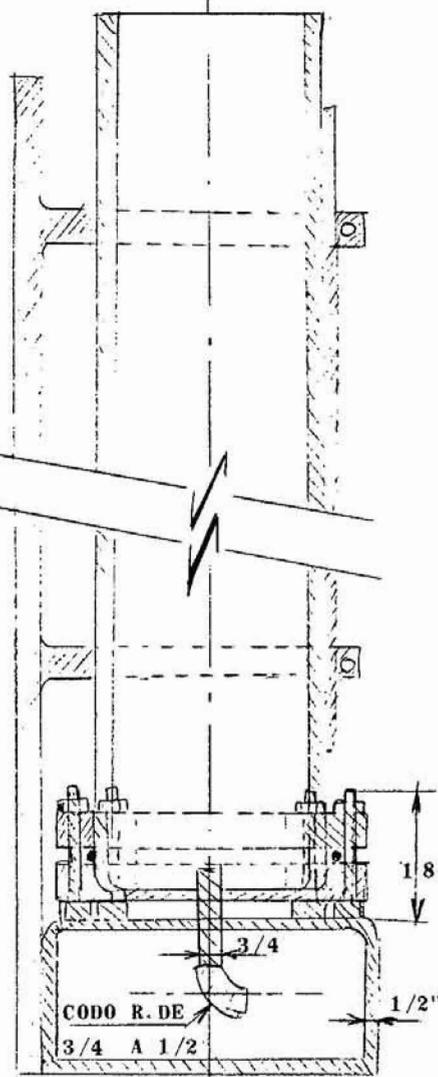
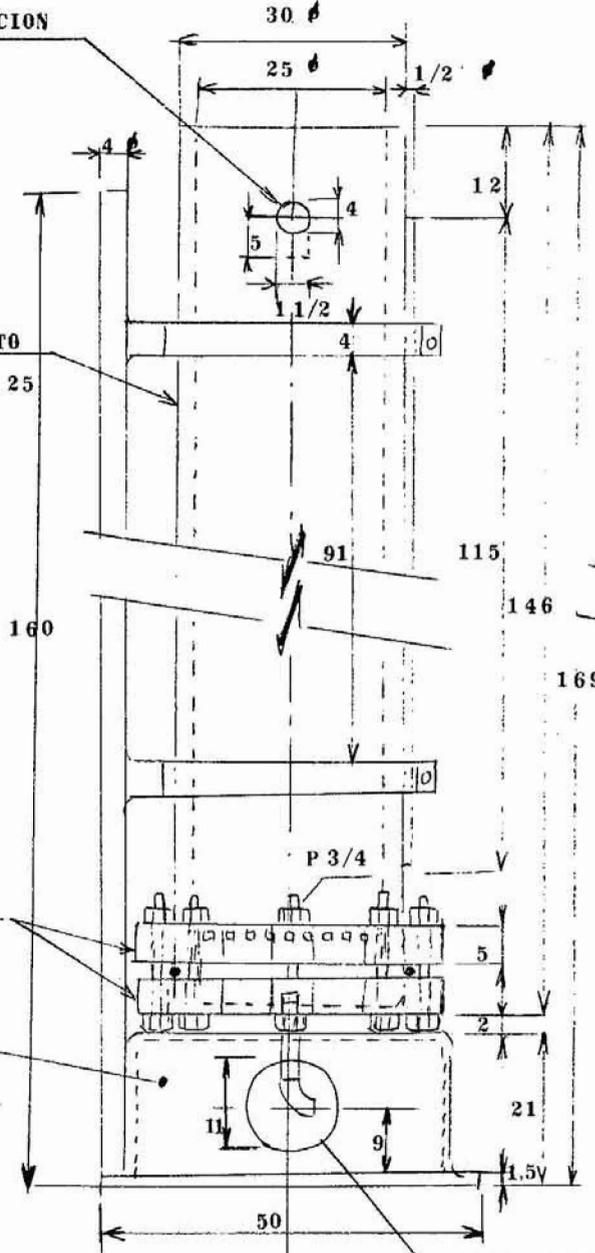
GIBAULT

BASE

TERMINAL
ENCHUFE
GIBAULT

FIG. N° 8

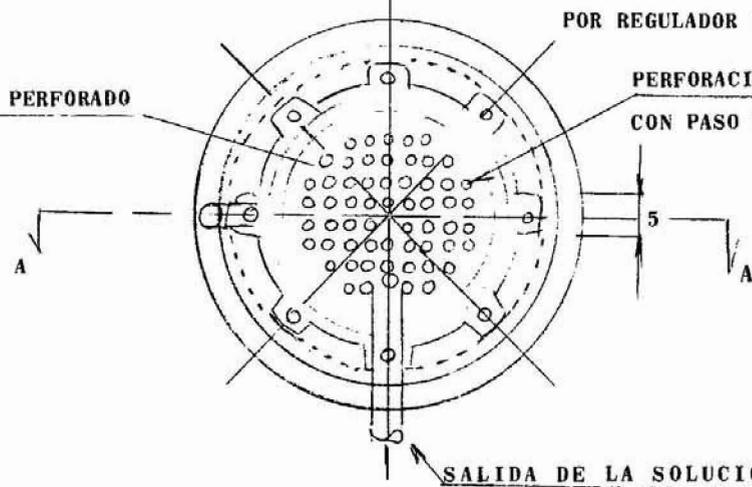
CORTE A - A



ENTRADA DE AGUA CONTROLADA
POR REGULADOR (VALVULA)

DISCO PERFORADO

PERFORACIONES DE 1/2"
CON PASO DE 1



DOSIFICADOR DE YODO

ESCALA 1-10

UNIDAD cm.

YODO QUE FORMAN UNA CAPA EN LA SUPERFICIE DE LA SOLUCIÓN POR EFECTO DE LA FLOTACIÓN, PRODUCIDA POR EL EXCESO DE AIRE DISUELTO EN EL AGUA QUE CIRCULA. ESTA CAÑERÍA DE SALIDA DEBÍO SER REEMPLAZADA SÓLO UNA VEZ DEBIDO A LA CORROSIÓN CAUSADA POR EL YODO. ESTA ES LA ÚNICA PIEZA DEL EQUIPO DOSIFICADOR QUE FUE DETERIORADA POR CORROSIÓN AUNQUE HAY QUE RECORDAR QUE TAMBIÉN HUBO DAÑO EN EL RESTO DE LA TUBERÍA DE ACERO QUE CONDUCE EL EFLUENTE DEL YODADOR. EL OTRO EXTREMO DE ESTA CAÑERÍA COMUNICA CON UN EMBUDO, COLOCADO EXPRESAMENTE PARA ROMPER EL EFECTO DE SIFÓN QUE PODRÍA PERTURBAR EL ESCURRIMIENTO DE LA SOLUCIÓN YODADA QUE SE DESCARGA EN EL POZO SUBTERRÁNEO, DONDE SE PRODUCE LA MEZCLA.

EN EL MISMO EMBUDO, YA MENCIONADO, SE PROCEDE A TOMAR LA MUESTRA DE SOLUCIÓN YODADA PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE YODO, POR TITULACIÓN CON SOLUCIÓN DE $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 0.025 N. E INDICADOR DE SOLUCIÓN DE ALMIDÓN.

EL AGUA QUE FLUYE A TRAVÉS DEL DOSIFICADOR PROVIENE DE UN ESTANQUE ELEVADO CUYA FUNCIÓN ESENCIAL ES LA DE SUMINISTRAR AGUA PARA EL LAVADO DE LOS FILTROS. LAS FLUCTUACIONES DE SU NIVEL ORIGINARON VARIACIONES DEL CAUDAL DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN LO QUE CONSTITUYÓ UNA DIFICULTAD PARA SU REGULACIÓN.

T A B L A N.º 4
CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTRATOS DEL LECHO DE GRAVA
DEL DOSIFICADOR

| ESTRATO N.º | GRANULOMETRÍA DE LA GRAVA (ABERTURA DE LAS MALLAS). | | ESPESOR DEL ESTRATO (cm) |
|-------------|--|----------|-----------------------------|
| | PASA | RETENIDA | |
| 1 | 1 1/2" | 1" | 10 |
| 2 | 1/2" | 3/8" | 18 |
| 3 | 3/8" | 1/4" | 5 |
| 4 | 1/4" | 0,132" | 4 |
| TOTAL: | | | 37 (cm) |

4.3 SISTEMAS DE CONTROL DE LA DESINFECCIÓN DEL AGUA CON YODO.

LA COMISIÓN DE YODACIÓN PROGRAMÓ SISTEMAS DE CONTROLES TENDIENTES A OBTENER UNA ADECUADA DOSIFICACIÓN DEL YODO EN EL AGUA TRATADA E INFORMACIONES SOBRE LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA CONSEGUIDA POR LA YODACIÓN, REALIZANDO LOS SIGUIENTES CONTROLES.

4.3.1 CONTROLES DEL AGUA CRUDA.

EL EFLUENTE DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE EXPERIMENTABA VARIACIONES DE CAUDAL LO QUE SE MEDÍA POR UN VERTEDERO TRIANGULAR, (60º). CUANDO EL AGUA PROVIENE SÓLO DEL ESTERO EL ARRAYÁN, EL CAUDAL ES DE 200 (m³/H) Y SI ADEMÁS DE ESTA FUENTE, SE ADMITÍA AGUA DESDE EL ESTERO NOVILLO MUERTO, EL VERTEDERO REGISTRABA UN CAUDAL TOTAL DE 250 (m³/H). POR LO TANTO, BASTABA CONSIDERAR EL NÚMERO DE HORAS DE BOMBEO, DESDE ESTA ÚLTIMA FUENTE, PARA CALCULAR EL CAUDAL TOTAL DIARIO TRATADO EN LA PLANTA.

LA CALIDAD BACTERIOLÓGICA DEL AGUA CRUDA FUE DETERMINADA Y SUS CARACTERÍSTICAS SE INDICAN EN EL PUNTO 4.7.1

4.3.2 CONTROL DEL AGUA YODADA.

EL AGUA CONCENTRADA DE YODO O SOLUCIÓN MADRE, QUE FLUÍA DESDE EL DOSIFICADOR, FUE SOMETIDA DIARIAMENTE A LOS SIGUIENTES CONTROLES: TEMPERATURA, CONCENTRACIÓN DE YODO (MG/L), MEDIANTE TITULACIÓN DE 200 ML. DE MUESTRA CON SOLUCIÓN DE TIOSULFATO DE SODIO ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 0.025), USANDO SOLUCIÓN DE ALMIDÓN, COMO INDICADOR.

EL CAUDAL SE MIDió POR DIFERENCIA DE LECTURAS DEL MEDIDOR ROTÁMETRO.

EL INGENIERO DE LA COMISIÓN Y ENCARGADO DE VIGILAR EL PROGRAMA, VISITABA SEMANALMENTE LA PLANTA E INSCRIBÍA AL LIBRO DE CONTROL, LOS DATOS ANOTADOS EN PLANILLAS, POR EL JEFE DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE.

