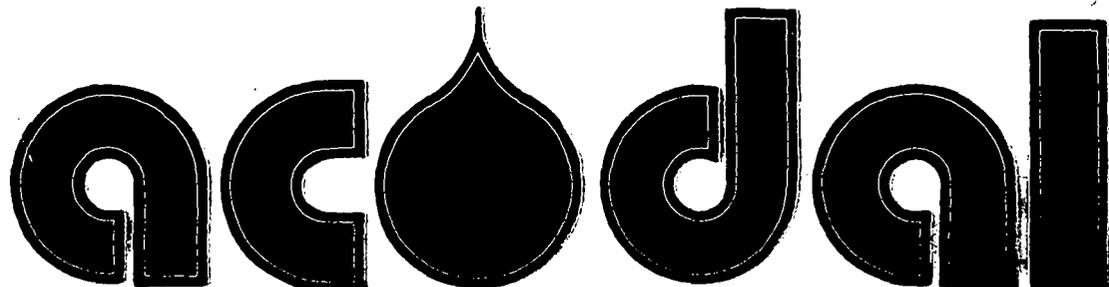


3/2081



ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

XXVII CONGRESO NACIONAL
Octubre 12 al 15/1984 Barranquilla

7 1

ACODA 84

MEMORIAS

SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

AVENIDA 10 NORTE No. 10N-02 TELEFONOS 651862 - 688373 CALI - COLOMBIA - S.A.
APARTADO AEREO 6720

51ACOCA84-2081

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

A C O D A L

SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

JUNTA DIRECTIVA

1.984-1985

PRESIDENTE : Luis Eduardo Medina A.
VICEPRESIDENTE : Libardo Sánchez
SECRETARIO : Diego Millán
VOCALES : Teodolindo Nuñez
Jaime Chicaiza
Luz Piedad Hincapié
REVISOR FISCAL : Jorge Sarmiento
SUPLENTE DEL
REVISOR FISCAL : Alberto Galviz

DIRECTORA EJECUTIVA

Maria Teresa Sterling Sadovnik

~~6055~~ / ish 2081
72 ACODA 84

LAS OPINIONES Y CONCEPTOS EMITIDOS
EN CADA UNO DE LOS TRABAJOS EDI-
TADOS EN ESTAS MEMORIAS SON.
RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA
DE SUS AUTORES.

XXVII CONGRESO NACIONAL DE ACODAL

MEMORIAS

SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

C O N T E N I D O

TRABAJO No.

- 1.- PROGRAMA NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA.

Presentado por los Ings. GERARDO GALVIZ y RAMON DUQUE. Profesores de la Universidad del Valle.

- 2.- METODO PARA SELECCION DE SITIOS APTOS PARA RELLENO SANITARIO.

Presentado por el Ing. HECTOR COLLAZOS PEÑA-LOZA del Consorcio Ingesam/URS.

- 3.- ESTUDIO DE LA ECOLOGIA DEL RIO CALI CON ENFASIS EN SU FAUNA BENTONICA COMO INDICADOR BIOLOGICO DE CALIDAD.

Presentado por la Doctora MARIA DEL CARMEN DE CARDOZO, profesora de la Universidad del Valle.

- 4.- PROGRAMA DE PRETRATAMIENTO INDUSTRIAL EN LA CIUDAD DE CALI.

Presentado por los Ingenieros ARNULFO CARDONA y CARMEN EUGENIA STERLING de las Empresas Municipales de Cali.

TRABAJO No.

5.- CONTROL INTEGRADO DE MOSCAS.

Presentado por el Ing. JADES JIMENEZ de PERKINS LTDA y los Ings. RODRIGO GUTIERREZ y FERNANDO ARBELAEZ de Incol Ltda.

6.- FRENTE DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DE TECNOLOGIA EN EL CAMPO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON ENFASIS EN LA FILTRACION LENTA EN ARENA.

Presentado por los Ings. GERARDO GALVIZ y RAMON DUQUE de la Universidad del Valle.

7.- CANCERIGENOS EN AGUA POTABLE: UNA INVESTIGACION UTIL.

Presentado por el Doctor LEONARDO SANTAMARIA de la Universidad del Valle, el Ing. LIBARDO SANCHEZ de las Empresas Municipales de Cali y el Ing. LUIS EDUARDO MEDINA de Inca Ltda.

8.- CONSIDERACIONES SOBRE LA APLICACION DEL MODELO SIMPLIFICADO DE WOLF Y RESNICK.

Presentado por el Ing. GERARDO GALVIZ de la Universidad del Valle.

9.- LINEAMIENTOS BASICOS DE UN PLAN DE ACCION PARA EL CONTROL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS INDUSTRIALES PRODUCIDOS EN LA ZONA CALI-YUMBO.

Presentado por la Ing. MARIA TERESA STERLING de Acodal-Seccional Valle del Cauca.

DIRECTORIO 1984 DE LOS SOCIOS
DE ACODAL - SECCIONAL VALLE DEL CAUCA.

Patrocinadores de ésta publicación:

- UNIVERSIDAD DEL VALLE
- INGESAM LTDA
- INCA LTDA
- ANALISIS Y CONTROL AMBIENTAL LTDA.
- INCOL LTDA
- INESCO LTDA
- AGUA LTDA
- PLANES LTDA
- TECNICA HIDRAULICA LTDA
- SULFOQUIMICA S.A
- DERIVADOS DEL VALLE LTDA
- CARTON DE COLOMBIA

XXVII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

TRABAJO
PROGRAMA NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL
VALLE DEL CAUCA

GERARDO GALVIS C.
RAMON DUQUE M.

UNIVERSIDAD DEL VALLE - FACULTAD DE INGENIERIA

BARRANQUILLA OCTUBRE DE 1984

CONTENIDO

TEMA	PAGINA
PRESUMEN	iii
PRESENTACION GENERAL	iv
ANTECEDENTES	vii
PROTOCOLO DEL CONVENIO INTERINSTITUCIONAL PARA DESARROLLAR EL PROGRAMA NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA EN EL DEPARTAMEN- TO DEL VALLE DEL CAUCA	
1 INTRODUCCION	1
2 DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE DIFERENTES ASPECTOS DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA	3
3 OBJETIVOS	10
4 PLAN DE ACCION	12
4.1 ACTIVIDADES A REALIZAR EN DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CALIDAD DEL AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA	12
4.2 ORGANIZACION, FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES	14

TEMA

PAGINA

5 PRESUPUESTO

20

RESUMEN

El material presenta una visión general de la estrategia propuesta para desarrollar el Programa Nacional de Calidad del Agua en el Departamento del Valle del Cauca. Dicha estrategia comprende un Convenio Interinstitucional para ejecutar doce (12) actividades, las cuales permiten diagnosticar y superar de manera técnica, organizada y concertada, problemas propios del área de potabilización del agua en el país y particularmente en el Departamento del Valle del Cauca.

PROGRAMA NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA EN EL DEPARTAMENTO
DEL VALLE DEL CAUCA

Ingeniero Ramón Duque M. ^{1/}
Ingeniero Gerardo Galvis C. ^{2/}

PRESENTACION GENERAL

Procurando mantener el desarrollo académico de la Universidad del Valle en el área del Abastecimiento de Agua en armonía con las políticas estatales, particularmente las que impulsa el Ministerio de Salud por intermedio de la Dirección de Saneamiento Ambiental, se dieron las circunstancias para que la Facultad de Ingeniería coordinara la concepción de un programa que posibilitara el cumplimiento de los planes y la legislación vigente en calidad de agua y que consultara la realidad en la cual se produce y distribuye agua en nuestro medio.

El resultado de lo anterior fué la producción de un documento que incluía una propuesta de Protocolo de Convenio Interinstitucional en la cual se prevé un conjunto de doce (12) actividades, algunas con influencia a nivel nacional y las otras a nivel regional o departamental. Estas actividades están orientadas a diagnosticar y superar de manera organizada y concertada problemas propios del sector de abastecimiento de agua en Colombia, particularmente en el área de la potabilidad.

^{1/} Decano Asociado para Asuntos Académicos, Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle.

^{2/} Jefe Departamento de Mecánica de Fluidos y Ciencias Térmicas y Coordinador por la Universidad del Valle del Programa de Calidad del Agua.

El documento recoge los ofrecimientos hechos por diversas instituciones que a través de sus delegatarios participaron en la presentación del Programa Nacional de Calidad del Agua para el sur y occidente del país, realizada en Manizales los días 1 y 2 de marzo de 1984, con participación del Señor Ministro de Salud. En la estructuración y redacción del documento los autores revisaron diferentes materiales de la OMS, OPS y del Ministerio de Salud y contaron con la ayuda de valiosas inquietudes, opiniones o recomendaciones de diferentes profesionales dentro de los cuales se incluyen :

- . ELMER ESCOBAR C. Director Saneamiento Ambiental. Ministerio de Salud.

- . JOSE DAVID MORENO Jefe Sección Acueductos. Ministerio de Salud.

- . RAUL SARDI D. Director División de Saneamiento Ambiental. Servicio Seccional de Salud del Valle.

- . JORGE SARMIENTO G. Jefe Departamento de Procesos Químicos y Biológicos.

- . HENRY RIVERA Jefe Departamento de Información y Sistemas.

- . ALFONSO ROJAS Sección Saneamiento Ambiental. Servicio Seccional de Salud del Valle.

- . ALVARO GARCIA A. Sección Salud Ocupacional y Protección al Ambiente. Servicio Seccional de Salud del Valle.

- . ANTONIO CASTILLA R. Profesor Sección Mecánica de Fluidos.

- . OLGA ROJAS CH. Profesora Sección de Saneamiento Ambiental.
- . CARLOS ALFREDO OPTIZ H. Profesor Sección de Saneamiento Ambiental.
- . ROBERTO BEHAR Profesor Departamento de Información y Sistemas.

El documento base del material que aquí se muestra fué presentado el pasado 31 de mayo al Señor Ministro de Salud y con su respaldo la Dirección de Saneamiento Ambiental está apoyando las actividades de orden nacional propuestas y estimulando su desarrollo a nivel regional. Con el decidido apoyo de la Secretaría de Salud Departamental se programa la presentación oficial del documento, en presencia del Señor Gobernador del Valle del Cauca a las instituciones regionales involucradas en el protocolo, paso con el cual se espera poder empezar a desarrollar actividades a nivel regional según lo previsto.

PROGRAMA NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL
VALLE DEL CAUCA

ANTECEDENTES

Diferentes Asambleas y Conferencias mundiales sobre Salud han reconocido y relevado la importancia de los servicios de suministro de agua potable y en general de Saneamiento como condiciones esenciales para el pleno desarrollo del hombre como individuo y como parte integrante de una sociedad.

Lo anterior ha encontrado expresión clara en diferentes estrategias y proyectos internacionales, dentro de los cuales se destaca el Decenio Internacional del Abastecimiento de Agua Potable y del Saneamiento, proclamado por la Asamblea General de las Naciones Unidas (1980). A este proyecto adhirió el Gobierno colombiano buscando, mediante la ejecución de diversas acciones, dar solución a los problemas sanitarios existentes en el país relacionados con la prevalencia de enfermedades que tienen en el agua su principal medio de transmisión.

En concordancia con lo anterior, el Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Salud, trazó su Plan Nacional " Hacia la equidad en Salud ", el cual incluye programas de atención al ambiente que dan prioridad a actividades relacionadas con el Saneamiento básico, encaminadas a prevenir enfermedades asociadas con el consumo de agua no potable.

Dentro de las acciones mencionadas, el Ministerio de Salud, desde 1981, ha venido mejorando la infraestructura de los laboratorios de Control de Calidad de Agua de las autoridades sanitarias regionales y locales y ha coordinado la ejecución de talleres de capacitación en el campo del suministro de agua, para técnicos y profesionales.

De otra parte, mediante la promulgación del Decreto 2105 de julio 26 de 1983 reglamentario parcial del Título II de la Ley 09 de 1979 en cuanto a potabilización del agua, el Ministerio de Salud ha creado herramientas legales, normas y procedimientos que facilitan la formulación y desarrollo de acciones orientadas a mejorar la situación de los sistemas de suministro de agua y de las entidades sanitarias encargadas de la vigilancia y control de la calidad de agua.

La Universidad del Valle ha estado vinculada estrechamente al desarrollo de los programas nacionales de Salud tanto de atención a las personas como los relacionados con el manejo del ambiente. Estos últimos especialmente desde la creación del Plan de Estudio en Ingeniería Sanitaria, en 1961, y luego a través de su Facultad de Ingeniería, la cual ha participado activamente en los talleres de capacitación arriba mencionados, en estrecha colaboración con la Dirección de Saneamiento del Ministerio de Salud. Es también importante mencionar la propuesta de la Universidad del Valle para realizar en Colombia el Programa de Filtración Lenta, conjuntamente con el Instituto Nacional de Salud y con el Centro Internacional de Referencia (CIR).

Considerando la gran trascendencia de los programas que venía impulsando el Ministerio de Salud en el área del abastecimiento de agua y del saneamiento y atendiendo al desarrollo académico de la Universidad, el Señor Rector de esta institución, doctor Rodrigo Guerrero V., solicitó al Señor Ministro de Salud, doctor Jaime Arias R., en comunicación de septiembre 15 de 1983, estudiar la posibilidad de un acuerdo institucional que facilitara a la Facultad de Ingeniería jugar un papel más significativo en la evaluación y desarrollo de tecnología apropiada para las condiciones técnicas, sociales y económicas de nuestro país, como actividad prioritaria para posibilitar la ampliación de la cobertura del suministro de agua de buena calidad.

El Señor Ministro, en comunicación de octubre 3 de 1983, delegó en la Dirección de Saneamiento Ambiental el estudio de la solicitud presentada por la Universidad del Valle.

La Dirección de Saneamiento Ambiental sugirió que la Universidad colaborara en aspectos más amplios, concretamente con el desarrollo en el Departamento del Valle del Cauca, del Programa Nacional de Calidad del Agua, que estaba en su fase final de estructuración. Resultado de una reunión amplia celebrada en noviembre de 1983 en Cali, con participación de Universidad del Valle, Ministerio de Salud y entidades relacionadas con el sector del suministro de agua, se produjo un borrador de Convenio interinstitucional orientado en tal sentido. Este borrador fué analizado en otra reunión conjunta, en enero de 1984, en las oficinas del Servicio Seccional de Salud del Valle del Cauca, con participación de representantes de las entidades involucradas. Además de algunas precisiones y aclaraciones, se decidió que debería ser compatibilizado con las políticas nacionales que trazaría el Programa Nacional de Calidad del Agua.

Estas políticas fueron fijadas por el Ministerio de Salud en un documento de enero de 1984, el cual enuncia el Programa Nacional de Calidad del Agua, con base en un diagnóstico general, en consideraciones sobre problemas y soluciones en el suministro de agua en el país y en la legislación y reglamentación vigentes. El Programa incluye como principio básico la declaración que el agua suministrada para consumo humano debe ser potable y precisa objetivos, responsabilidades y un Plan de acciones. Este documento fué presentado por el Ministerio de Salud en Manizales, los días 1 y 2 de marzo de 1984, en una reunión con participación de representantes de todas las instituciones que tienen relación con el suministro de agua en el sur y occidente del país. La reunión concluyó en un compromiso interinstitucional de aunar esfuerzos para buscar el cumplimiento de los objetivos del Programa.

Expresión de dicho compromiso y de los esfuerzos anteriormente descritos, se produjo una propuesta de Protocolo de Convenio Interinstitucional para desarrollar el Programa de Calidad de Agua en el Departamento del Valle del Cauca.

PROTOCOLO DEL CONVENIO INTERINSTITUCIONAL PARA DESARROLLAR EL PROGRAMA
NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

1 INTRODUCCION

Para el adecuado desarrollo del Programa y considerando la variedad de actividades contempladas en él y la existencia de diferentes institucionales relacionadas con el abastecimiento del agua en el Departamento del Valle del Cauca, se hace necesario un Convenio que permita la coordinación y mutua colaboración de las instituciones en los esfuerzos por el cumplimiento de las metas del Programa. Por la naturaleza del Programa, las actividades en el Departamento y los recursos que se requieren para su desarrollo se involucrarán en el Convenio organismos del orden nacional como el mismo Ministerio de Salud, el Instituto de Fomento Municipal (INSFOPAL) y el Instituto Nacional de Salud (INS).

Especial importancia tiene para el cumplimiento de las metas del Programa Nacional de Calidad del Agua el uso de tecnología apropiada en los sistemas de suministro, según condiciones y posibilidades de desarrollo técnico, social y económico de las comunidades en el país. En la evaluación, investigación y generación de tecnología jugará papel principal la Universidad del Valle con base en su desarrollo académico y en las líneas de trabajo que tracen otras instituciones, particularmente los organismos de orden nacional antes indicados, o la ejecución misma del Programa en el Valle del Cauca.

Las instituciones del Departamento que deben hacer parte del Convenio por estar ligadas con el control, planeamiento, diseño, operación, mantenimiento, administración, capacitación, evaluación, investigación y desarrollo de tecnología en relación con el abastecimiento de agua, son las siguientes : Servicio Seccional de Salud del Valle, ACUAVALLE, Empresas Municipales, C.V.C., Comité de Cafeteros y la Universidad del Valle.

Aunque el Protocolo se ha propuesto específicamente para el Departamento del Valle del Cauca, varias de las actividades en él incluidas servirán de base para acciones de orden nacional. Además, la organización operativa y el desarrollo del Programa Nacional de Calidad del Agua contenidos en el Protocolo pueden ser aprovechados por otros Departamentos, particularmente del sur y occidente del país, en cumplimiento de actividades semejantes.

2 DIAGNOSTICO PRELIMINAR DE DIFERENTES ASPECTOS DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DEL AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

Una visión general de la situación en los sistemas de abastecimiento de agua en el Departamento del Valle del Cauca se presenta en los Cuadros 1 a 4. Esta situación puede resumirse en las siguientes apreciaciones :

- . En las 42 cabeceras municipales está el 80% de la población del Departamento.
- . El 93.4% de la población urbana cuenta con servicio de acueducto.
- . El 31.4% de la población rural tiene servicio organizado de abasto de agua.
- . Existen siete (7) Empresas Municipales, 32 cabeceras son administradas por ACUAVALLE y 3 municipios manejan sus propios sistemas.
- . En el 78% de las localidades urbanas existe planta de tratamiento.
- . El 90% de los operadores de plantas no tienen curso formal.
- . El 100% de ayudantes y fontaneros no tienen capacitación.
- . Todas las plantas cuentan con equipo de laboratorio para realizar los análisis físico-químicos y bacteriológicos mínimos rutinarios.
- . Existen 3 laboratorios centrales para control de calidad del agua suministrada.

- . Para las funciones de vigilancia y control externos de la calidad del agua, el Servicio Seccional de Salud dispone de dos (2) laboratorios regionales y uno (1) central.
- . La dotación del laboratorio central del Servicio de Salud debe ser complementada para que funcione como laboratorio zonal de Referencia para el sur-occidente del país.
- . Según evaluación del Servicio Seccional de Salud, en el 45% de los sistemas de suministro urbanos no se cumplen las normas de calidad bacteriológica, ni de algunos parámetros físico-químicos.
- . Existe deficiencia en la comercialización y el control de la calidad de químicos : cal, alumbre, cloro. Esto causa problemas en los tratamientos y en la calidad del agua entregada.
- . La aplicación de cloro como desinfectante no se hace con regularidad.
- . No se informa oportunamente a los usuarios de la anterior anomalía.
- . No existe un programa adecuado de control de calidad del agua entregada a las comunidades.
- . En zonas rurales la calidad del agua entregada es deficiente; sólo existen algunas localidades con cloración y su control no es satisfactorio.

CUADRO No.1

POBLACION TOTAL SERVIDA Y COBERTURA DE SERVICIOS POR ENTIDAD ADMINISTRADORA

1983

SECTOR	ENTIDAD ADMINISTRADORA	No. SISTEMAS	POBLACION HABITANTES	%		POBLACION SERVIDA CON ACUERDO		
				TOTAL	SECTOR	HABITANTES	ENTIDAD	SECTOR
U R B A N O	Empresas Municipales	7	2'030.936	64.7	80.2	1'936.406	93.2	74.7
	ACUAVALLE	32	503.401	15.6	19.4	478.231	95.0	18.4
	Municipios	3	10.878	0.3	0.4	8.936	82.2	0.3
	Sub-Total	42	2'595.215	80.6	100.0	2'425.575		93.4
R U R A L	Servicio de Salud	195	78.646	2.5	12.6	78.646	100.0	12.6
	Comité de Cafeteros.	290	116.961	3.6	18.8	116.961	100.0	18.8
	Sin información	-	427.097	13.3	68.6	-	-	-
	Sub-total	485	622.704	19.4	100.0	195.607		31.4
TOTAL		527	3'217.919	100.0		2'621.182	81.5	

CUADRO No.2

SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO - CABECERAS MUNICIPALES

1983

No. ORDEN	REGIONAL S.S.V.	MUNICIPIO	POBLACION	POBLACION SERVIDA	(*) COBERTURA %	EXISTENCIA DE		ENTIDAD ADMINISTRADORA
						PLANTA DE TRATAM.	LABORA- TORIO	
1	1	Cali	1'563.317	1'485.151	95	si	si	Empresas
2		Yumbo	51.717	49.131	95	no	no	Empresas
3		Jamundí	18.819	14.679	78	si	si	ACUAVALLE
4		Dagua	6.179	5.623	91	si	si	ACUAVALLE
5		Vijes	3.925	3.807	97	no	no	ACUAVALLE
6		La Cumbre	2.029	1.948	96	si	si	ACUAVALLE
7	2	Buenaventura	171.508	114.910	67	si	si	ACUAVALLE
8	3	Palmira	161.484	156.639	97	si	si	Empresas
9		Florida	36.270	29.741	82	si	si	ACUAVALLE
10		Ginebra	35.534	34.468	97	si	si	ACUAVALLE
11		El Cerrito	30.668	21.160	69	si	si	ACUAVALLE
12		Pradera	20.358	16.083	79	si	si	ACUAVALLE
13		Candelaria	10.365	8.395	81	si	si	ACUAVALLE
14	4	Cartago	78.487	66.714	85	si	si	Empresas
15		Anserma	7.686	7.071	92	si	si	ACUAVALLE
16		Alcalá	7.096	6.741	95	si	si	ACUAVALLE
17		Obando	6.872	6.253	91	si	si	ACUAVALLE
18		El Cairo	3.558	3.401	93	si	si	ACUAVALLE
19		Argelia	3.470	3.088	89	si	si	ACUAVALLE
20		El Aquila	2.522	2.269	90	si	si	ACUAVALLE
21		Ulloa	1.772	1.240	70	no	no	Municipio

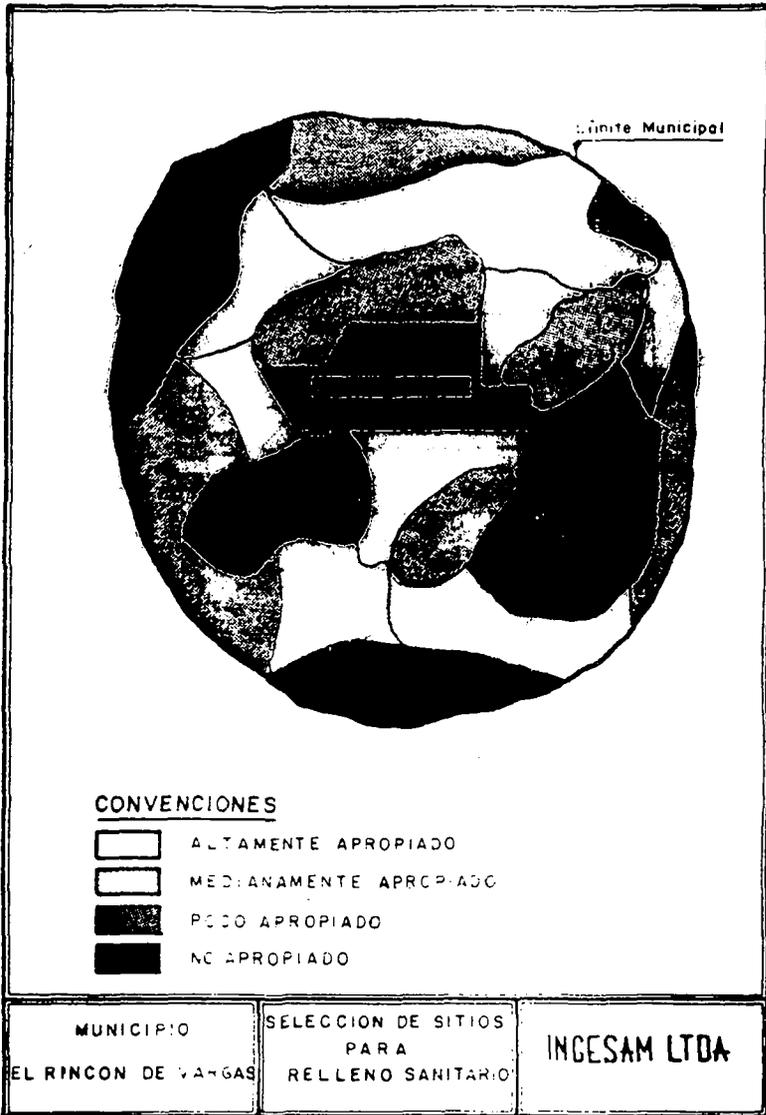


FIGURA N° 3

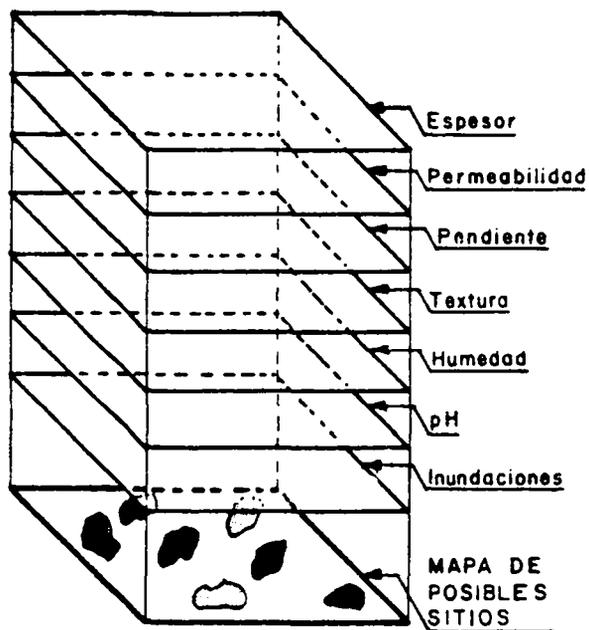


FIGURA Nº 2

Con cada una de las características se hace lo mismo y van a resultar planos en papel transparente de: espesor, pendiente, textura, permeabilidad, humedad y pH de los suelos.

Al final se sobreponen los planos como se indica en la Figura 2 y se dibuja el mapa sumatorio de todos que será el resultado de ponderar todos los anteriores contra la luz, es decir será un plano con algunas zonas blancas (muy pocas seguramente) que se catalogan como A.A., otras zonas un poco oscuras que serán las M.A.; otras más oscuras que se catalogan como P.A. y finalmente, unas que no permiten el paso de la luz que serían las N.A.; un ejemplo podría ser el mostrado en la Figura 3.

Con esta técnica quedan demarcados un grupo de posibles lugares clasificados como A.A., M.A., P.A.. Dependiendo del número de ellos se toman sólo los A.A., los A.A. y los M.A., o en caso necesario los A.A., M.A. y los P.A. A estos grupos escogidos se les aplican los criterios de selección para lograr un orden de elegibilidad.

sentar poca posibilidad de facilitar material de cobertura; los terrenos con roca entre 2 m y 4 m se pueden considerar como P.A.; los terrenos con roca dura entre 4 m y 9 m se catalogan como M.A. y finalmente, los que tienen más de 9m son los óptimos, es decir A.A.; este mapa en papel transparente podría ser similar al mostrado en la Figura No.1

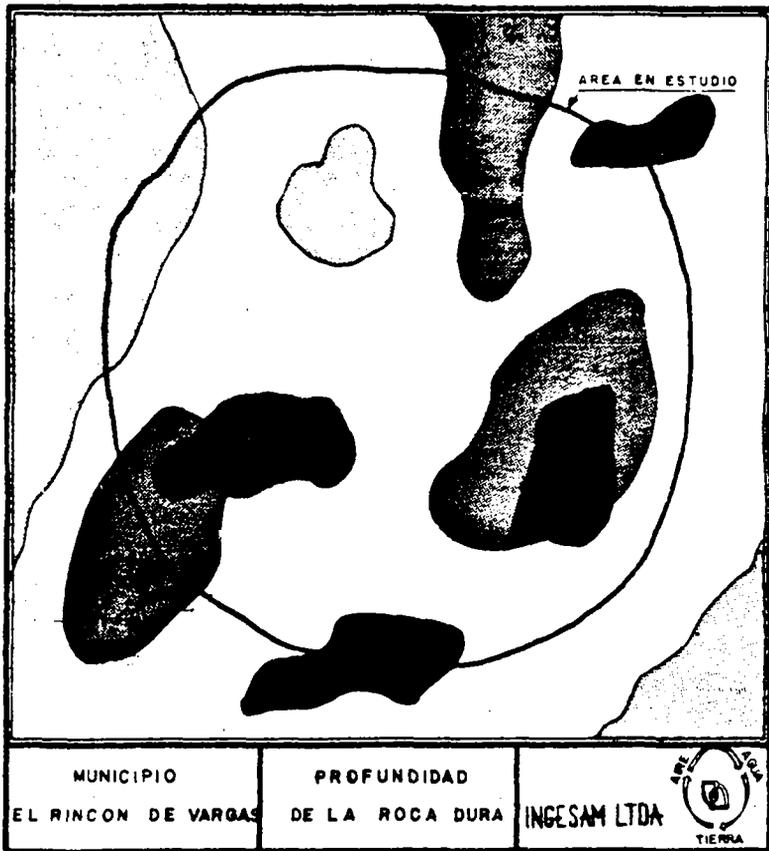


Figura No. 1

La mejor ubicación del relleno es el área que tenga una profundidad mayor de 9 metros desde la superficie hasta alcanzar la roca dura; que sea un suelo con una pendiente del paisaje edáfico entre el 3% y el 7%; que sea bien drenado y con una tabla de aguas a más de 3 metros; que la permeabilidad sea - baja menor de 0,00001 cm/s; que sea un suelo de arena gruesa gredosa; que tenga un pH mayor de 6,0 y que no se inunde ni tenga tendencia a sufrir deslizamientos ni asentamientos. Es muy difícil que la naturaleza nos de fácilmente un terreno con todas esas condiciones, precisamente este método trata de encontrar los mejores o sea los que más condiciones cumplan.

El método detectará los terrenos altamente apropiados (A.A.) medianamente apropiados (M.A.), poco apropiados (P.A.) y no apropiados (N.A.).

Se dibuja en papel transparente cada una de las características conocidas en el área de estudio, clasificando los sitios A.A. - M.A. - P.A. - N.A. de la siguiente manera:

	100 % No Apropriado
	65 % Poco Apropriado
	35 % Medianamente Apropriado
	0 % Altamente Apropriado

Cada mapa en papel transparente marcará entonces los mejores terrenos (A.A.), los regulares (M.A.), los malos (P.A.) y los que no se pueden utilizar (N.A.); por ejemplo en espesor del suelo se sabe que los terrenos con roca a menos de 2 metros son N.A. porque la roca puede permitir infiltraciones o llevar los lixiviados a otros sitios desconocido, además de pre-

II. METODOLOGIA PARA LOCALIZAR LOS MEJORES SITIOS

La primera acción que se debe desarrollar para ubicar un relleno sanitario es conocer el área donde se localizará, es decir si es en el municipio, o en el departamento o dentro de los municipios vecinos; es lógico que si nadie quiere aceptar que el relleno deba existir, no se puede ubicar; es indispensable y aunque parece obvio, es el primer problema que debe resolver el ingeniero -dentro de cuales límites estará ubicado el Relleno-.

Cuando se conozcan los límites dentro de los cuales debe estar el relleno sanitario se procede a localizar los estudios geológicos y pedológicos correspondientes; en Colombia el Instituto Geográfico Agustín Codazzi es una excelente fuente de información, sin embargo un geólogo con conocimiento de la región puede localizar y hacer un diagnóstico por lo menos de las zonas de recarga de acuíferos, disponibilidad de material de cobertura, condiciones de drenaje y las características generales del suelo.

Para ubicar un relleno sanitario es indispensable conocer en el área del estudio, por lo menos, la información sobre: espesor, pendiente, textura, permeabilidad, humedad y pH de los suelos.

I. INTRODUCCION

El problema de la Disposición Final de las Basuras es antiguo; los griegos lo estudiaron y llegaron a conclusiones cuando postularon el lema -aleja de tí las Basuras o enfermarás.-

El hombre en un principio era nómada y con sus basuras contribuía al ciclo biológico llevando semilla, sembrando y abonando los terrenos con sus residuos totalmente orgánicos; se civilizó, estableció su casa y dejó sus basuras en: "por ahí", creció la familia, los hijos se establecieron y apareció la vereda que restringió el espacio, es decir la basura no se podía dejar en: "por ahí".

Ante los problemas generados por los olores, vectores, humos y gallinazos de las basuras, el hombre tuvo que ceder y alejar sus residuos, cada vez más; pensó en quemarlos y fracasó, en hacer compost y también fracasó, entonces pensó en el Relleno Sanitario que "parece" ser la solución, al menos hasta 1.984; quizás muy pronto el hombre se convenza que la verdadera solución es la -Recuperación- de las Basuras; desgraciadamente el problema lo tenemos que resolver -yá- ubicando el Relleno Sanitario en algún sitio, -en el mejor- es decir, donde de menos daño cause a los suelos, a las aguas subterráneas y superficiales.



**METODO PARA SELECCION DE SITIOS
APTOS PARA
RELLENO SANITARIO**

**HECTOR COLLAZOS PEÑALOZA
I.S. - M.S.P.
DIRECTOR TECNICO INGESAM LTDA.**

Bogotá, Septiembre de 1984

CUADRO No.6

PRESUPUESTO POR ACTIVIDAD

ACTIVIDAD	PERSONAL			FISICO			SUB-TOTAL		SUB-TOTAL
	MESES			MESES			PERSONAL	FISICO	
	1 - 6	7 - 18	19 - 30	1 - 6	7 - 18	19 - 30			
ANEXO No.1	950.000			100.000			950.000	100.000	1'050.000
ANEXO No.2	276.250			100.000			276.250	100.000	376.250
ANEXO No.3		1'239.000	1'239.000		150.000	150.000	2'478.000	300.000	2'778.000
ANEXO No.4	1'050.000	2'100.000	2'100.000	570.000	340.000	440.000	5'250.000	1'350.000	6'600.000
ANEXO No.5	690.000			150.000			690.000	150.000	840.000
ANEXO No.6	130.000			2'100.000	5'200.000	1'800.000	130.000	9'100.000	9'230.000
ANEXO No.7	4'047.500	8'095.000	8'095.000	2'687.750	6'780.000	8'756.000	20'237.500	18'223.750	38'461.250
ANEXO No.8	480.000	1'390.000	1'390.000				3'260.000		3'260.000
ANEXO No.9		2'630.000	2'290.000		700.000	1'150.000	4'920.000	1'850.000	6'770.000
ANEXO No.10		4'735.000	3'810.000		1'300.000	900.000	8'545.000	2'200.000	10'745.000
ANEXO No.11	555.000	555.000	555.000	3'000.000	9'500.000	11'200.000	1'665.000	23'700.000	25'365.000
ANEXO No.12	2'600.000	5'200.000	5'200.000	1'400.000	2'800.000	2'800.000	13'000.000	7'000.000	20'000.000
SUB-TOTAL	10'778.750	25'944.000	24'679.000	10'107.750	26'770.000	27'196.000	\$125' 475.500		
TOTAL	\$ 61'401.750			\$ 64'073.750					

NOTA : Cada Anexo corresponde a una Actividad.

5 PRESUPUESTO

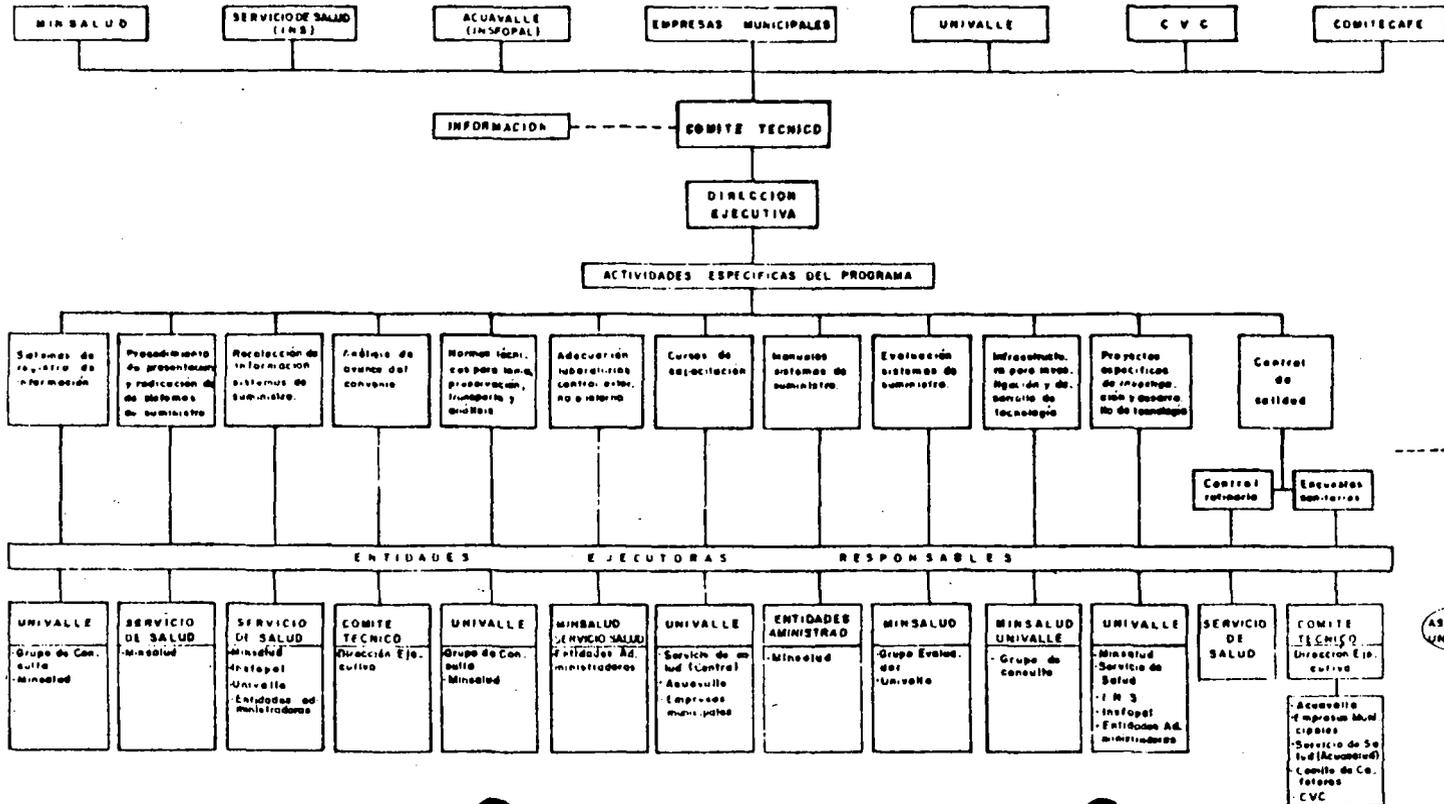
Con base en la presentación de cada una de las actividades hechas en los anexos del documento y suponiendo un período de ejecución de 30 meses, se presenta a manera de información general los costos del Programa por actividad para los tres (3) períodos que se indican en el Cuadro No.6.

Los costos mostrados en el Cuadro No.6 no incluyen la parte correspondiente a los costos de capacitación de funcionarios de entidades privadas o de instituciones de otros departamentos.

El documento base del presente material incluye además, costos de participación de cada entidad según cada una de las doce (12) actividades en el tiempo y un cuadro que resume el presupuesto general de financiación.

ESQUEMA DE ORGANIGRAMA OPERATIVO

PROGRAMA DE CALIDAD DEL AGUA
VALLE DEL CAUCA



ASESORIA UNIVALLE

4.2.3 Entidades Ejecutoras Responsables

Cada una de las entidades participantes tendrá funciones y responsabilidades propias en la ejecución de cada una de las actividades propuestas para el desarrollo del Convenio, como una especificación adicional a las ya indicadas en el documento de presentación del Programa Nacional de Calidad del Agua, de enero de 1984.

En el esquema de Organigrama Operativo del Convenio, que se muestra a continuación, se indica la estructura organizativa, destacando de manera general las actividades a desarrollar y las entidades ejecutoras responsables de cada una de ellas.

Programa.

- . Definir las respectivas prioridades para la ejecución de las actividades del Programa y eventualmente reorientarlas.
- . Supervisar y orientar la ejecución de las diferentes actividades y la elaboración de los informes a que se diere lugar.
- . Comprometer a las diferentes entidades involucradas en el Programa a dar cumplimiento a las acciones a realizar que resultaren como consecuencia de los estudios de evaluación, desarrollo tecnológico o investigación dentro del Programa.
- . Organizar y definir la forma de cooperación en actividades específicas para el desarrollo del Programa de Calidad del Agua en los otros Departamentos del sur y occidente del país, según le sea solicitado.
- . Elaborar su propio reglamento interno.

4.2.2 Dirección Ejecutiva

El Comité Técnico ejercerá todos sus mandatos a través de una Dirección Ejecutiva que tendrá como función primordial la coordinación de todas las actividades del Convenio.

Estará constituida por su Director Ejecutivo, quien será un funcionario del Servicio Seccional de Salud y quien contará, para el desarrollo de sus funciones, con la infraestructura física, administrativa y financiera requerida.

El Director Ejecutivo asistirá a las reuniones del Comité Técnico, únicamente con voz.

4.2.1 Comité Técnico

El Comité Técnico tendrá la máxima responsabilidad en el desarrollo del Programa y estará conformado por los representantes legales, o sus delegados personales, de las siguientes instituciones :

- . Ministerio de Salud;
- . Servicio Seccional de Salud del Valle;
- . Universidad del Valle;
- . ACUAVALLE:
- . Empresas Municipales;
- . C.V.C.;
- . Comité de Cafeteros.

Será convocado por el Servicio Seccional de Salud y presidido por el representante de esta institución. Podrán asistir como invitados, al discutirse actividades específicas, representantes de otras entidades.

Los delegados personales asistirán a las reuniones de trabajo con pleno respaldo técnico y administrativo de sus respectivas entidades.

Las funciones generales del Comité Técnico se indican a continuación :

- . Analizar la información suministrada por las entidades u obtenida como parte de la ejecución de las diferentes actividades del

CUADRO No.5

PLAN GENERAL DE TRABAJO

ACTIVIDAD	MESES														
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
1. Sistemas de registro e información.	▬														
2. Procedimiento radicación de sistemas.	▬														
3. Recolección de información de sistemas.	▬			▬											
4. Análisis de avance del Convenio.			▬								▬			▬	
5. Desarrollo de normas técnicas.	▬														
6. Impulso y adecuación de laboratorios de control externo e interno.	▬			▬											
7. Control de calidad.	▬			▬											
8. Cursos de capacitación.		▬		▬					▬		▬				
9. Elaboración de manuales.				▬											
10. Evaluación sistemas de suministro.				▬											
11. Impulso y adecuación de recursos de la Universidad del Valle.	▬			▬											
12. Proyectos de investigación y desarrollo tecnológico.	▬			▬											

4.1.11 Impulso y adecuación de la infraestructura de los recursos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle que posibilite la evaluación y adopción, la investigación y el desarrollo de tecnología aplicada al abastecimiento de agua según los requerimientos de la región y del país.

4.1.12 Desarrollo de proyectos específicos en tecnología e investigación.

Cada una de estas actividades fue tratada en más detalle en los anexos del documento. Este tratamiento incluye entre otros los siguientes tópicos :

- . Descripción de la actividad.
- . Metodología. Entidades responsables. Plan de Trabajo.
- . Cronograma.
- . Recursos y costos.
- . Resumen de costos.
- . Financiación propuesta.

4.2 ORGANIZACION, FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES

La organización para la ejecución del Convenio se basa en :

- a. El Comité Técnico;
- b. La Dirección Ejecutiva;
- c. El bloque de entidades ejecutoras responsables.

- 4.1.1 Diseño y puesta en marcha del sistema de registro e información. (*)
- 4.1.2 Establecimiento del esquema para presentación y radicación de los sistemas de suministro existentes o en proyecto. en los Servicios de Salud. (*)
- 4.1.3 Recolección de información sobre la operación, mantenimiento y control interno de los sistemas de suministro, calidad del agua entregada a las comunidades y características del servicio prestado.
- 4.1.4 Análisis de avance del Convenio. Producción de informes técnicos. Control administrativo.
- 4.1.5 Desarrollo de normas técnicas para toma, preservación, transporte y análisis de muestras de agua. (*)
- 4.1.6 Impulso y adecuación de laboratorios para control de calidad : Zonal de referencia y regionales. Impulso y adecuación de los laboratorios locales en las plantas de tratamiento.
- 4.1.7 Control de calidad.
- 4.1.8 Montaje y puesta en marcha de los cursos de capacitación requeridos por profesionales, técnicos y auxiliares para cumplir los requisitos de la Reglamentación y en general para facilitar la consecución de las metas del Programa.
- 4.1.9 Elaboración de manuales de operación, mantenimiento , control interno y planes operacionales de emergencia para los diferentes sistemas de suministro.
- 4.1.10 Evaluación de los sistemas de suministro con prioridad para aquellos que sirvan poblaciones de más de 50.000 habitantes.