PARA LOGRAR UNA INFORMACIÓN MÁS PRECISA, DE LA CANTIDAD DE YODO ENTREGADA AL CAUDAL DE AGUA POTABLE, SE MIDió DIARIAMENTE EL NIVEL DEL LECHO DE YODO POR INMERSIÓN EN EL DOSIFICADOR DE UNA VARILLA METÁLICA QUE DISPONÍA EN SU EXTREMO DE UNA PLANCHITA TAMBIÉN METÁLICA, NORMAL A LA VARILLA. ADOADO AL EXTERIOR DEL DOSIFICADOR SE ENCONTRABA UNA PLETINA GRADUADA EN CENTÍMETROS, DE ACERO INOXIDABLE QUE, POR COMPARACIÓN CON LA ALTURA DE LA VARILLA QUE HABÍA SIDO SUMERGIDA, EN EL CUERPO DEL DOSIFICADOR, SE PODÍA CONSTATAR LA CANTIDAD EN CENTÍMETROS LINEALES QUE HABÍA DESCENDIDO LA CAPA DE YODO POR EFECTO DE SU LAVADO CON AGUA. ESTA DIFERENCIA RESULTÓ SER DEL ORDEN DE 2 (CM/DÍA).

LA TABLA Nº 5 RESUME LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS EN LA SOLUCIÓN MADRE DURANTE LAS 62 SEMANAS QUE DURÓ LA EXPERIENCIA.

T A B L A Nº 5

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN MADRE DE YODO

| | MÁXIMO | MÍNIMO | TERMINO MEDIO (ARMÓNICO) |
|--|--------|--------|-----------------------------|
| C, CONCENTRACIÓN DE I ₂ (MG/L) | 240 | 130 | 185 |
| T ₂₀ | 20 | 6 | 12 |
| Q, CAUDAL (M ³ /DÍA) | 17,6 | 9,5 | 13,6 |
| T, TIEMPO DE CONTACTO EN EL DOSIFICADOR (MINUTOS) | | | 3,38 |

EL TIEMPO DE CONTACTO, T, SE CALCULÓ COMO $T = \frac{V}{Q}$, EN QUE V = 32 LITROS QUE CORRESPONDE AL VOLUMEN DE LA CAPA DE YODO CONTENIDO EN EL DOSIFICADOR, CONSIDERANDO SU DIÁMETRO DE 25 CM. Y UNA ALTURA MEDIA DE 65 CM.

LA GRANULOMETRÍA DEL YODO CARGADO EN EL DOSIFICADOR ES SIMILAR A LA DE LA GRAVA MÁS PEQUEÑA, COLOCADA EN EL LECHO SOPORTANTE. (TABLA Nº 4).

EL GRÁFICO DE LA FIGURA 9 INDICA LA VARIACIÓN DEL TIEMPO DE CONTACTO EN FUNCIÓN DEL CAUDAL DE AGUA QUE LAVA LA CAPA DE YODO CON LA ALTURA ANOTADA Y CALCULADO DEL MODO SEÑALADO.

RESPECTO A LAS RELACIONES EXISTENTES ENTRE EL TIEMPO DE CONTACTO Y LA CONCENTRACIÓN DE YODO, LA TABLA Nº 5 DEMUESTRA QUE SUS VALORES SE APROXIMAN BASTANTE BIEN A LOS PREVISTOS EN LAS PRUEBAS PILOTOS HECHAS EN EL LABORATORIO, CUYOS RESULTADOS ESTÁN EXPUESTOS EN EL PUNTO 3.2 Y EN EL GRÁFICO DE LA FIGURA Nº 6. LA FALTA TOTAL DE CONCORDANCIA SE DEBE A QUE LAS TEMPERATURAS CONSIDERADAS EN EL AGUA QUE CIRCULÓ EN EL DOSIFICADOR PILOTO FUE DE 80°C Y EN CAMBIO, LA TEMPERATURA MEDIA EN EL AGUA DEL DOSIFICADOR DE LA PLANTA, DE 120°C.

EL FUNCIONAMIENTO DEL DOSIFICADOR PILOTO, PERMITIÓ PREVEER CON CIERTA APROXIMACIÓN, EL RÉGIMEN DE OPERACIÓN DEL DOSIFICADOR DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE. POR EJEMPLO, CON EL VALOR MEDIO DEL TIEMPO DE CONTACTO (2,64 MINUTOS), SE LOGRÓ UNA CONCENTRACIÓN DE 188 (MG/L) DE YODO EN EL DOSIFICADOR PILOTO, EN TANTO QUE, CON EL DOSIFICADOR DE LA PLANTA, CON UN TIEMPO DE CONTACTO PROMEDIO (3,38 MINUTOS) SE OBTUVO UNA CONCENTRACIÓN DE 185 (MG/L) DE YODO. LAS OBSERVACIONES SE REFIEREN A 80°C Y 120°C DE TEMPERATURA DEL AGUA, RESPECTIVAMENTE. EL CAUDAL MEDIO DE LA SOLUCIÓN MADRE, PREVISTO EN EL DOSIFICADOR PILOTO FUE DE 10 (L/MINUTO), EN TANTO QUE EL OBTENIDO EN LA PLANTA DE AGUA POTABLE, FUE DE 13,6 (L/MINUTO), COMO PROMEDIO.

4.4 BALANCE DE YODO EN LA PLANTA DE AGUA POTABLE.

DE LA TABLA Nº 5 SE PUEDE CALCULAR LA CANTIDAD DE YODO ENTREGADA AL AGUA POTABLE, COMO EL PRODUCTO ENTRE LA CONCENTRACIÓN MEDIA DE YODO Y EL CAUDAL MEDIO DE LA SOLUCIÓN YODADA, O SEA :

$$\begin{aligned} CM &= 185 \text{ (MG/L)} = 185 \text{ (G/M}^3\text{)} \\ QM &= 13,6 \text{ (M}^3\text{/DÍA)} \\ I_2 &= 185 \times 13,6 = 2.520 \text{ (G/DÍA)} = 2,52 \text{ (KG/DÍA)} \end{aligned}$$

EL TOTAL DE I_2 ENTREGADO AL AGUA DURANTE LAS 62 SEMANAS EN QUE HUBO CONTROL ESPECIAL ESTÁ DETERMINADO POR LA SIGUIENTE EXPRESIÓN :

$$\text{TOTAL } I_2 = 2,52 \times 7 \times 62 = 1.090 \text{ KG.}$$

LA CANTIDAD DE YODO APORTADA POR LA CORPORACIÓN DE VENTAS DE SALITRE Y YODO DE CHILE FUE DE 1.247 KG. CON UNA LEY DE 99,5% DE I_2 . O SEA, SE RECIBIERON 1.241 KG. DE YODO PURO. ESTA CANTIDAD SE DISTRIBUYÓ DEL SIGUIENTE MODO :

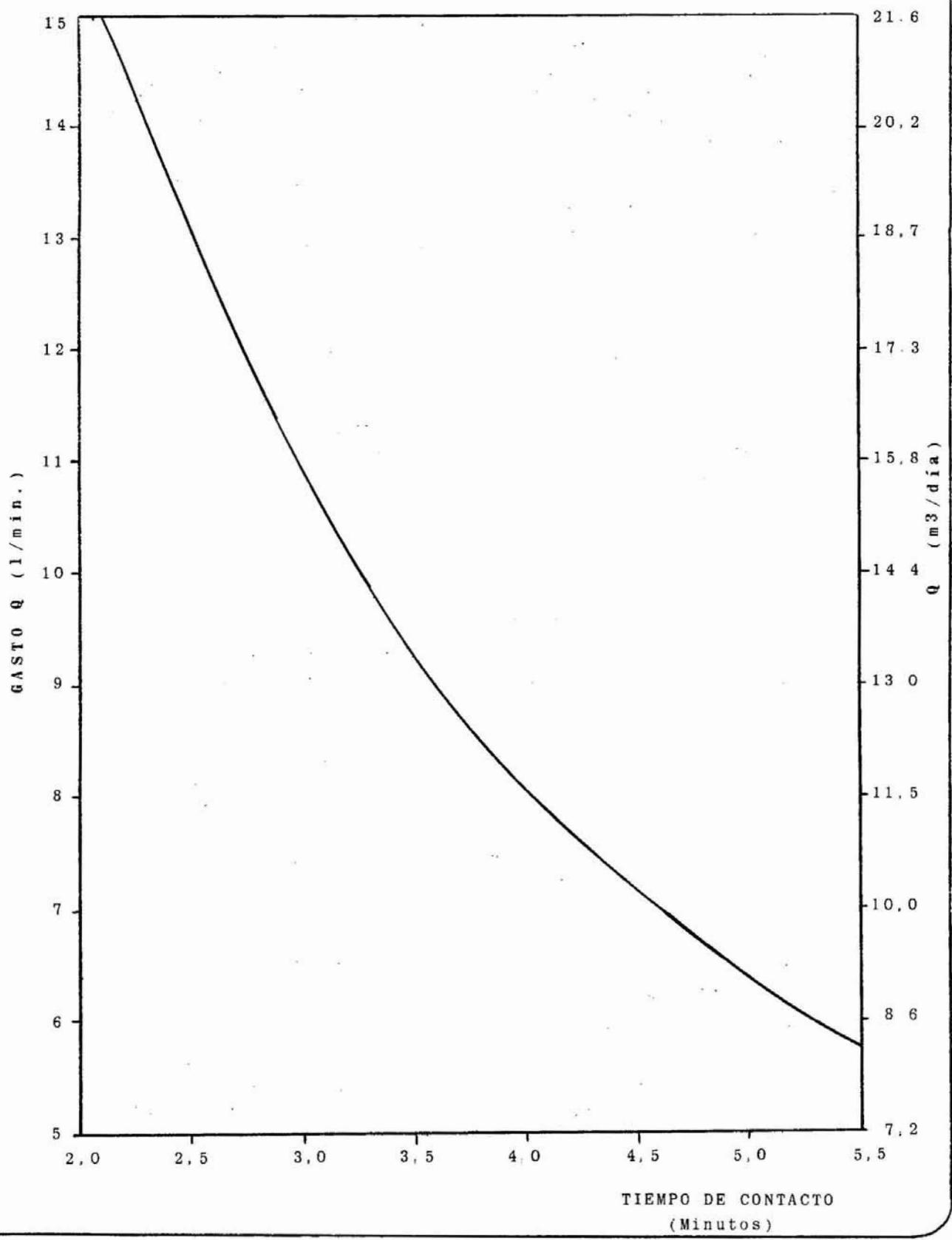
| | | |
|--|---|------------------|
| YODO ENTREGADO AL AGUA POTABLE EN 62 SEMANAS DE EXPERIENCIA | = | 1.090 Kg. |
| YODO ENTREGADO AL AGUA POTABLE DESPUÉS DE TERMINADA LA EXPERIENCIA | = | 52 Kg. |
| 8% DE ERROR EN EL BALANCE | = | 99 Kg. |
| TOTAL YODO CON 100% I_2 | | <u>1.241 Kg.</u> |

4.5 DOSIS DE YODO OBTENIDA EN EL AGUA POTABLE.

DE LAS MEDICIONES DIARIAS EFECTUADAS EN EL VERTEDERO QUE CONTROLA EL CAUDAL DE AGUA TRATADO EN LA PLANTA, SE OBTIENE UN VALOR MEDIO DE $Q = 5.300 \text{ (M}^3\text{/DÍA)}$. SEGÚN EL CÁLCULO ANTERIOR, SE ENTREGÓ UN PROMEDIO DE 2.520 (G/DÍA)

TIEMPO DE CONTACTO SEGUN GASTO DE AGUA. DOSIFICA-
DOR DE YODO (VOLUMEN LECHO YODO, 32 lt.) PLANTA DE
AGUA POTABLE EL ARRAYAN

FIG. Nº 9



DE YODO QUE, RELACIONADO CON EL CAUDAL DE AGUA TRATADA, PERMITE CALCULAR UNA DOSIS MEDIA DE $\frac{2.520}{5.300} = 0,48 \text{ (GR/M}^3\text{)} = 0,48 \text{ (MG/L)}$.

EN LOS CONTROLES DE LA PLANTA SE CONSTATARON VALORES MÍNIMOS DE 0,4 (MG/L) Y MÁXIMOS DE 0,7 (MG/L). ESTAS FLUCTUACIONES SE DEBIERON A IMPERFECCIONES DEL SISTEMA DE CONTROL, ESPECIALMENTE, EN CUANTO EL CAUDAL DE LA SOLUCIÓN YODADA QUE DEPENDÍA MUCHO DEL NIVEL DE AGUA DEL ESTANQUE ELEVADO QUE ALIMENTABA AL DOSIFICADOR Y QUE VARIABA POR BRUSCAS SOLICITACIONES DEBIDAS AL LAVADO DE LOS FILTROS DE LA PLANTA.

DURANTE LAS 62 SEMANAS QUE DURÓ LA EXPERIENCIA DE DESINFECCIÓN DEL AGUA DE LA PLANTA DE EL ARRAYÁN, LAS DOSIS DE YODO ENTREGADAS SE DISTRIBUYERON EN LA PROPORCIÓN QUE SE INDICA EN LA TABLA Nº 6, SEGÚN CÁLCULOS DIARIOS PRACTICADOS EN BASE A CAUDALES DE AGUA TRATADA Y CONCENTRACIÓN DE LA SOLUCIÓN MADRE.

T A B L A Nº 6

DISTRIBUCION DE LAS DOSIS DE YODO ADICIONADAS AL AGUA POTABLE, CON RELACION AL TIEMPO QUE DURO LA EXPERIENCIA.

| DOSIS DE I ₂ (MG/L) | % DEL TIEMPO EN QUE ESTUVO PRESENTE EN EL AGUA. |
|-----------------------------------|--|
| 0,4 | 14 |
| 0,5 | 52 |
| 0,6 | 18 |
| 0,7 | 16 |

EL VALOR RECOMENDADO COMO YODO RESIDUAL ES DE 0,6 (MG/L). LA COMISIÓN DE YODACIÓN FUE CAUTELOSA PARA ALCANZAR ESTE VALOR POR PELIGRO DE DESARROLLO DE MAL SABOR. A MEDIDA QUE LA POBLACIÓN FUE ACOSTUMBRÁNDOSE AL LIGERO SABOR A YODO, SE FUE ALZANDO LA DOSIS HASTA LLEGAR A 0,7 (MG/L).

NO FUE POSIBLE DETERMINAR EXPERIMENTALMENTE (EQUIPO DE CAMPO) LA CANTIDAD DE YODO RESIDUAL, PORQUE SÓLO SE DISPUSO DEL COMPARADOR CASI AL FINAL DEL DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA Y, PRINCIPALMENTE, PORQUE SU ESCALA EMPIEZA CON EL VALOR 0,4 (MG/L) Y QUE ES PRECISAMENTE CASI IGUAL AL VALOR PROMEDIO DE LAS DOSIS AGREGADAS AL AGUA. EN ALGUNAS OCASIONES, LA SOLUCIÓN DEL COMPARADOR REGISTRÓ LIGERA COLORACIÓN DEBIDO AL YODO RESIDUAL, PERO SIEMPRE CON VALORES INFERIORES A 0,4 (MG/L).

LA DEMANDA DE YODO DEL AGUA FILTRADA DE LA PLANTA DEL ARRAYÁN ES DE 0,24 (MG/L) QUE SE DETERMINÓ AL FINAL DE LA INVESTIGACIÓN, UNA VEZ QUE SE DISPUSO DE UN COMPARADOR DE YODO MEJORADO EN SU SENSIBILIDAD CON RESPECTO AL EQUIPO DE CAMPO ANTERIORMENTE MENCIONADO.

4.6 CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL AGUA.

COMO UN MEDIO DE PREVENIR EL REHAZO DEL AGUA DESINFECTADA CON YODO, DE PARTE DE LA POBLACIÓN ABASTECIDA, SE LLEVÓ UN ESTRICTO CONTROL DIARIO DE LA TEMPERATURA DE LA SOLUCIÓN MADRE, A LA SALIDA DEL DOSIFICADOR Y TAMBIÉN, AUNQUE EN FORMA ESPORÁDICA, EN EL AGUA DE LA RED. DE ESTE MODO SE PODÍA PREESTABLECER LA PROBABLE

REACCIÓN DEL PÚBLICO, HACIENDO USO DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA POR EL GRÁFICO DE LA FIGURA Nº 5 (% DE ACEPTACIÓN POR SABOR Y DOSIS DE YODO).

SE CONSTATÓ QUE HABÍA UNA DIFERENCIA DE 3 A 4 GRADOS ENTRE LA TEMPERATURA DEL AGUA MEDIDA A LA SALIDA DEL DOSIFICADOR Y LA OBSERVADA EN LA RED EN LOS PUNTOS ALEJADOS DE LA PLANTA. POR EJEMPLO : 20°C EN EL DOSIFICADOR Y 24°C EN UNA LLAVE DE LA RED.

EL GRÁFICO DE LA FIG. 10, INDICA LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA YODADA, A LA SALIDA DEL DOSIFICADOR, EN EL TRANSURSO DE LOS MESES EN QUE SE VERIFICÓ LA YODACIÓN EXPERIMENTAL EN EL SERVICIO DE AGUA POTABLE EL ARRAYÁN.

4.7 RENDIMIENTO DESINFECTANTE DE LA YODACIÓN.

ES IMPORTANTE DESTACAR EL HECHO DE QUE, SEGÚN CONTROLES PRACTICADOS DURANTE VARIOS AÑOS, EL SERVICIO ELEGIDO PRESENTA CON FRECUENCIA UNA ALTA CONTAMINACIÓN EN LAS MUESTRAS DE LA LLAMADA SERIE DE PLANTA, QUE COMPRENDE LAS MUESTRAS DE AGUA CRUDA, DECANTADA Y FILTRADA. SE CONOCÍA TAMBIÉN QUE TAN PRONTO LA DESINFECCIÓN CON CLORO SE HACÍA EN DEFECTUOSAS CONDICIONES DE DOSIFICACIÓN, HABÍA UNA ALTA CONTAMINACIÓN EN EL AGUA QUE CIRCULABA POR LA RED. SE COMPROBÓ UNA ESTRECHA RELACIÓN ENTRE LOS PERÍODOS EN QUE HUBO CLORACIÓN SATISFACTORIA Y LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS NO CONTAMINADAS, RATIFICADA POR UN CONTROL PRELIMINAR EFECTUADO DESDE FINES DE SEP. A DIC. DE 1966.

SE INICIÓ EL CONTROL BACTERIOLÓGICO DE LAS AGUAS DEL SERVICIO DE EL ARRAYÁN MEDIANTE EL EXAMEN DE UN JUEGO DE 10 MUESTRAS DE AGUAS DE LA RED Y DE DOS DE AGUAS DE LOS FILTROS, TAMADAS ÉSTAS ÚLTIMAS CON 10 MINUTOS DE DIFERENCIA.

LA SIEMBRA DE ESTAS DOCE MUESTRAS DIARIAS -DE LUNES A JUEVES- SE EFECTUÓ EN CALDO LACTOSADO CORRIENTE PARA DETERMINAR EL N.M.P. DE COLIBACILOS, AJUSTÁNDOSE LA TÉCNICA EN TODO A LO PRESCRITO POR LA NORMA CHILENA DE AGUA POTABLE, INDICADOR 2.61-11. SIN EMBARGO, POR TRATARSE DE UN CONTROL DIFERENTE DEL RUTINARIO, SE SEMBRARON, ADEMÁS DE LAS 5 PORCIONES DE 10 CC. DE LA MUESTRA NORMAL, 5 PORCIONES DE 1 CC. Y 5 PORCIONES DE 0,1 CC. SE COMPLETÓ CON LAS CUENTAS TOTALES DE BACTERIAS POR 1 CC. EN AGAR NUTRITICO CORRIENTE (A 37°C/24 HRS. Y A 20°C/48 HRS.)