4 PLAN DE ACCION

Para el cumplimiento de los objetivos del presente Convenio se propone utilizar al máximo los recursos disponibles a nivel físico y humano en el Servicio Seccional de Salud del Valle y en sus Unidades Regionales, en ACUAVALLE, en las diferentes Empresas Públicas Municipales existentes en la región y en el Comité de Cafeteros, con la permanente asesoría mutua y en particular de la Universidad del Valle.

Cada una de las Entidades mencionadas tendrá su responsabilidad específica, según las estipula el documento del Programa Nacional de Calidad del Agua, además de las que fije el presente Convenio.

Se creará un Comité con representantes de las entidades, el cual será la máxima autoridad técnica para el planeamiento, desarrollo y evaluación de las actividades derivadas del Convenio. Este Comité tendrá un Director Ejecutivo quien coordinará todas las acciones del Convenio.

4.1 ACTIVIDADES A REALIZAR EN DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CALIDAD DEL AGUA EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA

Para el cumplimiento de los objetivos del Programa de Calidad de Agua en el Valle del Cauca se propone desarrollar las actividades que se enumeran adelante, en un período de 30 meses. Algunas de estas actividades y como lo sugiere el Documento del Ministerio de Salud, servirán de base para el desarrollo del Programa en los demás Departamentos del país. Estas últimas actividades aparecen enunciadas con un asterisco (*).

- 3.5 Impulsar y coordinar programas de protección de fuentes y hoyas hidrográficas, según prioridades vigentes y las que indique el desarrollo del Programa.
- 3.6 Desarrollar recursos y montar programas para el estudio, la evaluación, investigación y desarrollo de tecnología aplicada al abastecimiento de agua, acordes con nuestro medio, en aspectos de diseño, operación, mantenimiento y administración de los sistemas de suministro.
- 3.7 Desarrollar acciones regionales en el sur y occidente de Colombia, tendientes al cumplimiento del Programa de Calidad de Agua.

3 OBJETIVOS

Los objetivos generales y estrategias del Convenio están consignados en el Programa Nacional de Calidad del Agua, cuyo documento se considera parte integral de él.

La ejecución a nivel del Valle del Cauca busca dar respuesta en los siguientes objetivos a los requerimientos del Programa Nacional :

- 3.1 Capacitar el personal profesional, técnico y auxiliar que tenga relación con el diseño, evaluación, operación, mantenimiento, control y administración de sistemas de suministro de agua en las zonas urbanas y rurales.
- 3.2 Desarrollar un laboratorio zonal de referencia que apoye los laboratorios de las diferentes Seccionales de Salud del sur y occidente del país, e impulsar el adecuado funcionamiento de los laboratorios propios de las Empresas y demás entidades responsables de los sistemas de suministro de agua.
- 3.3 Desarrollar un sistema de información que permita mantener un diagnóstico actualizado de la situación en los diferentes sistemas de suministro de agua y de los recursos físicos, humanos, económicos que se tengan en el Departamento y además recoger la información contemplada en el Decreto 2105, dentro del Sub-sistema Nacional de Información.
- 3.4 Mejorar la capacidad de control de la calidad del agua en los sistemas de suministro de agua en cabeceras municipales y posteriormente en zonas rurales agrupadas.

CUADRO No.4

DISPONIBILIDAD DE PERSONAL TECNICO EN SISTEMAS DE SUMINISTRO DE AGUA
1983

ENTIDAD	OPERADOR DE PLANTA	AYUDANTE DE PLANTA	FONTANERO	INGENIERO	LABORATORISTA Y AUXILIAR	PROMOTOR O TECNICO
ACUAVALLE	28	80	-	3	1	-
Empresas Municipales	26	27	-	12	8	-
Servicio de Salud (ACUASALUD)	-	-	40	11	7	230
Comité de Cafeteros.	-	-	-	1	-	2
TOTAL	54	107	40	22	16	232
Capacitados formalmente	5	0	0	22*	16*	230* ^{1/}

* Deben complementar su capacitación con cursos de actualización.

^{1/} Deben ser capacitados aquellos promotores con actividades relacionadas con el cumplimiento del Programa de Calidad de Agua.

CUADRO No. 3

DISPONIBILIDAD DE LABORATORIOS PARA CONTROL DE OPERACION Y
CONTROL DE CALIDAD

1983

ENTIDAD	CONTROL FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO				NUMERO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO
	OPERACION		CALIDAD		
	LOCAL	CENTRAL	REGIONAL	CENTRAL	
ACUAVALLE	27	1			27 <u>2/</u>
Empresas Municipales	8	1 <u>1/</u>			9 <u>3/</u>
Municipios					
Comité de Cafeteros.					
Servicio de Salud			2	1	
TOTAL	35	2	2	1	36

1/ Pertenece a las Empresas Municipales de Cali.

2/ No se incluyen las plantas de Obando y Restrepo, las cuales no tienen filtración.

3/ Cali dispone de tres (3) plantas de tratamiento; Palmira de dos (2).

Continuación Cuadro No.2

No. ORDEN	REGIONAL S.S.V.	MUNICIPIO	POBLACION	POBLACION SERVIDA	(*) COBERTURA %	EXISTENCIA DE		ENTIDAD ADMINISTRADORA
						PLANTA DE TRATAM.	LABORATORIO	
22	5	Buga	75.294	70.776	94	si	si	Empresas ACUAVALLE Municipio ACUAVALLE ACUAVALLE ACUAVALLE
23		Guacarí	10.772	9.910	92	si	si	
24		Darién	4.951	4.208	85	no	no	
25		Restrepo	4.912	4.764	97	si	si	
26		San Pedro	4.887	4.251	87	si	si	
27	Yotoco	3.811	2.935	77	si	si	ACUAVALLE	
28	6	Sevilla	29.821	19.383	65	si	si	Empresas ACUAVALLE
29		Caicedonia	20.712	17.190	83	si	si	
30	7	Tuluá	120.816	90.612	75	si	si	Empresas ACUAVALLE ACUAVALLE ACUAVALLE ACUAVALLE ACUAVALLE
31		Andalucía	9.149	7.410	81	si	si	
32		Bugalagrande	8.492	7.982	94	no <u>2/</u>	no <u>2/</u>	
33		Trujillo	6.573	5.587	85	si	si	
34		Riofrío	2.813	1.715	61	si	si	
35	8	Zarzal	20.640	17.337	84	si	si	ACUAVALLE ACUAVALLE ACUAVALLE ACUAVALLE Municipio
36		La Unión	12.064	10.254	85	si	si	
37		La Victoria	7.760	7.527	97	si	si	
38		Toro	7.367	6.262	85	si	si	
39		Versalles	4.155	3.490	84	no	no	
40	9	Roldanillo	11.212	10.651	95	si	si	ACUAVALLE ACUAVALLE ACUAVALLE
41		El Dovio	2.644	2.459	93	si	si	
42		Bolívar	2.634	2.502	95	si	si	
TOTAL			2'595.215	2'345.717	90.4 ^{1/}			

* FUENTE : Estudio de estado sanitario en cabeceras municipales. Planeación Nacional. 1981.

1/ La cobertura de ACUAVALLE ha aumentado a partir de 1981. Esto explica la diferencia con el Cuadro No.1

2/ Bugalagrande está conectada a Andalucía para el suministro.

III. ORDEN DE ELEGIBILIDAD

Para determinar el orden de elegibilidad es necesario fijar los criterios de selección y aplicárselos a los lugares clasificados con la técnica anterior (A.A. - M.A. y P.A.).

Los criterios de selección pueden ser:

- a) Distancia al centro de producción de las basuras, medido por las vías principales desde el centroide del área productora hasta el sitio elegido.
- b) Accesibilidad al sitio, medido por el número de vías que lleguen y por el estado y tipo de éstas.
- c) Facilidad de acceso por ferrocarril, medido por la distancia del sitio a la vía férrea más cercana.
- d) Área del sitio, medida por la cantidad de metros cuadrados con disponibilidad para ser utilizados como relleno.
- e) Ocupación actual del sitio, medido por el destino actual del sitio, que puede ser: no definido (sin uso), ganadero, industrial, agrícola o urbano.
- f) Pendiente del sitio, medida en % de la inclinación del paisaje edáfico, con el criterio que las pendientes óptimas y que permiten el mejor trabajo en el relleno, son las que están comprendidas en rangos de 3% al 7% y que las mayores de 25% son muy difíciles de trabajar.

- g) Profundidad de la roca dura, medida desde la superficie hasta alcanzar la roca dura.
- h) Posibilidad de material de cobertura, medido por la distancia de acarreo y por la calidad de material.
- i) Profundidad de la tabla de agua medida como la altura dominante del nivel freático.
- j) Efecto ambiental se mide por indicadores:
 - Biológicos como posible daño a la fauna, flora y bosques.
 - Físicos como posible daño al agua, aire o suelos.
 - Socio económicos
 - Recuperación de zonas degradadas
 - Areas ambientalmente sensitivas.
- k) Densidad poblacional, se mide por el número de personas por hectárea en el sitio.
- l) Permeabilidad mide la velocidad del paso del agua por -- unidad de tiempo, una permeabilidad menor de 0,000001 cm/s es óptima para el control de lixiviados, en cambio una permeabilidad mayor de 0,0001 cm/s es peligrosa.
- m) Uso futuro del suelo: evalúa el eventual rechazo de la comunidad y la posibilidad de que el terreno pueda ser recuperado, sería óptimo si el uso futuro fuera para parques.
- n) Efecto de la congestión de tráfico vehicular sobre las -- vías de acceso al sitio, medido por el efecto que pueda -- ocasionar.
- o) Impacto del tránsito automotor sobre la comunidad, se mide si es considerable, moderado o nulo.

En estos u otros criterios adicionales se combinan factores de tipo económico, social y ambiental, es necesario no enganarse con la aparente simplicidad del método porque un error ocasionado por esta presunción puede dar al traste con todas sus ventajas; el método requiere, como cualquier otro proyecto de ingeniería, de una cuidadosa planificación.

Los criterios económicos se refieren a los que claramente -- afectan el costo de instalación y funcionamiento del relleno sanitario, por ejemplo, la distancia al centro de producción; los criterios sociales y ambientales se refieren a aquellos que tengan relación con el manejo del ambiente y que incluyen factores físicos, ecológicos y sociales, por ejemplo, la defensa de las corrientes de agua en el sitio.

Cada criterio tendrá dos categorías: una en donde actuará como restricción, con un indicador cero (0) e indicará que el sitio es eliminado como alternativa (por ejemplo, un sitio con un área menor que la mínima requerida). De no ser así, el criterio actuará como mediador de la bondad de un sitio, con un indicador numérico, producido según una escala aritmética que empieza en cero (0) y termina en el máximo puntaje otorgado al criterio.

La clasificación y selección final de los sitios se hará sobre una base económica. Sin embargo, dado que se requiere una clasificación de comparación entre todas las posibles alternativas, no será necesario calcular costos individuales para cada una de ellas. En su lugar se usarán indicadores que representen los posibles costos.

Los criterios ambientales de no actuar como absolutamente restrictivos - en forma tal que si aparecen como desfavorables, ellos eliminarán de por sí a la alternativa en estudio - (por ejemplo un posible rechazo público) medirán el posible impacto ambiental del relleno sanitario en el sitio y su indicador estimará el costo ponderado de atenuar el impacto.

Para ponderar el peso específico de cada criterio se definirán los indicadores en forma tal que su valor sea representativo de las ponderaciones. Para cada criterio se estimará el valor de su indicador y finalmente se producirá un indicador global de cada sitio como la sumatoria de sus indicadores parciales, con excepción de aquellos en donde haya cero (0), que elimine automáticamente a la alternativa.

El indicador de cada criterio se mide en una escala aritmética cuyo origen se encuentra en 0 y su punto final en un número que marca la importancia ponderada del criterio con respecto al total.

Para la asignación de puntajes se reúne un grupo interdisciplinario de técnicos y expertos en el tema, con experiencia; estos profesionales pueden ser: Ingenieros Sanitarios, Ingenieros Civiles, Ingenieros Químicos, Geólogos, Hidrogeólogos, Edafólogos, Ecólogos, Arquitectos Urbanistas, Arquitectos -- paisajistas y Economistas quienes revalúan los criterios adoptando puntajes.

Finalmente el ejercicio dará una serie de puntos para cada sitio que permitirá escoger los mejores, de tal manera que - si el nivel político o legal no acepta uno de ellos será fácilmente reemplazado por el siguiente.

Una vez aceptados los sitios se procederá a la selección de alternativas, aspecto que puede hacerse por las técnicas corrientes de ingeniería de sistemas.

Para aclarar estos conceptos, desarrollamos el siguiente ejemplo hipotético, en el Municipio llamado "El Rincón de Vargas".

Se reunió el Comité de expertos y clasificaron los criterios de selección con los siguientes puntajes máximos:

ITEM	CRITERIO DE SELECCION	PUNTAJE	%
a	Distancia al centro de Producción	60	18
b	Accesibilidad al sitio	40	12
c	Facilidad de acceso por ferrocarril	10	3
d	Area del sitio	20	6
e	Uso actual del sitio	20	6
f	Pendiente del sitio	20	6
g	Profundidad hasta la roca dura	20	6
h	Posibilidad de material de cobertura	30	9
i	Profundidad de la Tabla de agua	20	6
j	Efecto ambiental	50	15
k	Densidad poblacional	10	3
l	Permeabilidad	10	3
m	Uso futuro del sitio	10	3
n	Efecto de la congestión del tráfico vehicular	5	2
o	Impacto del tránsito automotor sobre la comunidad	5	2
	TOTAL	330	100

Para efectos de desarrollar el ejemplo, suponemos que en El Rincón de Vargas fueron seleccionados los siguientes sitios con la tecnología de los planos sobrepuestos:

La Alejandra
Casa Ruth
La Tienda de Myriam
Finca Nana
La Vuelta de José
El Codo de Jeanneth
La Mojada
La Finca del Dentista

Esos sitios están localizados en la Figura 4 y fueron calificados según los técnicos como se muestra en el Cuadro 1.

El orden de elegibilidad, de acuerdo al puntaje del cuadro 1 será:

SITIO	PUNTAJE
La Alejandra	225
Casa Ruth	219
La Tienda de Myriam	213
Finca Nana	198
La Finca del Dentista	190
La Vuelta de José	187
El Codo de Jeanneth	162
La Mojada	136

De hecho, si fuera un sólo sitio de disposición final el mejor sería La Alejandra, en caso que "al nivel político" no le guste podría tomar Casa Ruth, si tampoco le gusta sería

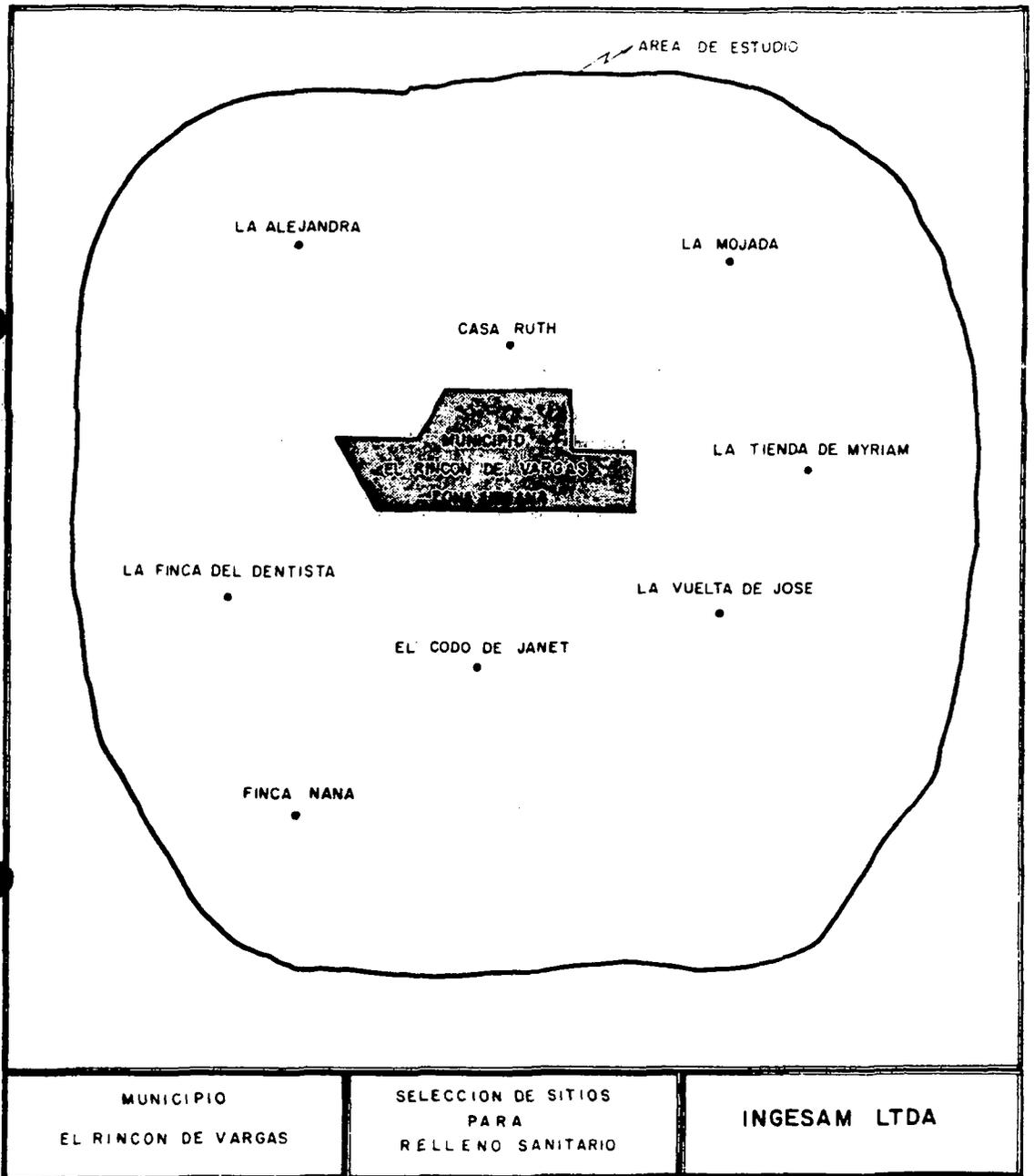


FIGURA No 4

CUADRO 1

SELECCION DE SITIOS PARA RELLENO SANITARIO

CRITERIOS DE SELECCION	DISTANCIA AL CENTRO DE 60	ACCESIBILIDAD 40	FERRUGANIDAD 10	AREA DEL SITIO 20	OCCUPACION ACTUAL 20	PENDIENTE 20	PROFUNDIDAD DE LA ROCA 20	MATERIAL DE COBERTURA 30	PROFUNDIDAD DEL AGUA 20	EFFECTO AMBIENTAL 30	DENSIDAD DE POBLACION 10	RENEABILIDAD 10	USO PROPUERTO 10	EFFECTO EN COMESTION DE VIAS 5	IMPACTO SOBRE EL TRAFICO 5	TOTAL PUNTAJE 330
SITIOS																
EL CODO DE JEANNETH	20	10	10	5	20	5	20	5	5	30	10	10	10	1	1	162
LA FINCA DEL DENTISTA	10	40	5	10	20	20	5	30	20	5	10	5	5	3	2	190
LA ALEJANDRA	20	35	10	5	20	20	5	30	5	40	10	5	10	5	5	225
LA TIENDA DE MYRIAM	40	30	1	15	20	10	20	25	10	10	10	5	10	2	5	213
LA VUELTA DE JOSE	50	30	1	10	10	15	5	10	15	5	10	10	10	1	5	187
LA MOJADA	25	5	5	5	5	5	10	5	20	20	10	10	5	5	1	136
FINCA NANA	5	25	1	15	10	15	10	25	20	40	10	5	10	2	5	198
CASA RUTH	50	35	10	10	20	10	10	25	5	10	10	10	10	2	2	219

La Tienda de Myriam y así sucesivamente.

Si, por ejemplo se necesitan dos sitios uno al Norte y otro al Sur, según la Figura 4 y el orden de elegibilidad los mejores serían al Norte La Alejandra y al Sur La Tienda de Myriam, en este caso se juegan las posibilidades como en el anterior.

Como se observa en este ejemplo, aceptamos decisiones del "nivel político" o de "nivel legal" porque en la selección de sitios para futuros rellenos sanitarios se mueven todo tipo de intereses exógenos al nivel técnico, por ejemplo: nadie quiere que el relleno esté cerca de su casa o de su finca, por estas razones hay que presentar orden de elegibilidad para que el nivel directivo y político tome la última determinación.



XXVII CONGRESO NACIONAL DE LA ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA
Y AMBIENTAL -ACODAL-

PONENCIA

ESTUDIO DE LA ECOLOGIA DEL RIO CALI CON ENFASIS EN SU FAUNA BENTONICA COMO
INDICADOR BIOLOGICO DE CALIDAD

BIOLOGA MARIA DEL CARMEN ZUÑIGA DE CARDOSO

UNIVERSIDAD DEL VALLE - FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS QUIMICOS Y BIOLOGICOS
SECCION DE SANEAMIENTO AMBIENTAL

SANTIAGO DE CALI AGOSTO DE 1984



RESUMEN

El presente artículo evalúa el impacto que los vertimientos de origen doméstico e industrial ejercen sobre la Ecología del Río Cali a su paso por la zona urbana de la ciudad Santiago de Cali.

Entre diciembre de 1981 y abril de 1984 se verificaron nueve (9) muestreos en el cuerpo de agua, los cuales incluyeron análisis físico-químicos y biológicos, con énfasis especial en su fauna bentónica como indicador biológico de calidad.

Para el estudio en mención, se seleccionaron cinco (5) estaciones de muestreo ubicadas en un trayecto de 10.3 km. Como punto de referencia se escogió el sitio denominado " Bocatoma ", antes de que el río inicie su recorrido a través de la ciudad.

Este seguimiento, hasta pocos kilómetros antes de su confluencia con el Río Cauca, permitió corroborar el deterioro de la corriente que en forma gradual se convierte en cuerpo de agua séptico caracterizado, además, por una fauna bentónica muy pobre en cuanto a diversidad biológica y el crecimiento masivo de unos pocos organismos resistentes al déficit de oxígeno, situación que se hace más crítica durante los períodos secos del año.

El Río Cali contribuye con el 22.6% de la carga orgánica total en Kg DBO_5/d , que la ciudad Santiago de Cali entrega al Río Cauca.

En la estación denominada " Bocatoma ", el Río Cali en un cuerpo de agua



de buena calidad ecológica, con bajo contenido de materia orgánica y valores de oxígeno disuelto cercanos al nivel de saturación. Aguas abajo del Puente Calima, después de recibir los vertimientos de la ciudad, el oxígeno disuelto decrece de 7.1 mg/l a 0.0 mg/l y, a su vez, la carga orgánica evaluada a través de la Demanda Química de Oxígeno y la Demanda Bioquímica de Oxígeno, se incrementa de 12 y 3 mg/l, respectivamente, a 423 y 172 mg/l.

La zona del Río de mejor calidad físico-química, se halla asociada con el mayor índice biológico de diversidad, cuyo valor promedio es de 3.50 unidades. Su fauna bentónica está conformada por organismos de 39 familias de macroinvertebrados, entre los cuales predominan aquellos insectos sensibles a la contaminación orgánica (52.6%). Este grupo está representado por Ephemeropteros (34.3%), Tricópteros (7.4%), Odonatos (6.0%) y Plecópteros (4.9%).

El incremento de carga orgánica y el déficit de oxígeno que exhibe el Río en la última estación de muestreo, identificada como " Calima ", limitan una fauna bentónica muy pobre en diversidad biológica cuyo índice decrece a 0.9 unidades. Las condiciones críticas de la zona favorecen el crecimiento de unos pocos grupos que, en este nivel, están representados solamente por 8 familias de las cuales el 71.1% son Anélidos Oligoquetos y el 16.1% Insectos tolerantes.

Bajo esta circunstancia, los Insectos sensibles desaparecen, lo cual permite confrontar estos grupos como los mejores indicadores ecológicos de calidad en la evaluación de cuerpos de agua que reciben carga orgánica.



1 INTRODUCCION

Uno de los hechos de repercusiones más significativos y críticas a nivel del balance ecológico de una corriente acuática, lo constituye la reducción drástica en los niveles del oxígeno disuelto como consecuencia de la estabilización de la materia orgánica de desecho aportada por aguas residuales de diferente tipo.

El descenso del oxígeno disponible, además de afectar directamente la respiración de organismos aeróbicos, puede ser causa del incremento en la toxicidad de algunos compuestos como fenoles y metales pesados, cuya ocurrencia es frecuente en vertimientos de origen industrial.

En áreas urbanas, el principal problema de polución acuática está estrechamente relacionado con las descargas de aguas residuales, hecho propiciado por el crecimiento de los grandes centros urbanos, el incremento de población y desarrollo industrial, factores que han alterado la calidad de la mayoría de nuestras corrientes disponibles al ser utilizadas como reservorios de las aguas servidas en diferentes campos de la actividad humana.

Un buen ejemplo de esta situación lo constituye el caso del Rfo Cali, cuyo deterioro a lo largo de su curso es dramático, particularmente en las épocas calurosas del año cuando su caudal es mínimo.

El Rfo Cali atraviesa la ciudad de su mismo nombre y en su recorrido gradualmente se va transformando en una corriente densa, de aspecto séptico y nauseabundo al recibir, gran parte de las aguas residuales



domésticas de cerca de dos millones de habitantes, así como también los vertimientos de origen industrial que aportan en forma directa o indirecta, varias factorías ubicadas en el perímetro urbano de la ciudad.

El trabajo en mención evalúa el impacto de la polución orgánica recibida por el Rfo Cali, haciendo uso de una nueva metodología en nuestro medio que utiliza indicadores biológicos de calidad de agua e índices de diversidad, teniendo como base la estructura y distribución de la comunidad bentónica del cuerpo de agua.

Los resultados de este estudio, además de realizar un inventario de la Fauna Bentónica, permitirán la confrontación de parámetros biológicos que puedan ser utilizados en la evaluación de corrientes, como una alternativa menos costosa que aquella derivada de análisis de tipo físico-químico.

Dadas las condiciones particulares de estabilidad que las comunidades bentónicas presentan con relación a un medio ecológico específico, el análisis de su estructura y distribución, en función de índices de diversidad biológica, reúne una gran cantidad de información acerca de un cuerpo de agua en particular, información que sólo podrá allegarse a través de varios muestreos y exámenes de tipo físico-químicos.

La implementación de la metodología propuesta, con énfasis en el componente biológico, aportará bases sólidas y elementos de juicio en los cuales las Entidades encargadas del control de la polución acuática, sustenten la revisión y selección de criterios de calidad de agua que permitan formular normas acordes con las características de nuestros recursos hídricos, con el fin de definir niveles de seguridad para proteger y garantizar la supervivencia de la biota local.



Los macroinvertebrados bentónicos han sido muy utilizados como indicadores biológicos de calidad de agua como puede observarse en los trabajos y revisiones llevadas a cabo por HYNES (1), ASTON (2), MYLINSKY (3), HAWKES (4) y QUIGLEY (5), entre otros autores reportados en la bibliografía especializada.

En este tópico, a nivel nacional existen unos pocos trabajos en donde se incorpora el aspecto biológico en el estudio de la polución acuática. Localmente es el primer trabajo que se reportó acerca del Rfo Cali. En este mismo sentido se destacan los trabajos realizados por ROLDAN (6) en el Rfo Medellín y GAVIRIA (7) en el Rfo Bogotá, aguas arriba de Tibitó.

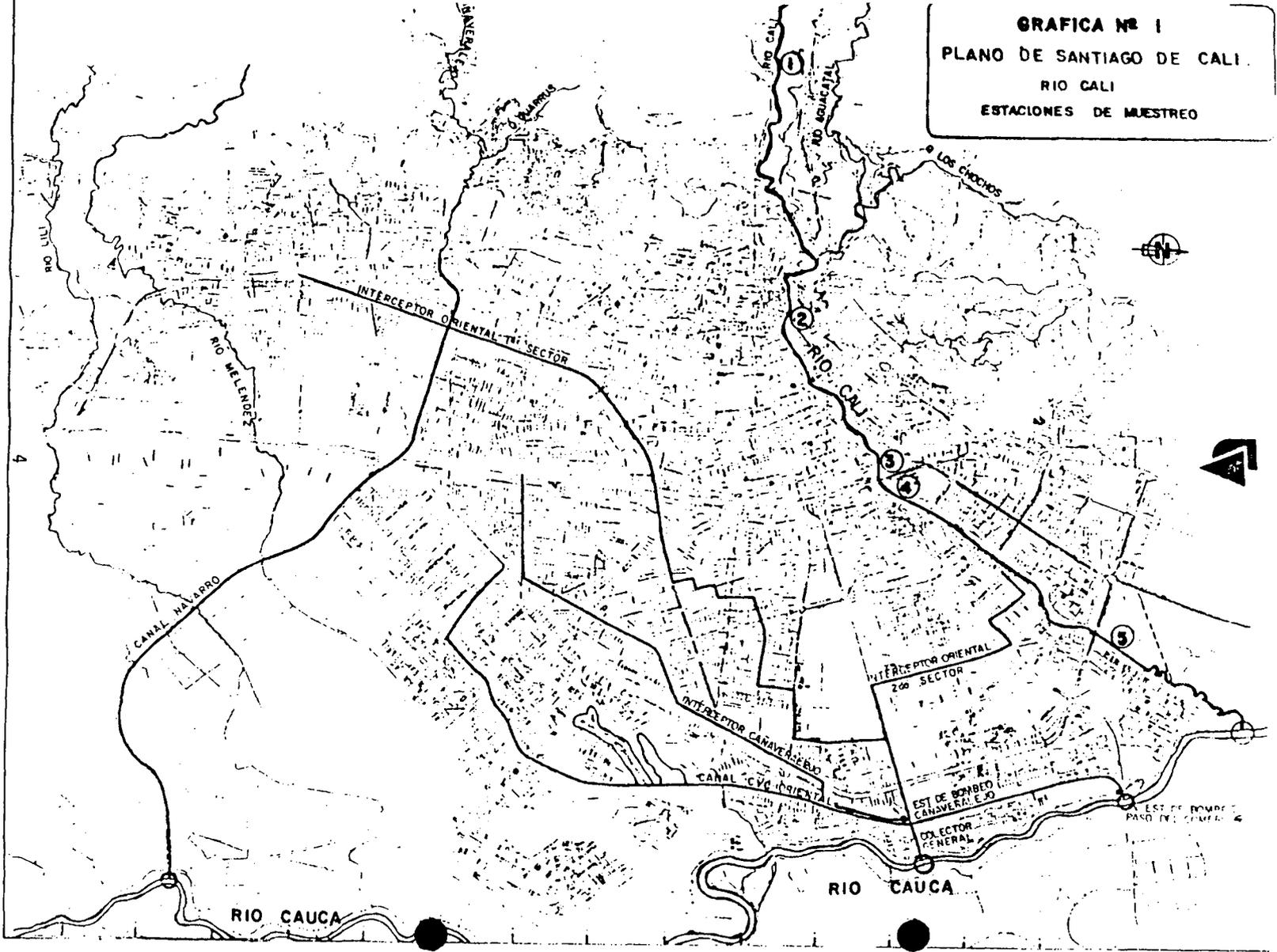
2 DESCRIPCION DEL AREA

El tramo de la corriente que se seleccionó para el estudio comprende cinco estaciones de muestreo ubicadas en un trayecto de aproximadamente 10.3 kilómetros, Gráfica No.1.

La primera estación que, además se utiliza como punto de referencia, se denomina " Bocatoma " y está ubicada unos 300 m aguas arriba de la Bocatoma de la Planta de Tratamiento para Agua Potable de " San Antonio ". En este sitio el Rfo Cali está poco poluído por ser una región de características similares a una zona rural, con densidades de población bajas, y ausencia de descargas a través de colectores directos.

En épocas de sequías prolongadas, cuando el caudal del Rfo se reduce a niveles críticos, la Planta de " San Antonio " capta todo el caudal disponible, tornándose la corriente en un lecho pedregoso cuyos afluentes, con excepción del pequeño Rfo Aguacatal, se hallan constituidos

GRAFICA Nº 1
PLANO DE SANTIAGO DE CALI.
RIO CALI
ESTACIONES DE MUESTREO





por las aguas residuales que recoge en su recorrido por la ciudad.

A partir del sitio descrito anteriormente, las siguientes estaciones de muestreo se hallan localizadas dentro del perímetro urbano.

La segunda estación se ubicó al frente del Hotel Intercontinental al oeste de la ciudad; la tercera estación se ubicó al frente de la Clínica de Los Remedios en el sector Norte; la cuarta estación se situó después del vertimiento de la Industria de Licores del Valle.

Como quinta y última estación de referencia, se escogió la zona localizada a 150 m aguas abajo del Puente Calima, en el sector nororiental de la ciudad, a pocos kilómetros de la confluencia del Río Cali con el Río Cauca, sitio en el cual la corriente presenta un aspecto deprimente por el deterioro en la calidad de sus aguas.

3 MATERIALES Y METODOS

Cada una de las estaciones seleccionadas para el estudio del Río Cali fué muestreada nueve veces en el período comprendido entre diciembre de 1981 y febrero de 1984. Los análisis de tipo físico-químico, así como también los de fauna bentónica, se realizaron en los laboratorios de Aguas y Bioensayos ubicados en la Sección de Saneamiento Ambiental, Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle.

Teniendo en cuenta el propósito del trabajo, se eligieron los parámetros físico-químicos más representativos en la cuantificación de contaminación orgánica: Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO).



Estas pruebas se verificaron de acuerdo con las recomendaciones establecidas por los " Standard Methods for the Examination of Water and Waste-Water. 15th Edition " (8) y el tipo de muestreo, en todos los casos, fué puntual.

Los análisis de tipo biológico se realizaron teniendo como base la identificación hasta el nivel taxonómico de Familia de los macroinvertebrados bentónicos colectados en forma manual en las piedras del lecho del río que en su mayor parte es pedregoso.

Después de separar los organismos, estos se preservaron en alcohol al 70% para su posterior identificación con ayuda del microscopio estereoscópico y las claves taxonómicas específicas para cada grupo en particular.

A partir del inventario de la fauna bentónica localizada en las diferentes estaciones de la corriente, se confrontaron los indicadores ecológicos de calidad más representativos de acuerdo con las características específicas del habitat en que fueron colectados.

En forma adicional, se evaluó la calidad de cada uno de estos ambientes basándose en la diferencia que presentaron las comunidades bentónicas, no sólo en el tipo de organismos sino también en el número de especies diferentes y, por ende, en la diversidad biológica. Para el cálculo del índice de diversidad de Familias, se utilizó la ecuación propuesta por SHANNON-WEINER (4).

$$H' = - \sum_{i=1}^t \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$



En donde :

- N : Número total de organismos en la muestra.
- n : Número de individuos en cada grupo (Familia).
- t : Número de grupos en la muestra (Familias).

4 DISCUSION DE RESULTADOS E INTERRELACION DE PARAMETROS

4.1 ANALISIS FISICO-QUIMICOS

Los resultados de los análisis de temperatura (°C), pH (unidades), oxígeno disuelto (mg/l), demanda química de oxígeno (mg/l) y demanda bioquímica de oxígeno (mg/l), obtenidos en cada una de las estaciones del Río, se han dividido en dos grupos. El Cuadro No.1 consigna los valores que corresponden a muestreos en períodos secos y el Cuadro No.2 a aquellos realizados en períodos de lluvias. En forma adicional, se incluye una Isometría del Río Cali en donde se puede visualizar toda la información disponible en el aspecto físico-químico del cuerpo de agua objeto de análisis. Gráfica No.2.

4.1.1 Temperatura

En general, a través del tiempo este parámetro muestra tendencia a incrementarse a medida que el Río avanza por la zona urbana, presentándose el mayor ascenso después del vertimiento de la Industria de Licores del Valle, desecho cuya temperatura es de 44°C.

En época de verano la Estación No.5, identificada como " Licorera ", presenta el máximo valor de temperatura (26°C), cuya diferencia, con relación al sitio de referencia o " Bocatoma " , es de 5°C.



ESTUDIO ECOLOGICO DEL RIO CALI

RESUMEN DE LOS ANALISIS FISICO QUIMICOS Y BIOLOGICOS
EN CADA UNA DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

CUADRO N° 1

PARAMETRO	PERIODO SECO																								
	BOCATOMA					INTERCONTINENTAL					CL DE LOS REMEDIOS					LICORERA					CALIMA				
	MEAN	MIN	MAX	F	CV%	MEAN	MIN	MAX	F	CV%	MEAN	MIN	MAX	F	CV%	MEAN	MIN	MAX	F	CV%	MEAN	MIN	MAX	F	CV%
Temperatura °C	21	20	21	08	4	23	21	22	13	6	25	21.5	25	16	7	28	24.5	28	14	5	27	24	27	11	4
pH unidades	7.9	7.0	7.6	0.3	4	7.7	7.0	7.5	0.3	3	7.7	7.1	7.4	0.2	3	8.1	8.0	8.4	0.3	4	8.7	8.6	8.8	0.2	3
O.D. mg/l	7.3	6.6	7.1	0.2	2	7.4	4.0	9.9	1.1	19	8.7	2.9	14.0	1.4	34	18	10.0	11.0	0.5	4.5	0.6	0.0	0.7	0.3	1
D.O.D. mg/l	20	3	12	6.1	82	10	28	1.1	35.4	54	16.1	5.3	10.7	4.2	39	7.5	15.1	14.5	2.74	30	74.7	16.8	4.2	1.47	14
D.B.D. mg/l	5	1	3	1.6	59	28	6	15	1.8	5.7	4.2	1.6	1.0	1.4	4	2.1	0.5	1.7	0.8	36	36.1	5.9	1.72	0.6	1.4
I.B.D. unidades	1.95	1.03	3.46	0.4	11	2.95	1.81	2.36	10.4	16	2.6	1.65	2.75	0.4	18	1.7	1.2	1.52	1.0	10	1.13	0.84	1.92	1.0	12

CUADRO N° 2

PARAMETRO	PERIODO DE LLUVIAS																								
	BOCATOMA					INTERCONTINENTAL					CL DE LOS REMEDIOS					LICORERA					CALIMA				
	MEAN	MIN	MAX	F	CV%	MEAN	MIN	MAX	F	CV%	MEAN	MIN	MAX	F	CV%	MEAN	MIN	MAX	F	CV%	MEAN	MIN	MAX	F	CV%
Temperatura °C	29	18.5	29	0.3	2	18	18	19	0.0	0	20	18.5	20	0.3	2	23.5	22.5	23	0.5	2	23	21.5	22	0.7	3
pH Unidades	7.8	7.2	7.5	0.3	4	7.8	7.3	7.4	0.2	2.1	7.6	7.0	7.3	0.4	3	6.9	5.9	6.5	0.5	8	7.0	6.6	6.8	0.2	3
O.D. mg/l	7.4	7.2	7.3	0.1	2	7.3	7.2	7.3	0.1	1	7.1	6.9	7.0	0.1	2	5.1	4.4	4.8	0.4	8	4.0	1.2	2.7	1.4	31
D.O.D. mg/l	22	12	18	5.1	29	8.1	1.7	9.3	3.25	6.1	10.8	3.6	7.8	3.7	48	28.5	21.2	24.2	4.0	17	25.5	13.4	10.9	1.65	13
D.B.D. mg/l	4	1	3	1.4	52	30	3	19	1.6	8.5	7.1	1.0	3.5	3.0	9	19.1	9.8	13.0	3.2	41	12.4	4.2	9.6	4.6	49
I.B.D. unidades	2.79	2.6	2.81	0.3	13	1.57	1.19	1.34	0.2	15	1.09	0.96	1.03	0.1	6	0.92	0.65	0.77	0.1	18	0.62	0.43	0.55	0.1	16

OD OXIGENO DISUUELTO
E PROMEDIO ARITMETICO

DBD DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO

DDO DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO
N NÚMERO DE MUESTREOS

S DESVIACIÓN STANDARD

CV COEFICIENTE DE VARIACION

IBD INDICE DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA
(Shannon-Weiner)



Durante los periodos lluviosos la tendencia ascendente de este parámetro se conserva pero dentro de un nivel de valores más bajos, como consecuencia del incremento de caudal en la corriente. Las cifras reportadas para cada una de las Estaciones, durante el total de muestreos, no presentan coeficientes de variación significativos. Gráfica No.3.

4.1.2 pH

En las tres primeras estaciones del Rfo, hasta la Clínica de los Remedios, las variaciones del pH son mínimas, situación que se agudiza, como en el caso anterior, en el sitio denominado " Licorera " en donde la corriente presenta el valor mínimo de pH (6.4 unidades), debido al aporte de las aguas residuales procedentes de la Industria de Licores del Valle cuyos compuestos fermentables le comunican carácter ácido al desecho y al cuerpo de agua receptor.

Con relación a la Bocatoma, la diferencia que presenta la Estación de la Licorera es de 1.2 unidades, cifra bastante significativa que se mantiene constante hasta Calima. En épocas de lluvias la tendencia de acidificación de la corriente se conserva en un nivel menor, pero se observa neutralización al incrementar en 0.2 unidades la última zona de muestreo.

En general, los valores de pH son poco variables como puede correlacionarse por los coeficientes de variación de cada uno de los sitios estudiados. Gráfica No.4.

4.1.3 Oxígeno Disuelto

Es uno de los parámetros que presenta las variaciones más significa-



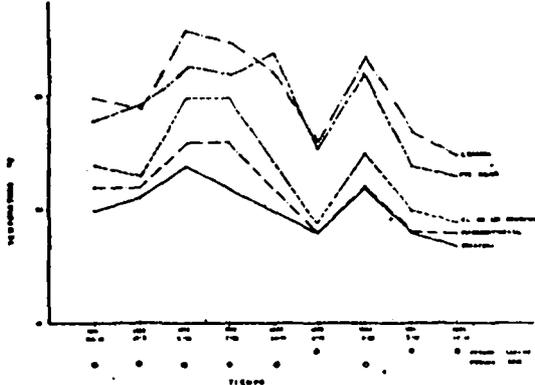
tivas en la ecología del cuerpo de agua como consecuencia del incremento de la carga orgánica que recibe el Rfo a su paso por la ciudad.

En la Bocatoma, el Río Cali es un cuerpo de agua de buena calidad ecológica, con valores de oxígeno disuelto de 7.1 mg/l, lo cual representa un nivel de saturación del 97% y una garantía para la sobrevivencia de la biota presente.

Con relación al oxígeno disuelto, la situación más crítica se presenta durante los períodos secos del año, cuando el caudal es mínimo, la temperatura se incrementa y la Planta de Tratamiento de " San Antonio " retiene el caudal disponible del Río para satisfacer la demanda de agua potable de la ciudad.

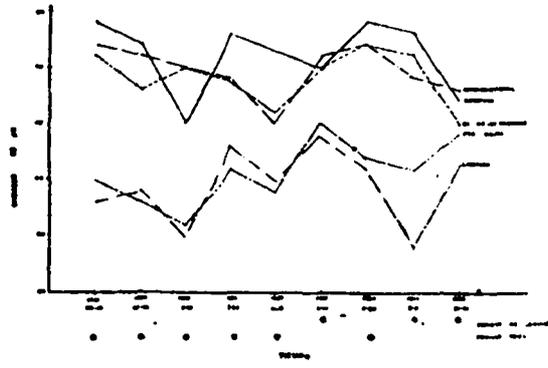
Los resultados que se reportan en las diferentes Estaciones son un fiel testimonio del deterioro gradual del Rfo en su trayectoria por la zona urbana de la ciudad. En Calima, la corriente es anaeróbica, tornándose séptica y de aspecto repulsivo. Durante períodos de sequía muy severa, esta situación se detecta aún desde la estación anterior, en la Licorera, hecho propiciado por el consumo de oxígeno que ocasiona la estabilización de la alta carga orgánica que aporta la Industria de Licores del Valle, principal agente de polución del Río Cali, cuyos vertimientos fluyen en forma directa por su margen derecha.

Cuando se presentan períodos de lluvias, a causa de la dilución de los compuestos orgánicos y al aporte de oxígeno de las aguas lluvias, los niveles de este parámetro se hacen menos críticos para el Rfo. El valor promedio reportado a la altura de Calima es del orden de 2.7 mg/l. Gráfica No.5.



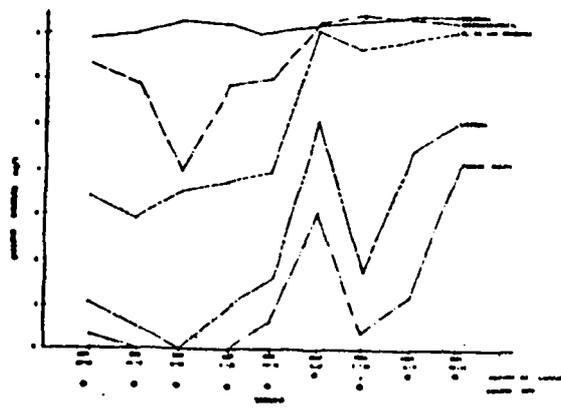
GRAFICA N° 3

Temperatura vs. Tiempo



GRAFICA N° 4

pH vs. Tiempo



GRAFICA N° 5

Oxígeno Disuelto vs. Tiempo



4.1.4 Demanda Química y Demanda Bioquímica de Oxígeno

Constituyen los parámetros fundamentales en la evaluación de carga orgánica y se hallan estrechamente relacionados con el oxígeno disuelto de la corriente. Gráficos Nos. 6, 7 y 8.

Como ya fué discutido, en el Rfo Cali la mayor restricción de Oxígeno disuelto se presenta en las estaciones de la Licorera y Calima a 2.4 kilómetros de confluir con el Rfo Cauca, y después de recorrer una zona urbana densamente poblada.

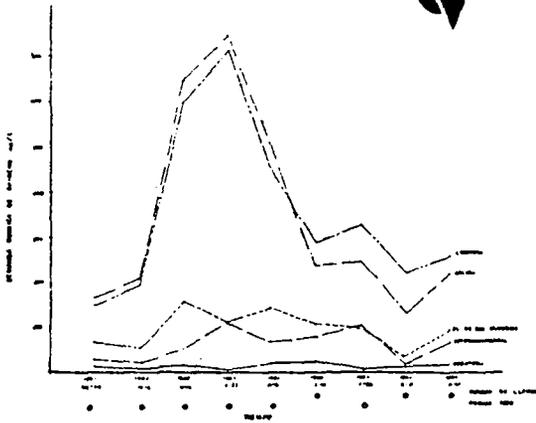
Esta situación coincide con los valores más altos de Demanda Química y Demanda Bioquímica de Oxígeno, cuyas cifras en Calima son, 423 y 172 mg/l respectivamente.

En general, estos parámetros muestran tendencia ascendente a partir del punto de referencia en la Bocatoma, presentándose un gran incremento después del vertimiento de la Industria de Licores del Valle.

En la zona del Rfo localizada antes de la Primera estación de muestreo, la corriente no recibe descargas de origen residual por intermedio de colectores directos, pero no se descarta la posibilidad de la existencia de drenajes indirectos por escorrentía o por cañadas.

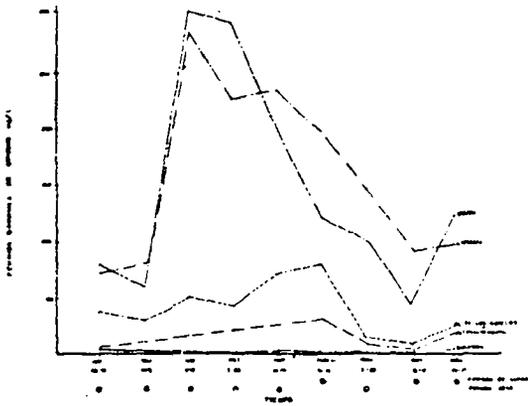
Después de este sitio, la corriente empieza a recibir aguas residuales de diferente tipo y al desembocar en el Rfo Cauca ha sido reservorio, incluido el Rfo Aguacatal, de cuarenta y cuatro (44) descargas directas, de las cuales, veintiuna (21) fluyen por su margen derecha y veintitres (23) por la izquierda.

De otro lado, el alto nivel de saturación en cuanto a oxígeno disuel-



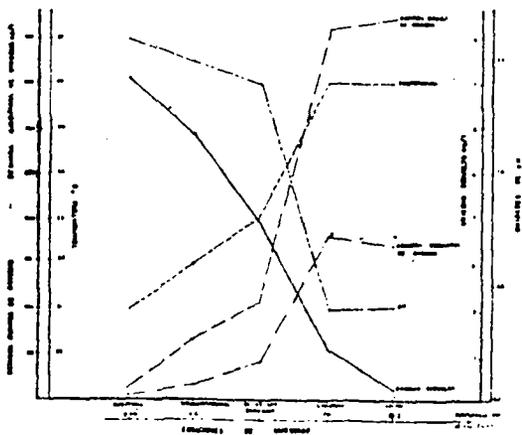
GRAFICA N° 6

Demanda Química de Oxígeno
vs. Tiempo.



GRAFICA N° 7

Demanda Bioquímica de Oxígeno
vs. Tiempo.



GRAFICA N° 8

Interrelación de Parámetros
Físico-Químicos vs. Estaciones
de Muestreo.



to que caracteriza la región ubicada en la Bocatoma, se halla correlacionada con bajas cargas orgánicas, en cuyo caso se han reportado, en su orden, valores de 12 y 3 mg/l.

Bajo condiciones de lluvia y debido al factor de dilución que se opera en el Rfo, los dos parámetros en estudio decrecen respecto de los niveles alcanzados en épocas de sequía, pero conservan la tendencia ascendente a medida que la corriente avanza, coincidiendo el sitio de la Licorera con el mayor incremento de carga orgánica.

Con relación a los restantes parámetros físico-químicos en estudio, los valores de la DBO y la DCO que se anotan, exhiben para cada una de las estaciones de muestreo, los mayores porcentajes de variación, posiblemente como consecuencia del tipo de muestreo que se utilizó, el cual no se puede sustraer de situaciones fortuitas como descargas puntuales u horarios particulares de mayor afluencia en aguas residuales.

De acuerdo con la información suministrada por las Empresas Municipales de Cali -EMCALI-, y la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -C.V.C.-, Entidades de Control de Contaminación Acuática para el Valle del Cauca, en el año de 1983, el 35% de las industrias ubicadas en el perímetro urbano de la ciudad entregan en forma directa o a través del sistema de alcantarillado, sus residuos líquidos al Rfo Cali. El 65% de la industria urbana restante usa como reservorio final de sus desechos el Rfo Cauca, principalmente por intermedio del gran colector general.

Las cifras relacionadas con la carga orgánica que aportan las industrias urbanas que EMCALI seleccionó dentro de unos criterios como significativas, se consignan en la Tabla No.1 para un gran total de



TABLA No. 1 CARGA ORGANICA DE LAS INDUSTRIAS QUE VIERTEN SUS AGUAS AL RIO CALI EN FORMA DIRECTA O A TRAVES DEL ALCAANTARILLADO

INDUSTRIA	CARGA ORGANICA (KG/DIA)		
	DBO ₅ (20°C)	DOC	S.S.
PRODUCTOS DANCALI	195	377	65
RICA KONDO	89	184	71
GRACOVAL	49	87	25
CHICLETS ADAMS (PLANTA CALLE 62)	15.4	31.9	5.1
COLGATE PALMOLIVE	348	2020	480
LABORATORIOS MILES	46	9.5	2.7
WARNER LAMBERT	37	64	8
MEDEVALLE	*	1.6	1
INDUSTRIAS CATO	*	7	3
SERVIMOTORES	-	-	-
BRITILAMA (PLANTA DE LAVADO)	601	2481	639
LISCANO	453	2216	590
INDULAMPA	2	6.9	2.3
EL PUEBLO	-	-	-
HOTEL INTERCONTINENTAL	231	385	123
CLINICA NUESTRA SEÑORA DE LOS REMEDIOS	25	52	14
PASTAS CONSASONI	9	47	4
CHICLETS ADAMS (PLANTA CALLE 47)	21	42	5
LABORATORIOS HOME PRODUCTS	43	80	25
GILLETTE DE COLOMBIA	34	95	31
SQUIBS LABORATORIOS	32	79	19
LABORATORIOS FARANDES	2.2	5.3	0.6
FACOMEK	5	20	6
METAL CRAFT	*	1.2	0.9
METALURGICA MIVASQUEZ	-	-	-
BRITILAMA BERREY (PRINCIPAL)	104	222	83
LITOFAM	83.4	185.7	146
FOTO INTERNACIONAL	2.4	5	0.5
INDUSTRIAS FANA	9	27	10
CARVAJAL	48	84	6
CLINICA DE OCCIDENTE	51	76	26
CLINICA DE LOS SEGUROS SOCIALES	-	-	-
INDUSTRIA DE LICORES DEL VALLE (1)	27530	69818	5226
CARTONES AMERICA (1)	1677	3747	1634
CANAL ACOPI	417	1052	326
TOTAL	32159	53569	9578

INFORMACION SUMINISTRADA POR EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI - ENCALI -, SECCION CONTROL DE CONTAMINACION.

(1) CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA, S.A.S., Sección de Control de Contaminación.

* No detectable por presencia de tóxicos.

- Sin caracterizar.



32159 kg DBO_5/dfa , 83509 kg DQO/dfa y 9578 kg de Sólidos en suspensión/ dfa .

A partir de los datos anteriores, la Industria de Licores del Valle se constituye en el principal agente de polución orgánica para el Rfo Cali. El 85.6% de la carga orgánica total, que en kg DBO_5/dfa se origina en aguas residuales industriales asociadas con esta corriente, proceden de esta factoría.

En términos generales, la ciudad Santiago de Cali, vierte al Rfo Cauca sus aguas residuales domésticas e industriales, a partir de cuatro grandes colectores, uno de los cuales es el Rfo Cali. Tabla No.2.

Teniendo como base las cifras consignadas en la Tabla anterior, la carga orgánica total es -e 60119 kg DBO_5/dfa , 138946 kg DQO/dfa y 90710 kg SS/dfa , cifras estimadas por EMCALI para la época seca de 1983, cuando el caudal de la corriente se reduce a $1 \text{ m}^3/\text{s}$. En tal sentido, el Rfo Cali contribuye con el 22.6% de la carga orgánica total que en kg DBO_5/dfa entrega la ciudad Santiago de Cali al Rfo Cauca.

4.2 ANALISIS BIOLÓGICOS

Los resultados de los análisis biológicos se resumen en los Cuadros Nos. 1, 2 y 3 y la Tabla No.3. Se incluye además, una Isometría que visualiza en las diferentes zonas del Rfo, los índices biológicos de diversidad y la fauna bentónica típica de la corriente, la cual está condicionada por los factores físico-químicos de cada ambiente en particular. Gráfica No.9.



TABLA No.2

CARGA ORGANICA QUE VIERTE LA CIUDAD SANTIAGO DE CALI AL RIO CAUCA

VERTIMIENTO	Q m ³ /s	CARGA ORGANICA (KG/DIA)		
		DBO ₅	D00	SST
Canal Navarro	0.666	3225	9497	9182
Colector General	2.373	38072	84968	54690
Colector Oriental CVC	1.090	5230	13705	12387
Rfo Cali	1.00	13592	30776	14451
TOTAL	5.129	60119	138946	90710

Empresas Municipales de Cali -EMCALI-, Sección Control de Contaminación.

4.2.1 Índice Biológico de Diversidad

Este parámetro se calculó a partir de las frecuencias que exhiben los organismos bentónicos presentes en el Río de acuerdo con cada una de las zonas que los caracterizan. El índice biológico hace uso de la ecuación propuesta por SHANNON WEINER y los grupos de organismos se clasificaron hasta el nivel taxonómico de FAMILIA.

Existe íntima correlación entre aquellos ambientes de alta carga orgánica y bajo contenido de oxígeno disuelto con bajos índices biológicos de diversidad, en cuyo caso, la polución orgánica favorece el crecimiento masivo de unos pocos grupos resistentes.



CUADRO No. 3 FAUNA BENTONICA DEL RIO CALI

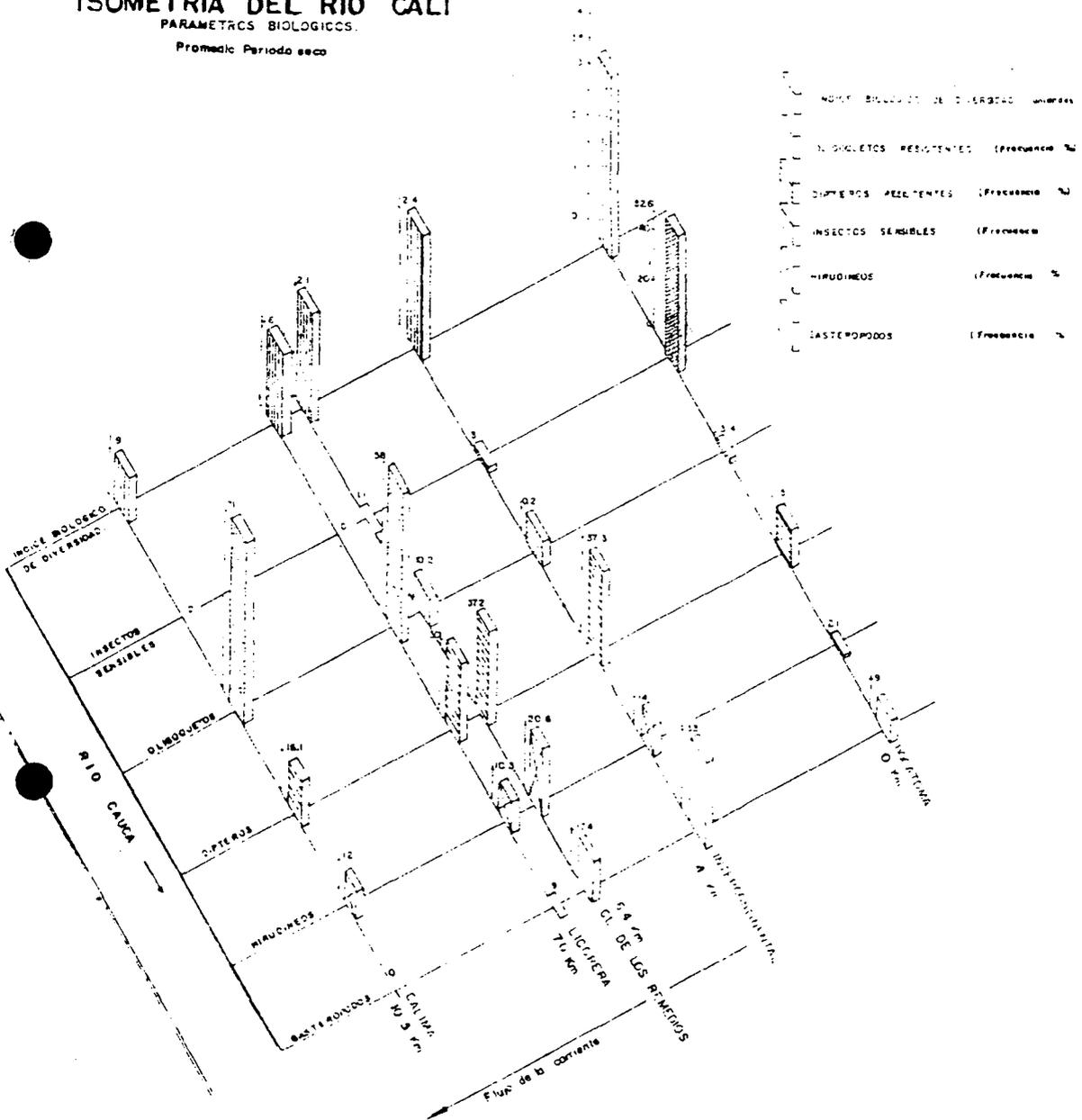
GRUPOS TAXONOMICOS REPRESENTATIVOS DE CADA UNA DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO

GRUPOS TAXONOMICOS	ESTACIONES DE MUESTREO									
	BOCATOMA		INTERCONTINENTAL		CLINICA DE LOS REMEDIOS		LICORERA		CALIMA	
	FRECUENCIA %		FRECUENCIA %		FRECUENCIA %		FRECUENCIA %		FRECUENCIA %	
PHYLUM PLATELMINTOS										
Clase : Turbellaria	7.1	7.1	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PHYLUM ANELIDOS										
Clase : Oligochaeta	3.4		10.2		20.6		57.9		71.1	
Familia : Tubificidae		1.8		9.3		17.6		55.8		64.3
Clase : Hirudinea	2.1		13.9		18.4		10.3		12.0	
Familia : Glossiphoniidae (?)		2.1		12.5		17.1		10.3		12.0
PHYLUM MOLUSCOS										
Clase : Gasteropoda	9.0		33.4		17.4		0.9		0.0	
Familia : Physidae		4.4		3.1		16.6		0.9		0.0
Familia : Lymnaeidae		2.0		1.5		0.8		0.0		0.0
PHYLUM ARTHROPODA										
Clase : Insecta										
Orden : Ephemeroptera	34.3		2.4		1.1		0.0		0.0	
Familias : Siphonuridae		14.6		0.5		0.0		0.0		0.0
Leptophlebiidae		12.6		0.4		0.9		0.0		0.0
Ecdyuridae		6.1		1.4		0.1		0.0		0.0
Orden : Diptera	14.8		37.3		37.2		30.0		16.1	
Familias : Chironomidae		11.4		32.9		34.8		9.0		4.8
Syrphidae		0.0		0.0		0.0		19.9		10.1
Orden : Trichoptera	7.4		0.1		0.0		0.0		0.0	
Familia : Hydropsychidae		7.3		0.0		0.0		0.0		0.0
Orden : Odonata	6.0		0.0		0.0		0.0		0.0	
Familia : Coenagrionidae		4.4		0.0		0.0		0.0		0.0
Orden : Plecoptera	4.9		0.4		0.0		0.0		0.0	
Familia : Perlidae		4.9		0.4		0.0		0.0		0.0
Orden : Coleoptera	1.3		0.2		0.0		0.0		0.0	
Familia : Sphenidae		0.9		0.1		0.0		0.0		0.0
OTROS GRUPOS	9.7	9.7	0.0	0.0	5.3	5.3	2.0	2.0	0.0	0.0
TOTAL	100		100		100		100		100	



GRAFICA Nº 9 ISOMETRIA DEL RIO CALI

PARAMETROS BIOLOGICOS.
Promedio Periodo seco





De otro lado, aquellas zonas caracterizadas por buenos niveles de saturación en oxígeno disuelto, sustentan una fauna bentónica con índices de diversidad altos, en donde generalmente no se presenta el dominio mayoritario de algún grupo en particular, exhibiendo estos macroinvertebrados selectividad con relación al habitat. Gráfica No.10.

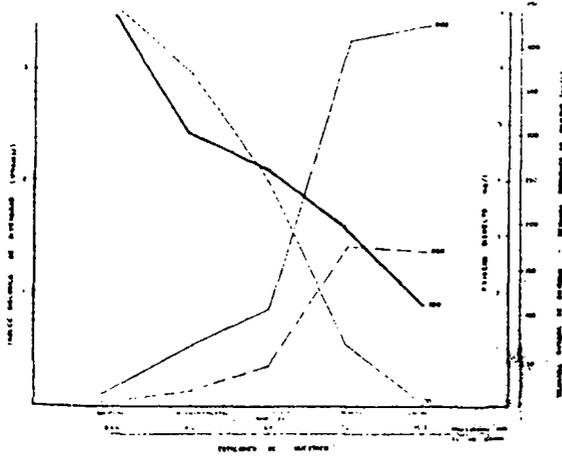
En el caso del Rfo Cali, los índices biológicos de diversidad muestran tendencia descendente a medida que la calidad del cuerpo de agua se deteriora como consecuencia del incremento de carga orgánica de origen residual, generada por las aguas servidas de la ciudad.

La estación ubicada en la Bocatoma, zona de bajo contenido orgánico, presenta en promedio, el más alto índice de diversidad (3.5 unidades). Este valor decrece a 0.9 unidades en Calima donde el Rfo ofrece una imagen deprimente por el deterioro en la calidad de sus aguas. Gráfica No.11.

En la evaluación de cuerpos de agua mediante el uso de parámetros biológicos, vale la pena destacar la estabilidad que exhiben las comunidades bentónicas con relación al ambiente que las sustentan. Este hecho se puede visualizar a través de los bajos coeficientes de variación para cada una de las zonas en estudio, cifras que ofrecen mayor variación en el caso de los parámetros físico-químicos.

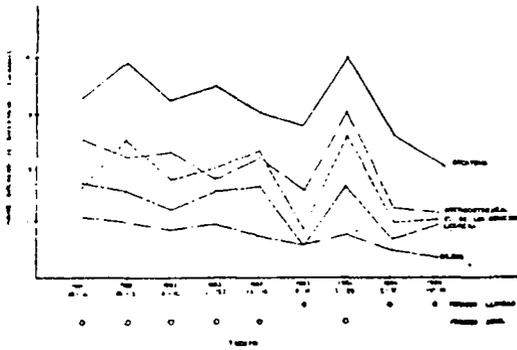
4.2.2 Indicadores Biológicos de Calidad

La Tabla No.3 incluye el Inventario detallado de la Fauna Bentónica recolectado en el Rfo Cali. Las frecuencias de los grupos predominantes se estimaron con base en las cifras acumuladas durante el total de muestreos realizados en cada una de las zonas de la corriente.



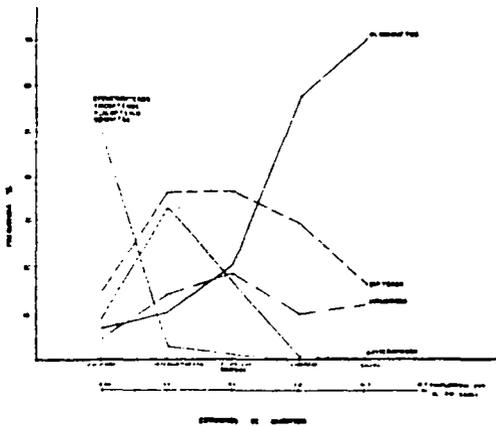
GRAFICA N° 10

Interrelación de Parametros Físico-Químicos con el Índice Biológico de Diversidad vs. Estaciones de Muestreo.



GRAFICA N° 11

Índice Biológico de Diversidad vs. Tiempo.



GRAFICA N° 12

Frecuencia de Indicadores Biológicos de Calidad vs. Estaciones de Muestreo.



Los macroinvertebrados bentónicos de este cuerpo de agua están muy diversificados, de manera particular en la zona de la Bocatoma cuyas aguas son de buena calidad. Los organismos recolectados pertenecen a 39 Familias diferentes, con predominio del grupo de Insectos sensibles a la polución orgánica (52.6%), cuyos principales representantes son Efemerópteros, Tricópteros, Plecópteros y Odonatos. Esquemas Nos. 1 a 9.

A medida que el cuerpo de agua atraviesa la ciudad e incrementa su carga orgánica y, por ende el déficit de oxígeno, el grupo de insectos sensibles a la polución decrece de manera vertical. En sólo dos estaciones, de la Bocatoma al Intercontinental ha disminuido de 52.6% a 2.9% y en la Licorera y Calima ha desaparecido en su totalidad. Gráfica No.12.

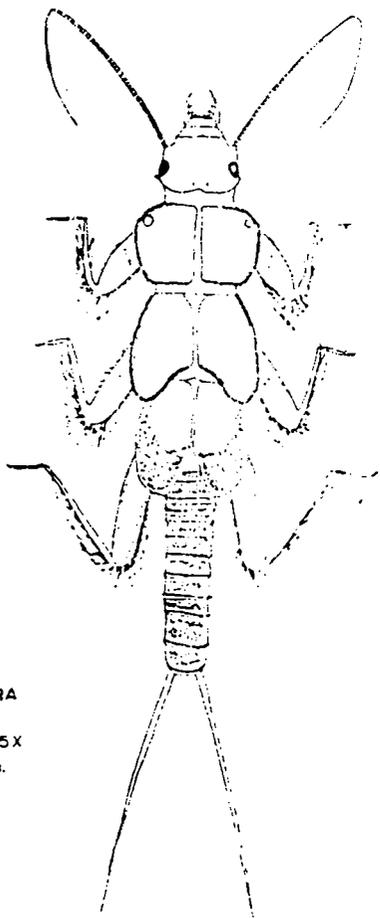
El grupo de Anélidos Oligoquetos, catalogado como resistente a la polución orgánica, muestra incremento a medida que el Rfo avanza. A partir de la Bocatoma, en Calima su frecuencia se eleva de 3.4% a 71.1%, lo cual está correlacionado con el bajo índice de diversidad de esta zona, cuya fauna bentónica sólo está representada por 8 Familias. Esquemas Nos. 10 a 12.

Otra de las regiones críticas del Rfo es la Licorera, también identificada por una baja diversidad biológica, y gran predominio de Anélidos Oligoquetos (58%) y Dípteros tolerantes (30%).

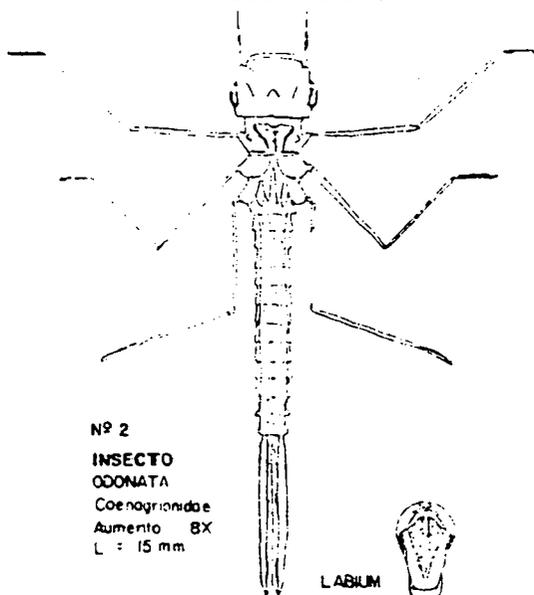
Esta zona está caracterizada por la presencia del Díptero Syrphidae, resistente no sólo a la polución orgánica, sino también a las temperaturas altas, ya que en varias oportunidades ha sido recolectado en las orillas del cauce que forma el desecho caliente que fluye de la Industria de Licores del Valle.



ESQUEMAS
FAUNA BENTONICA DEL RIO CALI
BOCATOMA.



Nº 1
INSECTO
PLECOPTERA
 Perlidae
 Aumento: 3.5X
 L = 22 mm.



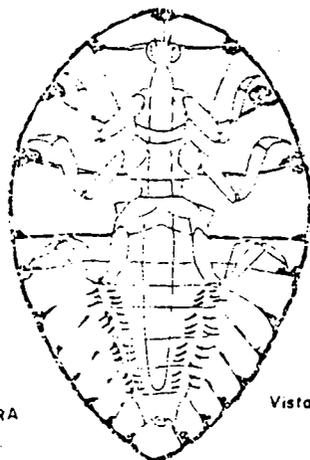
Nº 2
INSECTO
ODONATA
 Coenagrionidae
 Aumento: 8X
 L = 15 mm.

LABIUM

L = 2.5 mm.
 Aumento: 12.5X



Nº 3
PLATELMINTO
TURBELLARIA
 Aumento: 8X
 L = 7 mm.



Nº 4
INSECTO
COLEOPTERA
 Paephendae.
 Aumento: 12.5X
 L = 6 mm.

Vista Ventral.

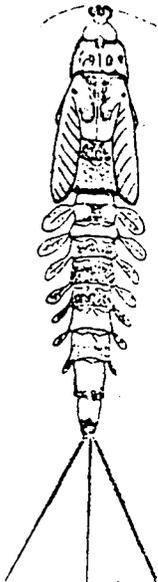
Esquemas Originales:
 Pablo Diaz



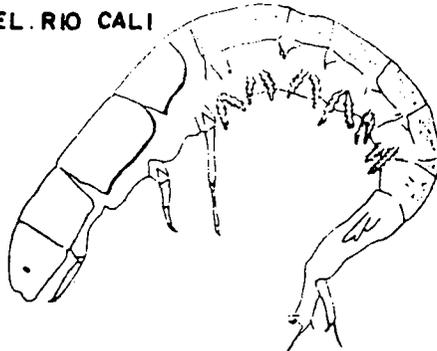
ESQUEMAS

FAUNA BENTONICA DEL RIO CALI

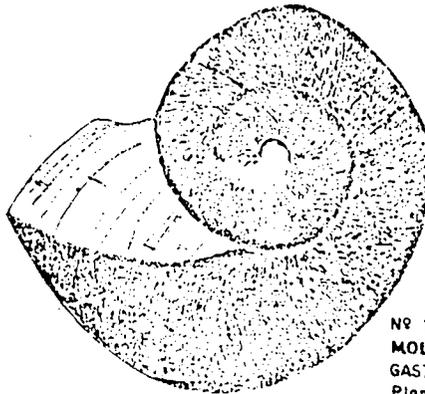
BOCATOMA



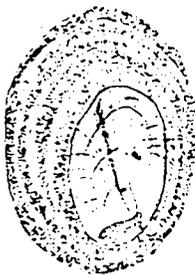
Nº 5
INSECTO
EPHEMEROPTERA
Siphonuridae
Aumento 8X
L = 6 mm



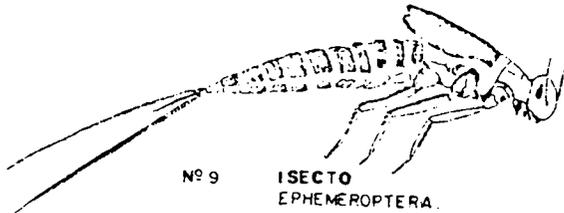
Nº 6
INSECTO
TRICHOPTERA
Hydropsychidae
Aumento 5X
L = 15 mm.



Nº 7
MOLUSCO
GASTEROPODA
Planorbidae
Aumento 8X
L = 6 mm



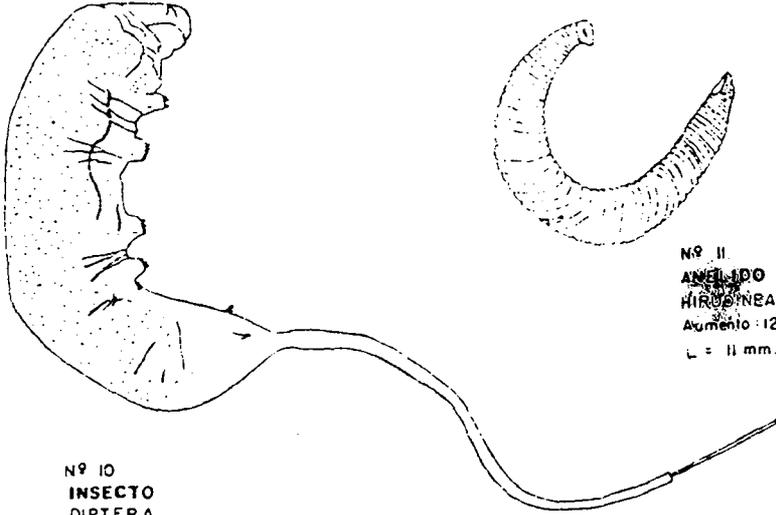
Nº 8
MOLUSCO
GASTEROPODA
Ancylidae
Aumento 8X
L = 4 mm



Nº 9
INSECTO
EPHEMEROPTERA
Leptophaeidae
Aumento 12.5X
L = 4 mm

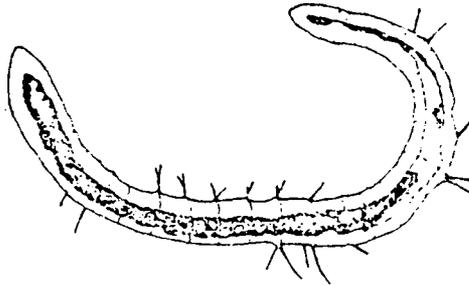


ESQUEMAS
FAUNA BENTONICA DEL RIO CALI
LICORERA - CALIMA .



Nº 10
INSECTO
DIPTERA
Syrphidae
Aumento 8X
L = 12 mm

Nº 11
ANELIDO
HIRUDINEA
Aumento: 125 X
L = 11 mm.



Nº 12
ANELIDO
OLIGOCHAETA
Tubicidae
Aumento 20X
L = 22 mm

Esquemas Originales
Pablo Díaz



ESQUEMAS

FAUNA BENTONICA DEL RIO CALI
Intercontinental - Cl. de los Remedios.



Nº 13 **INSECTO**
DIPTERA
Chicoronomidae
Aumento 8X.
L = 12 mm.



Vista Dorsal

Nº 14 **ANELIDO**
HIRUDINEA

Aumento 8X
L = 10 mm.



Vista Ventral

Nº 15
MOLUSCO
GASTEROPODA
Physidae
Aumento 5X
L = 7 mm



Nº 16
MOLUSCO
GASTEROPODA
Limnæidae.
Aumento 5X
L = 8 mm



Esquemas Originales:
Pablo Diaz.



La fauna de las estaciones intermedias, muestran un predominio de Moluscos Gasterópodos, cuya mayor densidad (33.4%) se observa en el Intercontinental en donde también proliferan Dípteros Chironomidae (37.3%) y Anélidos Hirudineos (13.9%). Esquemas Nos. 13 a 17.

5 CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se concluye lo siguiente :

- a. El Rfo Cali es una corriente cuya calidad se deteriora gradualmente a su paso por la ciudad, transformándose en un cuerpo de agua séptico y de aspecto deprimente, situación que se agudiza durante los períodos secos del año.

La ciudad Santiago de Cali utiliza cuatro grandes colectores para vertir sus aguas residuales al Rfo Cauca. Uno de estos colectores es el Rfo Cali, cuya contribución es del 22.6% con respecto a la carga orgánica total de la ciudad en kg DBO_5 /dfa.

- b. Desde el punto de vista de calidad ecológica, el cuerpo de agua en estudio se caracteriza por una zona de aguas limpias ubicada aguas arriba de la Bocatoma. A partir del vertimiento de la Industria de Licores del Valle existe un trayecto de gran polución orgánica que se extiende hasta la confluencia con el Rfo Cauca. Las estaciones localizadas entre la Bocatoma y la Licorera conforman la zona de transición.
- c. El principal agente de polución para el Rfo Cali lo constituyen las aguas residuales procedentes de la Industria de Licores del Valle que fluyen en forma directa por su margen derecha. Este vertimiento pro-



duce el mayor incremento de temperatura y el nivel de pH más ácido en la corriente. En forma adicional, genera el mayor ascenso de DQO y DBO₅ así como también el déficit de oxígeno más significativo.

- d. Existe una estrecha correlación entre las características físico-químicas del Rfo y la fauna bentónica de cada una de las estaciones de muestreo. Por tal razón, el uso de parámetros biológicos de calidad es una valiosa herramienta en la evaluación de cuerpos de agua.

A la zona de aguas limpias corresponde una gran diversidad en cuanto a fauna bentónica, mientras que en las regiones sépticas la polución orgánica favorece el crecimiento masivo de unos pocos grupos tolerantes, lo cual se refleja en una pobre diversidad biológica.

- e. La especificidad de los organismos predominantes en cada ambiente particular del cuerpo de agua, ubica el grupo de Efemerópteros, Tricópteros, Plecópteros y Odonatos como los mejores indicadores ecológicos de aguas limpias.

Un segundo grupo conformado mayoritariamente por Anélidos Oligoquetos y algunos Dípteros tolerantes como Syrphidae, constituyen la fauna bentónica típica de ambientes enriquecidos con carga orgánica.

Los Moluscos Physidae, los Anélidos Hirudíneos y el Díptero Chironomidae se ubican en habitats de diferentes características, pero su más alta densidad se observa en aquellas zonas de polución intermedia en donde el déficit de oxígeno no es total.

- g. La gran estabilidad que exhiben las comunidades bentónicas con respecto a un ambiente específico, facilita la recopilación de información acerca de la calidad de un cuerpo de agua con un mínimo de muestreos y a un menor costo.



6 BIBLIOGRAFIA

- (1) HYMES, H.B.N. The Significance of Macroinvertebrates in the Study of Mild River Pollution. In Biological Problems in Water Pollution. Robert A. Taft Sanitary Eng. Center U.S. Publ. Hlth. Serv. Cincinnati. pp 31-37. 1962.
- (2) ASTON, R.J. Tubificids and Water Quality. A review. Environm. Pollut. 4:35-44. 1973.
- (3) MYSLINSKY, E., GINSBURGW. Macroinvertebrates as Indicators of Pollution. J. Amer Water Wks Assoc. 69:538-544. 1977.
- (4) HAWKES, H.A. Invertebrates as Indicators of River Water Quality. In Biological Indicators of Water Quality. Eds. James A. and Evison L. pg 2-1, 2-37, John Wiley Sons Ltda. Chichester, New York. 1979.
- (5) QJIGLEY, M.A. Freshwater Macroinvertebrates. A review. J. Water Pollut. Control Fed. 54(6) : 868-877. 1972.
- (6) ROLDAN, G., et al. Efectos de la Contaminación Industrial y Doméstica sobre la Fauna Béntica del Rfo Medellín. Actualidades Biológicas. Medellín, Colombia. 2:54-60. 1973.
- (7) GAVIRIA, S.M., RODRIGUEZ, C. Estudio de la Calidad del Agua del Rfo Bogotá aguas arriba de Tibitó. Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. 1982.
- (8) APHA, AWWA, WPCI. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. Fifteenth Edition. Washington. 1980.

XXVII CONGRESO NACIONAL

" A C O D A L "

**(ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SANITARIA
Y AMBIENTAL).**

**Conferencia: PROGRAMA DE PRETRATAMIENTO
INDUSTRIAL EN LA CIUDAD DE
CALI.**

Preparado por : **ING. ARNULFO CARDONA Z.**
 Jefe Dpto. Oper. y Control
 Alcantarillado

ING. CARMEN E. STERLING Msc.
 Jefe Sección Control Contami
 nación.

E M C A L I

Barranquilla, Octubre 12 al 15 de 1984.

CONTENIDO

PROGRAMA DE PRETRATAMIENTO INDUSTRIAL EN LA CIUDAD DE CALI :

INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES	2
OBJETIVOS PRINCIPALES DEL PROGRAMA DE PRETRATAMIENTO INDUSTRIAL EN LA CIUDAD DE CALI.	3
HISTORIA	3
LABORATORIO DE LA SECCION CONTROL CONTAMINACION	4
ETAPAS DE DESARROLLO DEL PROGRAMA DE PRETRATAMIENTO INDUSTRIAL PARA CADA INDUSTRIA O ESTABLECIMIENTO CONTAMINADOR.	4
CRITERIOS DE USUARIOS INDUSTRIALES SIGNIFICATIVOS.	5
OBRAS EN FUNCIONAMIENTO.	6
ALCANCES DEL PROGRAMA DE PRETRATAMIENTO INDUSTRIAL.	8
ALGUNOS EJEMPLOS PRACTICOS DE REPERCUSSION DEL PROGRAMA DE CONTROL DE CONTAMINACION EN INDUSTRIAS ESPECIFICAS EN LA CIUDAD DE CALI.	9

INTRODUCCION :

La Corporación Autónoma Regional del Cauca - CVC, de acuerdo a lo establecido en los Decretos Leyes Nos. 1707 de 1960, 2420 y 2811 de 1974 y la Ley 9a. de 1979 tiene competencia en el territorio bajo su jurisdicción para ejercer las funciones relacionadas con la prevención y control de la contaminación de las aguas de uso público.

En el cumplimiento de sus funciones y en virtud de la competencia legal delegada en la CVC, su Consejo Directivo expidió el Acuerdo # 14 del 23 de Noviembre de 1976 mediante el cual se dictan las Normas para recuperar la calidad de las aguas del río Cauca y de sus tributarios y para controlar las fuentes de contaminación en toda la cuenca hidrográfica del río en la zona de su jurisdicción; y que en lo que se refiere a obligaciones de EMCALI en calidad de entidad administradora del sistema de alcantarillado municipal de la ciudad de Cali, el cual descarga sus efluentes finales por cuatro (4) puntos al río Cauca, se sintetizan en el siguiente cuadro:

GRADO DE TRATAMIENTO	REMOCION ESPECIFICADA	AÑO DE CUMPLIMIENTO
PRELIMINAR	Arenas y flotantes 80%	1981
PRIMARIO	Sólidos suspendidos 50% DBO ₅ 35%	1985
SECUNDARIO	Sólidos suspendidos 90% DBO ₅ 85%	1990

EMCALI consciente de la importancia y necesidad de controlar las descargas contaminantes causadas por la industria y otros establecimientos contaminadores ubicados dentro del perímetro urbano, que causan deterioro u obstrucción del alcantarillado e interfieren con el buen funcionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales a nivel municipal que se proyecten y construyan, y a la vez desmejoran la calidad de las corrientes superficiales, principalmente los ríos Cauca y Cali, de una parte y ante la necesidad de contar con bases legales firmes para adelantar el programa de control de otra, solicitó a la CVC le delegara las funciones que le había entregado el gobierno nacional con el mismo propósito. En estas condiciones la CVC mediante el Acuerdo # 4 de Abril 8/81, e - nunciado antes, delegó en EMCALI:

- a.- El control de los vertimientos que se hagan dentro de la zona correspondiente al área servida por el alcantarillado de la ciudad de Cali.
- b.- Los vertimientos directos a corrientes superficiales ó canales de aguas lluvias ó aguas residuales en la zona urbana de Cali.
- c.- El cobro de la tasa retributiva que deberán pagar los usuarios que hagan

uso lucrativo del recurso y que directa ó indirectamente viertan aguas residuales a los cuerpos de agua de uso público ubicados dentro de la zona delegada.

Las Empresas Municipales de Cali - EMCALI, es la entidad que adelanta el Programa de Pretratamiento Industrial en la ciudad de Cali, contando como principal apoyo para adelantar tal programa con el Reglamento para Prestación de Servicios de Acueducto y Alcantarillado emitido por resolución # 3603 de Marzo de 1976 y conjuntamente con éste la resolución de Junta Directiva de EMCALI # 019 de Febrero 22 de 1982 que modifica y adiciona el reglamento mencionado en los aspectos que cobija un programa de Pretratamiento Industrial. En resumen así está constituida la reglamentación vigente que tiene como fin principal hacer que las industrias y establecimientos contaminadores ubicados en el perímetro urbano de la ciudad de Cali cumplan con las normas mínimas que son la base para el Programa Control Contaminación a nivel municipal. Esta reglamentación se encuentra en el proceso de complementación a fin de contar con ella en la escala necesaria para garantizar el buen desarrollo del mismo a mediano y largo plazo. La complementación mencionada se está realizando teniendo en cuenta los decretos y acuerdos antes enunciados y el Decreto 1594 de Junio 26 de 1984 del Ministerio de Salud "Por la cual se reglamenta parcialmente el título I de la Ley 09 de 1979", así como también las posibles alternativas de tratamiento de aguas residuales a nivel municipal que deberá considerar EMCALI y que serán un resultado del "Proyecto de Tratamiento de Aguas Residuales para la ciudad de Cali", en ejecución actualmente.

ANTECEDENTES :

1.- Contaminación del Río Cauca :

La ciudad de Cali aporta al río Cauca:

- 5.15 m³/seg. de aguas residuales
- 60100 Kg/día de DBO
- 89000 Kg/día de SST

Este aporte representa un 20% de la carga contaminante entre Salvajina y la Virginia, zona de jurisdicción de la CVC, y se realiza actualmente a través de cuatro (4) descargas bien definidas:

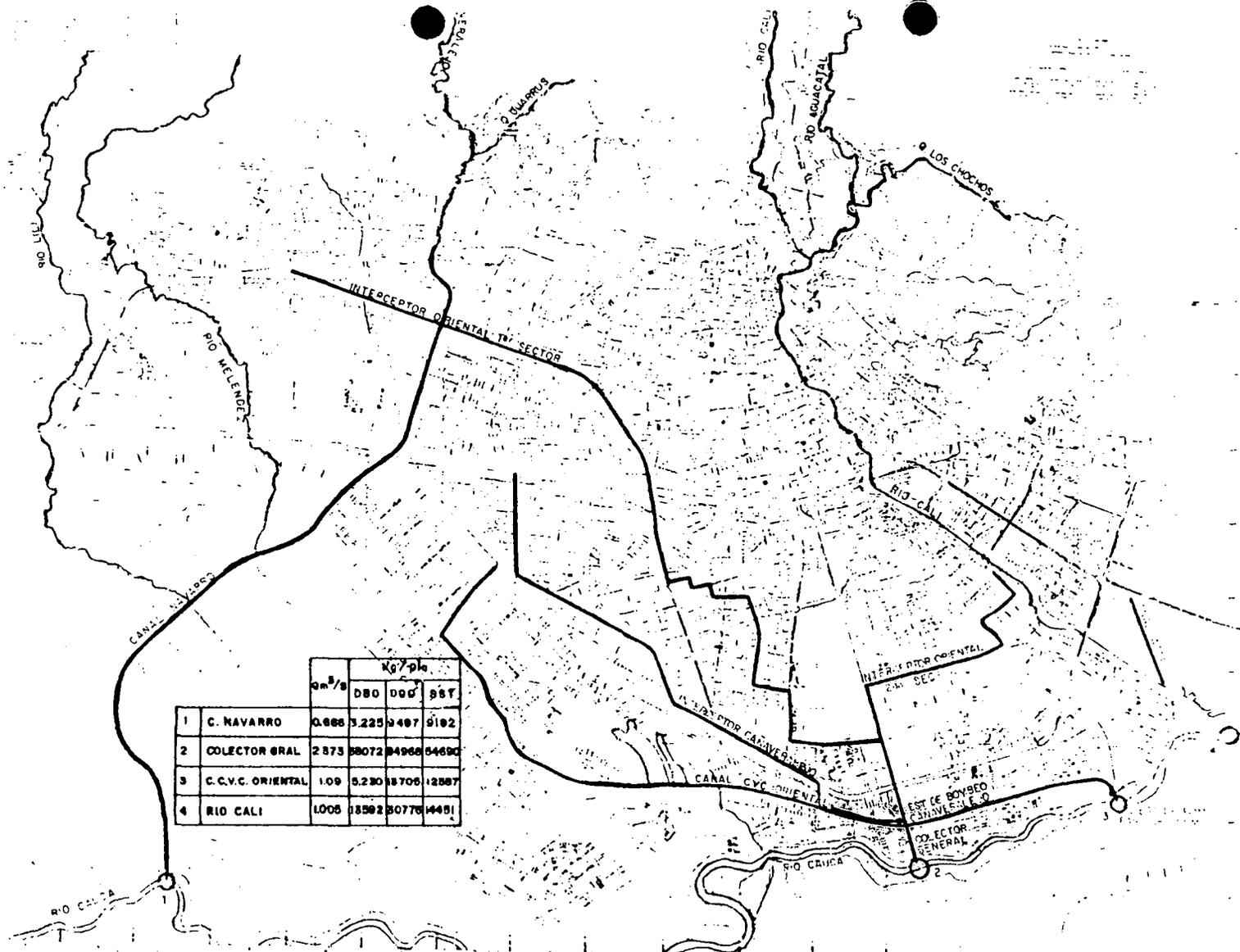
- Canal CVC Sur ó Canal Navarro.
- Colector General
- Canal CVC Oriental
- Río Cali.