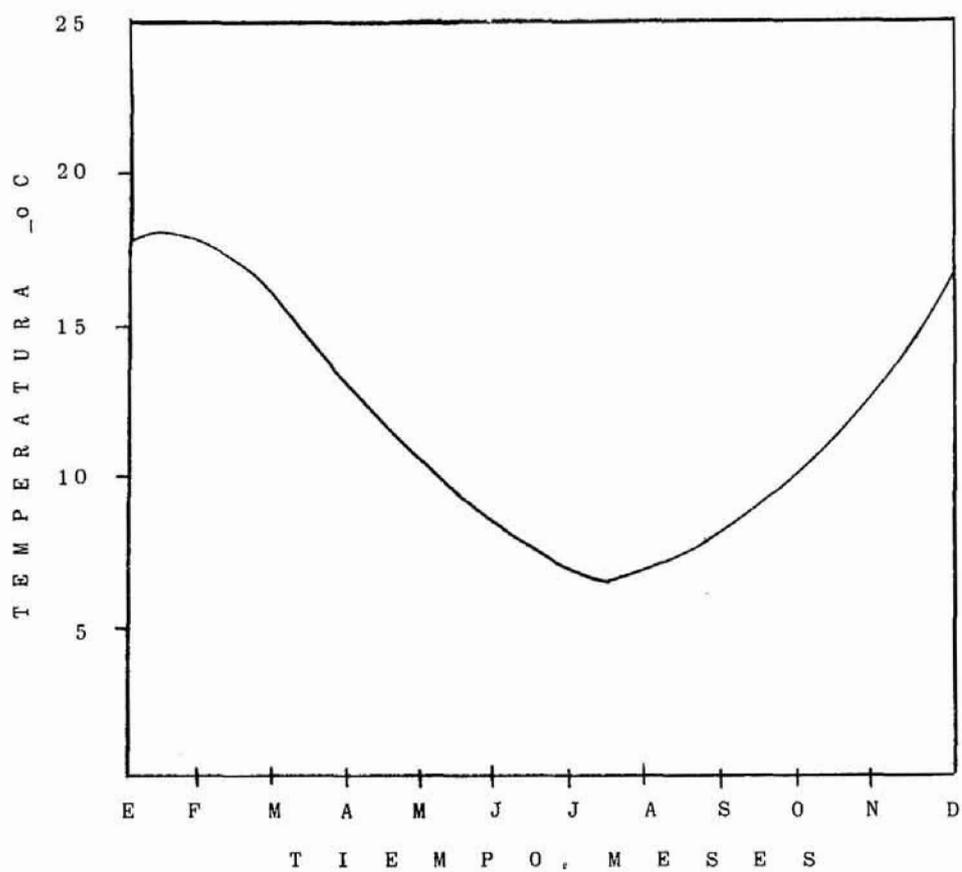
EN CASO DE APARICIÓN PRESUNTIVA DE COLIFORMES EN CALDO LACTOSADO CORRIENTE A LAS 24 - 48 HRS. DE INCUBACIÓN, SE CONFIRMARON ESAS PORCIONES POSITIVAS EN CALDO LACTOSADO BILIS VERDE BRILLANTE Y, EN CASO POSITIVO EN ESTE SEGUNDO MEDIO DE CULTIVO, SE PROSIGUIÓ CON LA PRUEBA COMPLETA (LA IDENTIFICACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE LAS CEPAS). AL TÉRMINO DE LA PRUEBA CONFIRMADA SE CONSIDERÓ SUFICIENTE LA INFORMACIÓN OBTENIDA PARA EMITIR UN VALOR DE N.M.P. DE COLIBACILOS.

LOS LUGARES DE MUESTREO FUERON: TRES EN ARRAYÁN (SECTORES 1, 2 Y 3) CUATRO EN BARNECHEA (SECTORES 4, 5, 6 Y 7) Y TRES EN SAN FRANCISCO DE LAS CONDES (SECTORES 8, 9 Y 10); VER FIGURA Nº 7. DURANTE EL TRANSURSO DE LOS CONTROLES Y PARA DAR CABIDA A DOS MUESTRAS MÁS (CRUDA Y DECANTADA DE LA PLANTA) SE SUPRIMIÓ EL MUESTREO EN LOS SECTORES 5 Y 7, AMBOS CERCANOS AL SECTOR 6; ASÍ, SE MANTUVO EL NÚMERO DE DOCE MUESTRAS AL DÍA. EN TOTAL SE ANALIZARON 1.557 MUESTRAS, INCLUIDAS LAS DE SERIE DE PLANTA. SE LE COMPLEMENTÓ CON UNA APRECIACIÓN DEL SABOR Y TURBIEDAD EN LAS MUESTRAS DE LA RED Y DURANTE APROXIMADAMENTE 10 DÍAS, CON LA DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA.

DURANTE EL CONTROL DEL AGUA YODADA, PRONTO SE OBSERVÓ QUE SOLÍAN PRODUCIRSE PUNTOS DE REPENTINA CONTAMINACIÓN, CUANDO DESCENDÍA LA DOSIS DE YODO. ESTOS PUNTOS DE CONTAMINACIÓN ERAN DE TAL MAGNITUD QUE BASTABA UNO O DOS EN EL MES PARA BAJAR EL N.M.P. PROMEDIO MENSUAL, EN RELACIÓN CON EL VALOR DE 1 COLIBACILO POR

FIG. N° 10

VARIACION DE LA TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA
YODADA-SOLUCION MADRE-SEGUN MESES DEL AÑO 1967



100 CC. SE INVESTIGÓ LA CAUSA PROBABLE DE ESA ANOMALÍA Y SE CONSIGUIÓ CONSTATAR QUE DURANTE ESOS DÍAS SE SUSPENDIÓ EL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, POR MAL TIEMPO. EN ESTAS CIRCUNSTANCIAS, NO ACCIONABA LA BOMBA QUE ELEVA EL AGUA AL ESTANQUE DE LAVADO DE LOS FILTROS, Y QUE SUMINISTRA EL AGUA REQUERIDA POR EL DOSIFICADOR DE YODO. EN ESAS CONDICIONES, NO HABÍA YODACIÓN O ÉSTA SERÍA INSUFICIENTE. CON ESTOS ANTECEDENTES, REFORZADO POR INFORMES METEREOLÓGICOS, SE RESOLVIÓ DESCARTAR LOS RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS DE ESOS DÍAS DE MAL TIEMPO. IGUAL TEMPERAMENTO SE APLICÓ PARA LOS RESULTADOS DE DOS DÍAS DE AGOSTO (30 Y 31), POR BAJA DOSIS DEBIDA A PROBLEMAS QUE SE PRESENTARON EN LA REGULACIÓN DEL CAUDAL DE LA SOLUCIÓN YODADA; LO QUE OCURRIÓ EN UN DÍA DE NOVIEMBRE, DE DICIEMBRE Y DE FEBRERO. EN TOTAL SE ELIMINARON LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS CORRESPONDIENTE A 8 DÍAS.

ANALIZANDO LOS RESULTADOS CON ESTE PLANTEAMIENTO SE LLEGA A LA SIGUIENTE CONCLUSIÓN :

- A) DURANTE LOS MESES DE ABRIL 1967 A MARZO 1968 (TÉRMINO DE LA EXPERIENCIA) EL AGUA YODADA CUMPLIÓ CON LA NORMA INDITEGNOR, 2.61-11 CH. (FIGURA Nº 11) QUE ESTABLECE TEXTUALMENTE PARA LAS MUESTRAS CONSTITUIDAS POR 5 PORCIONES DE 10 CC. CADA UNA :
- 1º.- DE TODAS LAS PORCIONES QUE SE EXAMINEN MENSUALMENTE SÓLO UN MÁXIMO DEL 10% PODRÁN INDICAR LA PRESENCIA DE COLIBACILOS.
 - 2º.- CIRCUNSTANCIALMENTE 3 O MÁS PORCIONES DE LAS 5 PORCIONES QUE CONSTITUYEN UNA MUESTRA NORMAL PODRÁN INDICAR LA PRESENCIA DE COLIBACILOS, SIEMPRE QUE NO OCURRA EN MUESTRAS CONSECUTIVAS O EN MAYOR PROPORCIÓN QUE LAS SIGUIENTES: 5% DE LAS MUESTRAS CUANDO EN EL MES SE EXAMINEN 20 O MÁS Y 1 MUESTRA CUANDO EN EL MES SE EXAMINEN MENOS DE 20.
- B) AUNQUE LA NORMA INDITEGNOR EXPLICITAMENTE NO LO ESTABLECE, SE DESPRENDE QUE ES REQUISITO INDISPENSABLE PARA QUE SE CUMPLA, QUE EL N.M.P. DE COLIBACILOS POR 100 CC. CORRESPONDIENTE AL TÉRMINO MEDIO DE LAS MUESTRAS TOMADAS MENSUALMENTE NO DEBE SER SUPERIOR A 1 COLIBACILO POR 100 CC. CONSIDERANDO ESTE CRITERIO LAS MUESTRAS CUMPLEN ESTA CONDICIÓN DESDE MAYO DE 1967 A MARZO DE 1968. (FIGURA Nº 12). PARA DETERMINAR EL N.M.P. SE EMPLEÓ LA SERIE POR MUESTRA DE 5 TUBOS CON 10 CC., 5 TUBOS DE 1 CC. Y 5 TUBOS DE 0,1 CC. DEL AGUA EN ANÁLISIS.

SE DESPRENDE DE LOS PÁRRAFOS A) Y B) PRECEDENTES QUE DESDE MAYO A MARZO EL AGUA DE LA RED CUMPLE CON LOS REQUISITOS BACTERIOLÓGICOS CONSIDERANDO LOS DOS CRITERIOS, EN CAMBIO EN EL MES DE ABRIL SÓLO SE CUMPLE EL CRITERIO A), Y DURANTE FEBRERO Y MARZO DE 1967, (COMIENZO DE LA EXPERIENCIA, BAJA DOSIFICACIÓN) NO CUMPLE NINGUNO DE LOS DOS CRITERIOS A) Y B) CITADOS.

SI EN LA CALIFICACIÓN DEL AGUA SE TOMARON EN CUENTA LOS RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS DE LAS OCHO MUESTRAS OMITIDAS POR RAZONES CALIFICADAS, COMO SE INDICÓ ANTERIORMENTE, EL PANORAMA SERÍA COMPLETAMENTE DISTINTO. EN EFECTO, EN ESTE CASO SÓLO SE CUMPLIRÍA CON LA NORMA LOS MESES DE ABRIL, JUNIO Y AGOSTO DE 1967 Y DURANTE ENERO Y MARZO DE 1968. SE EXEDIÓ MODERADAMENTE SÓLO EN UNA DE LAS DOS CONDICIONES, EN MAYO, JULIO, SEPTIEMBRE Y NOVIEMBRE DE 1967, Y NO CUMPLE NINGUNA DE LAS DOS CONDICIONES, EN FEBRERO, MARZO Y DICIEMBRE DE 1967 Y FEBRERO DE 1968.

4.7.1 ESTUDIO DE LA SERIE DE PLANTA.

AL COMENZAR EL PROGRAMA DE LA YODACIÓN, SE CREYÓ SUFICIENTE CONOCER EL GRADO DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE LOS FILTROS SOLAMENTE, YA QUE SOBRE ÉSTA EJERCE EL YODO SU ACCIÓN DESINFECTANTE. SIN EMBARGO, EN EL TRANScurso DE LA EXPERIENCIA SE CONSIDERÓ CONVENIENTE TENER UNA IDEA DEL GRADO DE CON-

FIG. N°11

CUMPLIMIENTO DE LOS ANALISIS BACTERIOLOGICOS DEL AGUA YODADA EN LA PLANTA DEL "ARRAYAN" SEGUN LA NORMA VIGENTE EN CHILE, 2.61 - 11 CH (LA LINEA HORIZONTAL REPRESENTA EL LIMITE DE CONTAMINACION PERMITIDO)

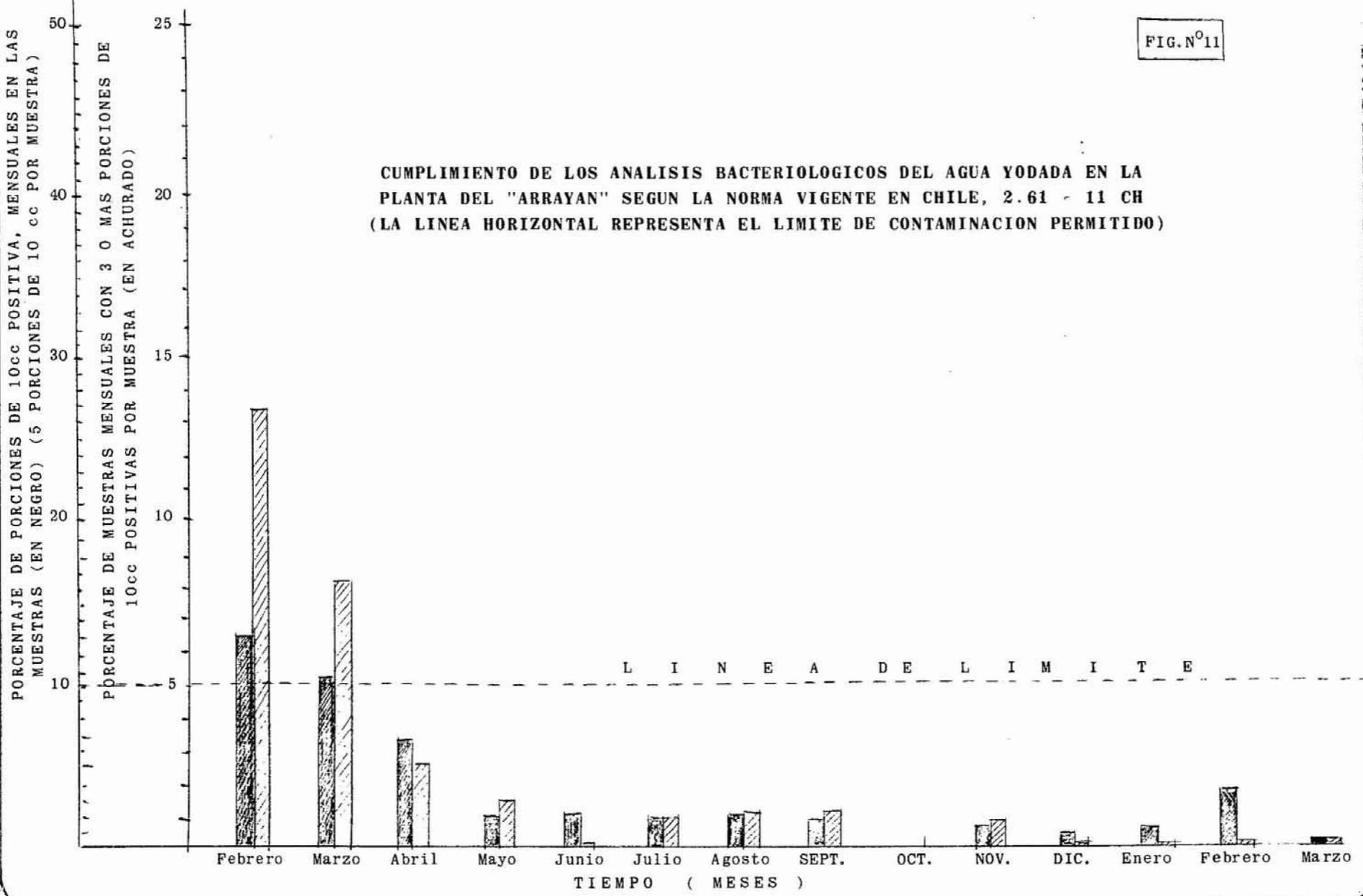
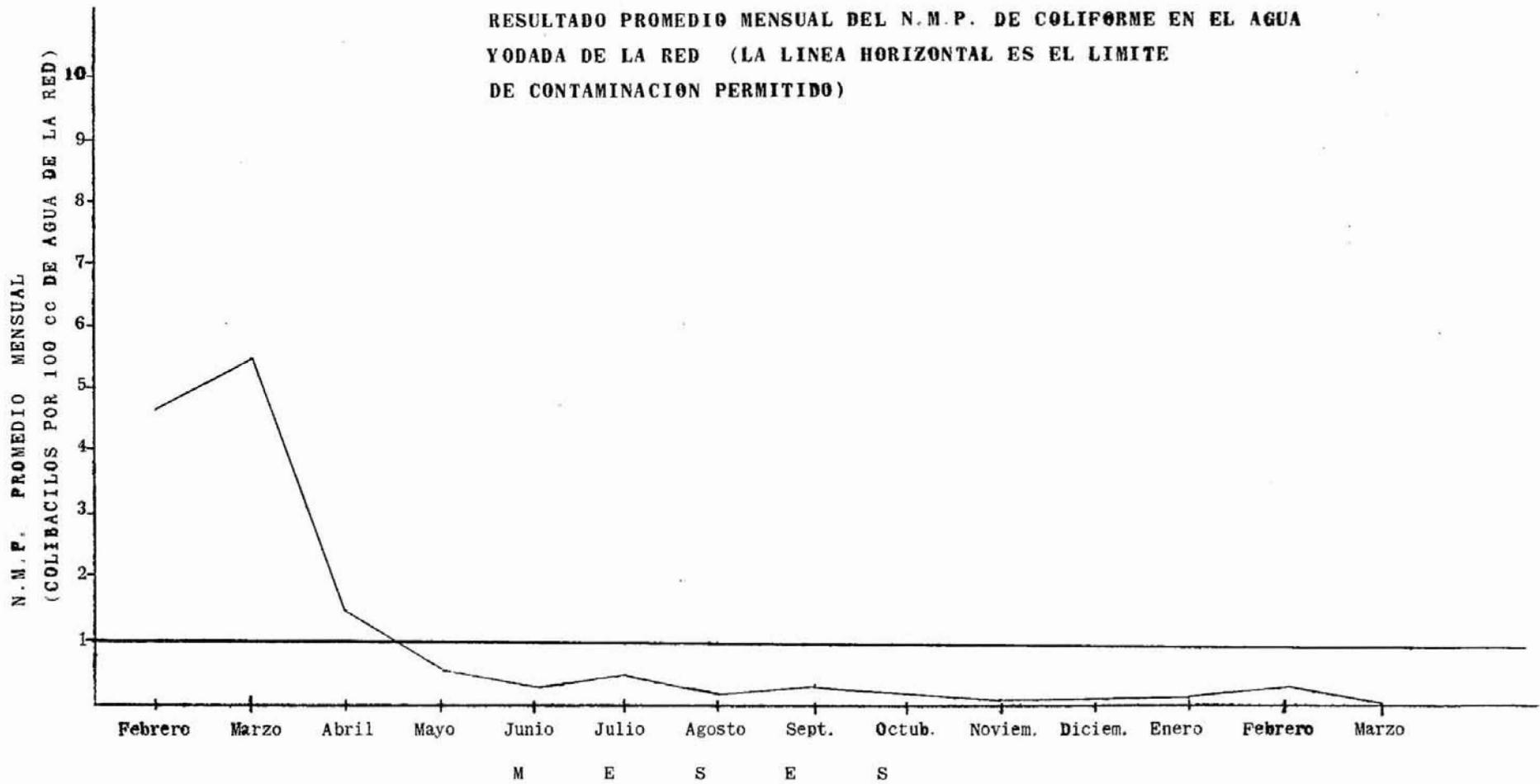


FIG. N°12

RESULTADO PROMEDIO MENSUAL DEL N.M.P. DE COLIFORME EN EL AGUA
YODADA DE LA RED (LA LINEA HORIZONTAL ES EL LIMITE
DE CONTAMINACION PERMITIDO)



TAMINACIÓN DEL AGUA CRUDA Y DECANTADA DE LA PLANTA. ES ASÍ QUE, A PARTIR DE MEDIADOS DE MAYO, SE INICIÓ EL MUESTREO ADICIONAL DE ESTAS AGUAS Y SE LE MANTUVO SIN VARIACIONES HASTA EL 31-III-68. LOS RESULTADOS BACTERIOLÓGICOS OBTENIDOS SOBRE ESTOS TRES TIPOS DE AGUA, EXPRESADOS EN N.M.P. PROMEDIO MENSUAL SE ENCUENTRAN DETERMINADOS EN LAS CURVAS CORRESPONDIENTES A LA FIGURA Nº 13. AL OBSERVAR ESTOS VALORES, SE COMPROBEA QUE LA CONTRIBUCIÓN DE LA PLANTA AL PROCESO DEPURADOR ES BAJA, LO CUAL QUEDA DEMOSTRADO EN FORMA MÁS CLARA COMPARANDO LOS VALORES DEL N.M.P. DE LAS MUESTRAS TOMADAS A LA SALIDA DEL DECANTADOR Y DE LOS FILTROS.

4.7.2 CONCLUSIONES DEL CONTROL BACTERIOLÓGICO DEL AGUA DESINFECTADA CON YODO.

DURANTE LAS 62 SEMANAS QUE SE PRACTICÓ CON YODO LA DESINFECCIÓN DEL AGUA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EL ARRAYÁN, SE PUDO COMPROBAR LA EFICACIA DE ESTE ELEMENTO AÚN FRENTE A AGUA FILTRADA BASTANTE CONTAMINADA, CON VALORES TAN ALTOS COMO 600 COLIBACIOS SEGÚN SE DESPRENDE DE LOS VALORES DE LA FIGURA Nº 13. LA FALTA DE EFICIENCIA DE LA SEDIMENTACIÓN Y FILTRACIÓN, COMPROBADA POR EXÁMENES BACTERIOLÓGICOS, FUE CAUSANTE QUE PERSISTIERA ESTA ALTA CONTAMINACIÓN HASTA ANTES DE LA MEZCLA DEL AGUA FILTRADA CON LA SOLUCIÓN MADRE, PREPARADA EN EL DOSIFICADOR DE YODO.

LOS RESULTADOS INSATISFACTORIOS DE ALGUNAS MUESTRAS SE PUEDEN ATRIBUIR A LAS SIGUIENTES RAZONES :

- A) FALTA DE ADICIÓN DE YODO POR NO CONTAR CON AGUA PARA EL DOSIFICADOR.
- B) ADICIÓN INSUFICIENTE DE YODO POR DEFECTUOSA REGULACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE AGUA MADRE, DEBIDA A VARIACIONES EN EL NIVEL DE ESTANQUE DE ALIMENTACIÓN DEL LECHO DE YODO CONTENIDO EN EL DOSIFICADOR, Y QUE ES EL MISMO QUE PROPORCIONA EL AGUA DE LAVADO DE LOS FILTROS.
- C) EXCESO DE CUIDADOS PUESTOS EN LA ADICIÓN DE YODO PARA EVITAR RECLAMOS POR DESARROLLO DE MAL SABOR, AÚN CUANDO LAS DOSIS DE YODO ADICIONADAS AL AGUA NO SOBREPASARON 0,7 (MG/L). AL PRINCIPIO DE LA EXPERIENCIA SE MANTUVO ESTA DOSIS SÓLO EN 0,4 (MG/L)
- D) ALTA CONTAMINACIÓN PRESENTADA POR EL AGUA A TRATAR.