2.- Contaminación del Río Cali :

El Río Cali recibe:

- 1.0 m³/seg. de aguas residuales
- 13600 Kg/día de DBO
- 14500 Kg/día de SST

Estos valores representan un 23% y un 16% del total de DBO y SST respectivamente, producidos por la ciudad y son entregados por muchas descargas sobre su margen izquierda incluyendo al canal Acopi de tipo industrial y por la margen derecha algunas descargas domésticas y la industria de Lico-



	Km ² /s	Kg/pla		
		DBO	DDO	SSF
1 C. NAVARRO	0.686	3.225	3.487	9182
2 COLECTOR GRAL	2.873	58072	84966	54690
3 C.C.V.C. ORIENTAL	1.09	5.230	13.706	12887
4 RIO CALI	1.005	13592	30776	14481

res del Valle.

OBJETIVOS PRINCIPALES DEL PROGRAMA DE PRETRATAMIENTO INDUSTRIAL EN LA CIUDAD DE CALI :

Minimizar los niveles de contaminación descargados a la red de alcantarillado municipal por las industrias y otros establecimientos contaminadores con los siguientes fines :

- 1.- Protección de la red de alcantarillado para :
 - a.- Evitar obstrucciones y garantizar buena operación del alcantarillado.
 - b.- Prevenir condiciones peligrosas (gases, explosivos, etc.) en la red del alcantarillado municipal, que además de atentar contra la integridad física de la red, atenta contra el personal que labora en el mantenimiento de alcantarillado en general.
 - c.- Prolongar la vida útil de la red de alcantarillado municipal.
- 2.- Preparar condiciones apropiadas para el funcionamiento del futuro sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Cali.
- 3.- Participar ampliamente en el diseño del sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la ciudad de Cali.

HISTORIA :

Mediante la continua relación con las diferentes industrias y establecimientos se han logrado concientizar la mayoría de éstas, mostrando claramente los beneficios que un Programa de Control de Vertimientos Industriales puede aportar en el funcionamiento de la misma, por ejemplo recuperando materia prima y subproductos, recirculando y reutilizando agua, previniendo innecesarias descargas, educando el personal operativo y administrativo de la industria, programando determinadas descargas y dosificando otras, etc. El conjunto de éstos beneficios permite que se enuncien ejemplos más adelante que muestran repercusiones en ahorro y recuperación de dinero, organización interna de la industria y cumplimiento con las normas fijadas por el programa Control Contaminación de EMCALI.

La industria entonces ha venido cumpliendo con las diferentes etapas que EMCALI ha fijado para cada una de ellas dependiendo de su situación con respecto a la reglamentación vigente para el Programa.

En la actualidad EMCALI cuenta con los recursos de personal técnico e infraestructura de laboratorio suficientes para continuar el desarrollo del Programa de Control de Vertimientos contaminantes a la red de alcantarillado municipal.

EMCALI ha propiciado el entrenamiento de personal en el campo de Tratamiento de Aguas Residuales y el enganche de personal capacitado en este mismo campo; además ha establecido relaciones inter-institucionales con entidades como la CVC y la Universidad del Valle, que han permitido intercambiar recursos y tecnología en bien del programa; con esta última entidad se firmó un Convenio mediante el cual se cumple con el propósito enunciado alrededor de una investigación sobre el Tratamiento de Aguas Residuales de tipo doméstico siguiendo principios anaeróbicos (Planta Piloto de Tratamiento Anaeróbico tipo UASB - Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process -).

También EMCALI ha realizado inversiones en la ejecución de estudios de gran importancia para el avance del programa necesarios ante la escasa información y experiencia en nuestro medio relacionada con este campo, tales como:

- Estudio de Caracterización de las Aguas Residuales de la ciudad de Cali - Contrato 6-PE-128-89-ALC - ENCA LTDA.
- Asesoría Programa de Control de la Contaminación por Aguas Residuales en la ciudad de Cali - Octubre de 1981 - GANDINI Y OROZCO LTDA.
- Proyecto de Tratamiento de Aguas Residuales para la ciudad de Cali - en ejecución actualmente - CONSORCIO INGESAM/URS.

LABORATORIO DE LA SECCION CONTROL CONTAMINACION :

Hasta la fecha este laboratorio dispone del espacio físico y dotación (equipos reactivos, cristalería, etc.) que se enuncia más adelante con su correspondiente capacidad técnica. Labora rutinariamente en los diferentes análisis de control e investigaciones que requiera el Programa. Se encuentra en las diferentes etapas de adquisición de equipo adicional, que también se enuncia. Actualmente se está acondicionando el espacio físico para la instalación y puesta en marcha de estos equipos que colocarán éste laboratorio como uno de los mejores dotados para el campo de aguas residuales a nivel nacional. Además se realizan en el mismo los estudios piloto para definir las alternativas de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Cali, mediante el "Proyecto para el Tratamiento de Aguas Residuales de la Ciudad de Cali".

INFRAESTRUCTURA :

PARTE FISICA : Construcción de 140 m² con sistemas de extracción de gases, instalaciones eléctricas, desagües y condiciones de gases especiales.

DOTACION : Equipos, vidriería, reactivos y otros accesorios.

CAPACIDAD TECNICA ACTUAL : Análisis físico-químicos generales (ph, T, sólidos, etc.) cianuros, fenoles, boro, Mercurio, DBO₅, DQO, grasas y/o aceites, ensayos de tratabilidad.

EQUIPO EN ADQUISICION : Polarógrafo, Espectrofotometro de absorción atómica, Cromatógrafo de gases, Medidor de COT.

CAPACIDAD TECNICA ADICIONAL A CORTO PLAZO : Metales pesados, pesticidas, Compuestos orgánicos, Trihalometanos, Carbono Orgánico Total.

ETAPAS DE DESARROLLO DEL PROGRAMA DE PRETRATAMIENTO INDUSTRIAL PARA CADA INDUSTRIA O ESTABLECIMIENTO CONTAMINADOR :

A continuación se enumeran las etapas de desarrollo del Programa de Control por contaminación industrial; vale la pena aclarar que existen establecimientos contaminadores tales como Estaciones de Servicio, hoteles, restaurantes, y otros que por la magnitud y tipo de problemas que presentan no deben necesariamente cumplir con la totalidad de estas etapas; éste tipo de establecimientos solucionan sus problemas construyendo estructuras que garanticen cumplimiento con la reglamentación vigente, con la asesoría y supervisión del personal técnico ad-

critera a la Sección Control Contaminación.

Mediante el "Proyecto de Tratamiento de Aguas Residuales para la ciudad de Cali" en el estudio especial llamado Pre-tratamiento Industrial, se fijaron criterios para codificar el Universo de Trabajo existente con el ánimo de sistematizar el Programa de Control y crear un banco de datos para almacenamiento, y manejo de la información. Igualmente se fijaron los criterios para considerar los usuarios industriales significativos (UIS) los cuales se enunciarán luego y así se fijó un total de 97 industrias que por estar catalogadas como UIS deberán cumplir las etapas de desarrollo del Programa que son las siguientes:

- 1.- Registro Industrial que deberá ser actualizado una vez por año, (resolución GG-1728).
- 2.- Visitas de Control y Caracterización de efluentes por parte de EMCALI al menos de dos veces por año. (Delegación de funciones de CVC en EMCALI).
- 3.- Evaluación de los niveles de contaminación y del cumplimiento con la reglamentación vigente, con base en los resultados de la caracterización.
- 4.- Notificación a la industria de los problemas detectados y requerimiento de soluciones definitivas. Remisión de la industria a las firmas de consultoría, si se considera necesario para obtener de éstas asesoría a fin de contar con tales soluciones.
- 5.- Puesta en marcha de reformas y controles internos en la industria y/o realización de estudios de tratamiento hasta el nivel de Pretratamiento de los efluentes.
- 6.- Análisis y aceptación de las soluciones y/o estudios presentados.
- 7.- Construcción y puesta en marcha de las obras que se hayan requerido para solucionar los problemas detectados.
- 8.- Control permanente del sistema mediante visitas y muestreos por parte de EMCALI.

CRITERIOS DE USUARIOS INDUSTRIALES SIGNIFICATIVOS :

Conjuntamente con el personal técnico del CONSORCIO INGESAM/URS, mediante el Contrato GFD-002-83 - "Proyecto de Tratamiento de Aguas Residuales para la ciudad de Cali", se determinaron los criterios para ubicar una industria ó establecimiento contaminador como usuario industrial significativo (UIS) que son los siguientes :

- 1.- Descargas industriales con flujo mayor de 50 m³/día.
- 2.- Descargas industriales conteniendo poluentes convencionales en concentraciones mayores que 1000 mg/lit. para DQO y 500 mg/l para DBO₅ y S.S.
- 3.- Industria de un tipo tal que pueda esperarse descarga de poluentes tóxicos, con excepción de industrias con flujos menores de 10 m³/día.
- 4.- Industria de un tipo tal que comunmente descargue altas temperaturas, pHs extremos ó altas concentraciones de grasas y aceites, excepto aquellas con flujos inferiores a 10 m³/día.
- 5.- Descargas con isotopos radioactivos.

6.- Industrias que históricamente hayan causado problemas por descargas industriales.

El Universo fijado de UIS para la ciudad de Cali quedó constituido por 97 establecimientos cuya descarga global contaminante es la siguiente:

DBOS	=	23000 kg/día
DQO	=	73400 kg/día
S.S.	=	20800 Kg/día

Dentro de este Universo no está incluida la Industria de Licores del Valle.

OBRAS EN FUNCIONAMIENTO :

Hasta la fecha (Septiembre/84), se tienen en funcionamiento las obras que se relacionan a continuación, las cuales han repercutido considerablemente mejorando los servicios de alcantarillado para la comunidad, previniendo las continuas obstrucciones del mismo, explosiones, deterioro físico de la red, etc. El monto global invertido por la industria en el Programa Control Contaminación hasta la fecha es aproximadamente de \$60.000.00.

INDUSTRIA	ACTIVIDAD	O B R A E J E C U T A D A
Proaves	Procesadora de Pollos	Trampa grasas, trampa sólidos, recuperación de subproductos.
Aves del Valle	Procesadora de Pollos	Trampa grasas, trampa sólidos.
Maizena S.A.	Alimentos (Harinas)	Sedimentador, desengrasador, ajuste de temperatura
Fruco S.A.	Alimentos (conservas)	Trampa grasas, trampa sólidos.
Rica Rondo S.A.	Alimentos (Salsamentaria y embutidos).	Trampa grasas, trampa sólidos.
Salsamentaria Uribe's	Alimentos	Trampa grasas.
Alival	Pasterizadora de leche	Equipo automático de muestreo y control de flujo.
Helados Lis	Heladería	Trampa grasas.
Productos Dancali	Heladería	Trampa grasas, sistema de neutralización.
Helados Ventolini	Heladería	Trampa grasas
Bavaria S.A.	Cervecería	Sedimentador, remoción de cenizas, trampa vidrios y etiquetas, sistema de neutralización de pH, control de temperatura.
Quaker S.A.	Alimentos (Harinas)	Sedimentador, trampa grasas.

INDUSTRIA	ACTIVIDAD	OBRAS EJECUTADAS
Coca - Cola	Bebidas	Trampa de vidrios, trampa de grasas, sistema de neutralización de pH.
Manteca La Americana	Grasas y Aceites	Trampa grasas, recuperación de subproductos, control de pH, separación de redes
Colpan	Panadería	Trampa grasas, trampa sólidos.
Chicle Adams	Alimenticia	Trampa grasas.
Hotel Intercontinental	Hoteles	Trampa de grasas.
Laboratorios Recamier	Farmacéutica	Trampa de grasas.
Colgate Palmolive & Cía.	Jabones, detergentes	Trampa grasas, separación de redes, recirculación de aguas.
Liscano Hnos.	Curtiembre	Remoción de grasas y sólidos, control de pH, Recuperación de Cromo.
Britilana Benrey	Tejidos	* Sedimentador, control de pH, y grasas.
Textiles El Cedro	Tejidos	Trampa grasas, control de pH y temperatura.
Aluminios del Pacífico	Metalmecánica	Sedimentador, control de pH.
Platería Ramirez	Metalmecánica	Sedimentadores, remoción de tóxicos.
Aluminio India	Metalmecánica	Trampa de grasas.
Restaurantes Varios		5 trampas de grasas.
Estaciones de Servicio (todas)		Remoción de grasas y sólidos.
Laboratorios Travenol	Laboratorio	Reutilización aguas calientes.
Metalúrgica Bera de Colombia	Fundición	Reutilización de aguas de proceso.
Vinícola Andina	Bebidas	Sedimentador, Control de pH
Sidney Ross Co of Colombia	Laboratorios	Tanque neutralizador de pH
Gracoval	Grasas y Aceites	Separ. redes inter. Trampa grasas.

* Se encuentra en la etapa de construcción.

NOTA: Todas las industrias significativas para el programa de Control, se encuentran en las diferentes etapas de cumplimiento para cubrir las obras necesarias para cada una de ellas.

ALCANCES DEL PROGRAMA DE PRETRATAMIENTO INDUSTRIAL :

Se relacionan a continuación los alcances del programa de pretratamiento industrial a corto plazo y a largo plazo para el tratamiento de las Aguas Residuales Municipales.

La Sección Control Contaminación se encuentra laborando conjuntamente con el Consorcio INGESAM/URS en el desarrollo del Contrato GPD-002-83 - "Proyecto de Tratamiento de Aguas Residuales para la ciudad de Cali" al final del cual se es para tener disponibles los siguientes alcances:

- a.- Suministrar un programa para establecer monitoreo periódico al Universo Industrial.
- b.- Revisar y completar la reglamentación de control de desechos industriales.
- c.- Fijar bases jurídicas para asegurar el cumplimiento de la reglamentación por parte de la industria y establecimientos contaminadores.
- d.- Establecer necesidades inmediatas y futuras de recursos en general para el mejor desarrollo del programa.
- e.- Suministrar prácticas para caracterizar los lodos producidos en las diferentes obras de pretratamiento industrial; igualmente para el manejo y disposición final de éstos lodos.
- f.- Recomendaciones sobre sistemas de facturación de la industria.
- g.- Establecimiento de un banco de datos para almacenamiento; control y manejo de información, mediante la sistematización del programa.

ALGUNOS EJEMPLOS PRACTICOS DE REPERCUSSION DEL PROGRAMA DE CONTROL DE CONTAMINACION EN INDUSTRIAS ESPECIFICAS EN LA CIUDAD DE CALI :

MANTECA LA AMERICANA :

Fue esta una de las fábricas responsables de explosiones en la red de alcantarillado municipal, por manejo incorrecto del solvente utilizado como materia prima en el proceso industrial de extracción de las grasas. Ante la concientización del problema por parte de la industria y mediante correcciones internas en formas de trabajo, se eliminó la descarga de Hexano a la red de alcantarillado controlando pérdida de materia prima de una parte y las explosiones en la red de alcantarillado de otra. Además, a raíz de los requerimientos planteados a la fábrica por el Programa Control contaminación, se reorganizaron las redes internas del alcantarillado recuperando producto terminado (aceite) y subproductos (lecitina y jaboncillo) que en la actualidad están siendo vendidos a otras industrias (Soap Stock).

Se ha adelantado estudios de tratabilidad que han definido el tipo de tratamiento que debe dárseles a las aguas residuales industriales que permitirán colocar los valores de grasas y/o aceites descargados, en los niveles aceptados por la reglamentación vigente en EMCALI.

PROAVES :

Eran las descargas de esta procesadora de aves las responsables de las continuas obstrucciones en la red del alcantarillado municipal del sector donde se encuentra ubicada (plumas, picos, uñas de pollos, grasas, etc.). Esta situación se superó completamente, ante los requerimientos solicitados por el programa de

control contaminación, se construyeron canales internos de recolección y transporte de los desperdicios del proceso industrial (sangre, plumas, uñas, vísceras, etc.) que los entregan en la planta de recuperación de subproductos en donde por acción de calor y cambios de presión se transforman en harina concentrada que constituye la base alimenticia de los pollos que la procesadora de aves cria en sus diferentes granjas avícolas; en otras palabras, se recuperan todos los desperdicios y se reutilizan dentro de la misma industria. Además, están comprando los subproductos de otras procesadoras con el mismo fin.

MAIZENA S.A.

También presentaba situaciones críticas por las continuas obstrucciones en la red del alcantarillado municipal del sector. A raíz de los requerimientos de la Sección Control Contaminación se realizaron obras de ingeniería que reunieron las descargas industriales en una sola para ser sometida a tratamiento preliminar (remoción de sólidos, grasas, control de pH y temperatura), solucionando los problemas antes anotados. Se construyeron dos (2) estructuras paralelas para ser operadas en forma alterna, es decir cuando a una se le está efectuando mantenimiento ó retiro de lodos, la otra esta operando normalmente.

BAVARIA S.A.

Eliminó los problemas de obstrucción interna causada antes por las cenizas de las calderas, mediante la construcción de un sistema de sedimentación-floculación con sulfato de Aluminio. Igualmente realizaron la siguiente infraestructura:

- Estructura para controlar vidrios y etiquetas que llegaban a la red de alcantarillado.
- Tanque neutralizador para controlar el pH alcalino de las lavadoras de los equipos de embotellado Nos. 1 y 2.
- Integración de redes para el control de temperatura y disminución de reactivo neutralizante ácido.

CIA. NACIONAL DE BRONCES

Esta empresa produjo una situación bastante difícil en un sector aproximado de un (1) kilómetro a la redonda, donde en determinada fecha en todas las residencias del sector aparecieron grandes cantidades de aceites en las cajas domiciliarias y demás áreas de las viviendas. A partir de la investigación de la Sección Control Contaminación se corroboró la existencia de una falla de rotura en el tanque de aprovisionamiento de fuel oil de la empresa, lo que originó la exigencia inmediata del mejoramiento del mismo, situación que fué mejorada en su totalidad, previniendo el derrame de fuel oil que es parte de la materia prima utilizada por la fábrica.

ESTACION DE SERVICIO EL LIDO.

A raíz de las inquietudes de los vecinos de este sector acerca de la presencia de fuertes olores a gasolina en los sifones y lavaderos de las casas, se emprendió la investigación pertinente por la Sección Control Contaminación, encontrándose que el problema consistía en una filtración en los tanques de almacenamiento de combustible de esta estación de servicio, problema que fué corregido completamente con el cambio de los tanques deteriorados.

XXVII CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA
SANITARIA Y AMBIENTAL

CONTROL INTEGRADO
DE MOSCAS

Ingenieros:

JADES JIMENEZ V.	Perkins Ltda
RODRIGO GUTIERREZ V	Incol Ltda
FERNANDO ARBELAEZ M	Incol Ltda

BARRANQUILLA - OCTUBRE DE 1.984

CONTENIDO

- I.- INTRODUCCION
 - 1.- MOSCAS COMUNES
 - 2.- CONTROL INTEGRADO DE MOSCAS
 - 3.- INSECTOS BENEFICOS
 - 4.- CRIA MASIVA DEL SPALANGIA EN LABORATORIO
 - 5.- REGISTROS
 - 6.- EXPERIENCIAS EN EL MANEJO INTEGRADO DE MOSCAS
 - 7.- DESARROLLO DEL CONTROL INTEGRADO DE MOSCAS
 - 8.- SISTEMAS DE CONTROL.

PRESENTACION

En el presente documento se describen los aspectos principales del Control Integrado de Moscas.

Se contemplan las características principales de las moscas, el fundamento del Control Integrado, los aspectos biológicos y cría del insecto benéfico, los parámetros a cuantificar para determinar la eficiencia del control biológico y las experiencias obtenidas en la aplicación de este programa.-

Este documento tiene por objeto dar a conocer una alternativa biológica de control que no produce efectos secundarios nocivos en el medio ambiente.-

INGENIEROS CONSULTORES LIMITADA

"INCOL LTDA".

Avda 3 Norte # 13-29 . Cali

PRODUCTOS BIOLOGICOS PERKINS LTDA

Carrera 33 # 31-44 . Palmira (V)

I.- INTRODUCCION

El problema de los insectos que causan perjuicios a la salud humana y animal, cobra actualidad por los incommensurables daños que están provocando, llegando a ser de tipo mortal, en una acelerada proporción que las estadísticas corroboran, debido principalmente al aumento de población de insectos dañinos entre los cuales destacamos las moscas.-

Se ha considerado como factor básico del incremento de población de estos insectos, el mal manejo que el hombre ha hecho de ellos, en su afán desesperado de controlarlos por la vía más tradicional que es el control químico, a un alto costo económico y humano.-

Es bien sabido que la pretensión de erradicar las moscas con plaguicidas químicos ha fracasado. La resistencia de los insectos a estos productos es cada día mayor hasta el punto de hacerse inmunes. Además debe considerarse los graves problemas que han causado los insecticidas, en la destrucción del equilibrio biológico matando insectos benéficos, contaminando las aguas y el ambiente en general. Los efectos perniciosos de los insecticidas se han manifestado intoxicando y matando a seres humanos y animales, produciendo aborto en madres que sufrieron intoxicaciones, y malformaciones en niños nacidos en idénticas circunstancias.-

Una alternativa biológica empieza a predominar en el ambiente, la cual se enmarca perfectamente en las disciplinas ecológicas que basan su acción en la lucha por la vida y en la conservación del equilibrio ecológico.-

1.- MOSCAS COMUNES

1.1.- Clasificación de Moscas Comunes.

La familia muscidae agrupa varias especies importantes al hombre y a

los animales. Se destacan la Mosca domestica L. o "mosca casera" transmisora de enfermedades y la Stomoxys calcitrans L. o "mosca de los establos" con agudo estilete que usa para extraer sangre. Estas dos especies conforman el 90% de la población de moscas. Igualmente son perjudiciales las siguientes especies muscidae: Fannia scalaris o "mosca de las letrinas", Fannia canicularis o "mosca de los gallineros" y Lyperosia irritans o "mosca de los cuernos".-

1.2.- Características de las moscas

La mosca pertenece al orden DIPTERO: Son nectaríípagas y hematófagas. En el orden Diptero se da una estrategia de adaptación dicotómica de las actividades de alimentación y reproducción en fases diferentes por disponer de estructuras particulares en cada fase (huevo, larva, pupa, adulto) y la transformación de esas estructuras en el curso de una metamorfosis.-

Una mosca durante su vida de adulto puede tener hasta 21 períodos de oviposición dando una generación cada 15 días y teniendo un mes de vida como promedio en estado adulto.-

1.2.1.- Ciclo de Vida muy Corto

En condiciones del Valle del Cauca, después de 20 horas los huevos de la mosca se transforman en gusanos o pequeñas larvas blancas que al cabo de cinco días se convierten en pupas de medio centímetro de largo, de color pardo; estas pupas al final de cinco días dan lugar a las nuevas moscas o adultos que continúan reproduciéndose durante 15 días aproximadamente.-

1.2.2.- Capacidad Reproductiva

Se calcula que cada hembra coloca cerca de 1.000 huevos, en masas que

esconden en lugares con materia orgánica en descomposición, montones de forrajes, estiércol o basura en general.-

La alta capacidad reproductiva ligada al ciclo de vida corto hacen que las moscas abunden rápidamente. Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, si un par de moscas se cruzaran hoy y sus descendientes se reprodujeran normalmente, sus crías cubrirían la tierra en una capa de varios pies de espesor, en un tiempo de cuatro meses.-

Afortunadamente para la humanidad hay una gran regulación natural y biológica a este gran potencial reproductivo de las moscas.-

1.2.3.- Capacidad de Búsqueda

La gran capacidad de búsqueda y desplazamiento, es otra de las características que favorecen su desarrollo, se estima que el radio de acción de una mosca puede ser de nueve kilómetros en promedio. La existencia de la mosca está muy ligada a la presencia del hombre; es por esto, que se ha considerado el insecto más ubicuo y común del mundo.-

1.2.4.- Resistencia a Insecticidas

La mosca es quizá el insecto que ha desatado el mayor ataque del hombre con productos químicos para tratar de exterminarla, creando excesiva dependencia de los insecticidas y resistencia genética a productos como el DDT, BHC, Lindano, Dieldrin, Clordano, metil parathion, y actualmente los piretroides. Es por esta razón que ha adquirido gran resistencia a casi todas las moléculas químicas insecticidas y es posible que en un futuro cercano sea cada vez más inmune y demande con esto, concentraciones y dosis más elevadas en los productos químicos.-

1.2.5.- Transmisión de Enfermedades

Sabemos, que las moscas son consideradas como vectores de cerca de 20 enfermedades: Fiebre tifoidea, diarrea, amibiasis, disentería bacilar, cólera, poliometitis y diversos gusanos parásitos. Su hábito de caminar y alimentarse de la basura, los excrementos y también de la persona humana y los alimentos, la hacen un agente ideal para la transmisión de microorganismos de las enfermedades. El cuerpo peludo de las moscas es un admirable portador de bacterias en promedio de 1'250.000.00 de ellas, llegando a portar un máximo de 6'600.000. bacterias por mosca.-

En aves, la mosca es vector importantísimo de enfermedades como MAREK, NEW CASTLE, VIRUELA y BRONQUITIS, de enfermedades bacterianas como el E.R.C., infecciones COLI, CORIZA, SALMONELLA y COLERA, de enfermedades producidas por parásitos como TENIAS, LOMBRICES CECALES y COCCIDIOSIS. Al ganado vacuno y caballar trasmite carbones E. coli, ANAPLASMA - MARGINALE, STREPTOCOCOS y STAFILOCOCOS, ANEMIA INFECCIOSA, VIRUS, NEMATODOS y COCCIDIOS; fuera de éstas, es vector de los huevos del nuche los cuales transportan en patas, abdomen y vellocidades hasta encontrar un huésped final sobre el cual se bajan de la mosca para atacar el ganado.-

2.- CONTROL INTEGRADO DE MOSCAS

Fundamentalmente se recurre al método de Control Integrado de Plagas, el cual combina todos los sistemas de reducción poblacional de insectos dañinos, teniendo como pilar básico al Control Biológico, mediante la preservación, cría y liberación masiva de los insectos benéficos o antagónicos a las plagas.-

2.1.- Control Cultural

Se refiere a las medidas de manejo tanto del estiércol como de basuras,

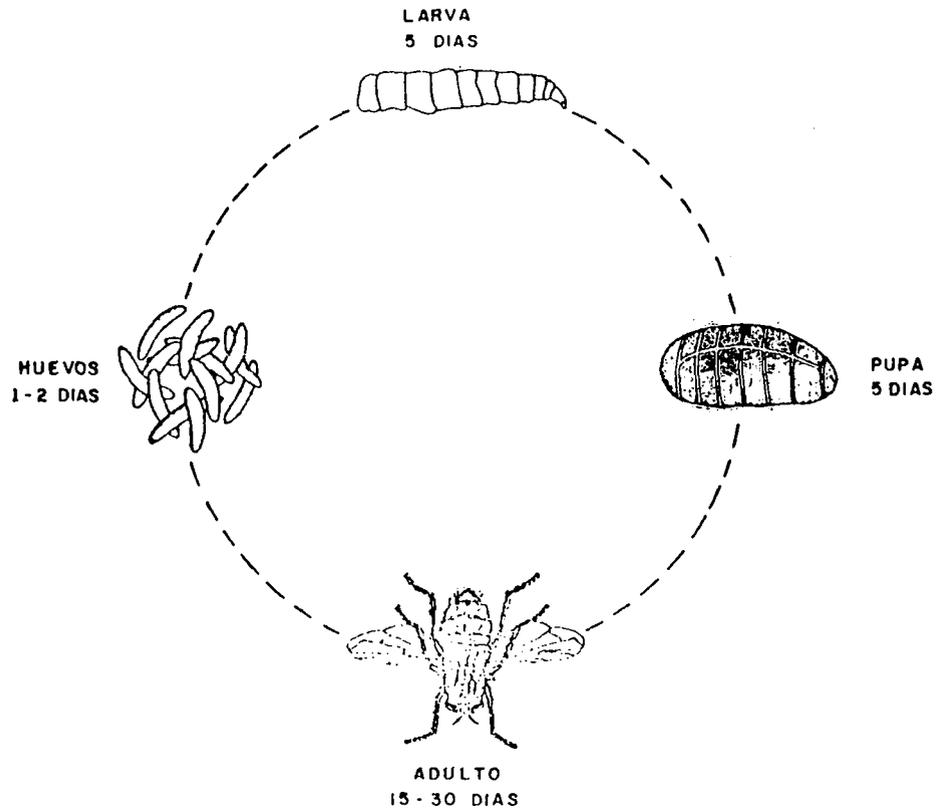


FIGURA -1 CICLO DE VIDA EN DIAS DE LA MOSCA DOMESTICA

principales focos de reproducción de las moscas, ya que en la materia orgánica en descomposición se localizan las posturas, larvas y pupas, que posteriormente originan las altas poblaciones de moscas adultas.-

Un buen manejo del estiércol debe considerar la formación de una pila de compost que puede ser el mismo estiércol descompuesto, el cual servirá de cama y de cubierta al estiércol fresco que periódicamente se está removiendo, la rápida deshidratación evita los olores y las posturas de las hembras, pues éstas requieren de una humedad entre el 70 y 80%, idénticas condiciones húmedas necesitan las larvas para alimentarse. El compost debe hacerse bajo techo o cubierta con plástico. El estiércol fresco debe tener entonces una rápida deshidratación, mediante un buen drenaje y ventilación, buena capacidad de la cama usada (compost) y actividad del complejo biológico que lo airea; estas características lo convierten en excelente medio de cultivo de insectos benéficos, que se desarrollan a expensas de los estados inmaduros de las moscas, por lo tanto no debe removerse hasta su descomposición total.-

En explotaciones avícolas, la gallinaza debe permanecer bajo las jaulas, la remoción debe ser parcial retirándose la parte superior del compost, dejándose mínimo una capa de 20 centímetros, como soporte del complejo del control biológico.-

2.2.- Control de Adultos o Físico

A mayor número de adultos controlados, habrá menor oportunidad de reproducción y se facilitarán las otras medidas de manejo. En lo posible no se debe usar el control con productos químicos porque interfieren la implementación del control biológico; en caso de extrema necesidad se utilizará productos selectivos dirigidos al adulto y ojalá en la periferia de las instalaciones, nunca aplicar cerca o sobre los focos de reproducción, pues la fauna benéfica sería destruída en alto grado.-

Lo más recomendable es el uso de cebos atrayentes. Se está utilizando con mucho éxito, la trampa cubo-cónica que emplea un cebo con gran capacidad de atracción sobre adultos, que además no utiliza elementos químicos tóxicos, es duradero y económico. El trapeo es un método sencillo, que utiliza el hábito de vuelo de las moscas, para eliminar diariamente miles de ellas sin recurrir a sustancias tóxicas.-

2.3.- Control Biológico

Consiste en la reducción de las moscas a niveles mínimos, mediante la utilización deliberada y sistemática de sus enemigos naturales, como son los depredadores y parásitos. Entre los depredadores que se alimentan de los huevos y larvas de moscas, encontramos ácaros, chinches, tijeretas, cucarroncitos, hormigas, las cuales en conjunto llegan a controlar más del 95% de los estados enunciados. Hay quienes aseguran que de 100 huevos sólo corona una pupa, medida así la importancia de la represión ejercida por los depredadores.-

Los parásitos de pupas entonces se convierten en insectos de importancia incalculable, ya que atacan el estado más fuerte de la mosca, pues la fina cutícula pupal no es perforada por ningún depredador. Los parásitos son pequeñas avispas (4 mm. de longitud) de la familia Pteromalidae denominadas SPALANGIA SP y MUSCIDIFURAX RAPTOR, las cuales viven en los sitios de acumulación de basuras y estiércol a la caza de pupas de moscas, tienen la cualidad de alimentarse y depositar sus huevos sobre las pupas que encuentran a su paso, destruyéndolas antes de que se conviertan en moscas, pues dentro de las pupas se originará otro parásito que le devorará su interior y luego saldrá de ella para destruir más pupas de moscas que es su fin específico.-

El ciclo de vida de las avispas es casi el doble del de las moscas, por lo tanto los niveles de parasitismo y mortalidad de pupas asciende lenta-

mente con el tiempo transcurrido, con la cantidad de parásitos liberados y con el número de liberaciones. Este proceso no es una matanza rápida y espectacular de moscas, sino un programa a mediano plazo donde entran en juego una cantidad de factores que definen el ecosistema; se estima un tiempo promedio entre 120 y 150 días para lograr el establecimiento del complejo de control biológico y por supuesto niveles de mortalidad total de pupas superiores al 90%.-

Este método bondadoso posee además muchas cualidades, puesto que no utiliza elementos perjudiciales a la salud humana y animal, ya que a las avispas sólo les interesan las pupas de las moscas y nada más. Aplicado con regularidad, asegura no sólo un método eficaz, sino también formas mucho más económicas que los procedimientos que emplean insecticidas químicos. Los métodos de control biológico inducidos son menos costosos, permanentes, inocuos, disminuyen el riesgo a la salud humana porque no contaminan el ambiente, ni los suelos, ni las aguas y en el caso de las moscas rebajan considerablemente las poblaciones de estos insectos, cortando de raíz los males que puedan causar.-

3.- INSECTOS BENEFICOS

Los insectos benéficos para el Control Integrado de moscas son parásitos pequeños, avispas que se caracterizan por su gran poder de búsqueda, su alta capacidad parasitaria y facilidad de cría en el laboratorio, atacan el estado pupal de la mosca, la que oviposita y, se alimenta de ella.-

En Colombia se han realizado investigaciones y se ha implementado el Control Integrado de Moscas utilizando la Spalangia endius, la Spalangia cameroni y la Muscidifurax raptor, lográndose resultados exitosos.-

La hembra, de estas especies, esta preparada para el cruce y para depo-

sitar huevos, tan pronto como emerge de la pupa de la mosca, y transcurre a través de 4 fases diferentes. Encuentra el área donde esta presente el huésped, localiza la pupa de la mosca, taladra, oviposita y se alimenta.-

Actualmente en el Valle del Cauca, Risaralda, Tolima, Nariño, Santander, y la Sabana de Bogotá, se lleva a cabo este Control Integrado, utilizando como insecto benéfico la Spalangia sp. y la Muscidifurax raptor.

Para ahondar un poco más en el conocimiento del ciclo de vida de estos insectos, se describirá con más detalle, los aspectos biológicos del Spalangia cameroni, determinado como nativo para el Valle del Cauca.-

3.1.- Aspectos Biológicos del Spalangia cameroni

Esta especie se encuentra en niveles promedios de parasitismo natural del 10% sobre pupas de moscas.-

Ciclo de Vida:

HUEVO : Alargado de 0.4 mm. de tamaño, eclosiona a las 40 horas.

LARVA : Pasa por tres instares. Al final mide 1.6 mm. y dura siete días.

PUPA : Mide 3 mm. e igualmente dura siete días.

ADULTO: De color negro brillante de 3-5 mm. de tamaño, en condiciones de laboratorio vive 15 días.

Este insecto presenta partenogénesis del tipo arrenotóquica, es decir, que la hembra sin fecundar produce progenie de machos.-

La hembra prefiere pupas de moscas de dos días de edad y en condiciones de laboratorio la relación óptima de parasitismo es de 1:10, lo que ase-

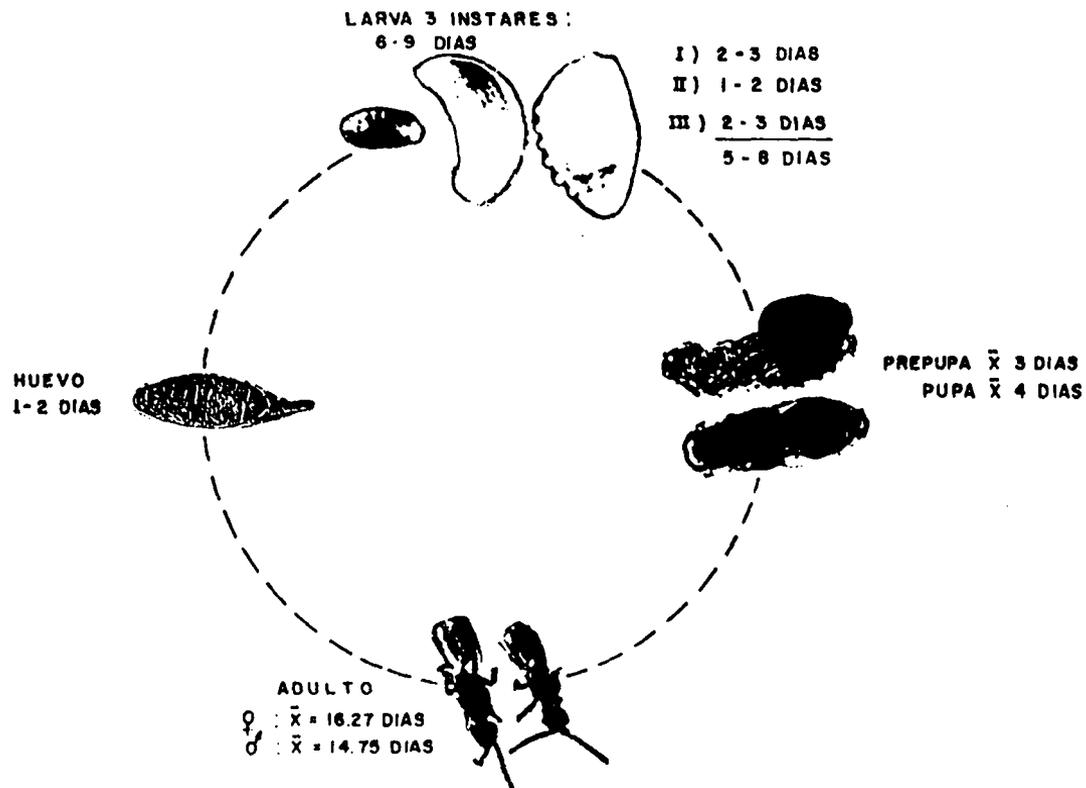


FIGURA - 2 CICLO DE VIDA EN DIAS DE SPALANGIA CAMERONI PERKINS

gura un 90% de efectividad.-

Los ensayos con taquínidos benéficos en condiciones de laboratorio, no indujeron ningún tipo de parasitismo.-

4.- CRIA MASIVA DEL SPALANGIA EN LABORATORIO

Para la cría del Spalangia se utiliza como insecto huésped la Musca domestica, la cual coloca sus posturas sobre estiércol de cerdo, los huevos en el transcurso de un día se convierten en larvas que son alimentadas durante 5 días con dieta artificial, al cabo de los cuales, se convierten en pupas que son separadas del material sólido por medio de tamices. Las pupas son luego depositadas en cámaras de parasitación donde previamente han emergido las avispas madres que se encargarán de parasitar todas las pupas introducidas.-

Quince días después se seleccionan las pupas parasitadas y se refrigeran para luego ser liberadas en el sitio objeto de control.-

La ejecución de todo este proceso es realizado en el Valle del Cauca en el laboratorio de Productos Biológicos Perkins Ltda, con la financiación del Instituto Colombiano de la Reforma Agraria "INCORA" que ha implementado a nivel nacional un programa de Control Biológico de moscas en los asentamientos campesinos.-

5.- REGISTROS

La evaluación del estado y efectividad del desarrollo de un Programa de Control Integrado de moscas, se realiza registrando los resultados en la siguiente forma:

.- Curva de Dinámica de Población

Indica la variación de la población de moscas con base en el peso de las moscas capturadas en trampas cubo-cónicas instaladas y el tiempo de trapeo transcurrido.-

.- Curva de Parasitismo y Mortalidad total de Pupas

Esta curva presenta el porcentaje de parasitismo hallado en las pupas de los focos de reproducción (pupas parasitadas por las avispas) y representa el porcentaje de mortalidad total de pupas Vs. tiempo.

.- Curva de Fluctuación de moscas Vs. Condiciones Climáticas

Independientemente de la regulación biológica que exista sobre las moscas, su dinámica puede ser afectada por condiciones climáticas, especialmente lluvias. Generalmente se dan aumentos en la población de moscas en los periodos de transición de invierno a verano o viceversa.-

.- Curva Resumen

Esta curva muestra, con respecto al tiempo, la cuantificación de los siguientes parámetros: moscas emergidas, moscas capturadas, parasitismo de pupas, mortalidad total de pupas y parásitos liberados.-

6.-EXPERIENCIAS EN EL MANEJO INTEGRADO DE MOSCAS

En el año 1.980 se realiza el primer programa de control biológico en la Hacienda "Los Castaños" en el municipio de Piedecuesta, Santander. En esta explotación de 300 cabezas de ganado se liberaron a partir de Enero 180.000 parásitos Muscidifurax raptor por semana, el Spalangia nativo man

tuvo un promedio de parasitismo del 15.5% con aumentos significativos en los períodos secos. El establecimiento del Muscidifurax raptor liberado fué relativamente lento hasta el mes de Abril, cuando empezó su incremento de parasitismo por advenimiento de las lluvias y por su establecimiento después de cuatro generaciones, llegándose a obtener controles del 90% de mortalidad de pupas en el mes de Mayo, esto reforzado por la fauna benéfica existente, y otros factores naturales de control.

El primer Control Integrado de Moscas en gallineros, se realizó en la Granja "Sierra Morena", ubicada en el Municipio de Pereira, de propiedad del Sr. Alfredo Hoyos Mejía & Cía.-

El programa se inició el 20 de Enero de 1.981, en la granja de 50.000 gallinas ponedoras en jaulas, liberando 300.000 parásitos quincenalmente hasta acumular un total de 2.500.000 en Mayo 20 del mismo año. Antes de iniciar la liberación de las avispas, de una muestra de 100 pupas emergieron 80 moscas, 60 días después otra muestra fué tomada y emergieron 58 moscas, a los 90 días sólo coronaron 20 moscas y a los 120 días sólo emergieron tres moscas de las 100 pupas recolectadas al azar, significando esto una mortalidad del 97% de las pupas de moscas y el establecimiento del complejo de control biológico, ya que la población de avispas inducidas mantuvo bajo control el nacimiento de moscas hasta el mes de Noviembre cuando se retiraron las gallinas de los galpones.-

En el mismo año 1.981, se instalan en el Valle del Cauca varios programas de Control Integrado de moscas, en diferentes hatos lecheros. Como ejemplo de ellos están las haciendas "Formosa" en Cartago, "La Holanda" en el Cerrito y "Los Ranchos" en Palmira, con un promedio de 200 cabezas de ganado cada una y dedicada a la cría de razas puras.-

El problema de moscas era común en ellas. Altas poblaciones todo el tiempo

po, alta resistencia a los productos químicos los cuales eran ya inefectivos, y condiciones higiénicas desfavorables. Las aplicaciones de insecticidas se realizaban cada 2 ó 3 días y a pesar de ello las moscas seguían presentes, la introducción del sistema de Control Integrado, mediante la liberación de 2 millones de parásitos al año, la instalación de 20 trampas permanentes en cada una de las haciendas, resultó ser la solución acertada, con toda la gama de ventajas tanto ecológicas como económicas para los ganaderos.-

Actualmente en las haciendas mencionadas este programa se sigue ejecutando al igual que en muchas otras explotaciones ganaderas, avícolas, porcinas y equinas.-

7.- DESARROLLO DEL CONTROL INTEGRADO DE MOSCAS

Las actividades básicas a desarrollar en la implementación de un programa de Control Integrado de Moscas, son las siguientes:

7.1.- Investigación Preliminar

Con el objeto de evaluar la magnitud del programa a desarrollar en el Control Integrado de Moscas inicialmente se realiza la actividad denominada Preliberación y Trampeo. El estado de preliberación consiste en cuantificar los porcentajes de emergencias de moscas, parasitismo nativo, mortalidad natural y mortalidad total de pupas. Estos parámetros sirven como referencia para evaluar la eficiencia del Control Biológico a través del tiempo.-

El trampeo tiene como objeto determinar la población de moscas adultas en su estado original, esto se realiza con una o varias trampas cubo-cónicas que se ubican en sitios pre-establecidos durante un tiempo determinado, mi-

diéndose al final el peso en gramos de moscas capturadas, este dato sirve para estimar el mínimo de trampas a instalar y para medir la fluctuación de mosca adulta con el transcurso del tiempo.-

7.2.- Selección de sitios para ejecución del control

Con base en el conocimiento del sitio y los resultados obtenidos en la investigación preliminar, se determina la ubicación del número de trampas a instalar y los núcleos de liberación de insectos benéficos.-

7.3.- Orientación a los Usuarios

Para la implementación exitosa del programa de Control Integrado de Moscas es de suma importancia hacer conocer al usuario la filosofía del control Biológico, su propósito y los beneficios que reportará la ejecución del programa.-

7.4.- Manejo Cultural de desechos sólidos

Antes de la iniciación del programa y en conjunto con la Entidad, se evaluará la forma y sitios de la disposición de residuos sólidos con el objeto de concentrarlos en uno o varios puntos que permitan un eficiente control de los focos de producción de moscas.-

7.5.- Control Físico o Trampeo

El control de la mosca adulta se lleva a cabo mediante la utilización de trampas cubo-cónicas que se instalarán en los sitios escogidos previamente.-

7.6.- Control Biológico o Liberación

El control de los focos de reproducción se realiza utilizando la libera-

ción de los insectos benéficos o avispas Spalangia cameroni y Muscidifurax raptor.

7.7.- Registros

Para evaluar el estado y efectividad del desarrollo del programa de control integrado de moscas, se miden todos los parámetros descritos en el numeral 5 y se determinan las eficiencias de acuerdo con el tiempo transcurrido.-

7.8.- Evaluación de los Resultados

Con base en los resultados obtenidos en cada uno de los parámetros registrados, se indicará el porcentaje de control de moscas y el nivel de recuperación del ecosistema en cada uno de los períodos. La efectividad del control se evalúa también subjetivamente de acuerdo con la diferencia visual que se establece al comparar el ecosistema original con el ecosistema controlado.-

El análisis de los resultados obtenidos y el aspecto visual del sitio en cada uno de los períodos, decidirá si es o no necesario, intensificar la liberación y el trapeo en los sitios iniciales o complementar la acción con nuevos sitios.-

7.9.- Continuidad del Programa

Una vez logrados niveles mínimos de moscas adultas y el control sobre los focos de reproducción, el programa deberá seguirse desarrollando para lograr conservar dichos niveles. La continuidad es necesaria puesto que el ciclo de vida de la mosca es más corto y la capacidad reproductiva es mucho mayor que la de los insectos benéficos.-

La continuidad del programa se reduce practicamente a la supervisión, al suministro y mantenimiento de trampas cubo-cónicas con su lebo atrayente no tóxico y a la liberación de parásitos en menor proporción.-

8.- SISTEMAS DE CONTROL

8.1.- Situación Actual

Los organismos de Salud Pública exigen que todo lugar o edificación debe controlar la existencia de artrópodos.

El procedimiento utilizado para el control consiste en fumigaciones con el empleo de insecticidas comunes, actualmente los piretroides, dependiendo de la frecuencia y las dosis aplicadas del grado de infectación que se diagnostique en cada sitio en particular.-

8.2.- Perspectiva

Los resultados éxitos obtenidos, y las ventajas que trae consigo la aplicación del Control Integrado de Moscas, hacen que esta alternativa de control biológico sea tenido en cuenta para su implementación por parte de las Entidades encargadas de ejecutar tales controles.-

En la actualidad y dado el interés en este sistema de control, la Empresa de Servicios Varios Municipales de Cali, EMSIRVA, estudia la posibilidad de implementar este control biológico para la Plaza de mercado de Santa Elena, que es una de la galerías que tiene mayor volumen de usuarios, lo que dificulta el manejo de residuos sólidos que originan una alta proliferación de moscas. La propuesta presentada por INCOL LTDA, y PRODUCTOS BIOLÓGICOS PERKINS LTDA. Considera para la ejecución de este programa un período de 6 meses, con una liberación de 5'000.000 de parásitos y una instalación de 50 trampas cubo-cónicas permanentes dentro de las instalaciones y en la zonas aledañas.-

XXVII CONGRESO NACIONAL DE LA ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA
SANITARIA Y AMBIENTAL. ACODAL

FRENTE DE INVESTIGACION Y DESARROLLO DE TECNOLOGIA EN EL CAMPO DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON ENFASIS EN LA
FILTRACION LENTA EN ARENA

GERARDO GALVIS CASTAÑO
RAMON DUQUE MUÑOZ

UNIVERSIDAD DEL VALLE - FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE PROCESOS QUIMICOS Y BIOLOGICOS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS TERMICAS Y MECANICA DE FLUIDOS

SANTIAGO DE CALI AGOSTO DE 1984

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	ii
1 INTRODUCCION	1
2 PROYECCIONES FUTURAS	12
3 PRINCIPALES PROBLEMAS POR RESOLVER	13
4 PROPUESTA DE FRENTE DE INVESTIGACION	15
5 OBJETIVOS	16
6 METODOLOGIA Y PROGRAMA DE TRABAJO	22
7 BIBLIOGRAFIA	25

RESUMEN

Este documento presenta la propuesta de la Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Departamentos de Procesos Químicos y Biológicos y Mecánica de Fluidos y Ciencias Térmicas para impulsar un frente de investigación y desarrollo de tecnología en el campo de abastecimiento de agua para consumo humano, con énfasis en la filtración lenta en arena.

La situación de Colombia con respecto a abastecimiento de agua potable muestra una brecha bastante apreciable con respecto a la meta de 1990 de suministrar este factor de salud y bienestar a toda la población. Dado que los recursos son escasos, es necesario plantear estrategias diferentes a las actualmente utilizadas, incluyendo el uso de tecnologías que se amolden más a nuestras condiciones sociales.

Una de ellas es la filtración lenta en arena, tecnología antigua pero dejada a un lado por otras más "eficientes" desde el punto de vista teórico pero difíciles de mantener y operar sobre todo en nuestras áreas rurales y urbanas de pequeño y mediano tamaño.

La propuesta presentada está orientada hacia la solución de este problema, mediante un programa de trabajo de adaptación de la tecnología, que incluye acciones de investigación, participación comunitaria y educación en salud.

El trabajo se desarrollará con estrecha colaboración de entidades privadas, Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud, Servicios Seccionales de Salud del Valle del Cauca y Cauca, Corporación Autónoma Regional del Cauca, C.V.C., Comité de Cafeteros del Valle del Cauca, Beneficencia

del Valle del Cauca y con asistencia técnica y financiera del Centro Internacional de Referencia para Abastecimiento de Agua y Saneamiento (CIR).

I INTRODUCCION

La Asamblea General de las Naciones Unidas comprometió a los años entre 1981 y 1990 como la Década Internacional del Abastecimiento de Agua Potable y del Saneamiento. La meta de esta Década es la que al finalizar 1990, todas las personas tengan un abastecimiento adecuado de agua y medios higiénicos para deshacerse de excretas y aguas residuales.

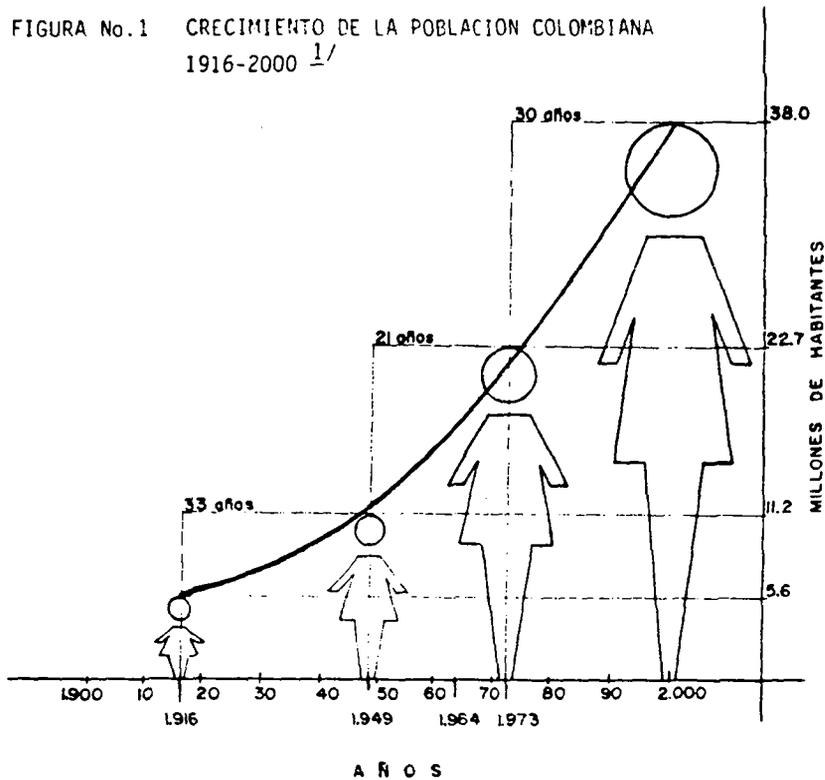
Colombia ha firmado este compromiso. Vale la pena resumir las condiciones, al menos de salud, en las que lo ha hecho, para lo cual se toman apuntes del texto : " Desarrollo de una política de salud. 1978 - 1981. Ministerio de Salud " :

A. POBLACION

Colombia es un país que cuenta hoy con cerca de 29 millones de habitantes, de los cuales el 63% se asientan en la zona urbana, mediante un proceso de urbanización creciente. Se calcula que en el año 2000, la población rural será el 25% de la población total. En la Figura No.1 se muestran las proyecciones de crecimiento hasta el año 2000.

" La estructura y dinámica de la población presenta una situación significativamente diferente de la observada a comienzos de la década de los setenta, pues se ha modificado la composición por edad, debido a cambios en los niveles de natalidad y mortalidad, lo cual ha contribuido al aumento sustancial de la esperanza de vida al nacer, acercán-

FIGURA No.1 CRECIMIENTO DE LA POBLACION COLOMBIANA
1916-2000 ^{1/}



dose a 63 años para ambos sexos, cuando para 1965 se estimaba en 55 años " ^{1/}.

B. NIVEL DE SALUD Y FACTORES CONDICIONANTES ^{2/}

" El análisis del nivel de mortalidad tropieza con la limi-

^{1/} Desarrollo de una política de Salud. 1978-1981. Ministerio de Salud.

^{2/} Diagnóstico del Sector Salud. Plan Nacional de Salud 1979-1982. Ministerio de Salud. Abril 1979.

tación del subregistro de defunciones que alcanzan al 30% en el conjunto del país, con diferencias apreciables entre las distintas regiones y los varios grupos de edad.

La tasa de mortalidad general presenta una clara tendencia descendente, especialmente a partir de 1964, cuando se situaba entre 14 y 16 por mil habitantes, hasta ubicarse en 8.0 por mil a finales de la década del setenta, señalando la reducción de los riesgos de enfermar y morir de la población general.

La mortalidad específica por edad muestra situaciones particulares que se alejan de este mejoramiento general, bien sea por su magnitud o por sus características. Para la población menor de un año, se han hecho estimaciones en la mortalidad infantil, que indican un descenso significativo entre 1950 y 1978, de 124 muertes por cada 1.000 niños nacidos vivos, a 70 por mil. A pesar de esta reducción, el nivel de mortalidad para este grupo de edad en el país continuaba siendo uno de los más altos del continente, muy por encima de Venezuela, Costa Rica y Cuba, que presentan tasas de 46.0, 37.6 y 29.0 por mil, respectivamente.

Las enfermedades que en 1978 estaban afectando mayormente la mortalidad durante el primer año de vida, eran las mismas observadas en 1970, con ligeros cambios en su importancia relativa. Cabe señalar que una cuarta parte de los decesos se relaciona con problemas de pre y post parto, y que el 47% ocurren antes de cumplirse el primer mes de vida, lo que indica que una alta proporción de la mortalidad está asociada aún con deficiencias en la atención del embarazo y

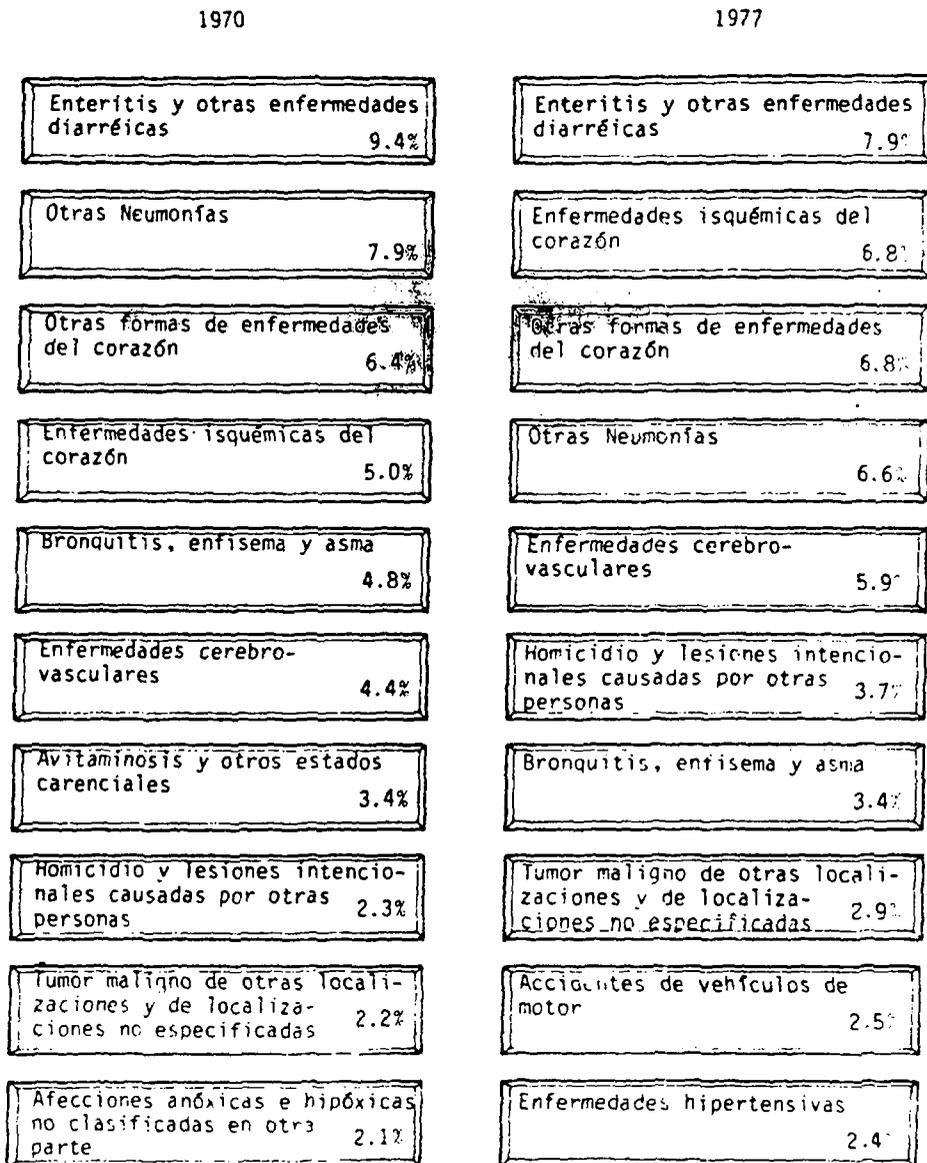
el parto. Las afecciones gastroentéricas, neumonías, bronconeumonías y bronquitis, que se originan en precarias condiciones de vida de la madre y del recién nacido, no han disminuido significativamente sus tasas específicas en los últimos años. (Ver Figura No.2).

Entre el primero y cuarto año de vida del niño, cuando se discontinúa la lactancia materna, se disminuyen los cuidados de la madre y se aumenta la exposición del niño a riesgos exógenos, se tienen como principales causas de enfermar y morir las enfermedades gastroentéricas, respiratorias, parasitarias y desnutrición, que a pesar de su tendencia descendente, aún continúan teniendo tasas elevadas. Se señalan como factores determinantes de esta situación, las deficiencias en el abastecimiento de agua potable, en la higiene de la vivienda, en el suministro de alimentos y en el control de calidad de los mismos.

La mortalidad por enfermedades infecto contagiosas, tales como el sarampión y la tosferina, muestran un descenso sistemático, aunque las citadas entidades conservan las mismas posiciones dentro de las diez primeras causas. Lo anterior puede asociarse con el efecto que han tenido las campañas de inmunización.

El estado de salud del grupo de población de 5 a 14 años, indica que los riesgos de enfermar y morir atribuibles a las afecciones de origen hídrico y de tipo respiratorio, han cedido el primer lugar a la patología de tipo accidental, particularmente a la causa por vehículos automotores y otros medios de transporte. Esta situación es atribuible a la cre-

FIGURA No.2 DIEZ PRIMERAS CAUSAS DE MORTALIDAD GENERAL DE COLOMBIA



ciente exposición a ciertos riesgos del medio ambiente, entre otras razones, por el inadecuado proceso de socialización del menor, su incorporación a fuentes de trabajo de alto riesgo, la inadecuada legislación en el tránsito automotor y la falta de educación vial. Sin embargo, es bueno destacar que las tasas de mortalidad y morbilidad de este grupo de edad son las más bajas de toda la población.

La mortalidad y morbilidad de la población entre 15 y 44 años, tienen como factores responsables la permanente exposición a los riesgos del trabajo, la desorganización familiar y la criminalidad, todo esto asociado con el proceso acelerado de urbanización observado en el país. Entre las causas de muerte de este grupo de edad se destacan los homicidios y traumatismos provocados intencionalmente por otras personas, las formas accidentales, las complicaciones del embarazo, parto y puerperio y la TBC del aparato respiratorio, las cuales, a excepción de la primera, muestran tendencias descendentes.

Respecto a las causas de enfermedad, las complicaciones del embarazo, parto y puerperio y los abortos han venido constituyendo la primera causa de atención hospitalaria, con cerca del 40% de los egresos del grupo, seguida de las laceraciones y heridas, las fracturas de los miembros y los problemas mentales.

En la población mayor de 45 años, los tumores malignos, las enfermedades cardiovasculares y las degenerativas del sistema nervioso, son las entidades nosológicas que generan el mayor número de defunciones y la más alta demanda de servicios de

atención médica ambulatoria y hospitalaria. Tales problemas muestran una tendencia al incremento a medida que se aumenta la sobrevivencia en los grupos de población de menor edad.

Una descripción global de la morbilidad, para la población en general, y medida como hospitalización, se ilustra en la Figura No.3.

La morbilidad por enfermedades transmisibles, presenta un descenso en su incidencia por 100.000 habitantes, según el registro sistemático de las instituciones de salud, pero las consecuencias del problema siguen siendo de primera magnitud.

Es así como en 1979 se observaron las siguientes tasas para las inmunoprevenibles : sarampión 71.0, tosferina 44.0, TBC del aparato respiratorio 40.0, tétanos 2.6 y difteria 0.7, niveles estos explicables por las bajas coberturas acumuladas de los programas de inmunización hasta dicha fecha; de otro lado, llama la atención el progresivo incremento de las enfermedades venéreas las cuales presentaron en 1979 las siguientes tasas por 100.000 habitantes : sífilis de todas las formas 52.1 e infección gonocócica 126.0.

En cuanto a las enfermedades denominadas tropicales se observó también un preocupante incremento en la década del 70 : el paludismo pasó de 100.8 casos por 100.000 habitantes en 1970, a 190.1 en 1979; de un total de 7 casos de fiebre amarilla en 1970 se pasó a 35 en 1979; de 34 casos de pian en 1970, a 64 en 1979. Esta situación se debió a múltiples factores demográficos, ambientales y administrativos, entre los cuales se des-

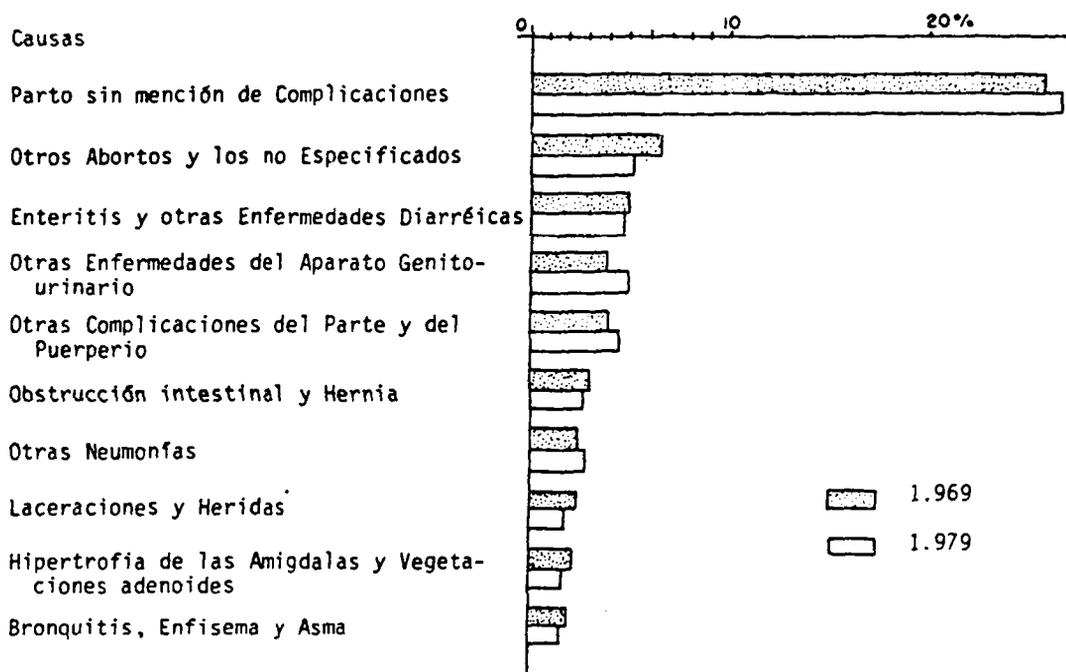


FIGURA No.3 DIEZ PRIMERAS CAUSAS DE HOSPITALIZACION - COLOMBIA 1969 - 1979

tacan el creciente movimiento migratorio hacia territorios de gran potencial malarigénico, es decir, selvas de piso cálido en proceso de colonización, donde la ecología humana, la vivienda precaria y los patrones socioculturales y económicos, propician el contacto con el vector y el establecimiento de una endemia de exacerbaciones periódicas, que escapa en grado variable a la aplicación de medidas de control, y las deficiencias de orden técnico, administrativo y operativo que acumuló hasta finales de 1978 el organismo responsable de su control y

erradicación.

Entre los factores condicionantes de tipo ambiental que mayor influencia tienen en las condiciones de salud de la población, está el suministro de agua potable, que mediante numerosos esfuerzos institucionales, ha llegado al 74% de la población urbana, pero sólo al 13% de la población rural; similar situación se presenta en la infraestructura para adecuada disposición de excretas y aguas servidas, la cual existe para el 62% de la población urbana y únicamente para el 7% de la rural nucleada, para una cobertura total de 40%."

Esta última situación se amplía en el siguiente punto.

C. COBERTURA DE LOS SERVICIOS DE SANEAMIENTO

Un informe de 1979 ^{3/}, establecía que la cobertura de servicios de alcantarillado en Colombia, alcanzaba el 46% de la población, discriminándose en un 68% urbana y un 7% rural. En cuanto a acueducto la cobertura nacional era del 64%, con 87% en la zona urbana y 23% en la zona rural.

Los datos del Ministerio de Salud para 1981 muestran un cambio en esta situación, la cual se resume en el Cuadro No.1, " ESTADO SANITARIO DEL PAIS AL FINALIZAR 1981 ".

El Cuadro No.1 es importante porque muestra también la calidad del agua que se suministra. Está ampliamente demostrado el papel que jue-

^{3/} Salud Ambiental : Actividades Nacionales y Regionales en las Américas. OPS/OMS. Serie Ambiental No.2. Washington, D.C. 1982. .

CUADRO No. 1 ESTADO SANITARIO DEL PAIS AL FINALIZAR 1981

AREA	TOTALES		EXISTENCIA DEL SERVICIO		POBLACION SERVIDA ACUEDUCTO - TIPO DE TRATAMIENTO (5)						
			ACUEDUCTO		ACUEDUCTO MILES DE HABITANTES						
	POBLACION (MILES)	NUMERO DE LOCALIDADES	NUMERO DE LOCALIDADES	%	MILES DE HABITANTES	A	B	C	D	E	
I. Urbana (1)	17.335.1	971	833	85.3	13.966.8	81.0	11.447.9	232.4	717.1	398.6	1.170.5
II. Rural (2)											
Nucleada (6)	2.658.4	6.977	2.223 (4)	32.3	1.160.1	43.6	27.3	170.3	19.8	8.1	922.9
Agrupada (6)					171.0						
Dispersa (3)	6.358.7	-	-	-	446.9 (7)	7.0	-	-	446.9	-	-
TOTALES	26.352.2	7.848	3.056	40	15.744.8	59.7	11.475.2	402.7	1.182.9	406.9	2.093.4

(1) Estado Sanitario cabeceras municipales 1981.

(2) Información INS-MINSAUD-Actualización DNP 1981- No incluye Territorios Nacionales.

(3) Población Dispersa

ITEM	CANTIDAD (No.)	POBLACION BENEFICIA (miles de habitantes)	COBERTURA (%)
Filtro *	98.351	446.9	7.0

* A diciembre de 1980.

(4) No se consideran localidades no incluidas en los listados del DANE.

(5) Se estima que los sistemas con tratamiento tipo A y B suministran agua confiable, incluyendo los acueductos que tienen pozos como fuente de abastecimiento.

(6) Servicio con sistemas abastos.

(7) Abastecidos por filtros.

A = Tratamiento completo
 B = Sedimentación y Filtración
 C = Filtración
 D = Desinfección
 E = Sin tratamiento

ga el abastecimiento de agua en el mejoramiento del nivel de vida de una comunidad. Sin embargo, para obtener su real beneficio ha de suministrarse un agua de buena calidad, que sea potable, y además ejecutar obras complementarias de saneamiento ambiental : disposición de excretas y residuos líquidos, disposición de residuos sólidos, higiene de alimentos, educación sanitaria y demás componentes de salud ambiental.

Si tomamos, de acuerdo con la información de Minsalud, a la población con tratamiento A y B, esta llega a 12 millones de habitantes, menos del 50% de la población. Si esto desagregamos la población de las grandes ciudades (9 millones) se comprenderá la situación real del país con respecto a la calidad del agua de suministro, no sólo en la zona rural sino también en la zona urbana de ciudades de menos de 500.000 habitantes.

En estas condiciones es de esperar que aquellas enfermedades que tienen una mayor relación con el suministro de agua no disminuyen su importancia dentro de las causas de mortalidad y morbilidad, especialmente dentro de los grupos de menor edad.

2 PROYECCIONES FUTURAS

Colombia ha de tener, en 1990, alrededor de 33 millones de habitantes ^{4/}. Esto implica que en 7 años se ha de suministrar agua adecuada a 3.5 millones de pobladores urbanos, 8.3 millones de habitantes rurales y a 4 millones de habitantes nuevos, para un total de 15.8 millones. Si tomamos un costo unitario de suministro de agua adecuado de \$8.000.00 tendremos que la inversión será de \$ 126.400 millones de pesos. Si a esto le agregamos el costo de adecuar los actuales sistemas de suministro de agua (Ver Cuadro No.1), se tendrá un costo adicional de \$ 12.000 millones de pesos (4 millones de habitantes a \$ 3.000 per cápita). Se requerirán entonces \$ 138.400 millones de pesos, a precios constantes de 1983, o sea un equivalente de \$ 20.000 millones de pesos anuales, suma mayor que el presupuesto anual de todo el Ministerio de Salud en Colombia. Si a esto se agrega una cantidad al menos similar para las demás obras de saneamiento, se comprenderá la dificultad de cumplir la meta de la Década Internacional del Abastecimiento de Agua Potable y del Saneamiento, a menos que se planteen otras estrategias diferentes a las que se han venido utilizando y aún en este caso el programa habrá de prolongarse unos años más.

^{4/} Tendencias Futuras de la Población Colombiana. Universidad del Valle. Jesús Rico Velasco. Septiembre 1983.

3 PRINCIPALES PROBLEMAS POR RESOLVER

El documento " Estrategias para la Extensión y Mejoramiento de los servicios de Abastecimiento de Agua Potable y Disposición de Excretas para el Decenio de 1980 ", resultado de las Discusiones Técnicas de la XXVI Reunión del Consejo Directivo de la OPS, en 1979, plantea las principales restricciones que se presentan para desarrollar con éxito las metas del Decenio del Agua Potable. En mayor o menor intensidad estas restricciones se aplican para Colombia. Sin embargo, además del problema financiero ya descrito, son dos los principales obstáculos que se plantean : el primero se refiere a la aceptación y participación de la comunidad dentro de los programas de Saneamiento. Son innumerables los : ejemplos que se podrán presentar para comprobar que la ejecución de programas de este tipo, en donde la comunidad no participa o lo hace muy tangencialmente, han sido un completo fracaso.

Esta participación ha de lograrse no solamente durante la fase de construcción, sino también en la fase de planificación, programación y luego utilización y mantenimiento de lo construido.

Colombia ha tenido relativa buena experiencia en el área rural en los programas de abastecimiento de agua y disposición de excretas. Pero a nivel de las zonas urbanas de pequeño o mediano tamaño, se han presentado demasiados inconvenientes en la operación y mantenimiento de los sistemas de saneamiento. Existen tan demasiados ejemplos que es innecesario mencionar algunos de ellos en particular. Al final todo se pierde.

por falta de capacidad comunitaria para manejar sus propios recursos sanitarios, falta que se origina en la poca participación y adiestramiento de la comunidad para estos menesteres.

El otro gran problema, ligado muy íntimamente con el primero es la carencia de tecnologías con las cuales se construyen los sistemas, especialmente de potabilización del agua para consumo. Nuestros ingenieros y técnicos desconocen mucha de la tecnología apropiada que pudiera utilizarse en estos casos y no toman en cuenta muchas veces la naturaleza, cultura y capacidad de la población local para aceptar y manejar los sistemas construídos. Resultan así proyectos demasiado costosos, de difícil tecnología para los locales y que a la vuelta de pocos años, incluso meses, producen en algunos casos, una situación peor a la que existía antes sin ellos.

4 PROPUESTA DE FRENTE DE INVESTIGACION

Dentro del contexto descrito en los numerales anteriores, las Secciones de Saneamiento Ambiental del Departamento de Procesos Químicos y Biológicos y de Fluidos del Departamento de Mecánica de Fluidos y Ciencias Térmicas, de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, proponen una línea de investigación en sistemas de tratamiento de agua potable que sea utilizada para resolver parte de los problemas planteados en el sector del agua potable y del saneamiento.

El proyecto tendrá como eje central la investigación y demás trabajos sobre adaptación de tecnología basados en la filtración lenta en arena. Dado que esta técnica tiene restricciones con respecto a la calidad del agua cruda que acepta para tratamiento, se estudiarán las formas de lograr esta calidad inicial mediante pretratamientos físicos, químicos y biológicos, pero preferencialmente de la primera y última categorías. Además y para mantener la calidad bacteriológica de agua tratada, se estudiarán sistemas de desinfección.

Igualmente, la investigación afrontará las formas de participación comunitaria, con el fin de asegurar la aceptación de la tecnología, en todos sus aspectos.

5 OBJETIVOS

Este frente de investigación se desarrollará mediante un conjunto de proyectos que tendrán como objetivos generales :

- 5.1 Desarrollar los suficientes conocimientos técnicos, sociales y económicos sobre la utilización de la filtración lenta en arena que permitan el uso de esta técnica como alternativa para el tratamiento del agua.

Este objetivo se cumplirá con el trabajo conjunto con entidades como Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud (INS), Servicio Seccional de Salud del Valle del Cauca, Servicio Seccional de Salud del Cauca, Corporación Autónoma Regional del Cauca (Programa de Desarrollo de la Costa Pacífica), Comité de Cafeteros y otros, los cuales tienen bajo su responsabilidad el suministro de agua para comunidades rurales.

En una etapa posterior y con la experiencia adquirida, se extenderá la aplicación hacia poblaciones de mayor tamaño, a través del Instituto Nacional de Fomento Municipal (INSFOPAL), las diferentes Sociedades de Acueductos y Alcantarillados (ACUAS) y Empresas Municipales del país.

- 5.2 Ejecutar, en los Departamentos de Procesos Químicos y Biológicos y de

Mecánica de Fluidos y Ciencias Térmicas de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, todos los trabajos propuestos en filtración lenta como parte del desarrollo del área del conocimiento en tratamiento de agua para consumo.

El proyecto de filtración lenta es parte de todo un programa de desarrollo de esta área, del cual forma parte también la propuesta presentada al Ministerio de Salud sobre " Desarrollo del Programa Nacional de Calidad del Agua en el Departamento del Valle del Cauca ". Igualmente forma parte la investigación sobre " Microbiología de aguas de consumo en poblaciones rurales de Cali ", la cual se ejecuta conjuntamente con la Facultad de Salud.

Todos estos proyectos buscan convertir a la Facultad de Ingeniería en un centro regional de generación y adaptación de tecnología en agua potable, en un plazo máximo de 3 años.

Estos dos grandes objetivos serán cristalizados mediante la ejecución de diversas actividades cuyos objetivos particulares se enuncian como :

- 5.3 Evaluación de plantas de filtración lenta existentes en el sur-occidente colombiano, incluyendo prácticas de operación y mantenimiento.
- 5.4 Preparación de planes de rehabilitación de estas plantas, incluyendo determinación de mejoramientos ambientales potenciales en la localidad y necesidades de educación en salud.

- 5.5 Ejecución de un modelo para manejar la participación de la comunidad y aumentar la eficiencia de la educación en salud, asegurando la replicabilidad de este modelo en poblaciones rurales.
- 5.6 Ejecución de un curso para operadores de plantas de filtración lenta.
- 5.7 Estudio de las posibilidades para mejorar las condiciones de trabajo de los operadores de plantas de filtración lenta.
- 5.8 Investigación sobre formas simplificadas de operación de plantas de filtración lenta, con énfasis en medición y control.
- 5.9 Investigación sobre métodos adecuados de pretratamiento para usar la combinación con filtración lenta, con orientación hacia :
- . Prefiltración horizontal gruesa.
 - . Prefiltración vertical gruesa en flujo ascendente.
 - . Prefiltración lenta ascendente.
 - . Prefiltración lenta ascendente en combinación con el uso de polímeros naturales.
 - . Captación con lecho filtrante dinámico.
 - . Galerías de infiltración.

- . Filtración lenta ascendente.
- 5.10 Investigación sobre eficiencias comparadas de diversas formas de operación de filtros lentos, ya sea con altura de agua constante o altura de agua variable.
- 5.11 Asesoría en la construcción de nuevas plantas de filtración lenta, que incluye :
- . Preparación de guías para encuesta preliminar.
 - . Diagnóstico rápido de las comunidades.
 - . Instalación de filtros pilotos.
 - . Preparación del diseño y estimación de costos.
 - . Asesoría en la construcción.
 - . Evaluación del funcionamiento de las plantas.
 - . Preparación de un juego de diapositivas sobre construcción.
 - . Preparación y prueba de un modelo de costos.
- 5.12 Elaboración de diseños típicos de filtros lentos de arena, aprovechando diferentes situaciones.

- 5.13 Desarrollo de un Seminario nacional, con posibilidad de ser internacional, con el fin de diseminar la información obtenida.
- 5.14 Elaboración de un manual de operación y mantenimiento para una planta de filtración lenta incluyendo evaluación de costos.
- 5.15 Investigación sobre eficiencia de la filtración lenta bajo diferentes modalidades de flujo, especialmente de tipo ascendente y de tasa declinante.
- 5.16 Generación de criterios de diseño, construcción y operación aplicables a nuestro medio rural y urbano, en especial sobre :
- . Tasas de filtración.
 - . Utilización de materiales locales para construcción de filtros lentos.
 - . Utilización de arenas locales para lecho filtrante.
 - . Posibilidades de manejo y operación que permitan reducción de costos de construcción.
 - . Calidad de agua cruda aceptables.
 - . Criterios sobre calidad del agua tratada.
 - . Sistemas de protección bacteriológica del agua tratada.

- . Pretratamientos utilizando materiales y técnicas locales.
- . Efecto de la reducción de escala en modelos utilizables para ensayos de tratabilidad.
- . Principales problemas técnicos y administrativos de operación y mantenimiento.
- . Formas simplificadas de control de calidad físico-química y bacteriológica del agua.
- . Efectos sobre la salud y otras variables sociales a consecuencia de la ejecución de proyectos de filtración lenta.

5.17 Difundir todos los conocimientos adquiridos tanto a nivel local como regional, nacional e incluso internacional.

6 METODOLOGIA Y PROGRAMA DE TRABAJO

La ejecución de las actividades que se requieren para lograr los objetivos propuestos se hará mediante diferentes proyectos específicos, en conjunto con diversas entidades.

Con cada una de ellas, la Universidad del Valle hará un convenio de cooperación técnica y financiera.

Dentro de estos convenios, es importante mencionar :

- . Convenio con el Centro Internacional de Referencia (CIR), mediante el cual y en conjunto con el Instituto Nacional de Salud, se ejecutará un proyecto a nivel nacional que incluirá los trece (13) primeros objetivos particulares antes enunciados.
- . Convenio con el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, CEPIS, para producir un manual de operación y mantenimiento de sistemas de filtración lenta.
- . Convenio con el Ministerio de Salud para evaluar la eficiencia y los costos de un sistema de filtración lenta.
- . Convenio con el Servicio Seccional de Salud del Valle del Cauca para diseñar, construir y evaluar cuatro (4) sistemas de filtración lenta como primer paso para la implantación de la tecnología en la región.

- . Convenio con la Beneficencia del Valle del Cauca para diseñar, construir y evaluar dos (2) sistemas de filtración lenta.
- . Convenio con la Corporación Autónoma Regional del Cauca, C.V.C., para utilizar la tecnología de filtración lenta en sus programas sanitarios del Plan de Desarrollo en la Costa Pacífica, PLADEICOP.

Un programa global de desarrollo de los trabajos, durante los primeros dos (2) años se muestra en la página siguiente :

PROYECTO SOBRE FILTRACION LENTA EN ARENA

CRONOGRAMA

PROYECTOS	MESES											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1 Evaluación de plantas existentes.	[Horizontal bar from month 2 to 24]											
2 Planes de rehabilitación.	[Horizontal bar from month 2 to 24]											
3 Modelo para participación comunitaria.	[Horizontal bar from month 2 to 24]											
4 Curso para operadores.	[Horizontal bar from month 2 to 24]											
5 Condiciones de trabajo de operadores.	[Horizontal bar from month 2 to 24]											
6 Formas simplificadas de operación (Investigación).	[Horizontal bar from month 2 to 24]											
7 Métodos de pre-tratamiento (Investigación).	[Horizontal bar from month 2 to 24]											
8 Eficiencias comparadas (Investigación).	[Horizontal bar from month 2 to 24]											
9 Construcción de nuevas plantas.	[Horizontal bar from month 2 to 24]											
10 Diseños típicos.	[Horizontal bar from month 2 to 24]											
11 Seminario.	[Horizontal bar from month 2 to 24]											
12 Manual de operación (Investigación).	[Horizontal bar from month 2 to 24]											
13 Eficiencia con filtración ascendente y declinante (Investigación).	[Horizontal bar from month 2 to 24]											
14 Generación de criterios (Investigación).	[Horizontal bar from month 2 to 24]											
15 Difusión de resultados.	[Horizontal bar from month 2 to 24]											

↑ Septiembre 1 de 1984

7 BIBLIOGRAFIA

- C.I.R. Centro Internacional de Referencia para Abastecimiento Público de Agua y Saneamiento de la O.M.S. Filtración Lenta en Arena para Abastecimiento Público de Agua en Países en Desarrollo. Manual de Diseño y Construcción. Documento Técnico No. 11. Publicado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Diciembre, 1978.
- C.I.R. Centro Internacional de Referencia para Abastecimiento Público de Agua y Saneamiento. Informe del Seminario Internacional sobre Filtración Lenta de Arena para Abastecimiento Público de Agua en Países en Desarrollo. Neiva, Colombia. Julio 13-16, 1982. Boletín No.18. La Haya, Países Bajos. Junio, 1983.
- Filtración Lenta en Arena. Tecnología apropiada para Agua Limpia. Folleto informativo del Proyecto de Filtración Lenta en Arena del CIR. La Haya, Países Bajos. 1983.
- C.S.I.R. National Environmental Engineering Research Institute. Nagpur, India.
- DHAGE, S.S. et al. Performance Evaluation of a Slow Sand Filter Plant. J. Indian Wat. Works. Assn. 13(4) : 335-339. 1981.
- HUISMAN, L. Slow Sand Filtration. Delft University of Technology. Netherlands. 1979.
- HUISMAN, L.: WOOD, W.E. Slow Sand Filtration. World Health Organization. Ginebra. 1974.

- Filtración Lenta con Arena. Primera Parte. Desarrollo Nacional. América Latina. 28,(4) : 34-35. Connecticut. U.S.A. 1981.
- Filtración Lenta con Arena. Segunda Parte. Desarrollo Nacional. América Latina. 28,(5) : 39-41. Connecticut. U.S.A. 1981.
- Filtración Lenta con Arena. Tercera Parte. Desarrollo Nacional. América Latina. 28,(6) : 29-32. Connecticut. U.S.A. 1981.
- I.N.S. Instituto Nacional de Salud. División de Saneamiento Básico Rural. Informe sobre el Proyecto de Filtración Lenta en Colombia. Bogotá, Colombia.
- I.R.C. International Reference Centre for Community Water Supply and Sanitation, The Hague, Netherlands. Slow Sand Filtration. Research and Demonstration Project - India. Final Report. Editors B.B. Sundaresan, I. Paramasivan. 1982.
- Slow Sand Filtration for Community Water Supply in Developing Countries. A Design and Construction Manual. Technical Paper No.11. Rijswijk, The Netherlands. September, 1982.
- JOSHI, N.S., et al. Water Quality Changes During Slow Sand Filtration. J. Indian Environ. Hlth. 24(4) : 261-276. 1982.
- MINISTERIO DE SALUD. República de Colombia. Desarrollo de una Política de Salud. 1978-1981. Informe al Honorable Congreso de la República de Colombia. Agosto, 1981.
- Diagnóstico del Sector Salud. Plan Nacional de Salud. 1972-1982.

ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD, ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD,
OPM/OMS. Salud Ambiental. Actividades Nacionales y Regionales en
las Américas. Serie Ambiental No.2. Washington, 1982.

PARAMASIVAM, R.; MHAISALKA, V.A. Slow Sand Filter Design and Construction
in Developing Countries. J. AM. Wat. Works, Assn. 73(4) : 178-184.
1981.

-----, SUNDA RESAN, B.B. Slow Sand Filters for Rural Water Supply in
Developing Countries. AQUA. 3(1) : 13-18. 1979.

PARDON, M.; WHEELER, D.; LLOYD, B. Process Aids for Slow Sand Filtration.
Waterlines. 2(2) : 24-28. 1983.

RICO, V.J. Tendencias Futuras de la Población Colombiana. Universidad
del Valle. División de Salud. Departamento de Medicina Social.
Cali. 1983.

UNIVERSIDAD DEL VALLE. DEPARTAMENTO DE PROCESOS QUIMICOS Y BIOLOGICOS.
Seminario Internacional sobre Filtración Lenta. Informe Interno.
Cali. Julio, 1982.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Biological or Slow Sand Filters. Community
Water Supply. Research and Development Programme. Background Paper
WHO/CWS/RD/70.1.

A C O D A L

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA

SANITARIA Y AMBIENTAL

SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

XXVII CONGRESO - BARRANQUILLA

TRIBALOMETANOS : UNA INVESTIGACION UTIL

**LEONARDO SANTAMARIA: Universidad del
Valle**

LIBARDO SANCHEZ : EMCALI

LUIS E. MEDINA : INCA LTDA

INTRODUCCION

En el mes de Mayo de 1983, la Seccional del Valle del Cauca de ACODAL, después de analizar los diferentes artículos que se habían publicado en el Journal de la American Water Works Association A.W.W.A. relacionados con los trihalometanos en agua potable, expidió un comunicado solicitando a las autoridades sanitarias de Cali se investigara el contenido de estos compuestos en el agua de consumo de la ciudad, toda vez que el alto contenido orgánico de las aguas del Río Cauca y el uso de la cloración como método de desinfección conformaban circunstancias para sospechar la existencia de dichos compuestos.

A pesar de que el tema fué distorsionado en algún momento por algunos medios de comunicación, el debate se orientó muy rápidamente por los canales técnicos y las Empresas Municipales de Cali, conscientes de su responsabilidad de entregar un producto fuera de toda duda, inició un muestreo periódico y acorde con las recientes normas de la Environmental Protection Agency (E.P.A.)de los Estados Unidos.