A PESAR DE TODAS LAS DIFICULTADES ENCONTRADAS EN EL TRANSCURSO DE LA EXPERIENCIA, SE CONSIDERA EXITOSO EL RENDIMIENTO DESINFECTANTE DEL YODO, LOGRADO EN LAS CONDICIONES EXPUESTAS, CUYA DOSIS MEDIA FUE DE 0,5 (MG/L), A LA QUE LE CORRESPONDE UNA ALTA PROPORCIÓN DE H₂O₂, PROCEDENTE DE LA DISOCIACIÓN DEL I₂, Y QUE ES EL AGENTE ACTIVO EN LA DESINFECCIÓN (PUNTO 1.2)

SE ATRIBUYE GRAN PARTE DE ESTE RESULTADO SATISFACTORIO, AL PROLONGADO TIEMPO DE CONTACTO ALCANZADO EN EL ESTANQUE DE REGULACIÓN UBICADO AGUAS ABAJO DEL DOSIFICADOR. ESTE TIEMPO DE CONTACTO ES DEL ORDEN DE 2 HORAS, SEGÚN SE EXPUSO EN EL PUNTO 4.1.

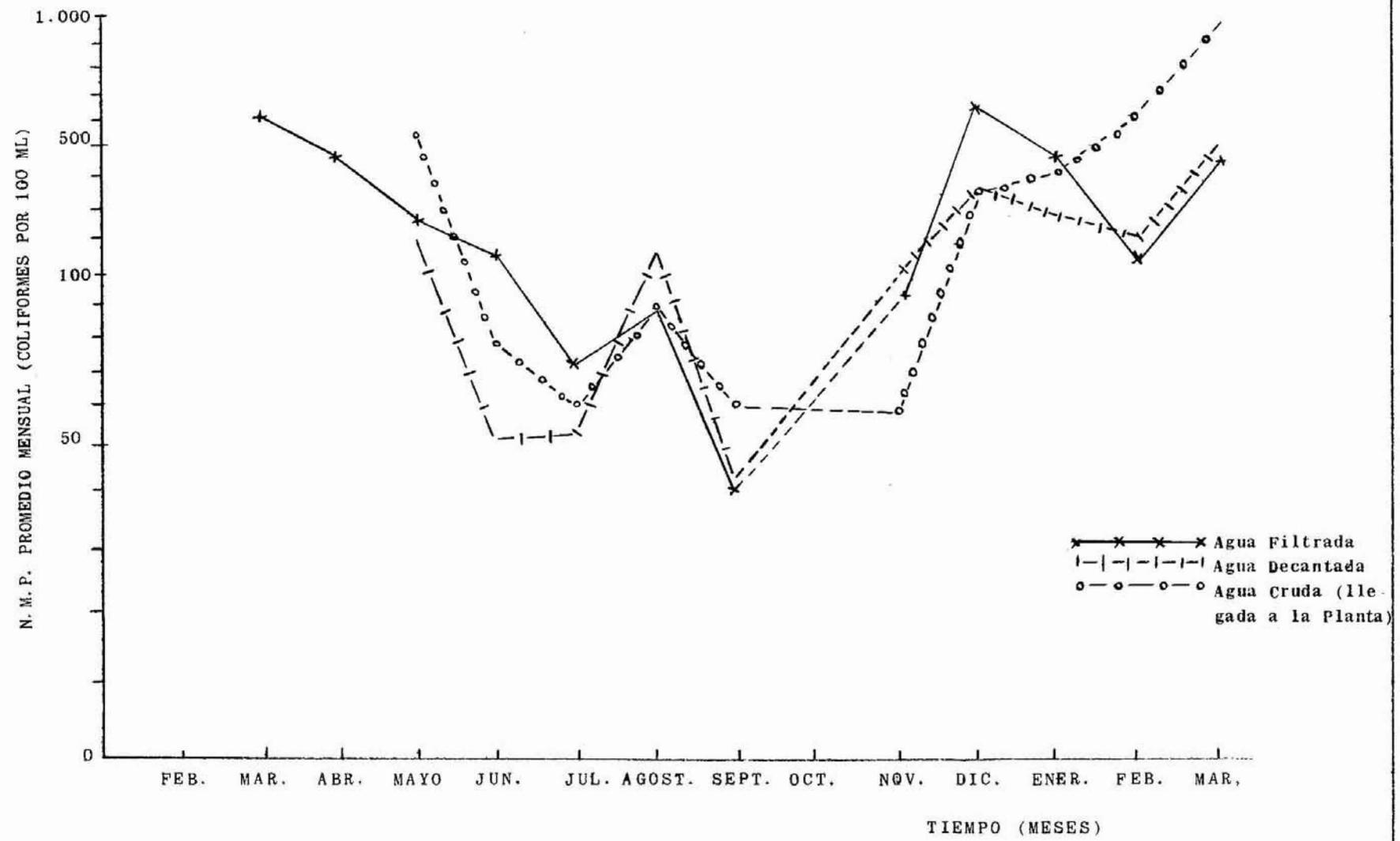
LA COMISIÓN DE YODACIÓN QUE ESTUVO A CARGO DE ESTA INVESTIGACIÓN, ESTIMA QUE LA EXPERIENCIA ADQUIRIDA PERMITIRÍA OBTENER AÚN MEJORES RESULTADOS Y EN SU OPINIÓN, LA YODACIÓN DEL AGUA POTABLE, ES CONVENIENTE COMO UN MEDIO DE OBTENER AGUA DE BUENA CALIDAD DESDE EL PUNTO DE VISTA BACTERIOLÓGICO COMPATIBLE CON LA NORMA CHILENA DE AGUA POTABLE, INDITECNOR 2.61-11 CH.

5.- COSTOS DE YODACION Y CLORACION COMPARADOS.

CON PROPÓSITOS DE COMPARACIÓN SE ESTABLECEN LOS COSTOS

N.M.P. DE COLIBACILOS PROMEDIO MENSUAL DEL AGUA CRUDA, BECANTADA,
 FILTRADA CORRESPONDIENTE A LA PLANTA "EL ARRAYAN"

FIG. N°13



NOTA. DURANTE OCTUBRE NO SE MUESTREO.
 POR FALTA DE MOVILIZACION.

QUE RESULTARÍAN DE DESINFECTAR AGUA DESTINADA A LA BEBIDA PARA UNA POBLACIÓN DE 10.000 HABITANTES, SEGÚN LA NATURALEZA DEL HALÓGENO EMPLEADO, SEA ESTE YODO O CLORO Y CONSIDERANDO EN ESTE ÚLTIMO CASO, LA APLICACIÓN DE SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO Y GAS CLORO.

LAS BASES DE CÁLCULO SON :

- A) ABASTECER A UNA POBLACIÓN DE 10.000 HABITANTES, CON UNA DOTACIÓN DE 250 (L/HABITANTES/DÍA).
- B) LA DOSIS DE HALÓGENO AGREGADA AL AGUA ES DE 1 (MG/L) PARA EL CLORO Y DE 0,7 (MG/L) PARA EL YODO (VALOR MÁXIMO DE LA EXPERIENCIA).
- C) TANTO EL YODO COMO EL CLORO TIENEN UNA PUREZA DE 100%. LA SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO (NACLO) TIENE CONCENTRACIÓN DE 10% DE CLORO ACTIVO.
- D) EL VALOR DE LA SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 10% ES DE 0,486 (E²/L) LO QUE CORRESPONDE A 4,86 (E²/KG) DE CLORO. EL VALOR DEL YODO ES DE 5,50 (E²/KG) Y EL VALOR DEL GAS CLORO, DE 1,45 (E²/KG).
- E) EL TIEMPO DE AMORTIZACIÓN ESTIMADO DEL DOSIFICADOR DE YODO ES DE 20 AÑOS Y DE 10 AÑOS PARA LOS DOSIFICADORES DE CLORO, TANTO PARA APLICAR SOLUCIÓN, COMO GAS.
- F) LOS PRECIOS DE LOS DOSIFICADORES DE CLORO CORRESPONDEN A LOS EQUIPOS OFRECIDOS POR WALLACE AND TIERNAN : SERIE A-745 PARA LA SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO Y SERIE A-741 PARA EL GAS CLORO (ATENCIÓN DE LA FIRMA TEMAC-SANTIAGO.) EL COSTO DEL DOSIFICADOR DE YODO CORRESPONDE AL COSTO CALCULADO EN LA CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DEL APARATO MONTADO EN LA PLANTA EL ARRAYÁN.

LA SIGUIENTE TABLA PERMITE ESTABLECER LOS COSTOS DE DESINFECCIÓN, SEGÚN LAS BASES ANTES EXPUESTAS :

T A B L A N^o 7

COMPARACION DE COSTOS DE DESINFECCION DE AGUA, CON YODO Y CON CLORO

| ITEM | YODACION | CLORACION | |
|--|---|--|--------------------------|
| | | CON SOLUCIÓN DE NACLO (10% CL ₂) | CON GAS CLORO |
| | CON CRISTALES DE I ₂ (99,58% I ₂) | | |
| COSTO DEL DOSIFICADOR (E ²) (MAYO DE 1968) | 2.500 | 6.850 | 8.400 (CON BOMBA BUSTEX) |
| COSTO DEL ENVASE (E ²) | 0 | 230 (E ²) | 1.960 (E ²) |
| COSTO TOTAL DEL EQUIPO Y ENVASES (E ²) | 2.500 | 7.080 | 10.360 |
| COSTO ANUAL : (E ²) | | | |
| AMORTIZACIÓN ANUAL | 125 | 708 | 1.036 |
| MANTENCIÓN Y REPARACIÓN | 100 | 350 | 500 |
| COSTO DEL HALÓGENO | 3.513 | 4.437 | 1.324 |
| COSTO TOTAL ANUAL (E ²) | 3.738 | 5.495 | 2.860 |
| COSTO ANUAL (E ² /HABIT.) | 0,37 | 0,55 | 0,29 |
| % DE MAYOR COSTO RESPECTO AL COSTO DE USO DE CLORO GASEOSO | 27 | 90 | 0 |

(E²) 10 BIDONES DE 20 LITROS A E² 23 c/u.

(E²) 2 BALONES DE ACERO CON VÁLVULA Y TAPA, DE 64 KG. DE CAPACIDAD A E² 980 c/u.

SE DEDUCE QUE EL SISTEMA MÁS ECONÓMICO PARA DESINFECTAR AGUA ES EL QUE EMPLEA CLORO CASEOSO, SIN CONSIDERAR EL TRANSPORTE DE LOS ENVASES DEL PRODUCTO, A LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO. EL SEGUNDO LUGAR LO OCUPA EL YODO CON MAYOR COSTO DE 27%.