Mientras se realizaba el muestreo, ACODAL Seccional Valle del Cauca, programó en el mes de Marzo de 1984, un Curso sobre Cloración para lo cual utilizó el material de la A.W.W.A. Al final de éste curso fué organizada una Mesa Redonda sobre el tema de los trihalometanos con participación de los Ingenieros Leonardo Santamaría de la Universidad del Valle, César Alonso Reyes y Libardo Sánchez de EMCALI y Luis Eduardo Medina de ACODAL. El interés mostrado por los asistentes llevó a la Seccional a publicar los trabajos de los participantes con el fin de dar claridad técnica y permitir el aprendizaje de un tema de mucha actualidad.

Los resultados preliminares del muestreo se incluyen al final de éste trabajo y aunque no se trata de una investigación en el sentido científico de la palabra, se presenta en éste Congreso de ACODAL como un ejemplo de desempeño integrado del gremio de Ingenieros Sanitarios en busca de soluciones a problemas que pueden afectar a la salud de la comunidad.

La Seccional desea llamar la atención a los colegas de otras regiones sobre la importancia que puede tener un debate público bien orientado que parte de la base de que la comunidad debe ser informada de los peligros ó riesgos a que está sometida cuando no se cumplen las normas sanitarias y debe ser capacitada para enfrentarlos si las autoridades no pueden en determinado momento resolverlos. El funcionario responsable del sistema, que muchas veces no dispone de recursos, debe aprovechar estas ocasiones para solicitarlos puesto que estamos seguros de que la salud y la vida de una comunidad no tiene por delante prioridades.

El presente trabajo se divide en tres (3) áreas principales. La primera de ellas trata el aspecto general de identificación y formación de los THMs y de los factores que afectan su concentración. La segunda se refiere a las formas de controlarlos y reducirlos en las plantas y la tercera al sistema general de muestreo y análisis, presentando al final los resultados de las mediciones preliminares en la ciudad de Cali.

Será materia de un próximo trabajo, resumir el uso de métodos de desinfección alternos como otra solución viable a la reducción de los THMs

1 NATURALEZA Y FRECUENCIA DE LOS TRIHALOMETANOS EN LAS AGUAS POTABILIZADAS

Los trihalometanos (THMs) constituyen un grupo de compuestos orgánicos que, como su nombre lo indica, se consideran derivados, para su nomenclatura, del metano, CH_4 , en cuya molécula tres átomos de hidrógeno han sido sustituidos por igual número de átomos de los halógenos cloro, bromo o yodo. Esos tres átomos de hidrógeno pueden estar reemplazados por una sola clase de halógeno como es el caso del triclorometano, o por dos diferentes de tales elementos como sucede en el bromodiclorometano, o por cada uno de los tres a la vez como se aprecia en el yodobromoclorometano. Algunos del grupo poseen nombres especiales : cloroformo, CHCl_3 ; bromoformo, CHBr_3 , y yodoformo, CHI_3 .

Aunque para ser denominados se los mire como procedentes del metano, este gas nada tiene que ver con su formación real en las aguas que se desinfectan con cloro, pues en dicho medio ellos se originan a partir de productos orgánicos mucho más complejos que el metano y que son de común ocurrencia en las aguas superficiales : los ácidos húmicos.

Todos los trihalometanos contienen en su molécula un solo átomo de carbono.

En la Tabla 1 se anotan las fórmulas de los posibles trihalometanos y sus correspondientes designaciones.

En las condiciones ordinarias, los trihalometanos dominantes en las aguas potabilizadas son el cloroformo y el bromodiclorometano; frecuentemente se hallan también el dibromoclorometano y el bromoformo;

el yododiclorometano y el yodobromoclorometano han sido detectados.

Cuando se habla de trihalometanos totales (TTHMs) ello incluye la suma aritmética de los cuatro primeros mencionados.

A los trihalometanos se alude también con los apelativos de haloformos, haloalcalinos y organohaluros.

2 DESCUBRIMIENTO DE LOS TRIHALOMETANOS EN LAS AGUAS POTABILIZADAS

Aunque antes de 1974 se produjeron esporádicas noticias respecto a la presencia de cloroformo y de otros trihalometanos en las aguas tratadas, fueron los informes presentados en aquel año por Rook, en Holanda, y por Bellar, Lichtemberg y Kroner, en los Estados Unidos, los que demostraron claramente que estos contaminantes se formaban durante el proceso de tratamiento del agua como resultado de su cloración. Este hallazgo condujo, a principios de 1975, a un estudio de 80 suministros de agua en los Estados Unidos, 79 de los cuales practicaban cloración a residual libre o a residual combinado. El trabajo realizado comprobó que todos los suministros de agua que usaban cloro libre en el proceso de tratamiento tenían concentraciones variables de por lo menos cuatro trihalometanos en sus aguas potabilizadas y que ellos se originaban durante el tratamiento.

Los mencionados trabajos, junto con resultados análogos obtenidos en distintas partes del mundo, confirmaron que la intervención del cloro en la producción de los trihalometanos se hallaba muy difundida y que seguramente estaba ocurriendo desde cuando el cloro comenzó a usarse en la potabilización de las aguas.

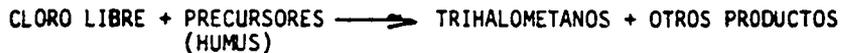
Los trihalometanos contenidos en las aguas potables no pudieron ser revelados hasta el año de 1974 porque, antes de este tiempo, las técnicas analíticas usadas para medir el contenido orgánico del agua no eran lo suficientemente sensibles para apreciar las pequeñas concentraciones en que aparecen en las aguas.

Luego de que los trihalometanos fueron descubiertos y cuantificados, en las aguas potables, mediante modernas técnicas cromatográficas, se iniciaron extensas investigaciones para determinar si su presencia en las aguas potables constituía un peligro para la salud de los consumidores.

3 MECANISMO DE SU FORMACION EN LA CLORACION DE LAS AGUAS

La formación de los trihalometanos durante la desinfección del agua con cloro libre obedece a un complicado mecanismo por el cual las especies químicas que el halógeno forma con el agua reaccionan con los derivados del humus que ese medio habitualmente contiene.

La ecuación química general que representa su producción sería la siguiente :



Se ha trabajado mucho para tratar de esclarecer la complejidad y características de las sustancias húmicas y así dilucidar los detalles de su combinación con el cloro. Para el presente propósito se puede representar la estructura de la molécula del humus en la forma simplificada que muestra la figura 1: una enorme masa amorfa de un heteropolímero condensado que lleva ciertos grupos funcionales los cuales

sobresalen de su superficie; estos serían los que, en primer lugar, reaccionarían con el cloro para producir los THMs. Precisamente los grupos funcionales que se muestran en la figura serían los más comprometidos en la combinación con el halógeno, según la literatura reciente.

Debido a la complejidad de los precursores orgánicos y a las diversas vías posibles de reacción la química de la aparición de los THMs en las aguas no está bien aclarada.

4 EFECTOS SOBRE LA SALUD

Se ha demostrado que el cloroformo es rápidamente absorbido por la mucosa intestinal cuando, contenido en las aguas, éstas son consumidas. Se distribuye a través de los tejidos corporales, se concentra en las membranas lipídicas y se acumula en los tejidos adiposos con una larga vida media de residencia. Su metabolismo tiene lugar en el hígado, principalmente y, en menor proporción, en los riñones y otros tejidos. Esta biotransformación lo convierte en dióxido de carbono, ion cloruro, fosgeno (cloruro de carbonilo) y otros metabolitos no identificados.

Las respuestas de diversas especies de mamíferos a la ingestión de cloroformo incluyen depresión del sistema nervioso central, intoxicación hepática y renal, teratogénesis y carcinogenicidad. La intensidad de la respuesta depende de la dosis administrada : 100 a 133 mg/kg a ratas y ratones manifiestan efectos oncogénicos.

La toxicidad celular aguda hepática y renal del cloroformo está en concordancia con el grado de unión irreversible covalente a las macromoléculas proteínicas y lipídicas de estos órganos lo cual proporciona

una base teórica que podría explicar su potencial carcinogénico.

Investigaciones recientes han demostrado una correlación positiva entre los niveles de cloroformo en el agua y los carcinomas de la vejiga y del tracto intestinal bajo. Con todo, una relación causal clara no se ha establecido.

Mirados colectivamente los estudios epidemiológicos proporcionan suficiente evidencia para mantener la hipótesis de que la presencia de los THMs en las aguas potables representa un riesgo para la salud ya que pueden estar incrementando la mortalidad por cáncer.

5. PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN SU APARICION EN LAS AGUAS

Los factores más importantes que afectan la cinética de la reacción y en algunos casos el producto final, se describen a continuación. La influencia precisa de varios parámetros en este proceso es difícil de predecir debido a la complejidad de las reacciones del cloro con precursores cuya estructura, como ya se anotó, no se conoce bien.

a) Efecto del Tiempo.

La formación de los THMs en condiciones naturales no es instantánea. En algunas circunstancias su formación puede completarse en menos de una hora; en otras situaciones es posible que se requieran varios días antes de que ocurra la máxima producción de THMs. La reacción se hace menos lenta cuando aumentan la temperatura o el pH, y en presencia de bromuros.

b) Efecto de la Temperatura.

La figura señala la velocidad de la formación del cloroformo a 3°, 25° y 40°C. Las curvas muestran una típica dependencia de la temperatura la cual, por cada 10°C de incremento, eleva al doble la tasa de formación del trihalometano.

Las variaciones estacionales, en cuanto a la producción de los THMs, observadas en plantas de tratamiento que utilizan la misma fuente de agua son, en gran parte, efecto de la temperatura.

c) Efecto del pH

Ha sido comprobado que la tasa de formación de los THMs depende del pH. En general, la formación se eleva con el incremento del valor del pH para las reacciones entre el cloro libre y la mayoría de los precursores aunque se han observado algunas excepciones. Los resultados de varias investigaciones han probado una fuerte dependencia del pH: un incremento al triple de la formación por cada unidad de aumento del pH. Esta elevación en la tasa de producción de los THMs era de esperarse ya que la clásica reacción del haloformo es acrecentada por bases.

Se ha insinuado una explicación para el efecto del pH: la macromolécula del precursor húmico simplemente ~~se abría~~ por la mutua repulsión de las cargas negativas a niveles altos de pH incrementando así la disponibilidad de sitios activos adicionales en la molécula del precursor.

d) Efecto de los Bromuros

Es un hecho comprobado que los bromuros tienen un efecto acentuado en la formación de los THMs. Se ha manifestado que el bromuro afecta tanto la tasa de la reacción como la cantidad total de THMs.

El efecto del bromuro en la cinética de la reacción de los trihalometanos no está bien esclarecida. El mecanismo aceptado por el cual el bromuro participa en la reacción incluye la oxidación del bromuro a bromo y a ácido hipobromoso los cuales a su vez reaccionan con los precursores orgánicos. El bromo competiría más efectivamente que el cloro por los sitios activos de las moléculas húmicas precursoras. Por lo anotado se concluye que el bromo supera al cloro en la formación de los THMs.

e) Efecto de la Dosis y Tipo de Cloro

Se ha sostenido que los THMs se originan mediante la conocida reacción del haloformo, la que tendría lugar entre el cloro o algún otro halógeno oxidante y los compuestos orgánicos precursores. Sin embargo, este punto de vista está muy controvertido actualmente.

Se ha demostrado que la reacción puede ocurrir por mecanismos distintos a los de la reacción del haloformo y que la dosis de cloro influye en la formación del cloroformo.

Se ha comprobado también el importante fenómeno de que cuando las aguas se desinfectan con cloro combinado (cloraminas) no hay formación de THMs o éstos se reducen notablemente en comparación con los originados en el empleo del cloro libre.

f) Efecto de la Concentración y Características de los Precursores

El incremento en la concentración del ácido húmico en presencia de un exceso de cloro e igualdad de otras condiciones, causa un aumento en la producción de trihalometanos en proporción directa a la dosis de ácido húmico.

Se han encontrado resultados similares en la producción de THMs en los análisis de aguas naturales con determinadas concentraciones de COT y otras que tenían concentraciones análogas de ácido húmico. Sin embargo, cuando se comparan aguas de diferentes fuentes, sólo se han hallado relaciones aproximadas entre su contenido de COT y la producción de THMs. Esto se atribuye a que probablemente los precursores no son iguales en las distintas localidades aunque sean de origen natural similar.

6 ANALISIS DE LOS THMs

Se dispone hoy en día de varias técnicas para la identificación y medición de los THMs dentro del bajo rango de los microgramos por litro. La más popular de las técnicas para su cuantificación es la de purga y trampa, la cual ha sido perfeccionada por la EPA. Otra técnica es la de extracción por solvente. La última es considerablemente más sencilla y fácilmente adaptada al muestreo automático. Debido principalmente a su bajo costo, la técnica de extracción por solvente es la escogida en los análisis de rutina del THMs. Se ha demostrado que las dos técnicas son de exactitud y precisión comparables.

Ambas técnicas requieren cromatografía de gas como etapa final del análisis. La técnica de purga y trampa incluye la remoción de los THMs de la muestra de agua mediante el uso de un gas inerte como el helio y la adsorción de aquéllos en una resina. La resina es calentada y el gas se hace fluir dentro del cromatógrafo para la separación y cuantificación de los THMs. La extracción con solvente incluye simplemente el tratamiento de la muestra con un disolvente de bajo punto de ebullición - como el tolueno o el pentano - para que los THMs se pasen al solvente. Luego se inyecta el extracto en el cromatógrafo de gas para la separación y cuantificación de los THMs individuales.

7 CONTROL DE LOS TRIHALOMETANOS

Muchas alternativas han sido consideradas en el tratamiento del agua para el control de los trihalometanos. Aquéllas que han encontrado la mayor aplicación son las que incluyen los menores ajustes en la operación de los procesos unitarios existentes tales como la reducción de las dosis de cloro o los cambios en los puntos de cloración. Estas pequeñas modificaciones se acoplan bien para los casos de instalaciones que exceden marginalmente el nivel de 100 microgramos por litro de THM. Suministros que tratan agua cruda con altas concentraciones de COT o de bromuros tienen que recurrir a modificaciones más sustanciales en el tratamiento.

Las varias alternativas en el tratamiento - para el control del THM - son convenientemente clasificadas en aquéllas que : 1) eliminan los precursores del THM antes de la cloración; 2) usan un desinfectante que no forme THM o, 3) eliminan los THMs luego de que se han formado.

FORMULAS ESTRUCTURALES Y NOMBRES DE LOS TRIHALOMETANOS

FORMULA	NOMBRE	FORMULA	NOMBRE
---------	--------	---------	--------

TABLA No. 1

1. $\begin{array}{c} \text{Cl} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	TRICLOROMETANO Cloroformo CHCl_3	6. $\begin{array}{c} \text{I} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{Br} \end{array}$	BROMOCLOROYODO- METANO CHClBrI
2. $\begin{array}{c} \text{Br} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	BROMODICLOROMETANO CHBrCl_2	7. $\begin{array}{c} \text{I} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{I} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	CLORODIYODOMETANO CHClI_2
3. $\begin{array}{c} \text{Br} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{Br} \end{array}$	DIBROMOCLOROMETANO CHBr_2Cl	8. $\begin{array}{c} \text{I} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{Br} \\ \\ \text{Br} \end{array}$	DIBROMOYODOMETANO CHBr_2I
4. $\begin{array}{c} \text{Br} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{Br} \\ \\ \text{Br} \end{array}$	TRIBROMOMETANO (Bromoformo) CHBr_3	9. $\begin{array}{c} \text{I} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{Br} \\ \\ \text{I} \end{array}$	BROMODIYODOMETANO CHBrI_2
5. $\begin{array}{c} \text{I} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{Cl} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	DICLOROYODOMETANO CHCl_2I	10. $\begin{array}{c} \text{I} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{I} \\ \\ \text{I} \end{array}$	TRIYODOMETANO (Yodoformo) CHI_3

FIGURA No. 1

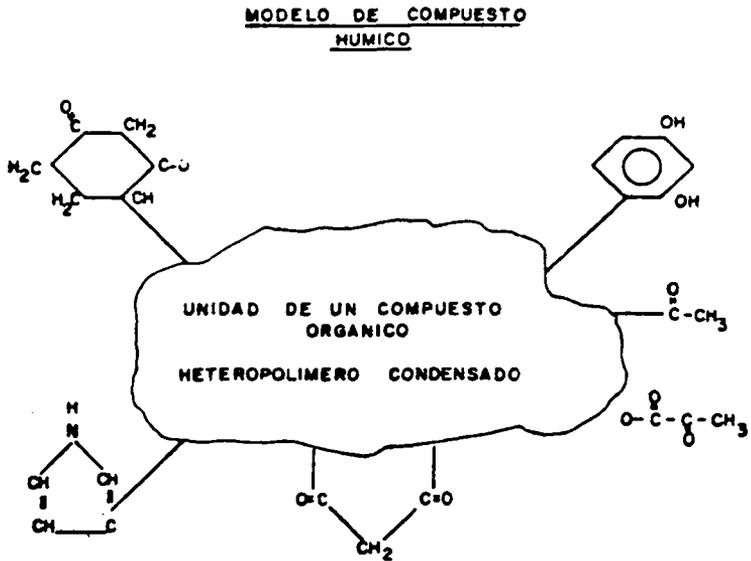


TABLA No. 2

UN ESTUDIO DE DOCE AGUAS POTABLES DE DIFERENTESPARTES DEL MUNDOTRIHALOMETANOS - (9 11)

LOCALIDAD FUENTE TRATAMIENTO	CHCl ₃	CHBrCl ₂	CHBr ₂ Cl	CHBr ₃	THM TOTAL
SUR DE CHINA Captación local Sed/Fi/+/Cl ₂	3.4	7.6	13	6.3	30.3
NORTE DE TAIWAN Pozo Ninguno	0.05	ND	ND	ND	0.05
SUR DE FILIPINAS Río/Pozos Sed/Fi/+/Cl ₂	4.9	2.3	1.2	ND	8.4
NORTE DE FILIPINAS Río Sed/Fi/+/Cl ₂	1.8	1.7	1.5	ND	5.0
NORTE DE EGIPTO Río Sed/Fi/+/Cl ₂	ND	ND	ND	ND	ND
SUR DE INDONESIA Río Sed/Fi/+/Cl ₂	6.8	3.0	0.7	ND	10.5
SUDESTE AUSTRALIA Río Sed/Fi/+/Cl ₂	11.0	4.1	ND	ND	15.1
SUDESTE INGLATERRA Río/Pozos Sed/Fi/+/Cl ₂	5.8	6.4	ND	ND	12.2

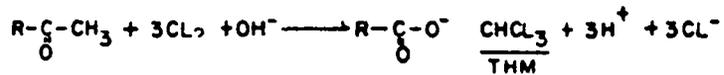
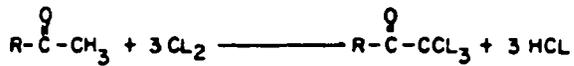
LOCALIDAD FUENTE TRATAMIENTO	CHCl ₃	CHBrCl ₂	CHBr ₂ Cl	CHBr ₃	THM TOTAL
SUR DE BRAZIL Río Sed/Fi/+/Cl ₂	17.0	4.4	ND	ND	21.4
ESTE DE NICARAGUA Lago Cl ₂	0,6	1.1	1.1	ND	2.8
NORTE DE VENEZUELA Río Sed/Fi/+/Cl ₂	57	10	1.1	ND	68.1
SUROESTE DE COLOMBIA Río Sed/Fi/+/Cl ₂	47	2.0	ND	ND	49.0

ND = NO DETECTADO

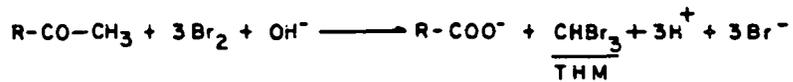
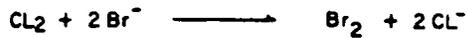
FORMACION DE LOS TRIHALOMETANOS EN LAS AGUAS NATURALES
CLORADAS

A. CLORO LIBRE + PRECURSORES \longrightarrow THM₈ + OTROS PRODUCTOS
(RESIDUAL) (ACIDO HUMICO)

UNA POSIBLE VIA HALOMORFICA



B. EN PRESENCIA DE BROMUROS



VIA METABOLICA DE LA BIOTRANSFORMACION DEL CLOROFORMO

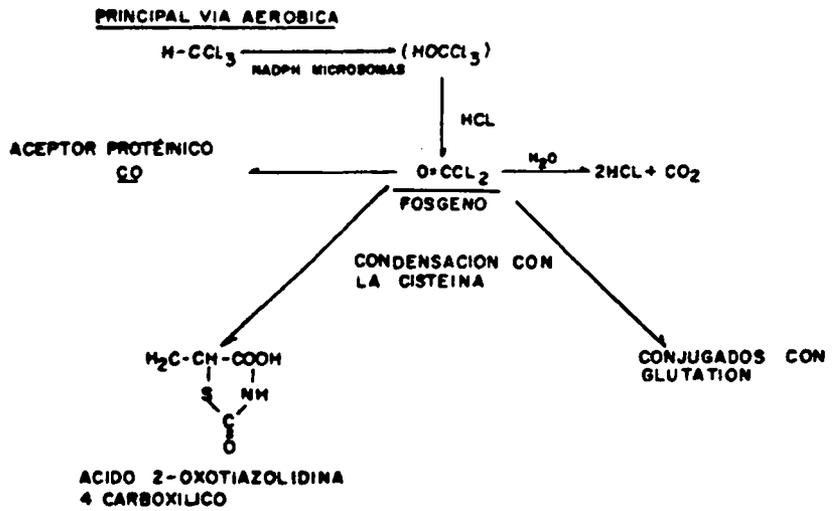


FIGURA No. 2.

EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA FORMACION DE CLOROFORMO

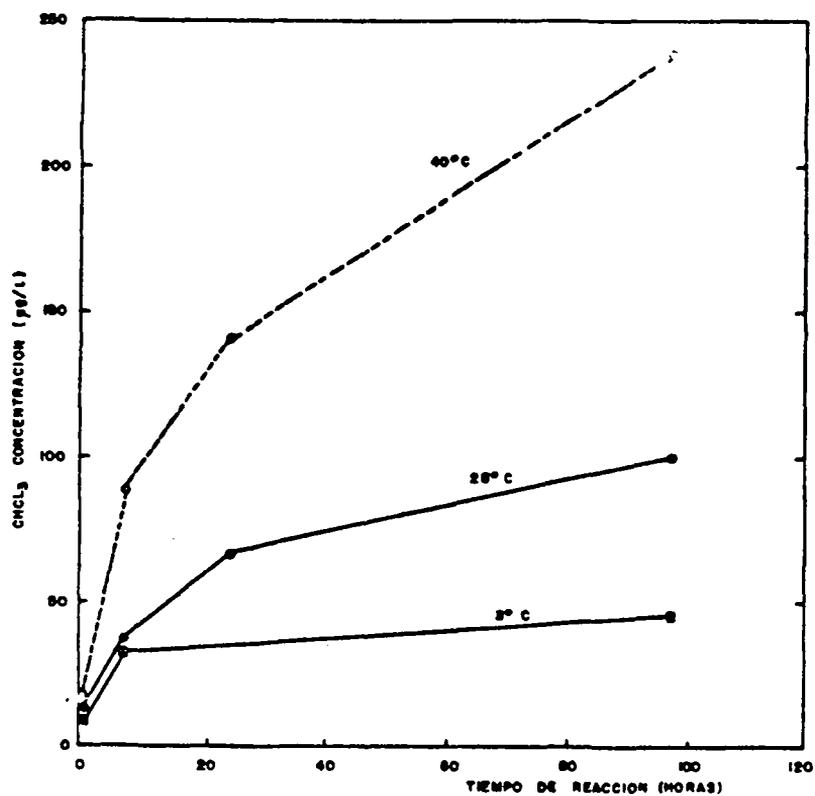


FIGURA No. 3

EFFECTOS DEL pH EN LA PRODUCCION DE CLOROFORMO
AGUA SEDIMENTADA 25°C Y 10 mg/L COMO DOSIS DE CLORO

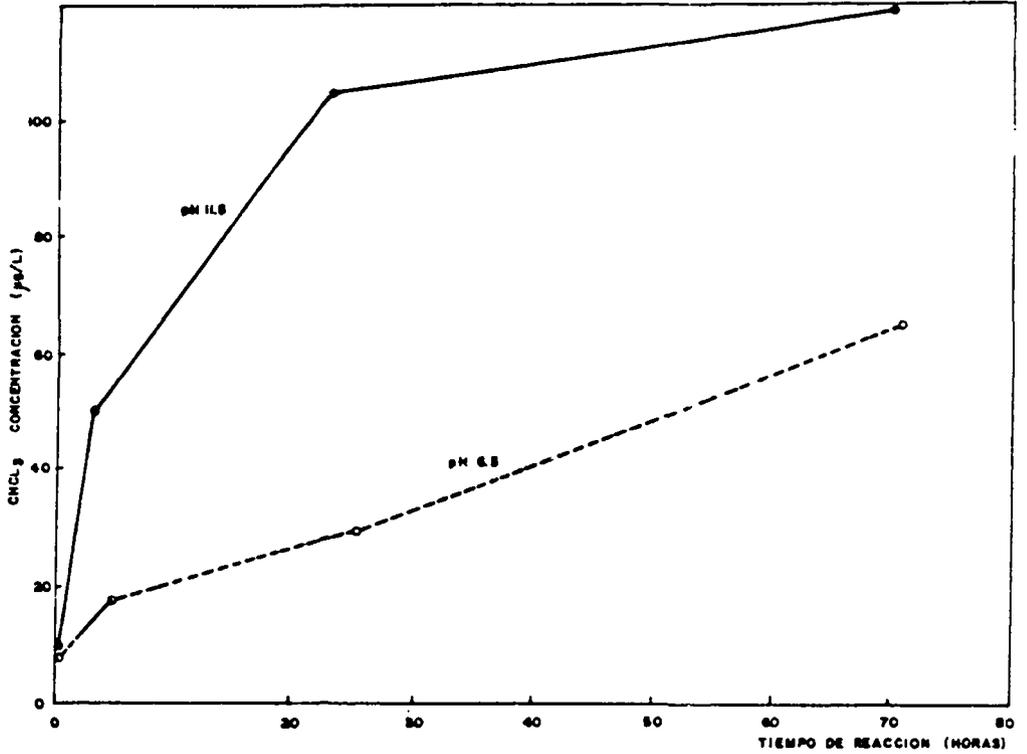


FIGURA No. 4

EFFECTO DE LA DOSIS DE CLORO EN LA FORMACION DE TRIMALOMETANOS pH 7.0 25°C

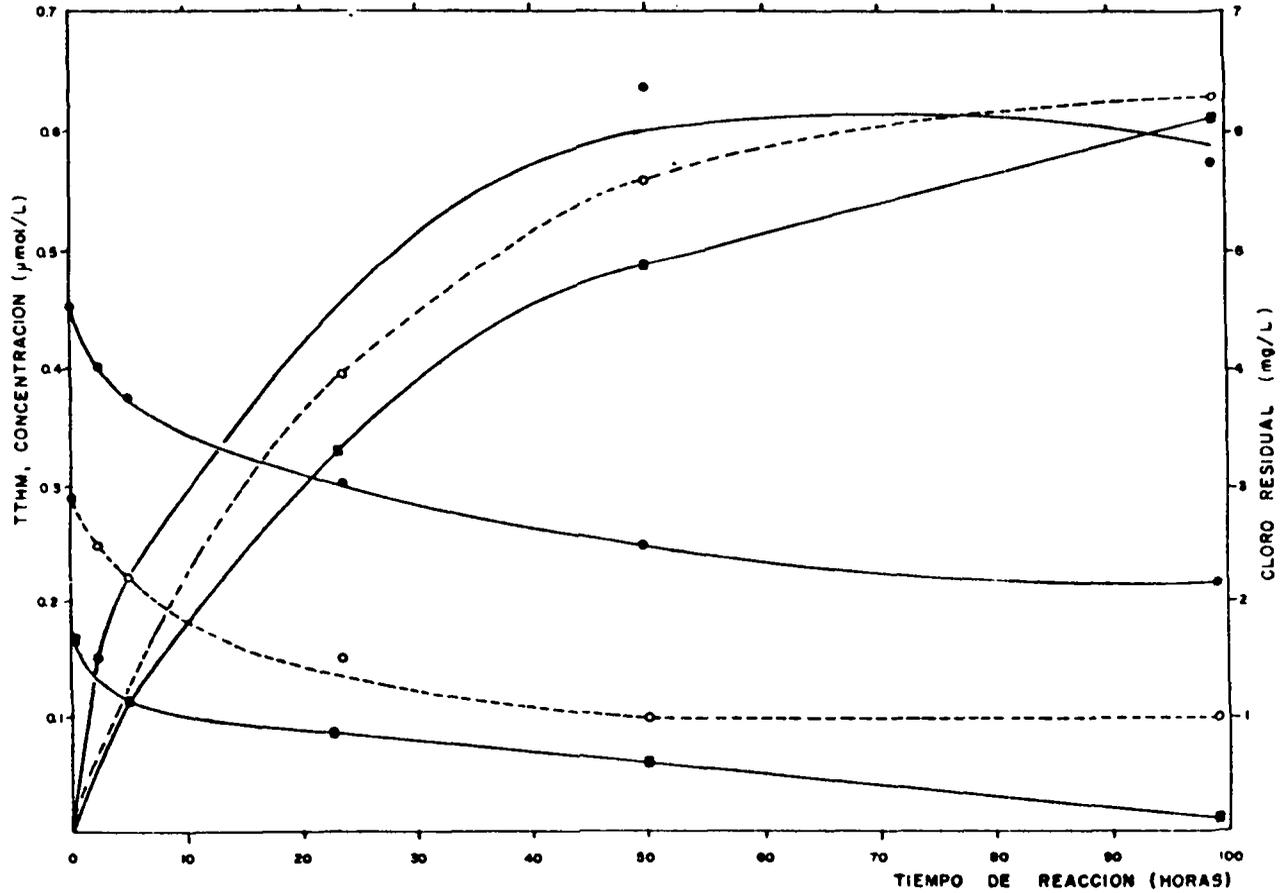


FIGURA No. 5

EFFECTO DE LA CONCENTRACION DE ACIDO HUMICO EN LA PRODUCCION DE TRIHALOMETANOS pH 6.7 25°C y 10 mg/l COMO DOSIS DE CLORO

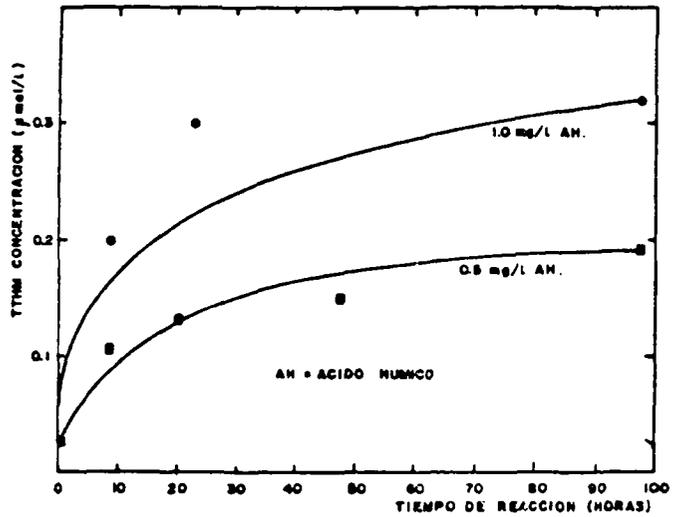


FIGURA No. 6

EFECTO DEL BROMURO EN LA PRODUCCION DE THM

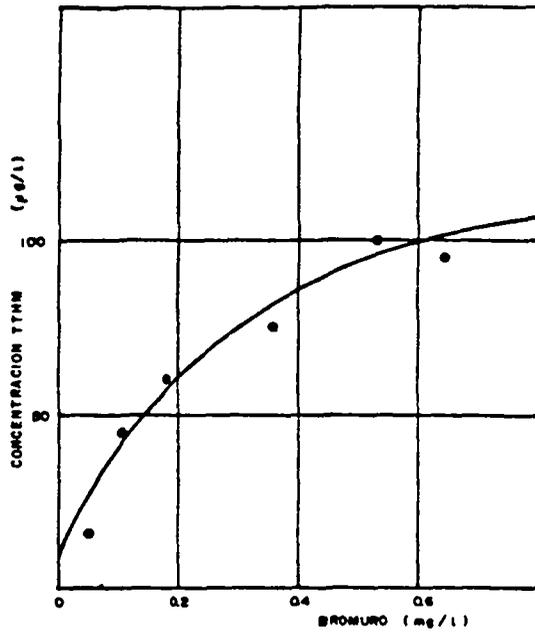


TABLA No. 3

EFFECTOS DE OXIDANTES EN LA FORMACION THM

CONDICIONES *		TRIHALOMETANOS					FORMADOS	MM/L +
CONCENTRACION		DOSIS						
De	Br mg/L	OXIDANTE	MM/L	CHCL ₃	CHBrCL ₂	CHBrCL ₂	CHBr ₃	TTHM
0		Cl ₂	0.043	0.283	0.005	0.005	0.004	0.283
1.0		Cl ₂	0.043	0.096	0.150	0.327	0.455	1.028
0		Br ₂	0.043	0.008	0.006	0.005	0.318	0.319
1.0		Br ₂	0.043	0.008	0.006	0.005	0.212	0.212
0		BrO ₃	0.043	0.008	0.006	0.005	0.004	0.004
1.0		BrO ₃	0.043	0.008	0.006	0.006	0.004	0.004
0		O ₃	10 (mg/l)	0.008	0.006	0.006	0.004	0.004
1.0		O ₃	10 (mg/l)	0.008	0.006	0.006	0.004	0.004
0		ClO ₂	0.043	0.042	0.006	0.006	0.004	0.042
0.0		ClO ₂	0.043	0.042	0.006	0.006	0.004	0.042

* 10 mg/l Acido Húmico : 168 mg/l Na HCO₃ : pH 8.3

+ Milimoles por litro

MEDICION DE TRIHALOMETANOS

La EPA, ha aprobado dos técnicas de cronatografía de gas para la medición de los THMs, a saber:

- 1.- La de purga y trampa.
- 2.- La de extracción líquido-líquido.

La primera comprende especialmente:

- a.) Arrastre THMs, por un gas inerte que se hace burbujear a través de la muestra.
- b.) Atrapamiento de los THMs, en una columna de sorbente apropiado,
- c.) Desorción térmica de los THMs, de la columna y entrada de ellos en la columna cromatográfica en donde los THMs son separados y determinados mediante detector de captura de electrones u otro sistema adecuado a éste caso.

El análisis de una muestra requiere unos 35 Min. En éste método la extracción líquido-líquido incluye:

- a.) Extracción de los THMs de la muestra mediante tratamiento de 10 ml de éste con 2 ml de solvente apropiado (exano, metil ciclohexano)
- b.- Inyección de 3 ul del extracto en la columna cromatográfica y ulterior determinación de los THMs por medio del detector apropiado captura de electrones.

El análisis completo de una muestra demora entre 10 y 15 Min.

Esta técnica por su costo más bajo es la preferida en los laboratorios para los análisis de rutina.

Ambas técnicas dan buenos y equivalente resultados y estos se expresan en $\mu\text{g/L}$ ó $\mu\text{md/L}$

1 μmol de CHCl_3 equivale aproximadamente a 120 μg .

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. "Treatment Techniques for Controlling Trihalomethanes in Drinking Water". 1982

I. W. F. DAVIDSON, D. D. SUMNER and J. C. PARKER. "Chloro - form: A Review of its Metabolism, Teratogenic, Mutagenic, and Carcinogenic Potencial". Drug and Chemical Toxicology. 1982.

MARK D. UMPHRES, ALBERT R. TRUSSELL, CAROL H. TATE and M. RHODES TRUSSELL. "Trihalomethanes in Drinking Water". Water Quality and Supply. 1981.

CONTROL DE TRIHALOMETANOS

COMO CONTROLAR TRIHALOMETANOS

=====
 A partir del conocimiento de la presencia de THMs en el agua para consumo humano y de que los riesgos de adquirir cáncer se incrementan cuando la concentración de THMs exceden a 0.10 Mgrs/litro, muchos investigadores han trabajado en la determinación de la fuente de formación, toxicidad, identidad, concentraciones de THMs y los precursores, igualmente ha habido gran preocupación en hallar métodos apropiados para evitar su formación ó para removerlos hasta concentraciones admisibles.

Actualmente hay disponible varios métodos para el control de THMs y la aplicabilidad de ellos debe obedecer a serias investigaciones para cada caso específico.

Los siguientes métodos han sido evaluados a nivel de laboratorio y en la práctica por investigadores Europeos y Norteamericanos.

- .- Remoción de los precursores previa dosificación de cloro.
- .- Remoción de los THMs formados.
- .- Cambio en los puntos de aplicación de cloro.
- .- Uso de otros agentes desinfectantes.

REMOCION DE PRECURSORES ANTES DE LA CLORACION

=====
 Es un método preventivo consistente en la remoción de las sustancias químicas precursoras, mediante la utilización de carbón activado en polvo (P.A.C.) ó en forma granular

(G.A.C.).

UTILIZACION DEL CARBON ACTIVADO EN LA REMOCION DE PRECURSORES
Y THMs

El P.A.C. ha sido usado por más de 50 años para remover olores y sabores de suministros de agua potable sin haberse encontrado efectos perjudiciales en la salud del hombre. En 1978 la oficina de protección del medio ambiente de los Estados Unidos (U.S.E.P.A.), propuso el uso de G.A.C. para tratar aguas de consumo humano, momento a partir del cual se han hecho estudios y aplicaciones de donde se han derivado serios cuestionamientos por el costo que implica el uso del G.A.C., costos que incluyen las construcciones necesarias para su aplicación, operaciones de reactivación, mantenimiento y los costos de reposición del material.

El uso de G.A.C. se ha hecho ante todo en tratamiento de aguas residuales y en varios procesos industriales, el uso de G.A.C. en tratamiento de aguas potables ha sido muy limitado y se ha hecho básicamente para el control de olores y sabores, pero se espera que con los limitantes establecidos para la concentración de THMs su uso se generalizará. El uso de G.A.C. en el tratamiento de aguas residuales y usos industriales es un poco diferente que en el tratamiento de aguas para consumo humano, pero la información de diseño y operación con que se dispone puede usarse.

En general la aplicación de adsorción mediante el G.A.C. en agua para consumo humano es más simple que su aplicación en aguas residuales. En Europa han tenido considerables experiencias en el uso de G.A.C. en tratamiento de aguas para uso

humano y su utilización se ha basado en los resultados de pruebas con plantas pilotos.

La primera planta de tratamiento de aguas residuales en la que se usó el G.A.C. a escala en los Estados Unidos fué en South Lake Tahoe Calif., en 1.965

COMPONENTES DE UN SISTEMA DE G.A.C.

- .- Unidad de contacto del G.A.C. y el agua a tratar, de acuerdo a un tiempo requerido para obtener la remoción de compuestos orgánicos.
- .- Unidad de reactivación ó reemplazo del carbón agotado.
- .- Transporte del carbón reactivado a los contactores y vice-versa.

La unidad de contacto puede ser en algunos casos el mismo lecho filtrante convencional de una planta de tratamiento, al cual se le ha cambiado ó adicionado carbón activado granular o unidades de contacto especiales de acero ó concreto reforzado.

El carbón activado, debe ser escogido de acuerdo a ensayos en planta piloto, los cuales darán diámetro de los granos, porosidad, gravedad específica.

Una vez el carbón activado se agota ó pierde su capacidad de adsorción se debe regenerar mediante calentamiento que para aguas residuales es de 898°C - 954°C y para agua potable un poco menos. En el proceso de reactivación se pierde un 10% del carbón.

PROBLEMAS OPERACIONALES

Los problemas que se han tenido en las plantas de tratamiento de aguas residuales son diferentes a los que se pueden hallar en tratamiento de agua potable, por ejemplo los excesivos crecimientos biológicos (Lama) en el G.A.C., la producción de gas sulfuro de hidrógeno y el efecto corrosivo de los compuestos orgánicos adsorbidos que se escapan en el proceso de reactivación, no se presentan cuando se usa el G.A.C. en potabilización de aguas, pero es interesante tener en cuenta los siguientes problemas detectados:

- .- Inadecuado dimensionamiento de los sistemas de transferencia del carbón y equipos dosificadores.
- .- Daños causados por fallas en los sistemas de retrolavado con aire que ocasionan roturas de los lechos filtrantes.
- .- Fallas en los sistemas de alimentación al horno que causan fluctuaciones de temperatura con la consiguiente inconsistencia en la eficiencia del proceso de reactivación y desperdicio de energía.
- .- El uso de toberas en filtros y cajas contactoras de carbón, producen daños en el sistema; el uso de toberas es riesgoso.
- .- La ubicación de equipos auxiliares tales como motores cerca al horno (altas temperaturas) causan molestias operacionales y de mantenimiento.

El problema de corrosión en algunos sistemas que utilizan G.A.C. han sido frecuentes, afectando hornos, tuberías de transferencia y tanques de almacenamiento del carbón; en muchos sistemas se ha requerido reemplazar partes y recubrimientos con alguna frecuencia, se considera que los problemas

de corrosión no se presenten, cuando el G.A.C. es usado para remover compuestos orgánicos como los THMs y los precursores en el agua a potabilizar.

Debe ser claro que la mayoría de los problemas que surgen cuando se utiliza carbón activado, suceden en los sistemas de reactivación y no propiamente en los filtros ó sistemas de contacto.

Por lo cual al hacer una evaluación del uso de carbón activado granular, deberá analizarse la posibilidad de no regenerar sino cambiar el lecho agotado, por uno nuevo. Otro aspecto importante al estudiar el uso del carbón activado en sistemas de potabilización es la identificación de los compuestos orgánicos presentes tanto en el agua cruda cuando se use para la remoción de los precursores, como en el agua tratada cuando se vayan a remover THMs, puesto que se ha encontrado que algunos compuestos orgánicos no han sido realmente removidos del agua por el carbón activado. Igualmente es necesario realizar una severa evaluación sobre la conveniencia de remoción de los compuestos orgánicos precursores en el agua cruda, ante todo cuando el agua cruda contenga cantidades considerables de color, olor y turbiedad debido a que el carbón activado se agotaría prontamente; en ésta situación es preferible hacer procesos de pretratamiento (coagulación, floculación-decantación) antes de hacer el tratamiento con carbón activado, lo cual podría disminuir costos.

El agotamiento del carbón activado depende de las características del agua a tratarse, es decir de la cantidad presente de compuestos que pueden ser adsorbidos, aspecto que define los costos de tratamiento y su reactivación.

Todo lo anterior indica que no es posible hacer un certero diseño de un sistema de carbón activado, sino se hace previamente estudios en planta piloto, que permitan conocer los parámetros de diseño para cada agua a tratar, que básicamente son:

- .- Dosis
- .- Tiempos de contactos
- .- Tiempos de reactivación
- .- Temperaturas de reactivación

Con la información anterior se calcula :

- .- Dimensionamiento del contactor y horno de reactivación
- .- Requerimientos de combustible.

De las instalaciones de carbón activado existentes se pueden tomar :

- .- Facilidades de transporte dentro de la Planta.
- .- Los costos de construcción pueden estimarse a partir de las instalaciones existentes, pero teniendo en cuenta que no se pueden basar en el volumen de agua tratada sino en los datos de adsorción y reactivación aplicables a cada instalación específica.

Un aspecto importante en el diseño de los sistemas de contacto de G.A.C., es el de que los contactores de flujo ascendente que han dado buenos resultados para tratamientos industriales, no han sido favorables para tratar agua debido a que los granos finos presentes en el G.A.C. salen con el efluente, lo cual no sucede cuando el flujo es descendente ó en una combinación flujo ascendente - flujo descendente.

PRUEBAS EN PLANTA PILOTO CON G.A.C.

Mediante ensayos en columnas pilotos es posible determinar tratabilidad y seleccionar el mejor carbón para el propósito específico, tiempo de contacto, dosis de carbón requeridas, así mismo apoyado en pruebas de laboratorio se puede precisar capacidad del horno de reactivación, la necesidad de reactivación y costos de reemplazo del carbón, igualmente se puede hallar los efectos de las variaciones de la operación de la planta en la calidad del influente, así como la influencia del tiempo de contacto del carbón con el agua a tratar y la frecuencia de reactivación o cambio del carbón.

Una de las principales diferencias entre los costos de tratamiento con carbón activado granular de agua de consumo humano y agua residual es el de que en la potabilización de agua, algunos compuestos orgánicos problema, se abren paso más pronto por lo cual se hace más frecuente la reactivación del carbón. En el tratamiento de aguas residuales, puede esperarse adsorciones de 0.13-0.24 Kg de demanda química de oxígeno por kilo de carbón activado antes de que se agote, mientras que investigaciones y estudios en plantas pilotos han encontrado que algunos compuestos orgánicos que son problema en potabilización, pueden abrirse paso a cargas de carbón tan bajas como 0.02-0.11 Kgs de orgánicos por kilo de carbón, de allí por lo cual debe tenerse especial cuidado al extrapolar la información de aguas residuales a potabilización de agua.

También es cierto que debido a que los compuestos orgánicos adsorbidos al agua potable son generalmente más volátiles que los presentes en las aguas residuales, el incremento en la frecuencia de reactivación resultante de la carga de

carbón puede ser parcialmente balanceado ó más que balanceado por la reducción de los requerimientos de reactivación.

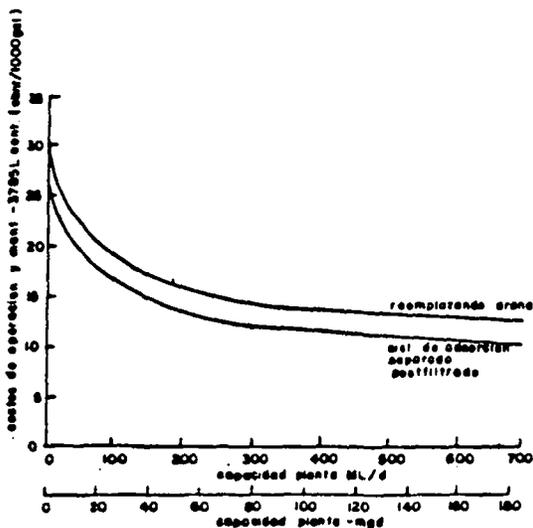
Los tiempos y temperaturas requeridos para la reactivación son menores que en el caso de aguas residuales, así como los requerimientos de combustibles, estos factores deben determinarse para cada caso específico.

COSTOS DEL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO CON G.A.C.

El uso de carbón activado en las plantas de potabilización es escaso debido justamente a los costos de montaje del sistema, operación y mantenimiento y es factible que la implantación de ésta tecnología en América Latina demore debido al costo que tiene,

Algunas investigaciones han hallado que remover precursores del agua cruda con G.A.C., cuesta posiblemente de 10 a 15 centavos de dólar por cada 1,000 galones de agua (2.64- 3.96 centavos de dólar por metro cúbico de agua tratada) (costos de 1.978)

FIGURA No. 7



COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO (1978) VS. CAPACIDAD DE LA PLANTA

La curva anterior nos enseña los costos de operación y mantenimiento V.S. capacidad de la planta en dos (2) casos :

- Reemplazando arena (medio filtrante)
- Instalando un sistema de adsorción separado.

CARACTERISTICAS DE SISTEMAS DE G.A.C.

<u>D U E Ñ O</u>	<u>Tipo de Inat.</u>	<u>Flujo ML/día</u>	<u>Pretratamiento</u>	<u>Tiempo Contacto Min.</u>	<u>Carga Hidráulica mm/Seg.</u>	<u>Horno Capacidad Kg. Carbón día</u>	<u>% pérdidas de carbón</u>	<u>C o m b ú s t i b l e</u>	
								<u>Tipo</u>	<u>Cantidad BTU/Kg</u>
<u>SOUTH TAHOE</u>	Agua residuales municipales	28	Extensivo	17	4.4	2.720	8	gas	6390
<u>DAVENPORT</u>	Suministro de agua	110	Moderado	7.5	1.4	sin	-	-	-

<u>Dosis de carbón activado.</u>		<u>COSTOS CAPITAL</u>		<u>O & M</u>
<u>KG/ML</u>	<u>Kg orgánicos Kg carbón</u>	<u>Dolares x 10³/año</u>	<u>dolares /KG/D</u>	<u>dolares /ML</u>
25	0.38	849 (1.969)	311.95	9.53 (1.979)
-	-	-	-	5.28 (1.980)

Max. flujo.

REMOCION DE THMs POR AIREACION EN TORRES - EMPAQUETADAS

Es un proceso que recientemente ha recibido especial atención. El principal atributo de la aireación en torres empacadas es el relativo bajo costo, simple diseño y la poca dificultad de operar y mantener. Una instalación típica puede constar de :

- Tanque de plástico con refuerzo de fibra de vidrio ó tanque de acero inoxidable ó acero-carbono
- Empaquetamiento plástico
- Ventilador centrífugo
- Alimentación de agua a tratar en sentido contrario al flujo de aire.
- Recolección del agua en la parte inferior de la torre.

Comparativamente los costos de tratamiento para remover contaminantes orgánicos volátiles del agua para uso humano ó industrial mediante la aireación, son considerablemente más bajos que mediante la adsorción con carbón activado, puesto que los procesos de adsorción son costosos y de alguna complejidad en su operación.

Aunque las torres de aireación empacadas estan establecidas en la industria química y en los sistemas de control de contaminación del aire, su aplicación en la remoción de THMs es nueva.

La información de diseño para éste tipo de sistema no considera la remoción de contaminantes orgánicos en el agua, es más familiar al tratamiento de agua, las torres de bandeja y coke.

Algunos investigadores han evaluado la remoción de compuestos

orgánicos volátiles y han desarrollado diseños aproximados para torres de aireación empacadas, estos modelos requieren conocer el coeficiente de transferencia de masa para un compuesto orgánico dado y la carga de agua, el modelo matemático está disponible en el journal de la A.W.W.A. de Agosto/83.

En las investigaciones a nivel de laboratorio han encontrado los siguientes resultados :

- Mediante aireación con éste tipo de sistema, los THMs de *bromo presentan una remoción más baja que los THMs de cloro.
- A medida que baja la carga hidráulica del agua a tratar sobre la torre de aireación, se logra incremento en la remoción de cloroformo.

La remoción de compuestos orgánicos volátiles del agua depende de una serie de variables que deben ser estudiados mediante la operación de Plantas Pilotos, de todas formas la alternativa de usar aireación para la eliminación de THMs es una realidad y sus facilidades de construcción y operación son evidentes comparados con los procesos de adsorción.

* Los compuestos de bromo son comunes en aguas que han tenido contacto con aguas marinas ó aguas residuales industriales

La tabla muestra la bondad que presenta la aireación mediante el uso de éste sistema, para reducir el 80% de trihalometanos totales en el agua.

Este sistema es una extraordinaria alternativa a ser usada en países en desarrollo haciendo los ajustes que permitan simplificar los montajes y minimizar costos de operación:

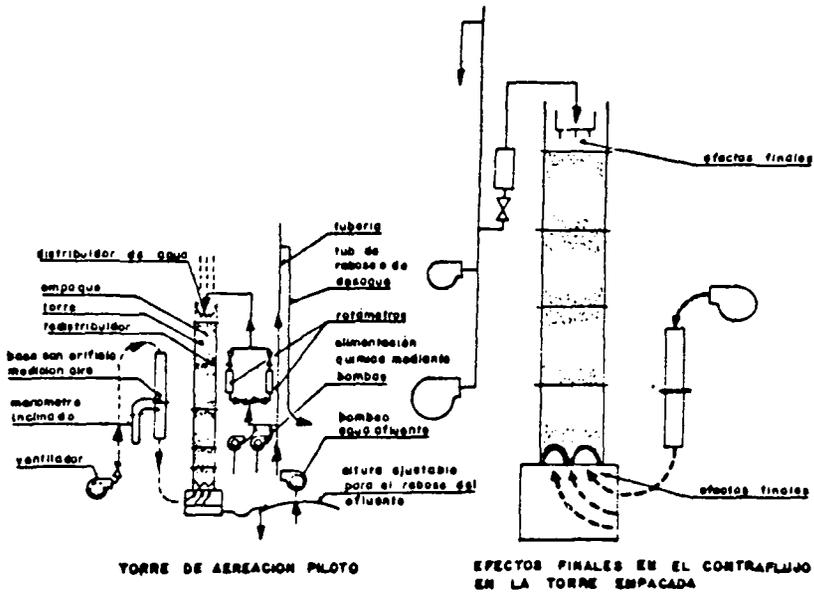
TRATAMIENTO

COSTOS

U.S. ¢ / 3785 LTS

Carbón activado en polvo	40
Carbón activado granular	16
Ozono	15
Aireación en torres empacadas	3
Bióxido de cloro	2-3
Cloro combinado	2-3

FIGURA No. 8



MODIFICACIONES EN LA APLICACION DE CLORO PARA EVITAR LA FORMACION DE THMs

Como se describió anteriormente, la formación de THMs, se origina durante la clorinación del agua por la reacción del cloro libre con compuestos orgánicos presentes en el agua, frecuentemente llamados "precursores". Cloro libre + precursores = Trihalometanos.

Los precursores son compuestos producidos por la descomposición de la vegetación y son los ácidos húmicos y fúlvicos.

El cloro libre en el agua es aquel que aparece en forma de HOCl, OCl .

La reacción entre los precursores y el cloro libre está afectada por la temperatura del agua, pH, los precursores (expresados como carbón orgánico total T.O.C.) y la relación cloro libre, carbón orgánico total ($Cl_2 / T.O.C.$).

Los siguientes métodos basados en la modificación del esquema de desinfección con cloro, pueden considerarse en los estudios tendientes a evitar la formación de THMs en el agua para consumo humano.

- .- Eliminación de la precloración
- .- Cambio del punto de precloración
- .- Precloración con cloro combinado

ELIMINACION DE LA PRECLORACION

En la precloración del agua cruda en una planta de tratamiento es donde se efectúa el proceso de desinfección y en la

poscloración, se adiciona cloro de tal forma que proteja el agua de posibles contaminaciones futuras en la red de distribución. La precloración garantiza un tiempo de contacto mayor entre el cloro y el agua en los procesos de mezcla rápida, floculación, decantación y filtración, por lo cual se hace más fácil controlar cualquier falla operacional en la dosificación.

En aguas crudas que contengan compuestos orgánicos, la práctica de preclorar por encima del punto de quiebre, aumenta el riesgo de formación de THMs, en valores que sobre pasen la concentración máxima admisible de 0.10 Mgrs/litro.

Una alternativa que surge, es la de eliminar la precloración, previo estudio en una planta piloto, el cual deberá dar el comportamiento microbiológico a través de los procesos de floculación, decantación y filtración, igualmente se deberán tomar medidas del comportamiento del lecho de filtración y de su eficiencia. Es posible que al eliminar el proceso de precloración, la eficiencia de los procesos de clarificación se afecten negativamente.

En el tratamiento de aguas crudas que tengan un N.M.P./100 Mts de coliformes totales superior a 2.400, no es recomendable eliminar el proceso de precloración, igual cuidado se deberá tener con aguas que contengan hierro y manganeso.

Una vez se precise mediante pruebas de laboratorio, la bondad de la eliminación de la precloración para controlar la formación de THMs, se deberá ajustar el proceso de cloración secundaria incrementando el tiempo de contacto; mejorando el punto de aplicación, teniendo en cuenta que el proceso de desinfección es más eficiente en medio ácido. Con el objeto de que el proceso de desinfección sea seguro, es necesario realizar

pruebas de demanda de cloro simultaneamente con pruebas microbiológicas y de esa forma escoger las dosis a aplicar.

Siempre y cuando los procesos de clarificación sean eficientes, el riesgo de formación de THMs en la cloración secundaria es mínimo, puesto que los "precursores" debieron removerse en los procesos de coagulación-floculación-decantación y filtración. Todos los ensayos en Planta Piloto que modifiquen el esquema del proceso de desinfección deben acompañarse de análisis de THMs, con el objeto de medir las bondades de las modificaciones en cuanto a no formación de los organohalogenados.

CAMBIOS DEL PUNTO DE PRECLORACION

En aguas crudas a las cuales por su calidad microbiológica no permitan eliminar el proceso de precloración y que procesos de coagulación-floculación-decantación sean eficientes, en tal medida que los compuestos "Precursores" sean removidos en los decantadores, se puede ubicar la precloración en el agua decantada antes de entrar a los filtros; con éste cambio la dosificación del cloro primario puede hacerse a cloro libre sin riesgo de una alta formación de THMs.

Todos estos ensayos deben ser apoyados por pruebas de laboratorio.

REACCIONES DE CLORO EN EL AGUA

<u>REACCION</u>	<u>HIDROLISIS</u>	<u>OXIDACION</u>	-	<u>REDUCCION</u>
Reacciona con;	H ₂ O	N amoniacal		Mat. Orgánica Fe, Mn, SO ₂ , H ₂ S etc.
Produce;	HOCl, OCl ⁻	NH ₂ Cl-NHCl ₂		Cloruros, HCl NO ₂ etc.
Se denomina:	Cloro libre	Cloro com- binado		Demanda

FIGURA No. 9

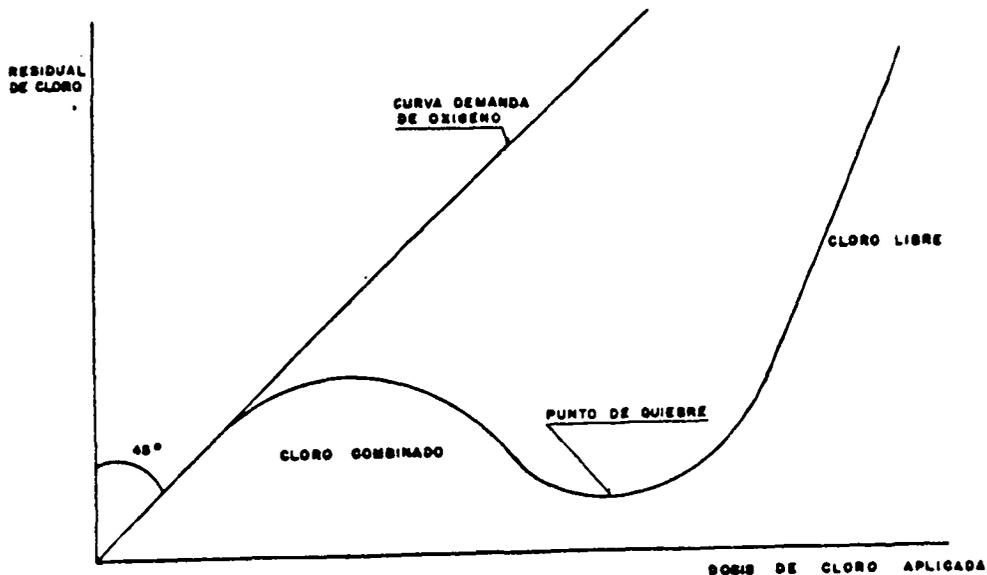
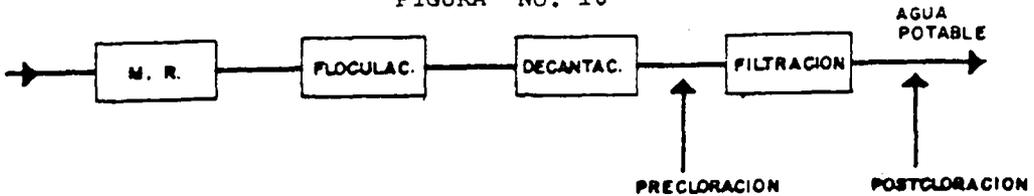


FIGURA No. 10



USO DE CLORANINAS

En aguas crudas con un N.M.P./100 mts = 20.000 coliformes totales, (promedio), aguas que se consideran inseguras desde el punto de vista sanitario para ser potabilizadas y que no permiten disminuir tiempos de contacto cambiando el punto de precloración para evitar la formación de THMs; se debe considerar la posibilidad de hacer una cloración primaria con cloraminas y si es necesario se debe hacer una "Reprecloración" a cloro residual libre en el agua decantada siempre y cuando se precise que los "precursores" han sido removidos en el proceso de clarificación.

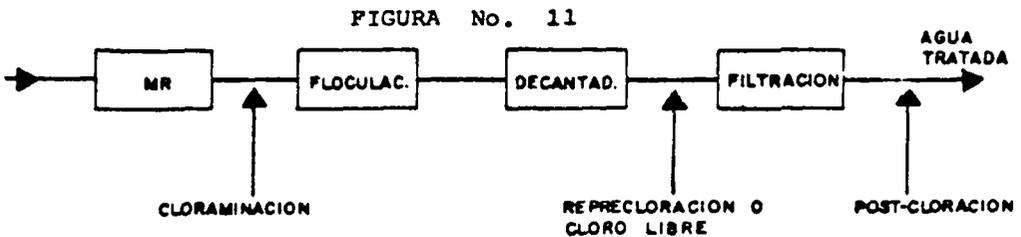
Simultáneamente con éste cambio del esquema de dosificación, se debe optimizar la poscloración, incrementando el tiempo de contacto, cambiando el punto de dosificación y teniendo en cuenta que la desinfección es más eficiente en medio ácido.

Esta alternativa requiere que los procesos de clarificación sean eficientes y que se implemente en la práctica después de un estudio a nivel de planta piloto y laboratorio.

Debe ser claro que las alternativas de cambio de punto de aplicación, precloración con cloraminas, pueden ser aplicadas con el objeto de disminuir el contenido de THMs, pero no con el fin de eliminar totalmente los THMs en el agua potable.

La combinación de varias de ésta alternativas Ej: aireación-cloraminación, pueden dar resultados satisfactorios desde el punto de vista técnico-económico, si se comparan con el peso de carbón activado,

La disminución de la dosificación de cloro en la precloración de tal forma de que no haya presencia de cloro libre, es decir se dosifique cloro antes del punto de quiebre, es un método que combinado con otras alternativas puede ofrecer una solución cuando los contenidos de THMs están por encima de 0.10 mgr/litro pero muy próximos al límite permisible.



Existen además otras formas para el control de THMs, como el uso de la adsorción con resinas sintéticas (polietileno, neopreno, PVC) que están en estudio.

El cambio de desinfectantes como Ozono y bióxido de cloro, la oxidación de los precursores con permanganato de potasio y la adsorción de los precursores con dióxido de manganeso.

En los países en desarrollo se deben buscar tecnologías baratas para evitar la formación de THMs ó para removerlos del agua de consumo humano; los anteriores métodos deben ser probados a nivel de laboratorio antes de ser implantados en la práctica, algunos de ellos sólo se han ensayado a nivel de laboratorio como las torres empacadas de aireación por lo cual se debe ser crítico en su utilización así como con los otros métodos.

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

- .- INSTALACIONES DE CARBON ACTIVADO GRANULAR.
 Rusell L. Culp - Robert M. Clark
 J.W.W.A. Vol.75 No. 8 Agosto 1983
- .- EVALUANDO LA CAPACIDAD DE ADSORCION DEL G.A.C.
 Stephen J. Randtke - Vernon L Snoryink
 J.A.W.W.A Vol. 75 No. 8 Agosto 1983
- .- REMOCION DE THMs MEDIANTE AIREACION POR TORRE EMPACADA
 Mark D Umphres - Carol Tate - Michael Kavanaugh -
 R.Rhodes Trusell. J.A.W.W.A. Vol. 75 No. 8 Agosto 1983

- .- PROCEDIMIENTO PARA ANALISIS DE CONTAMINANTES ORGANICOS EN EL AGUA POTABLE.
Herbert J. Brass
J.A.W.W.A Vol.74 No.2 Febrero 1982

- .- CONTROL DE LOS PRECURSORES DE T.H.M.s EN AGUA POTABLE G.A.C. CON Y SIN PREOZONIZACION
William H. Glaze - James L. Wallace
J.A.W.W.A. Vol.76 No. 2 Febrero 1984

- .- LA COAGULACION DE SUSTANCIAS HUMICAS POR MEDIO DE SALES DE ALUMINIO
Brian A. Dempsey - Rui M. Ganho
Charles R. O'melia
J.A.W.W.A Vol.76 No. 4 Abril 1984

- .- DETERMINACION ESPECTROPOTOMETRICA DEL TOTAL DE THMs EN AGUAS FINALES
Jerry Y.C. Huan G - Gary C. Smith.
J.A.W.W.A. Vol.76 No. 4 Abril 1984

- .- REMOVIENDO ORGANICOS DE AGUAS SUBTERRANEOS CON AIREACION MAS G.A.C.
Ronald J. Mc Kihhon - John E. Dyksen
J.A.W.W.A. Vol. 76 No. 5 Mayo 1984

- .- CLORAMINAS INHORGANICAS COMO DESINFECTANTES DE AGUA POTABLE : UNA REVISION.
Ray L. Wolje - N. Robert Ward - Betty H. Olson
JA.W.W.A. Vol. 76 No. 5 Mayo 1984

- .- CUAN SEGUROS SON LOS POLIMEROS ORGANICOS EN EL AGUA?
Joel Mallevalle - Augusto Bruchet - Francois Fiessinger
J.A.W.W.A. Vol.76 No. 6 Junio 1984

- .- MANUAL DE DESINFECCION DEL AGUA.
Jorge Arboleda Valencia
Revista ACODAL No. 7 Julio 1976

- .- EVITANDO LA FORMACION DE HALOFORMO EN AGUA TRATADA DE
SUPERFICIE: UN ESTUDIO
Yerachmiel Argaman - Sam E. Shelby
Jan Suddath Davis

- .- ADSORCION DE SUSTANCIAS HUMICAS: LOS EFECTOS DE LA
HETEROGENEIDAD Y LAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA.
Walter J. Weber Jr. - Thomas C. Voice - Abdullah Jodellah
JA.W.W.A. Vol. 75 No. 12 Diciembre 1983

REGULACION EXISTENTE EN LOS EE.UU. (1.979) SOBRE MUESTREO
Y CUMPLIMIENTO DE LA NORMA

I. Máximo nivel contaminante: 0,10 mgr/litro de trihalometanos totales en el agua (suma de CHCl_3 , DBCM, CHBr_3 , etc.)

II. Requerimientos de Monitoreo

1. Las muestras deben tomarse una vez cada 3 meses.
2. Un mínimo de 4 muestras por trimestre se deben tomar el mismo día por cada Planta de Tratamiento que abastece el sistema de distribución.
3. 25% de las muestras deben tomarse en los puntos más alejados de la red.
4. 75% de las muestras deben tomarse en puntos representativos del consumo
5. Sistemas que usan pozos del mismo acuífero pueden previo permiso de la USEPA considerarse como una Planta de Tratamiento para la determinación del número de muestras.

III. APLICABILIDAD DE LA REGLAMENTACION

1. Muestreo

Sistemas 75.000 habitantes. 1 año después de la promulgación

Sistemas 10-75.000 habitantes. 3 años después de la promulgación

Sistemas 10.000 habitantes. Discreción de la autoridad sanitaria.

2.- Nivel de contaminación

Sistemas 75.000 habitantes 2 años después de la promulgación

Sistemas 10-75.000 habitantes 4 años después de la promulgación

Sistemas 10.000 habitantes Discreción de la autoridad sanitaria

DEFINICIONES

- 1.- Concentración instantánea de THM : Concentración de Trihalometanos en el momento del muestreo, Parámetro utilizado para comparar límites permisibles.
- 2.- Concentración terminal de THM : Concentración de Trihalometanos en el momento de realizar la determinación de éste parámetro.
- 3.- Formación potencial de THM : Incremento en la concentración de THM que ocurre durante el almacenamiento de la muestra para determinar la concentración de THM.

M U E S T R E O

EL CASO DE CALI

MUESTREO PARA (T. H. Ms)

Para determinar los niveles de THMs, las muestras de agua deben ser tomadas una vez cada tres (3) meses. Varias reglas deben seguirse en el muestreo para la determinación de THMs.

- .- Un mínimo de cuatro (4) muestras cada tres (3) meses, deben tomarse en un día por cada planta de tratamiento en el sistema de distribución.
- .- El 25% de las muestras deben tomarse en los puntos extremos del sistema de distribución. (Punto más alejado de cada Planta de Tratamiento).
- .- El 75% de las muestras deben ser representativas de la distribución de la población.
- .- Las muestras no deben ser tomadas en salidas con aireadores, salidas con chorros.

Las botellas deben ser de boca ancha preferiblemente de PTFE en el que se pueda hacer sello para prevenir entrada de aire y con tapa de rosca.

En algunas botellas, se agregará una pequeña cantidad de agente química reductor usualmente tiosulfato de sodio ó sulfato de sodio. El agente reductor debe parar la reacción que ocurre entre el cloro y los precursores. Debe de quedar un remanente de agente reductor.

Las botellas que no se les agregue el agente reductor, se les analizará la máxima concentración de THMs que puedan

formarse en un prolongado período de tiempo. Las pruebas no pueden ser promediadas si un agente reductor(las que tienen con las que no tienen) es agregado a la muestra, cuando se usan botellas que no contengan un agente reductor no agregar un agente reductor u otro químico a las botellas.

COMO MUESTREAR

- .- Abra toda la llave y deje correr
- .- Espere cinco (5) minutos hasta que se estabilice la temperatura
- .- Llene la botella de muestreo hasta que justamente comience a derramarse,
- .- El agua debe estar hasta la superficie de la botella y se debe proceder a tapar,
- .- Invierta la botella, sino se forman burbujas, la muestra se puede proceder a sellar.
- .- Si aparecen burbujas, complete la muestra y repita el procedimiento.

Es importante tomar dos (2) muestras en el mismo punto para chequear doblemente los resultados, si la botella de muestreo es rota en el transporte o manipuleo, queda disponible otra muestra para la prueba.

- .- Un sello debe incluirse con cada botella de muestreo, en él debe decir.
 - Localización de la muestra
 - Nombre del muestreador
 - Fecha de toma de la muestra

La muestra debe ser enviada inmediatamente al laboratorio después de recolectada y deberá ser analizada en 14 días.

Las muestras deben enviarse en compartimientos refrigerados teniendo en cuenta el evitar que por el congelamiento los frascos se rompan.

Cada trimestre deben promediarse los datos (Aritméticamente)

El nivel de TTHMs es la suma de los THMs presentes CHCl_3

CHBrCl_2

CHBr_2Cl

CHBr_3

Σ

TTHMs

Se puede hallar un promedio aritmético anual.

En los períodos calientes ó de verano cuando más plantas y algas están presentes en el agua cruda, el contenido de trihalometanos puede crecer.

MANEJO DE LA INFORMACION SUMINISTRADA POR EL LABORATORIO

	TRIMESTRE 1 µg/L	TRIMESTRE 2 µg/L	TRIMESTRE 3 µg/L	TRIMESTRE 4 µg/L
AÑO 1	80	90	140	30
AÑO 2	70	90	120	20

PROMEDIO PARA TTHM en el año 1:

$$\frac{(80 + 90 + 140 + 30)}{4} = 85 \text{ µg/Litro}$$

85 µg/Litro nivel máximo permitido por USEPA. (100 µg/litro)

PROMEDIO móvil para TTHM durante un año considerando trimestre 1 del año 2:

$$\frac{(90 + 140 + 30 + 70)}{4} = 83 \text{ µg/Litro}$$

83 µg/litro nivel máximo permitido por USEPA (100 µg/litro)

MUESTREO PARA LA CIUDAD DE CALI

FECHA MUESTREO: Septiembre 26 de 1983 FECHA RECEPCION: Oct.5/83

	DCBM µg/L	CHCl ₃ µg/l	DCBM µg/l	CHBr ₃ µg/l	TTHMS µg/l	P R O M E D I O µg/litro
RED BAJA						
Muestra 1	6	67	ND	ND	73	

	<u>DCBM</u>	<u>CHCl₃</u>	<u>DCBM</u>	<u>CHBr₃</u>	<u>TTHMS</u>	<u>PROMEDIO</u>
	<u>µg/l</u>	<u>µg/l</u>	<u>µg/l</u>	<u>µg/l</u>	<u>µg/l</u>	<u>µg/litro</u>
Muestra 2	5	59	ND	ND	64	74
Muestra 3	8	78	1	ND	87	
Muestra 4	6	68	ND	ND	74	

RED ALTA

Muestra 1	2	54	ND	ND	56	
Muestra 2	1	46	ND	ND	47	
Muestra 3	1	47	ND	ND	48	47
Muestra 4	1	37	ND	ND	38	
blanco	ND	ND	ND	ND	ND	

CHCl₃: Chloroform; DCBM: Dichlorobromomethane; DBCM: Dibromo-chloromethane;

CHBr₃: TTHMS: Total trihalomethanes; ND: No detectado (mínima cantidad detectable: 1 µg/litro)

ACTIVIDADES REALIZADAS POR EMCALI

Con el objeto de cuantificar la presencia de THMS en el agua de consumo de la ciudad, EMCALI a finales de 1982, inició contactos con algunos laboratorios de los EE.UU. con el objeto de llevar a cabo un programa de muestreo.

Atendiendo a las normas establecidas en los EE.UU. para estos casos, se decidió realizar 4 muestreos que abarcaran épocas críticas de verano é invierno tomando en cada una de ellos 8 muestras del agua que se entrega al consumo tanto en la Red Alta (abastecida por la Planta de Río Cali) y Red Baja (abastecida por las Plantas de Puerto Mallarino y Río Cauca)

Los resultados promedios de éstos muestreos se presentan a continuación :

MUESTREO No. 1 Agosto - 1983	RED ALTA	0.057 mgr/litro
	RED BAJA	0.069 mgr/litro
MUESTREO No. 2 Agosto - 1983	RED ALTA	0.030 mgr/litro
	RED BAJA	0.061 mgr/litro
MUESTREO No. 3 Septbre-1983	RED ALTA	0.047 mgr/litro
	RED BAJA	0.075 mgr/litro
MUESTREO No. 4 Febrero-1984	RED ALTA	0.051 mgr/litro
	RED BAJA	0.057 mgr/litro

De los resultados anteriores se puede ver que todos los valores reportados por los laboratorios están por debajo del límite permisible de 0.100 mgr/litro, es decir, la cantidad de THMS presente en el agua de consumo de la ciudad de Cali cumple con la norma establecida en los EE,UU. para estos contaminantes.

Conviene aclarar que por ser éste tema relativamente nuevo no existe en el país reglamentación al respecto.

ACTIVIDADES A REALIZAR POR EMCALI

EMCALI continuará con el programa de muestreo iniciado para lograr allegar más información al respecto. Paralelamente a lo anterior dentro del estudio del ensanche y ampliación del Acueducto de Cali se va a estudiar con consultores extranjeros el aspecto relacionado con la calidad del agua para analizar integralmente todos aquellos aspectos que puedan representar inquietud por parte de los consumidores.

PROCEDIMIENTOS PARA ANALISIS DE CONTAMINANTES ORGANICOS EN
EN AGUA DE CONSUMO HUMANO

- FUENTES DE CONTAMINACION

Las fuentes de contaminación del agua por compuestos químicos orgánicos pueden provenir básicamente de lo siguiente:

- Materia orgánica natural en el agua cruda. (ácidos húmicos, fúlvicos)
- Contaminantes introducidos como resultado del tratamiento (THMs).
- Compuestos químicos sintéticos de la fuente de abastecimiento (polutantes prioritarios).
- Compuestos químicos no provenientes de la fuente (pesticidas)

La mayor porción del contenido de compuestos orgánicos encontrados en el agua potable, son considerados no tóxicos y son generalmente materia orgánica natural, esta fracción comprende más del 90% (medida como T.O.C.) del total del carbón presente.

Otros contaminantes que tienen implicaciones en la salud, entran al agua por muchos caminos tales como en el proceso de tratamiento (THMs).

Recientes informaciones muestran que existe la posibilidad de que algunos ayudantes de coagulación orgánicos, pueden introducir contaminantes orgánicos en el agua y que al reaccionar con el cloro libre pueden formar THMs, ésta sospecha aún no ha sido confirmada y se encuentra en proceso de investigación.

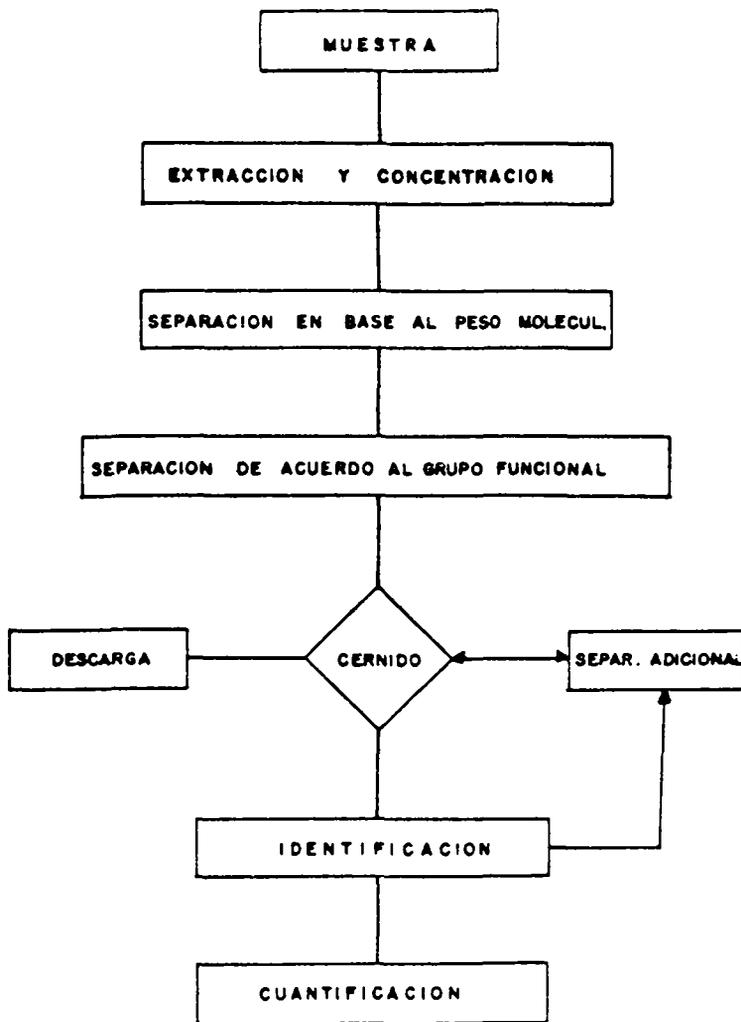
PRINCIPIOS DE ANALISIS

Los principales pasos en el análisis de trazas son:

- .- Extracción
- .- Concentración
- .- Separación
- .- Detección
- .- Cuantificación

Para medir bajos niveles de compuestos, las muestras deben extraerse del agua y concentrarse, los compuestos a analizar deben separarse para proceder a detectar y cuantificar.

FIGURA No. 12



El cernido que aparece en la figura # 12 puede hacerse para una lista dada de compuestos ó para una amplitud de espectro, si los contaminantes no son observados no se continua con el proceso, si son observados se identifican y cuantifican

EQUIPOS USADOS

Los instrumentos usados para el análisis de contaminantes químicos orgánicos son los siguientes: (Se listan de acuerdo al uso que tienen).

- .- Cromatografo de gases = espectro metro de masa (GC-MS)
- .- Cromatografo de gases = detector convencional (G.C.)
- .- Cromatografo de líquidos de alto rendimiento (Hplc).

De los tres equipos, el más costoso es el primero de ellos que se consigue en el mercado con el siguiente rango de costo \$55,000 - 220.000 (dólares 1982)

El cromatografo de gases con detector convencional cuesta \$8.000 - 30.000 (U.S. 1982) y el cromatografo de líquidos \$8.000 - 40.000.

El G.C.-MS, es el equipo más preciso y automatizado, sus desventajas son su alto costo y la necesidad de personal calificado para su manejo. Para analizar THMs, dependiendo de las técnicas a utilizar, se hace necesario comprar detectores especiales para trabajar con los cromatografos de gases.

Existen igualmente equipos especiales para la determinación de carbón orgánico total (T.O.C.) y halogenos orgánicos totales (T.OX)., con costos entre \$9.000 - \$15.000 dólares (1982)

COSTOS DE LOS ANALISIS DE THMs

Los costos de los análisis por muestra son los siguientes:
(Costos de 1983)

<u>THMs</u>	<u>US. Dólares</u>
Instantaneo (purga y atrape) (E.P.A. método 501.1)	65
Instantaneo (líquido/líquido)	35
Total potencial (7 días, purga y atrape)	125
Total potencial (7 días, líquido por líquido)	100

En la actualidad no existe ningún laboratorio en Colombia, que haya ofrecido los servicios para el análisis de THMs. En los E.U.A., los laboratorios que hagan análisis de THMs, deben tener certificación de la oficina de protección del medio ambiente.

Un suministro de agua con una sola planta de tratamiento debe analizar cuatro (4) muestras cada tres meses, que daría un total de 16 muestras anuales y costo de \$ 65 U.S. x 16 = \$1040 dólares (1983). Más los costos de transporte aéreo que son del orden de \$800 dólares año. Para un total aproximado de U.S.\$ 2.000/año.

X X V I I

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

TRABAJO

CONSIDERACIONES SOBRE LA APLICACION DEL MODELO SIMPLIFICADO
DE WOLF Y RESNICK

PRESENTADO POR : GERARDO GALVIS C.
Ingeniero Sanitario M.Sc
Profesor Asistente
Universidad del Valle

BARRANQUILLA, OCTUBRE 1984

RESUMEN

El modelo simplificado de Wolf y Resnick es uno de los más usados en nuestro medio en el campo de la ingeniería ambiental para la evaluación del comportamiento hidráulico de reactores. El material incluye una nueva deducción del modelo la cual facilita la interpretación física de sus parámetros y los resultados que con él se obtienen. Con base en lo anterior se presentan una serie de consideraciones sobre la aplicación del modelo ilustradas con un ejemplo práctico.

1 INTRODUCCION

El hacer pasar agua por una estructura normalmente envuelve procesos de naturaleza física, química o biológica. La eficiencia con la cual se realizan estos depende de la adecuada selección y especificación de las variables que afectan cada proceso y particularmente de las características hidráulicas de la estructura o reactor en el cual se están efectuando las conversiones o reacciones correspondientes. Limitaciones hidráulicas tales como inadecuada distribución del flujo entre distintas unidades en paralelo usadas para realizar un proceso, pobre configuración de las estructuras de entrada y salida de un reactor, inadecuada mezcla de la masa de fluido que está siendo procesada, etc pueden ser importantes factores a considerar en la búsqueda de razones para explicar el comportamiento de un reactor dado.

En la evaluación del comportamiento hidráulico de estructuras existentes o de modelos físicos de estructuras en proyectos, se acostumbra a conocer inicialmente la eficiencia hidráulica global del reactor con base en análisis de la curva de distribución de períodos de residencia de la masa líquida en la estructura y de los regímenes o tipos de flujo predominantes en el reactor. Con base en estos resultados y mediante observaciones en sitio o con evaluaciones más específicas se deben precisar y superar las limitaciones que determinen un pobre comportamiento hidráulico de la estructura.

Un adecuado comportamiento hidráulico de un reactor no es condición suficiente, aunque normalmente si necesaria, para una buena eficiencia del proceso que en él se realice.

En este material se presentan una serie de recomendaciones para superar varias limitaciones con que se ha venido aplicando el método simplificado de Wolf y Resnick, uno de los más usados en nuestro medio para la evaluación del comportamiento hidráulico de reactores.

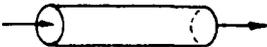
Estas recomendaciones se hacen con base en una nueva deducción del modelo y en su aplicación a la evaluación de varias plantas en el país.

Con el fin de facilitar la presentación del material se incluyen inicialmente consideraciones sobre tipos de reactores y características hidráulicas de los mismos antes de la discusión sobre el modelo simplificado de Wolf y Resnick.

2 PRINCIPALES TIPOS DE REACTORES

Una clasificación general de los principales tipos de reactores con base en sus características hidráulicas se presentan en la tabla N° 1.

TABLA N° 1
PRINCIPALES TIPOS DE REACTORES. COMENTARIOS

TIPO DE REACTOR	ESQUEMA DE IDENTIFICACION	DESCRIPCION Y COMENTARIOS
De tanda o cochada.		Flujo discontinuo. Caudal nulo. Normalmente se mezcla el contenido. Ejemplos: Ensayo de la prueba de jarras en los estudios para el diseño o la operación de plantas de potabilización.
Flujo a pistón		Flujo continuo. Todos los elementos de fluido permanecen dentro del reactor un tiempo igual. Los elementos de fluido pueden presentar mezcla localizada a nivel de cada uno pero sin mezcla longitudinal. Ejemplo: Sólo se presentan como una aproximación. Floculador hidráulico de pantalla (con mezcla localizada) decantador con una relación largo/ancho $\ggg 1$ (sin mezcla localizada).
Flujo Mezclado.		Flujo continuo. Un elemento que entre al tanque se dispersa inmediatamente dentro de todo él. La concentración de una sustancia a la salida es igual a la existente en todo el tanque. Ejemplo: Sólo se presentan como una aproximación. Mezcla rápida al comienzo de una planta convencional de potabilización.
Flujo no ideal		Flujo continuo. Cualquier grado intermedio entre flujo a pistón y mezcla completa con otras posibles alteraciones.

El tiempo que permanece la masa líquida en un reactor de tándem o cochada, de flujo discontinuo, puede ser reproducido en un reactor con flujo a pistón. En este caso el tiempo de retención se conoce como tiempo teórico T_0 y es igual a:

$$T_0 = \frac{V}{Q} = \frac{\text{Volumen útil del reactor}}{\text{Caudal a procesar}}$$

En la medida en que un reactor se aproxime al comportamiento del tipo a pistón entonces toda la masa líquida será sometida al mismo tiempo de tratamiento. En algunos procesos, como es el caso de floculación en el tratamiento de agua, la eficiencia disminuye si el fluido es acondicionado por defecto o por exceso de un tiempo óptimo, con el cual se diseñaría un reactor a pistón (T_0). La forma en que la eficiencia es afectada por el tiempo de procesamiento se ilustra en los dos gráficos siguientes:

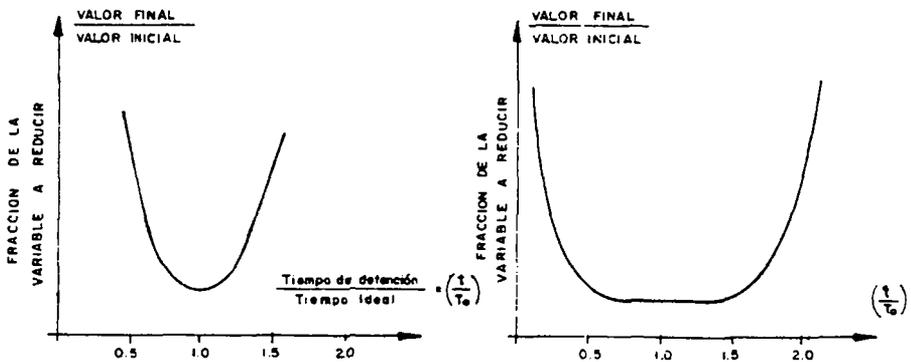


Figura 1. Efecto del tiempo de residencia en la eficiencia de un proceso.

La figura (1A) corresponde a una situación más sensible al diseño hidráulico que la indicada en la figura (1B). En ambos casos T_0 corresponde al tiempo en que se obtuvo la mejor eficiencia y $t/T_0 = 1$ representa la fracción ideal de ese tiempo que

debe permanecer el fluido siendo procesado. En el caso de un modelo físico de flujo discontinuo (por ejemplo la prueba de jarras en el abastecimiento de agua) para estudios de tratabilidad es fácil garantizar T_0 para toda la masa líquida, no así en la planta real, particularmente si el diseñador no ha considerado la importancia de los tiempos de residencia en el proyecto de las estructuras.

3 USO DE LOS TRAZADORES EN LA EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DE REACTORES.

Los trazadores se han usado en la hidráulica aplicada experimental para medir flujos (ref. 4), distribución de flujos entre estructuras en paralelo y períodos de residencia de la masa líquida en reactores (Ref. 2, 3, 5, 6, 7, 8).

Hay dos métodos de aplicar las sustancias trazadoras:

1. Dosis instantánea
2. Dosis continua

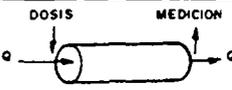
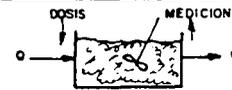
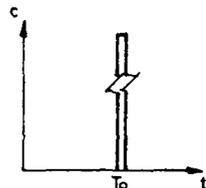
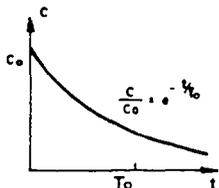
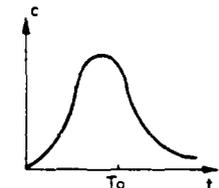
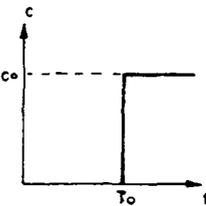
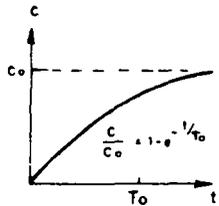
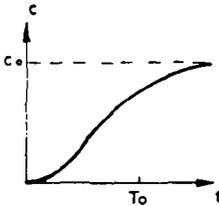
La escogencia del método depende de las condiciones y requerimientos en que se realice el experimento, aunque en principio ambos procedimientos permiten allegar la misma información (Ref. 5 y 6). Para consideraciones adicionales sobre los métodos y la selección de los trazadores puede consultarse entre otras las Ref. 3 y 5.

4 CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE REACTORES.

Las características hidráulicas de los principales tipos de reactores se identifican en la tabla N° 2, en la cual se presentan las curvas de la concentración de sustancias trazadoras en el efluente del reactor tanto para dosis instantánea como continua. Estas sustancias trazadoras no deben interactuar o reaccionar en la estructura o modelo que este siendo evaluado.

TABLA N° 2

CURVAS DE SALIDA DE TRAZADORES EN EL EFLUENTE DE REACTORES CON DIFERENTES CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

TIPO DE REACTOR TIPO DE DOSIS DE TRAZADOR	DOSIS  MEDICION FLUJO A PISTON	DOSIS  MEDICION FLUJO MEZCLADO	DOSIS  MEDICION FLUJO NO IDEAL
INSTANTANEA			
CONTINUA			

En el modelaje matemático de los procesos normalmente se asumen flujos ideales dadas las dificultades para describir los flujos reales.