LA EXPERIENCIA HA DEMOSTRADO ALGUNAS DIFICULTADES MUY IMPORTANTES QUE PRESENTA LA DESINFECCIÓN CON CLORO, RELACIONADAS CON LA MANTENCIÓN DEL EQUIPO QUE PRODUCE INTERRUPCIONES EN EL DOSIFICADOR MUY EN ESPECIAL EN LOS HIPOCLORADORES. DE UNA MANERA MUY ESPECIAL SE DESTACA LA NECESIDAD DEL TRANSPORTE DE LOS BIDONES CON HIPOCLORITO O DE LOS CILINDROS DE CLORO, CUYO PESO O TARA Y VOLUMEN ES MUY IMPORTANTE Y CONTRIBUYE A ALZAR LOS COSTOS, DE UN MODO DIFÍCIL DE CALCULAR Y QUE NO FUE INCLUIDO EN LA TABLA Nº 7. OTRA DIFICULTAD DEL EMPLEO DE CILINDROS CON CLORO, RADICA EN QUE, AUNQUE LOS EMPLEADOS EN CHILE TIENEN UNA CAPACIDAD DE 64 KG. DE Cl_2 , NO PUEDEN SUMINISTRAR MÁS DE 16 KG. DE CLORO POR DÍA, DEBIDO AL ENFRIAMIENTO Y CONDENSACIÓN QUE SE PRODUCE EN LA VÁLVULA, (EFECTO JOULE THOMSON). EL GAS CLORO, REQUIERE UN MAYOR CUIDADO POR LAS CONTINUAS FUGAS. LOS COSTOS DE MANTENCIÓN DEL EQUIPO DOSIFICADOR SON MUCHO MAYORES, RESPECTO DE LOS COSTOS QUE REQUIERE EL EMPLEO DEL YODO, CON EL MISMO PROPÓSITO.

EL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, HA TENIDO SERIAS DIFICULTADES PARA ABASTECER CON CLORO SUS SERVICIOS DE AGUA POTABLE, POR FALTA DE EXISTENCIA DE ESTE ELEMENTO.

EL USO DEL YODO, NO REQUIERE ENVASES COSTOSOS, BASTANDO QUE SE ENCUENTRE ALMACENADO EN ENVASES DE CARTÓN Y CONTENIDO EN UNA BOLSA DE POLIETILENO, EN CANTIDAD DE 50 Y 90 KG. O MENOS, SEGÚN NECESIDAD, POR LO TANTO, NO SE REQUIERE DE RECAMBIO DE ENVASE.

RESUMEN

EN ESTE TRABAJO SE PRESENTAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA DESINFECCIÓN CON YODO DEL AGUA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE EL ARRAYÁN, REALIZADA DURANTE 62 SEMANAS, DESDE PRINCIPIOS DE FEBRERO DE 1967 HASTA FINES DE MARZO DE 1968. ESTE SERVICIO ABASTECE ALREDEDOR DE 6.000 HABITANTES Y SE ENCUENTRA PRÓXIMO A LA CIUDAD DE SANTIAGO.

LA INVESTIGACIÓN ESTUVO A CARGO DEL ING. FRANCISCO UNDA, PROFESOR TITULAR DE LA CÁTEDRA DE INGENIERÍA SANITARIA DE LA ESCUELA DE SALUBRIDAD DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE. CONTÓ CON LA COLABORACIÓN DE PROFESIONALES DEL MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, DEL SERVICIO NACIONAL DE SALUD Y DE LA PROPIA ESCUELA DE SALUBRIDAD, CONSTITUYÉNDOSE UNA COMISIÓN DE YODACIÓN DESTINADA A LA PROGRAMACIÓN, EJECUCIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA.

EL CONSEJO TÉCNICO DEL SERVICIO NACIONAL DE SALUD AUTORIZÓ EL EMPLEO DEL YODO COMO DESINFECTANTE, EN SUBSTITUCIÓN DEL CLORO, MIENTRAS DURARON LAS EXPERIENCIAS.

EN LA FORMULACIÓN DEL ESQUEMA DE TRABAJO, SE TOMARON EN CONSIDERACIÓN LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS Y GERMICIDAS DEL YODO QUE LO ACREDITAN COMO IDÓNEO PARA EL FIN PROPUESTO, LA CIRCUNSTANCIA DE SER CHILE UN IMPORTANTE PRODUCTOR DE YODO, Y LAS EXPERIENCIAS REALIZADAS EN LOS ESTADOS UNIDOS RESPECTO A LA MISMA MATERIA.

CON EL OBJETO DE ASEGURAR EL ÉXITO DEL PROGRAMA SE TOMARON ESPECIALES PRECAUCIONES PARA PREVENIR EL RECHAZO DEL AGUA DE PARTE DEL PÚBLICO POR POSIBLE DESARROLLO DE SABOR, CONSISTENTE EN UN ESTUDIO BIOESTADÍSTICO Y A LIMITAR LAS DOSIS DE YODO, COMPATIBLES CON SU FUNCIÓN BACTERICIDA.

DEBIDO A LA IMPOSIBILIDAD DE CONSTRUIR UN DOSIFICADOR DE TAMAÑO APROPIADO PARA OBTENER UNA SOLUCIÓN SATURADA DE YODO, POR EL PROLONGADO TIEMPO DE CONTACTO QUE SE REQUERIRÍA, SE PROCEDIÓ A EFECTUAR ESTUDIOS EN UN DOSIFICADOR PILOTO QUE PERMITIERON PREVER LAS CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE UN DOSIFICADOR DESTINADO A LA PLANTA DE AGUA POTABLE QUE ENTREGARÍA UNA SOLUCIÓN MADRE DE CONCENTRACIÓN CONVENIENTE PARA OBTENER LA DOSIS MEDIA DE 0,5 (MG/L) DE YODO, RECOMENDADA PARA LA DESINFECCIÓN.

EN LA PRÁCTICA SE LOGRÓ ESA DOSIS MEDIA, CON VALORES MÍNIMOS DE 0,4 (MG/L) Y MÁXIMO DE 0,7 (MG/L). EL PERÍODO DE CONTACTO OBTENIDO EN EL ESTANQUE DE REGULACIÓN FUE DE APROXIMADAMENTE DOS HORAS. MEDIANTE UN CUIDADOSO DISEÑO DEL DOSIFICADOR SE PUDO EVITAR EL DETERIORO POR CORROSIÓN, NECESITÁNDOSE, TAN SOLO EL RECAMBIO DEL DUCTO DE SALIDA DE LA SOLUCIÓN MADRE, DOS VECES POR AÑO, SIN NECESIDAD DE EMPLEAR ALEACIONES INOXIDABLES.

LOS CONTROLES ESTUVIERON ENCAMINADOS A CONOCER CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BACTERIOLÓGICAS DEL AGUA CRUDA Y DEL AGUA TRATADA. SE CONTROLARON Y MIDIERON LOS CAUDALES DEL AGUA CRUDA Y DE LA SOLUCIÓN MADRE. DE ESTA ÚLTIMA SE OBTUVIERON ADEMÁS DATOS DE CONCENTRACIÓN DE YODO Y DE TEMPERATURA.

EL RENDIMIENTO DESINFECTANTE DE LA YODACIÓN FUE SATISFACTORIO Y CUMPLIÓ CON LAS EXIGENCIAS BACTERIOLÓGICAS DE LA NORMA CHILENA DE AGUA POTABLE, EXCEPTUANDO LOS 8 DÍAS EN QUE LA DOSIFICACIÓN FUE DEFECTUOSA POR INCONVENIENTES EN EL EQUIPO DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE.

AÚN, CON BAJAS DOSIS DE YODO Y CON AGUAS CRUDAS BASANTE CONTAMINADAS, SE LOGRÓ LA DESINFECCIÓN.

EL BALANCE ECONÓMICO ESTABLECE QUE EL COSTO DE DESIN-

FECCIÓN CON YODO ES SIMILAR AL QUE SE ALCANZA CON EL EMPLEO DEL CLORO GASEOSO E INFERIOR AL COSTO USANDO SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO (10% DE Cl_2).

EL EMPLEO DEL YODO AVENTAJA AL DEL CLORO, EN CUANTO SE REFIERE A MANTENCIÓN DEL EQUIPO DOSIFICADOR Y NECESIDADES DE ENVASE Y SU CORRESPONDIENTE TRANSPORTE, LO CUAL NO FUE EVALUADO EN LOS COSTOS QUE SE MENCIONAN EN EL PÁRRAFO PRECEDENTE Y QUE TIENE MUCHA SIGNIFICACIÓN VENTAJOSA PARA EL USO DEL YODO.

CONCLUSIONES

LA EXPERIENCIA OBTENIDA CON LA YODACIÓN DE UN SERVICIO DE AGUA POTABLE QUE ABASTECE A 6.000 HABITANTES Y DESARROLLADA EN 62 SEMANAS, PERMITE ESTABLECER LAS SIGUIENTES CONCLUSIONES :

- 1.- PARA TRATAR AGUA FILTRADA, CON YODO, QUE TIENE UN N.M.P. DEL ORDEN DE 600 COLIBACIOS POR 100 ML, PROMEDIO MENSUAL, LA DOSIS MEDIA DE 0,5 FUE EFECTIVA EN EL ABATIMIENTO BACTERIOLÓGICO, CONFORME CON LO EXIGIDO POR LA NORMA CHILENA DE AGUA POTABLE. ESTE RENDIMIENTO ES FAVORECIDO POR EL TIEMPO DE CONTACTO QUE SE LOGRA EN EL ESTANQUE DE REGULACIÓN.
- 2.- ES POSIBLE OBTENER UNA SOLUCIÓN MADRE DE 185 (MG/L) DE I₂, CON SOLO 3,4 MINUTOS DE CONTACTO A 12°C, EN VEZ DE 20 MINUTOS NECESARIOS PARA ALCANZAR LA SATURACIÓN. ESTA CONDICIÓN ES MUY SATISFACTORIA, POR CUANTO PERMITE DISEÑAR DOSIFICADORES DE MUCHO MENOR TAMAÑO.
- 3.- SE PUEDE EVITAR EL EMPLEO DE ACCESORIOS Y TUBERÍA DE ACERO INOXIDABLE CON UN DISEÑO DEL DOSIFICADOR QUE SEA SIMILAR AL INDICADO EN ESTE INFORME. SÓLO SE REQUIERE EL RECAMBIO DE DOS VECES POR AÑO, DEL DUCTO DE SALIDA DEL DOSIFICADOR.
- 4.- EL PÚBLICO CONSUMIDOR NO RECHAZA EN FORMA OSTENSIBLE EL AGUA DESINFECTADA CON YODO, EN DOSIS INFERIORES A 0,5 (MG/L) Y CON TEMPERATURAS DE 20°C, Y PARECERÍA SER QUE ESTA ACTITUD ESTÁ MUY RELACIONADA CON EL HÁBITO.
- 5.- DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONÓMICO Y DE COMODIDAD DE OPERACIÓN, EL EMPLEO DEL YODO RESULTA VENTAJOSO FRENTE AL USO DEL CLORO, YA SEA COMO SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO O COMO GAS CLORO.
- 6.- EL DOSIFICADOR DE LA SOLUCIÓN DE YODO PUEDE SER FABRICADO CON MATERIALES NACIONALES Y A UN COSTO MUY REDUCIDO.
- 7.- PUEDE DISEÑARSE UN DOSIFICADOR DE YODO PARA LOGRAR UNA SOLUCIÓN CONCENTRADA, EN EL CASO DE LA EXPERIENCIA PRESENTE, O PARA CONSEGUIR LA SOLUCIÓN SATURADA, DE APLICACIÓN EN PEQUEÑOS SERVICIOS DE AGUA POTABLE.

S U M M A R Y

WE PRESENT IN THIS PAPER THE RESULTS OBTAINED ON DISINFECTATION WITH IODINE OF THE WATER FROM THE SERVICIO DE AGUA POTABLE EL ARRAYÁN (EL ARRAYÁN POTABLE WATER SERVICE) WHICH TOOK PLACE FOR 62 WEEKS, FROM THE BEGINNING OF FEBRUARY 1967 TILL THE END OF MARCH, 1968. THIS FACILITY SUPPLIES WATER TO APPROXIMATELY 6.000 PEOPLE AND IS LOCATED IN THE VICINITY OF SANTIAGO.

THE INVESTIGATION WAS MADE BY ENG. FRANCISCO UNDA, PROFESSOR OF THE DEPARTMENT OF SANITARY ENGINEERING OF THE UNIVERSITY OF CHILE'S SCHOOL OF PUBLIC HEALTH. PROFESSIONALS FROM THE MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (PUBLIC WORKS MINISTRY) ATTACHED TO THE SERVICIO NACIONAL DE SALUD (NATIONAL HEALTH SERVICE) AND FROM THE SCHOOL OF PUBLIC HEALTH COLLABORATED WITH HIM, AND A IODINATION COMMISSION WAS FORMED, FOR THE PURPOSES OF PROGRAMMING, IMPLEMENTATION AND EVALUATION OF THE SCHEME.

THE TECHNICAL BOARD OF THE NATIONAL HEALTH SERVICE AUTHORIZED THE USE OF IODINE AS DISINFECTANT INSTEAD OF CHLORINE WHILE THE EXPERIMENT TOOK PLACE.

IN THE FORMALIZATION OF THE WORKING SCHEME WE TOOK INTO ACCOUNT THE PHYSICAL, CHEMICAL AND GERMICIDAL PROPERTIES OF IODINE, WHICH CREDITED IT AS SUITABLE FOR OUR PURPOSES; THE FACT THAT CHILE IS AN IMPORTANT PRODUCER OF IODINE, AND THE EXPERIMENTS ALREADY MADE IN THE UNITED STATES ON THE SAME MATTER.

WITH THE PURPOSE OF ENSURING THE SUCCESS OF THE PROGRAM, SPECIAL MEASURES WERE TAKEN TO PREVENT THE PUBLIC'S REACTION AGAINST IT DUE TO THE TASTE IT COULD POSSIBLY DEVELOP. THESE MEASURES CONSISTED IN A BIOSTATISTIC STUDY AND IN LIMITING THE DOSAGE OF IODINE TO AN AMOUNT COMPATIBLE WITH ITS BACTERICIDAL FUNCTION.

DUE TO THE IMPOSIBILITY OF BUILDING A DOSER OF THE APPROPRIATE SIZE TO OBTAIN A SATURATED IODINE SOLUTION DUE TO THE LENGTH OF TIME OF CONTACT WHICH WOULD BE REQUIRED, THE STUDIES WERE MADE IN A PILOT DOSER WHICH PROVIDED THE CHARACTERISTICS OF OPERATION OF ONE DESTINED TO THE DRINKING WATER PLANT AND WHICH WOULD GIVE A STRONG SOLUTION OF CONCENTRATION SUITABLE FOR THE OBTENTION OF A MEDIAN DOSE OF 0,5 (MG/L) OF IODINE, RECOMMENDABLE FOR DISINFECTATION.

IN THE PRACTICE, THIS DOSE WAS OBTAINED WITH A MINIMUM VALUE OF 0,4 (MG/L) AND MAXIMUM OF 0,7 (MG/L). THE PERIOD OF CONTACT IN THE REGULATION TANK WAS OF APPROXIMATELY 2 HOURS. THROUGH A CAREFUL DESIGN OF THE DOSER, DETERIORATION DUE TO CORROSION WAS AVOIDED, BEING ONLY NECESSARY TO CHAGE THE EXIT DUCT TWICE A YEAR, WITHOUT THE NEED OF EMPLOYING INOXIDABLE ALLOYS.

THE CONTROLS WERE DONE FOR THE PURPOSE OF LEARNING THE PHYSICAL, CHEMICAL AND BACTERIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE RAW AND THE TREATED WATER. THE OUTPUT OF THE RAW WATER AND THE STRONG SOLUTION WERE CHECKED AND MEASURED. FORM THE LATTER, DATA WERE ALSO OBTAINED ON IODINE CONCENTRATION AND TEMPERATURE.

THE DISINFECTANT QUALITY OF THE IODINATION WAS SATISFACTORY AND MET THE REQUIREMENTS OF THE NORMA CHILENA DE AGUA POTABLE (CHILEAN STANDARD FOR DRINKING WATER) EXCEPT FOR THE 8 DAYS DURING WHICH THE DOSAGE WAS DEFECTIVE DUE TO PROBLEMS AT THE DRINKING WATER PLANT.

EVEN USING LOW DOSES OF IODINE ON FAIRLY CONTAMINATED WATER, DISINFECTATION WAS OBTAINED.

THE ECONOMIC BALANCE ESTABLISHES THAT THE COST OF

DISINFECTION WITH IODINE IS SIMILAR TO THAT REACHED BY USING GASIFIED CHLORINE AND INFERIOR TO THE COST OF A SOLUTION OF SODIUM HYPOCHLORITE (10% Cl_2).

THE USE OF IODINE HAS ADVANTAGES OVER THAT OF CHLORINE IN CONNECTION WITH MAINTENANCE OF THE DOSER EQUIPMENT, PACKING AND TRANSPORTATION OF THE IODINE, WHICH WAS NOT EVALUATED IN THE COSTS MENTIONED IN THE PREVIOUS PARAGRAPH AND WHICH HAS A VERY SIGNIFICANT ADVANTAGE IN FAVOUR OF THE UTILIZATION OF IODINE.

C O N C L U S I O N S

THE EXPERIENCE OBTAINED WITH THE IODINATION OF A PUBLIC DRINKING WATER SERVICE WHICH REACHES 6.000 PEOPLE, AND DEVELOPED IN 62 WEEKS, ALLOWS US TO COME TO THE FOLLOWING CONCLUSIONS :

- 1.- FOR THE TREATMENT OF IODINE FILTERED WATER, WITH AN N.M.P. OF 600 BACILLUS COLI PER 100 ML, AS A MONTHLY AVERAGE, THE DOSE OF 0,5 (MG/L) PROVED EFFECTIVE FOR THE DISINFECTION, ACCORDING TO THE REQUIREMENTS OF THE CHILEAN STANDARDS FOR DRINKING WATER. THIS RESULT IS FAVOURED BY THE PERIOD OF CONTACT OBTAINED IN THE REGULATION TANK.
- 2.- A STRONG SOLUTION OF 185 (MG/L) CAN BE OBTAINED FROM I₂, WITH ONLY 3,4 MINUTES OF CONTACT AT 12°C, INSTEAD OF 20 MINUTES WHICH ARE NECESSARY TO REACH THE POINT OF SATURATION. THIS IS A VERY SATISFACTORY CONDITION AS IT ALLOWS THE DESIGN OF DOSERS OF MUCH SMALLER SIZE.
- 3.- THE USE OF STAINLESS STEEL ACCESORIES AND TUBES CAN BE AVOIDED BY USING A DOSER OF A SIMILAR DESIGN AS THAT DESCRIBED IN THIS PAPER. IT ONLY REQUIRES THE REPLACEMENT OF THE EXIT DUCT TWICE A YEAR.
- 4.- THE CONSUMERS DO NOT OBJECT OPENLY TO THE IODINE-DISINFECTED WATER WITH DOSES UNDER 0,5 (MG/L) AND A TEMPERATURE OF 20°C, AND THIS ATTITUDE SEEMS TO BE HIGHLY RELATED TO HABIT.
- 5.- FROM THE FINANCIAL AND OPERATIONAL POINTS OF VIEW, THE USE OF IODINE HAS ADVANTAGES OVER THE CHLORINE IN ITS TWO FORMS, EITHER HYPOCHLORITE SOLUTION OR GASIFIED CHLORINE.
- 6.- THE IODINE SOLUTION DOSER CAN BE MANUFACTURED WITH CHILEAN PRODUCTS AND AT A VERY SMALL COST.
- 7.- AN IODINE DOSER MAY BE DESIGNED WITH THE OBJECT OF OBTAINING A CONCENTRATED SOLUTION AS IN THE CASE OF THIS OPERATION, OR TO OBTAIN THE SATURATED SOLUTION FOR APPLICATION IN SMALL SERVICES OF DRINKING WATER.



B I B L I O G R A F I A

- 1.- A.P. BLACK, THOMAS, KINMAN, FREUD Y BIRD. THE CHEMISTRY, TECHNOLOGY AND PHYSIOLOGY OF IODINE IN WATER DESINFECTION. 29TH ANNUAL EDUCATION CONFERENCE OF THE NATIONAL ASSOCIATION OF SANITARIANS. UNITED STATES.
- 2.- CARLOS GAYAN.- CORPORACIÓN DE VENTAS DE SALITRE Y YODO DE CHILE. INFORMACIÓN PERSONAL
- 3.- A.P. BLACK. SWIMMING POOL DESINFECTION WITH IODINE. WATER AND SEWAGE WORKS. JULY 1961
- 4.- SHIH L. CHANG. YODACIÓN DEL AGUA, BOLETÍN DE LA OFICINA SANITARIA PANAMERICANA LXI - Nº 4, 335 (1966).
- 5.- HERNÁN ROMERO - BOCIO ENDÉMICO.
EL MERCURIO. SANTIAGO DE CHILE, 28, 14 NOVIEMBRE 1966.
- 6.- RAÚL MERINO BESOÁIN. LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA CON RESIDUOS INDUSTRIALES. 58,61 - CONSEJO DE RECTORES DE LAS UNIVERSIDADES CHILENAS. SANTIAGO DE CHILE, 1966.
- 7.- SHIH L. CHANG, OBRA CITADA, 327.