A continuación se presenta el análisis de las curvas de salida de trazador (en otras palabras de los elementos de fluido) para reactores completamente mezclados. La concentración de salida de trazador en el efluente, en función del tiempo, se puede determinar de un balance de masa de trazador:

4.1 FLUJO MEZCLADO, DOSIS CONTINUA:

Cambio de peso de trazador = Peso que entra - Peso que sale + ~~Peso que reacciona~~

0 (condición para sustancias trazadoras).

$V \frac{dc}{dt} = Q c_0 - Qc$; Caudal Q constante; Dosis constante de trazador con concentración constante c_0 .

$$\frac{dc}{dt} = \frac{Q}{V} (c_0 - c)$$

$$\int_0^c \frac{dc}{c_0 - c} = \frac{Q}{V} \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{c_0 - c}{c_0} = \frac{-Q}{V} t \Rightarrow c_0 - c = c_0 e^{-\frac{Q}{V} t}$$

ε

$$c = c_0 - c_0 e^{-\frac{Q}{V}t} \Rightarrow c = c_0 (1 - e^{-\frac{Q}{V}t}); \frac{Q}{V} = \frac{1}{T_0}$$

$$c = c_0 (1 - e^{-t/T_0}) \quad (1)$$

4.2. FLUJO MEZCLADO. DOSIS INSTANTANEA

Cambio de peso de trazador = - Peso que sale

$V \frac{dc}{dt} = -Qc$; Caudal Q constante, Dosis instantánea de un peso P de trazador que produce una concentración inicial $c_0 = P/V$ en un reactor mezclado de volumen V.

$$\int_{c_0}^c \frac{dc}{c} = - \int_0^t \frac{Q}{V} dt ; \ln \frac{c}{c_0} = -\frac{Q}{V} t$$

$$c = c_0 e^{-t/T_0} \quad (2)$$

En la ecuación (2) c representa la concentración tanto en el efluente como en el reactor mismo en el tiempo t; consecuentemente:

$$\frac{Vc}{Vc_0} = \frac{\text{Peso de trazador en instante } t}{\text{Peso de trazador en } t = 0} = e^{-t/T_0}$$

Lo cual representa la fracción remanente de trazador en el reactor al final del tiempo t . Si se llama $f(t)$ la fracción que ha salido del reactor hasta el mismo instante, se tiene:

$$1-F(t) = \text{Fracción Remanente} = \frac{c}{c_0} = e^{-t/T_0} \quad (3)$$

$$F(t) = \text{Fracción que ha salido} = 1 - e^{-t/T_0} \quad (4)$$

Las ecuaciones (3) y (4) se cumplen sólo para reactores completamente mezclados. Para reactores con flujo no ideal, como el que corresponde al ensayo que se ilustra en la figura N° 2, el cálculo de las fracciones se hará como se indica a continuación:

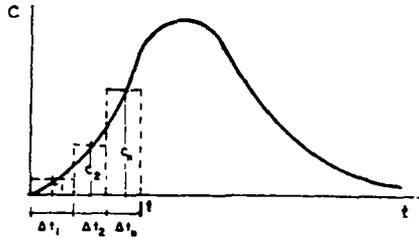


Figura N° 2. Concentración (c) de trazador a la salida de un reactor en un ensayo con dosis instantánea.

De acuerdo con la figura N° 2,

$$F(t) = \frac{\int_0^t c}{\int_0^\infty c} = \frac{\sum_{i=1}^n Q \Delta t_i c_i}{\sum_{i=1}^{\infty} Q \Delta t_i c_i}$$

Dado que el caudal Q ha debido permanecer constante durante el ensayo y además si se ~~esogen~~ valores iguales de Δt_i , se tiene que:

$$F(T) = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{\sum_{i=1}^{\infty} c_i} \quad (5)$$

$$1-F(t) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{\sum_{i=1}^{\infty} c_i} \quad (6)$$

Los valores de $F(t)$ y $1-F(t)$ graficados en función de t/T_0 para distintas fracciones de tiempo se muestran en la figura N° 3. Las curvas ilustradas en la figura facilitan el análisis de las características hidráulicas de un reactor como se verá en el desarrollo de este material. Por ejemplo para el caso ilustrado sólo el 70% del flujo permanece en el reactor entre el 50 y el 150% del tiempo T_0 lo que puede ser hidráulicamente adecuado para el proceso ilustrado en la figura (1B); además sólo el 30% del flujo permanece en el reactor entre el 80 y 120% de T_0 , lo que seguramente sería factor importante a considerar en la optimización de un proceso como el ilustrado en la figura (1A).

La figura N° 3 ilustra la necesidad de considerar el diseño Hidráulico de la estructura siempre en relación con la finalidad para lo cual ellas sean construídas. Esta consideración puede resultar determinante en la concepción y dimensionamiento de las mismas, y el ingeniero debe buscar conciliar otros aspectos del proyecto con el comportamiento hidráulico que espera del proyecto.

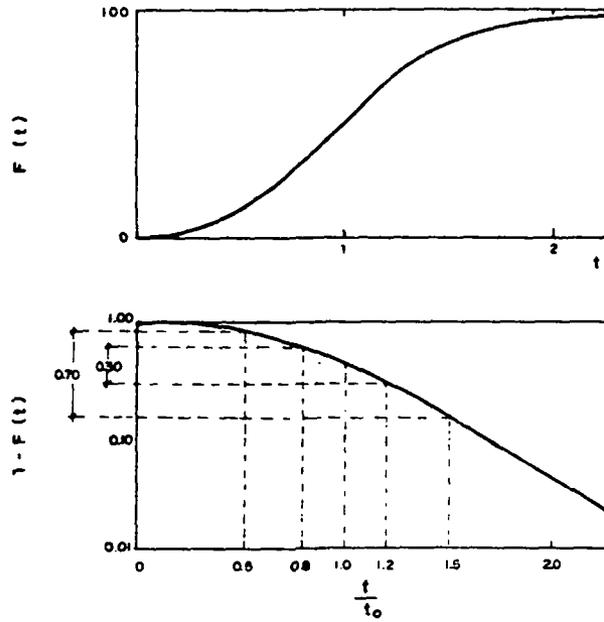


Figura N° 3. Fracciones de flujo en un reactor que ha recibido una dosis instantanea de trazador.

5 EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DE UN REACTOR

Evaluar y cuantificar las características hidráulicas de un reactor es siempre deseable cuando se quiere optimizar un proceso, replicar el diseño de un reactor existente o estudiar el comportamiento hidráulico del Modelo Físico de una nueva estructura. El uso de sustancias trazadoras es particularmente útil en esta evaluación. Una visión de los datos de periodo de residencia de la sustancia dentro del reactor puede ser conseguida graficando los datos de fracción remanente $(1-f(T))$ vs t/T_0 . Un examen de estos gráficos permite concluir que el comportamiento hidráulico de la mayoría de reactores se separa de las situaciones ideales de flujo a pistón y mezcla completa antes descritas. Diversos autores han presentado criterios y procedimientos para evaluar este comportamiento real y cuantificar los factores que ocasionan la separación del comportamiento real del ideal. Uno de los procedimientos más usados en la ingeniería ambiental lo constituye una simplificación del método propuesto por los ingenieros David Wolf y William Resnick del Departamento de Ingeniería Química del Instituto de Tecnología de Israel (Ref. 1). Esta simplificación fue propuesta y usada por primera vez en el campo de la ingeniería ambiental por los ingenieros M. Rebbun y Y. Argaman del mismo instituto (Ref. 2). Este método simplificado ha sido recomendado por diversos autores en nuestro medio (Ref. 3, 5, 6 y 9) y es opinión del autor del presente material que a partir del trabajo de Rebbun y Argaman antes citado, se ha interpretado inadecuadamente algunos aspectos del Modelo Matemático inicialmente propuesto en la Ref. 1, posiblemente por el hecho de que en este documento no se precisa claramente el significado físico de algunas variables ni se muestran las ecuaciones diferenciales básicas de las cuales se integra el modelo.

A continuación se muestra un procedimiento sencillo por medio del cual se puede llegar a diferentes niveles de complejidad del modelo lo que facilitará la precisión de algunos aspectos del mismo.

5.1. DEDUCCION DEL MODELO SIMPLIFICADO DE WOLF Y RESNICK CONSIDERANDO DIFERENTES FACTORES MODIFICANDO EL COMPORTAMIENTO IDEAL DE UN REACTOR.

La deducción del modelo supone que el comportamiento hidráulico del reactor puede ser hecho con base en la ecuación que describe el flujo ideal completamente mezclado, la cual es modificada o corregida para explicar el comportamiento real del reactor como debida a la presencia de otros tipos de flujo o diversos factores hidráulicos.

Si el reactor es completamente mezclado la deducción corresponde a la indicada para obtener la ecuación (2). Siguiendo el procedimiento recomendado en la Ref. 2. Se graficaría en papel semilogaritmico $(1-F(t))$ vs t/T_0 . Con base en la ecuación (2) se tiene:

$$c/c_0 = e^{-t/T_0}$$

$$\text{Log } c/c_0 = (-\log e) t/T_0 \quad (7)$$

En la ecuación (7) el $\log c/c_0$ equivalente al $\log (1-f(t))$ según se indicó para la ecuación (3). La ecuación (7) se ilustra en la figura 4.

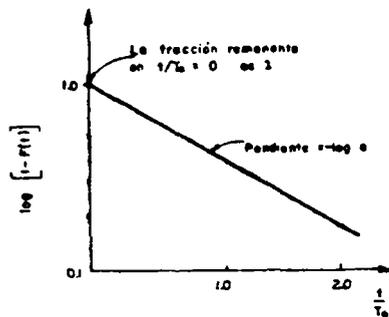


Figura N° 4. Fracción remanente en el tiempo para un reactor completamente mezclado.

En otras palabras, si después de una evaluación se procesan los datos y al graficar la fracción remanente vs la fracción de tiempo t/T_0 se obtiene una recta como la indicada en la figura 4, el evaluador puede concluir que se encuentra frente a un reactor con comportamiento hidráulico correspondiente al de un flujo completamente mezclado.

Si además del flujo mezclado se acepta la presencia de flujo a pistón en el reactor, el cálculo de la fracción remanente en el tiempo se deduce con base en la siguiente simplificación: El efecto de la fracción a pistón es producir un retraso en la salida de la distribución típica correspondiente a la mezcla completa.

Esto se ilustra en la figura N° 5.

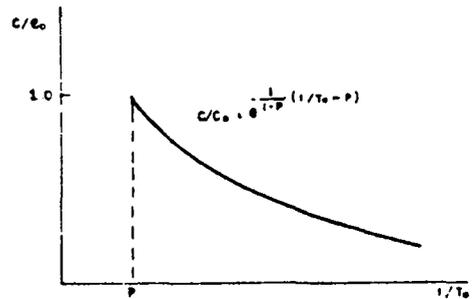
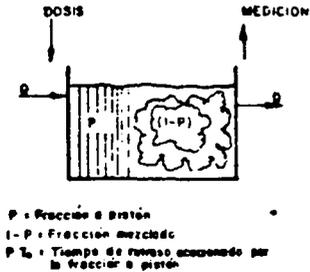


Figura N° 5. Concentración de trazador en el efluente de un reactor. Mezclado con flujo a piston.

Con base en la figura N° 5, se tiene para la fracción completamente mezclada del reactor el siguiente balance de masa:

$$V_M \frac{dc}{dt} = -Qc \quad ; \quad V_M = (1-P)V = \text{Volumen mezclada}$$

Cuya integración correspondiente es:

$$\int_{C_0}^C \frac{c'c}{c} = - \int_{F_{T_0}}^t \frac{Q}{V_M} dt$$

$$\ln \frac{c}{c_0} = - \frac{Q}{V_M} (t - PT_0) ; \quad \frac{Q}{V_M} = \frac{Q}{V - PV} = \frac{1}{\frac{V}{Q} - P \frac{V}{Q}} = \frac{1}{T_0 - PT_0}$$

$$\ln \frac{c}{c_0} = - \frac{1}{(1-P) T_0} (t - PT_0)$$

$$\ln \frac{c}{c_0} = - \frac{1}{1-P} (t/T_0 - P)$$

$$\frac{c}{c_0} = e^{-\frac{1}{1-P} (t/T_0 - P)} \quad (8)$$

Si se desea graficar $(1-f(t))$ vs t/T_0 debe entenderse que la ecuación (8) sólo es válida para $t/T_0 \geq P$. Para otras fracciones de tiempo se tiene que $(1-f(t)) = 1$. Graficando en papel semilog $(1-f(t))$ en el tiempo se tiene:

$$\text{Log}(1-f(t)) = \log \frac{c}{c_0} = \frac{-\log e}{1-P} (t/T_0 - P) ; \quad t/T_0 \geq P \quad (9)$$

$$(1-f(t)) = 1 \quad ; \quad t/T_0 < P \quad (10)$$

Puede observarse que si en la ecuación (9) P se toma como cero (0) se obtendría la ecuación (7). En la medida en que P tienda a uno (1) la pendiente de la recta, para $t/T_0 > P$, aumentará significativamente su magnitud.

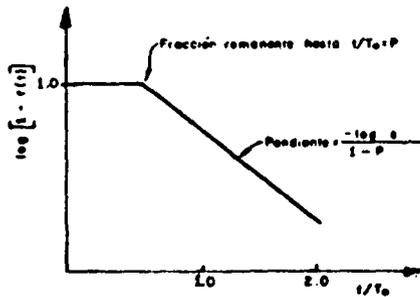


Figura N° 6. Fracción remanente para un reactor completamente mezclado con una fracción del flujo a pistón.

Ahora, si además de aceptar la presencia de los flujos ideales, mezclado y a pistón, se considera que el reactor presenta una fracción de su volumen a través del cual no circula el flujo (zona muerta), el cálculo de la fracción remanente en el tiempo se hace con base en la simplificación que se ilustra en la figura N° 7

Con base en la figura N° 7 se tiene para la fracción completamente mezclada el siguiente balance de masa:

$$V_M \frac{dc}{dt} = -Qc \quad ; \quad V_M = (1-P)(1-m)V = \text{Volumen mezclado}$$

Cuya integración correspondiente es:

$$\int_{c_0}^c \frac{dc}{c} = - \int_{P(1-m)T_0}^t \frac{Q}{V_M} dt$$

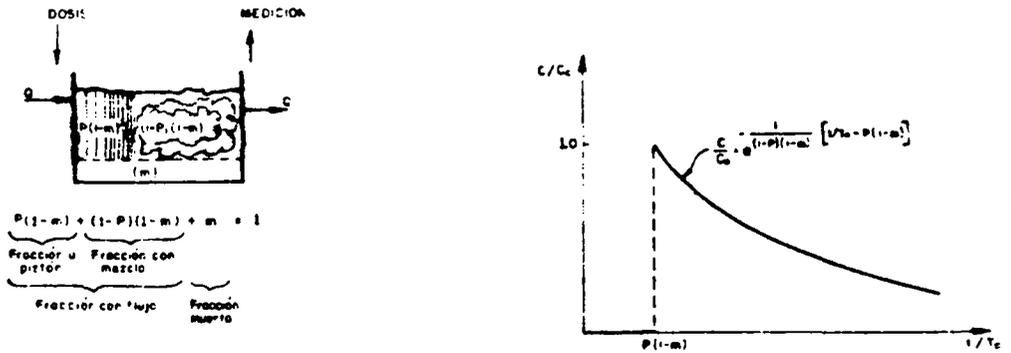


Figura N° 7. Concentración de trazador en el efluente de un reactor con flujos mezclados y a pistón, incluidas zonas muertas.

$$\ln \frac{c}{c_0} = - \frac{Q}{V_M} (t - P(1-m)T_0) ; \frac{Q}{V_M} = \frac{1}{(1-P)(1-m) T_0}$$

$$\ln \frac{c}{c_0} = - \frac{1}{(1-P)(1-m) T_0} (t - P(1-m)T_0)$$

$$\frac{c}{c_0} = e^{- \frac{1}{(1-P)(1-m)} (t/T_0 - P(1-m))} \quad (11)$$

La ecuación (11) es el modelo simplificado de Wolf y Resnick (Ref. 2, 3, 5,6). De manera semejante a lo indicado para graficar la figura N° 6, se procede para obtener la figura N° 8.

$$\text{Log}(1-f(t)) = \log \frac{c}{c_0} = \frac{-\log e}{(1-p)(1-m)} (t/T_0 - P(1-m)); \frac{t}{T_0} > P(1-m)$$

$$(1-f(t)) = 1$$

$$; \frac{t}{T_0} < P(1-m)$$

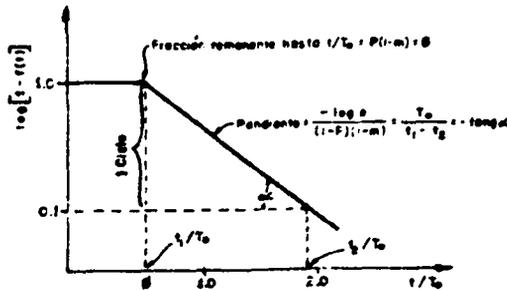


Figura N° 8. Fracción remanente para un reactor con flujos mezclados y a pistón incluidas zonas muertas.

El aumento de zonas muertas reduce el tiempo de aparición del trazador en el efluente de un reactor con presencia de flujos mezclados y a pistón y aumenta la magnitud de la pendiente para $t/T_0 > 0$ en la figura N° 8. La magnitud de las diferentes fracciones características que pretenden explicar el flujo, según el modelo de cálculo ilustrado en la figura N° 8, se pueden estimar como se indica a continuación:

$$\frac{\tan \alpha}{P} = \frac{0.435}{(1-P)(1-m)P} = \frac{0.435}{(1-P)\theta}$$

$$P(0.435 + \theta \tan \alpha) = \tan \alpha$$

$$P = \frac{\tan \alpha}{0.435 + \theta \tan \alpha} \quad (12)$$

$$M = 1-P = \text{Parte mezclada de la fracción con flujo} \quad (13)$$

Además, habiendo definido a θ como igual a $P(1-m)$, se tiene

$$m = 1 - \frac{\theta}{P} \quad (14)$$

Con base a lo indicado en la figura N° 7 se tiene:

$$\text{Fracción a pistón} = P(1-m) \quad (15)$$

$$\text{Fracción mezclada} = (1-P)(1-m) \quad (16)$$

$$\text{Fracción muerta} = m \quad (17)$$

5.2. CONSIDERACIONES SOBRE EL USO DEL MODELO SIMPLIFICADO DE WOLF Y RESNICK.

Para la aplicación del método, en general, se toman los datos de campo de ensayo (c_i , t_i) y se obtienen los valores de $(1 - f(t))$ en forma semejante a lo explicado en las páginas 9 y 10, con base en la figura N° 2. Se obtienen la línea de mejor ajuste para valores de $(1-f(t))$ menores que uno (1) o a un valor próximo a uno (1), según la distribución de los puntos en papel semilogaritmico. Posteriormente se obtienen las fracciones que caracterizan el flujo según lo explicado con base en la figura N° 8.

En el uso del modelo se han venido presentando algunas inconsistencias y se ha perdido un poco el criterio para juzgar sus bondades y limitaciones.

En los puntos siguientes se hacen algunos comentarios y precisiones al respecto.

- A. Un criterio generalizado en el uso del modelo en cuestión, inclusive por quienes primero propusieron usarlo en el campo de la ingeniería ambiental (ref. 2), consiste en afirmar que:

$$c_0 = \frac{P}{V} = \frac{\text{Peso del trazador}}{\text{Volumen del reactor}}$$

Lo cual sólo es cierto para un reactor completamente mezclado, según lo describe la ecuación (7). Para otros casos c_0 , según el modelo, como debió quedar claro en su deducción es :

$$c_0 = \frac{P}{V_M} = \frac{\text{Peso del trazador}}{\text{Volumen mezclado}}$$

Esto tiene importancia en diferentes etapas de la evaluación del reactor como se indica a continuación:

- El cálculo del peso de la sustancia trazadora a detectar en el efluente para una concentración máxima c_0 establecida, depende no solamente del volumen del reactor si no de sus características hidráulicas lo cual justamente se desea evaluar. El cálculo adecuado del peso requiere pues el criterio o experiencia del evaluador. Por ejemplo en la evaluación de una estructura rápidamente mezclada (proceso de coagulación en tratamiento de agua) se debe considerar el volumen total, mientras que en la evaluación de una mezcla lenta (proceso de floculación en tratamiento de agua) el volumen a considerar puede ser sensiblemente menor al volumen total del reactor. El autor ha comprobado esta afirmación en la evaluación de varias plantas de tratamiento realizadas con su asesoría (ref. 10, 11). Lo anterior muestra la conveniencia de preevaluaciones rápidas antes de evaluaciones definitivas.
- Durante la misma ejecución del ensayo, particularmente cuando se usan dosis instantáneas, el evaluador puede modificar el comportamiento real de la estructura al agregar dosis significativas de trazador.

En consecuencia, lo indicado en este punto tiene implicaciones en la calidad de los datos pues en general según lo aquí indicado deben usarse dosis menores a las que tradicionalmente se han recomendado.

- Lo anterior también tiene implicaciones en los costos de reactivos para la realización de las pruebas.

B. Todo modelo físico o matemático es en general una simplificación en mayor o menor grado de la realidad y el que aquí se discute no es una excepción, así que resulta interesante preguntarse qué también reproduce el modelo, después de cuantificadas sus constantes (P , m , T_0 y c_0 en la ecuación 11), los datos (c_j , t_j) tomados durante el ensayo, suponiendo que ellos fueron obtenidos adecuadamente. En este caso el autor recomienda que c_0 sea cuantificado como el peso de sustancia trazadora medida en el efluente (P) sobre el volumen completamente mezclado, según los resultados de la aplicación del mismo modelo.

$$c_0 = \frac{Q \sum_{j=1}^n \bar{c}_j \Delta t_j}{(1-P)(1-m) V}$$

Es claro que si los datos de un ensayo (c_j , t_j) al graficarlos en papel aritmético tienen formas semejantes a los que se ilustran en la figura 9, el modelo tendría limitaciones para interpretarlos con "precisión", pues la ecuación (11) produce gráficas en papel aritmético como las ilustradas en la figura N° 7.

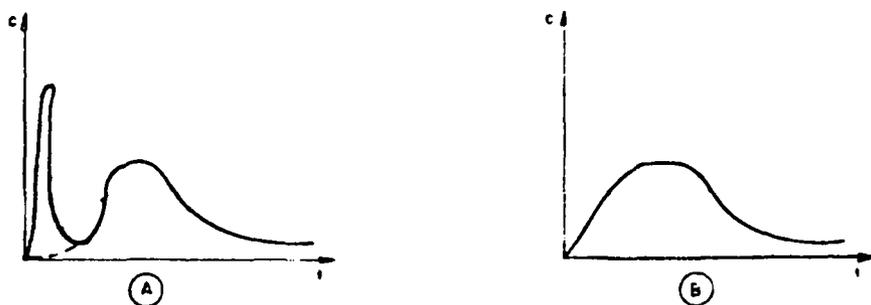


Figura N° 9 . Curvas de concentración en el efluente de reactores.

- c. Con base a lo indicado en el punto anterior, el autor considera improcedente afirmaciones como la que aparece en la página 79 de la Ref. 5 en el sentido de que el modelo no fue visualizado para mezcladores pues ha sido en estas circunstancias cuando mejor ha reproducido los datos de campo, según su experiencia; además la deducción de la ecuación 11 se hace con base en el modelo de mezcla ideal. Esta afirmación puede deberse a que cuando se propuso inicialmente el uso del modelo simplificado (Ref. 2) este se "probó" cualitativamente con una estructura piloto de decantación.

Tener criterio sobre qué tan bien describe el modelo los datos del ensayo, después de estimadas sus constantes, resulta importante para la interpretación de la información que él puede ofrecer. Trabajo en este sentido puede llevar a revisar el procedimiento tradicional de cuantificar las constantes desde que fue propuesto en la Ref. 2; por ejemplo en la interpolación y extrapolación de los datos reales para llegar a obtener rectas semejantes a las ilustradas en la figura N° 8.

- D. La frecuencia con que se tomen las muestras en un ensayo es importante, particularmente cuando la componente de flujo mezclado es significativa, para localizar el tiempo en que se presenta el pico de trazador en el efluente. Una adecuada selección de la frecuencia facilita el uso del modelo y mejora su utilidad. La posibilidad de usar equipo de registro continuo con respuesta rápida debe aprovecharse cada que sea posible.
- E. Errores en la estimación del tiempo teórico de residencia T_0 pueden convertir la aplicación del método en algo inútil. Algunas veces los resultados obtenidos permiten visualizar un error y motivar la búsqueda del mismo. A pesar de la importancia de este parámetro es opinión del autor que su cuantificación normalmente se descuida, entre otras razones porque: No existe una adecuada infraestructura para medición de flujo y si la hay puede estar descalibrada; el volumen de reactor que aparece en planos pudo haber sido modificado en la etapa de construcción; particularmente en el caso de desarenadores o decantadores no se toma en cuenta el volumen de lodos depositados. Es importante procurar con seguir la mejor estimación posible del valor de T_0 para eliminar esta fuente de error en la aplicación del modelo.
- F. Es común usar las ecuaciones (12), (13) y (14) para reportar los resultados (Ref. 2,3) lo que produce, cuando $m > 0$, que la suma de las fracciones supere la unidad. La forma correcta de reportarlos, consecuente con lo indicado en la figura N° 9, es con base en las ecuaciones 15, 16 y 17. Lo indicado en este punto guarda relación con lo anotado anteriormente en relación con el cálculo de c_0 .
- G. A favor del método se ha escrito el que permita obtener resultados cuantitativos. Sin embargo, el hecho de que con él se puedan reportar las fracciones o porcentajes de las diferentes características hidráulicas no lo habilita directamente como herramienta de

cálculo para optimizar un proceso o construir un reactor sin tener en cuenta otros aspectos. Por ejemplo; no puede distinguir entre flujo a pistón sin y con mezcla localizada (ver tabla N° 1) a no ser que se haga muestreo o evaluación a lo largo del reactor. El sólo uso de las fracciones no permite normalmente una evaluación del efecto del comportamiento hidráulico en la eficiencia de un proceso dado, aunque si una calificación general del reactor.

Parece pues conveniente combinar la aplicación tradicional del Método con la evaluación de las fracciones del flujo que residen en el reactor entre unos valores de t/T_0 prefijados según se indicó en la parte inferior de la figura N° 3. Estos valores de t/T_0 pueden seleccionarse con base en curvas ligadas a otras variables del proceso como las mostradas en la figura N° 1. Las bases para un trabajo en este sentido aparecen en la Ref. 5, pags. 94-97.

- H. De manera semejante a lo indicado en el punto anterior y como aparece indicado en la referencia N° 14 parece atractivo trabajar de manera alterna o complementaria al método simplificado de Wolf y Resnick con el "reemplazo" del reactor real por una serie de n reactores completamente mezclados en el estudio cuantitativo del comportamiento hidráulico de estructuras. El ensayo tradicional de trazadores permitiría estimar el valor de n para usar este procedimiento. En relación con este punto es interesante la comparación cualitativa que aparece en el cuadro N° 1 de la Ref. 3. La Ref. 12 incluye algunos aspectos relacionados con lo enunciado en este punto.

5.3. EJEMPLO DE APLICACION DEL MODELO

Sin ser el objetivo del presente material se presenta brevemente un ejemplo que ilustra parte de las consideraciones anteriores. Para dar completa salida a algunas de las consideraciones, particularmente a aquellas que hacen relación a ligar de manera verdaderamente cuantitativa el comportamiento hidráulico con el proceso propiamente dicho, se producirán otros trabajos.

EVALUACION DE UNA ESTRUCTURA HIDRAULICA DE MEZCLA RAPIDA-EJEMPLO.

Para el presente ejemplo se aprovecha el material producido en desarrollo de la evaluación de la planta de tratamiento "canceles" de la ciudad de Pereira. (ver ref. N° 13). En esta planta la mezcla rápida puede efectuarse en tres (3) cámaras en serie; en la primera (7 m^3) los gradientes de velocidad se obtienen con base en la disipación de energía hidráulica mientras que en la segunda (14.5 m^3) y la tercera (11.0 m^3) puede usarse energía mecánica para el mismo fin. En la práctica y con buen criterio en opinión del autor, la jefatura de operación de la planta ha suspendido definitivamente el segundo mezclador mecánico y dese hacer lo mismo con el primero.

El agua llega a la primera cámara en caída libre después de pasar por un vertedero de pared delgada de doble contracción, el cual se usa también como estructura de aforo.

Para la evaluación se usó una dosis instantánea de sal común como trazador.

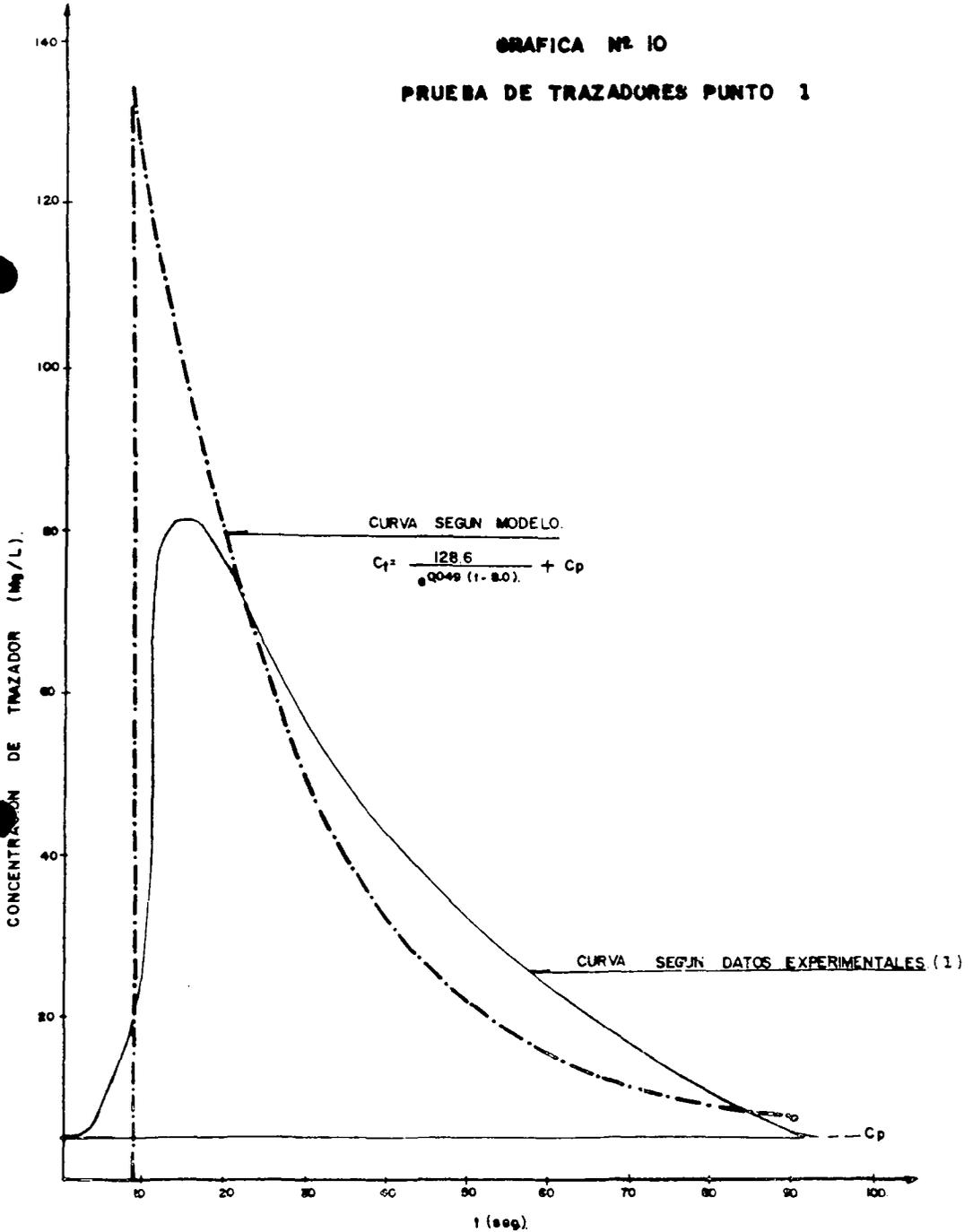
El peso del mismo se cálculo con base en el volumen de las tres cámaras pero el muestreo se realizó de tal manera que pudiese estudiarse el comportamiento de cada una aislada-mente. A la salida de ellas se ubicaron dos (2) puntos de muestreo y los volúmenes colectados con un período aproximado de dos segundos permitieron obtener los datos con base en los cuales hacer el estudio correspondiente.

El presente ejemplo corresponde a los datos a la salida de la segunda cámara y con ellos se gráfico la curva N° 1 de la figura N° 10 . Los valores de fracción remanente $(1-f(t))$ se calcularon según lo explicado para obtener la ecuación (6). El cálculo de estos valores en función de la fracción de tiempo t/T_0 se ilustra en la tabla N° 3 . El valor de T_0 (33.1 seg) se obtuvo dividiendo el volumen: (21.5 m^3) en el flujo el cual fue aproximadamente $0.65 \text{ m}^3/\text{s}$.

Con base en los datos de las columnas (2) y (5) de la tabla N° 3 se elaboró la curva N° 1 en la figura N° 11 . De esta figura interesa obtener dos parámetros: el valor de θ (retraso en la salida del trazador) y la tangente de la línea de mejor ajuste del conjunto de puntos después de que el trazador empezó a salir. El valor de θ se ha tomado como 0.24 (despreciando el 2% de trazador que salió antes de esta fracción de tiempo). Para obtener la línea de mejor ajuste se despreciaron parte de los puntos que representan menos del 2% del peso de sustancia trazadora recuperada.

$$\text{tang } \alpha = \frac{1}{t_1/T_0 - t_2/T_0} = \frac{1}{0.24 - 1.63} = 0.72$$

GRAFICA Nº 10
PRUEBA DE TRAZADORES PUNTO 1



$$P = \frac{\phi \tan \alpha}{0.435 + \phi \tan \alpha} = \frac{0.24 \times 0.72}{0.435 + 0.24 \times 0.709} = 0.28$$

$$M = 1 - P = 0.72$$

$$m = 1 - \frac{\phi}{P} = 0.143$$

TABLA N° 3

EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DE FLUJO EN UNA MEZCLA
RAPIDA HIDRAULICA

1 t (seg)	2 t/T ₀	3 c _i - c _p ¹	4 Σ(c _i - c _p)	5 1-F(t) = $\frac{\sum_{i=1}^t (c_i - c_p)}{\sum_{i=1}^{90.5} (c_i - c_p)}$
8.0	0.24	12.5	18.0	0.98
10.5	0.32	40.0	58.0	0.94
13.0	0.39	75.7	133.5	0.87
15.5	0.47	76.5	210.0	0.87
18.0	0.54	74.0	284.0	0.73
20.5	0.62	69.95	353.95	0.66
23.0	0.69	64.00	417.95	0.60
25.5	0.77	60.50	478.45	0.54
28.0	0.85	54.50	532.95	0.49
30.5	0.92	50.00	582.95	0.44
33.0	1.00	46.00	628.95	0.40
35.50	1.07	42.50	671.45	0.36
38.00	1.15	39.90	711.35	0.32
40.50	1.12	36.50	747.85	0.28
43.00	1.30	34.00	781.85	0.25
45.50	1.37	31.00	812.85	0.22
48.00	1.45	28.50	841.35	0.19
50.50	1.53	26.50	867.85	0.17
53.00	1.60	24.50	892.35	0.15

CONTINUACION TABLA N° 3

55.50	1.68	22.50	914.85	0.12
58.00	1.75	20.00	934.85	0.11
60.50	1.83	18.50	953.35	0.09
63.00	1.00	16.50	969.85	0.07
65.50	1.98	14.50	984.35	0.06
68.00	2.05	12.50	996.85	0.05
70.50	2.13	11.50	1008.35	0.03
73.00	2.21	9.95	1018.30	0.03
75.50	2.28	8.00	1026.30	0.02
78.00	2.36	6.50	1032.80	0.01
80.50	2.43	5.00	1037.80	0.01
83.00	2.51	3.50	1041.30	0.01
85.50	2.58	2.50	1043.80	0.01
88.00	2.66	1.00	1044.80	0.01
90.50	2.73	0.00	1044.80	0.01

Fricción de flujo a pistón = $P (1-m) = 0.240$

Fracción de flujo mezclado = $M (1-m) = 0.617$

Fracción de zonas muertas = $m = 0.143$

Si se desea observar que también reproduce el modelo simplificado los datos experimentales si necesita reemplazar los datos de las constantes (P , m , T_0 y c_0) en la ecuación (11). c_0 se calcula según se indicó en el aparte 5.2.B.

$$c_0 = \frac{Q \Delta t \sum c_i}{(1-p)(1-m)V}$$

$$c_0 = \frac{0.65 \text{ m}^3/\text{seg} \times 2.5 \text{ seg} \times 1044.8 \text{ mg/l}}{0.614 \times 21.5 \text{ m}^3} = 128.6 \text{ mg/l}$$

Reemplazando los valores de las constantes en la ecuación (11) se tiene:

$$c = 128.6 e^{-1/0.617(t/33.1 - 0.24)}$$

$$c = - \frac{128.6}{e^{0.049(t - 8.0)}} \quad \text{mg/l}$$

usando la ecuación anterior se traza la curva según el modelo en la misma gráfica que muestra la ecuación experimental (Gráfica N° 1)

Ahora como información marginal se calculan los gradientes de mezcla promedio en la primera cámara sola y en las dos (2) primeras cámaras en serie, teniendo en cuenta que la energía potencial por unidad de peso que se disipa (H), es igual a 0.73 m y la viscosidad μ puede tomarse como 0.01 gr/cm x seg.

$$G_1 = \sqrt{\frac{9800 \frac{\text{Kg} \times \text{m}}{\text{seg}^2 \times \text{m}^3} \times 0.65 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} \times 0.73 \text{ m}}{0.001 \frac{\text{kg}}{\text{mxseg}} \times 7 \text{ m}^3}} = 815 \text{ seg}^{-1}$$

$$G_{(2)} = 815 \sqrt{\frac{7 \text{ m}^3}{(1-0.143) 21.5 \text{ m}^3}} = 502 \text{ seg}^{-1}$$

Con estos resultados es perfectamente razonable suspender las unidades mecánicas de mezcla.

GRAFICA N° II

EVALUACION HIDRAULICA DE UNA MEZCLA RAPIDA CON BASE EN EL MODELO DE WOLF - RESNICK.

$$T_0 = 33.10 \text{ seg}$$

$$C_p = 5 \text{ mg/l}$$

$$\sigma = 0.24$$

$$y = A + BX$$

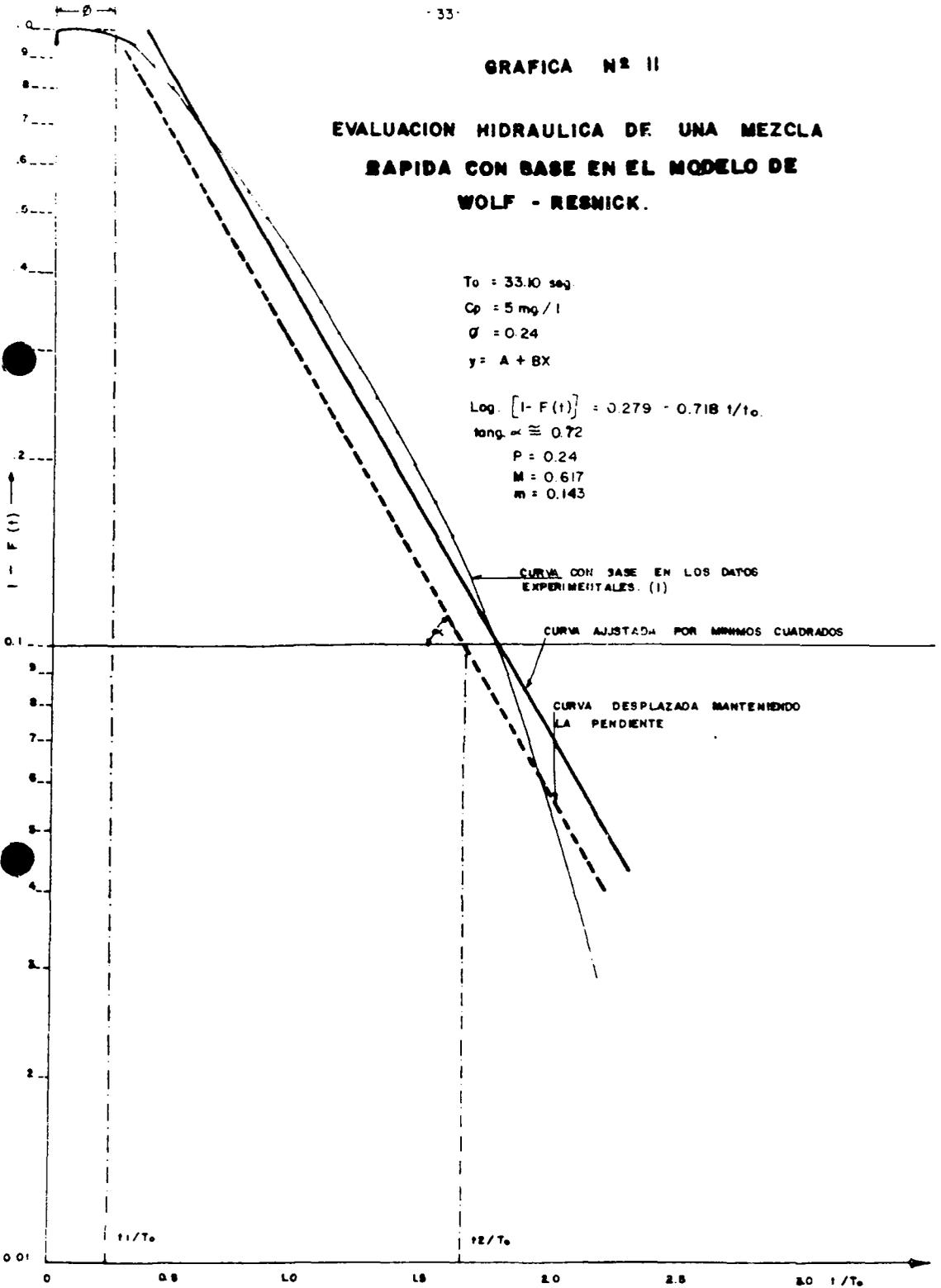
$$\text{Log. } [1 - F(t)] = 0.279 - 0.718 t/t_0$$

$$\text{tang. } \alpha \cong 0.72$$

$$P = 0.24$$

$$M = 0.617$$

$$m = 0.143$$



6 CONSIDERACIONES DE OTRAS VARIABLES EN EL MODELO DE WOLF Y RESNICK.

Antes de terminar este material es interesante anotar que el modelo propuesto por Wolf y Resnick incluye la posibilidad de corregir la ecuación de flujo mezclado ideal con otros factores diferentes a los del modelo simplificado, como:

- Errores en la estimación de T_0 .
- Errores en el tiempo de respuesta (por ejemplo, retraso en la toma de la muestra durante la evaluación).
- Corto circuito, entendido como el hecho de que parte del flujo pasa a través del reactor muy rápidamente.

Uno de los problemas con el modelo completo reside en que un mismo conjunto de datos puede ser aproximadamente descrito por diferentes combinaciones de los factores (P , M , m , T_0 , etc). Al respecto la Ref. 2, anota que puede obtenerse una solución única considerando tres (3) factores a la vez lo que explica el modelo simplificado en ella propuesto.

Los dos primeros factores citados son ajenos al comportamiento hidráulico propio del reactor y podrían minimizarse cuidando la preparación y la ejecución del ensayo. Para el tercer factor y para una situación como ilustrada en la figura 12 el autor propone un procedimiento para incluir el corto circuito como un cuarto factor cuantificable de manera determinada, con la condición de que este factor sea entendido como detectable durante el ensayo, por ejemplo aceptándolo como representante por el primer pico de concentración de trazador en el efluente según lo ilustra la figura N° 12.

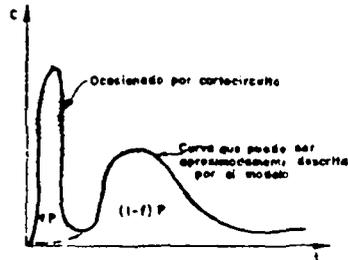


Figura N° 12 . Concentración de trazador en el efluente de un reactor con corto circuito.

Como el trazador agregado debe mezclarse completamente con la masa de agua que fluye, Q , hacia el reactor, entonces de la figura 12 puede inferirse de manera aproximada que una fracción (f) del flujo Q , llevando una fracción (f) de P sale en un tiempo muy corto. El cálculo de esta situación puede hacerse con base en la simplificación que se ilustra en la figura N°13"

En relación con la parte del flujo que no hace parte del corto circuito se puede plantear el siguiente balance de masa:

$$V_M \frac{dc}{dt} = - (1-f)Qc$$

Cuya integración correspondiente es :

$$\int_{(1-f)c_0}^c \frac{dc}{c} = \int_0^t \frac{(1-f)Q}{V_M} dt \quad ; \quad t_i = \frac{P(1-m)V}{(1-f)Q} = \frac{P(1-m)}{(1-f)} \tau_0$$

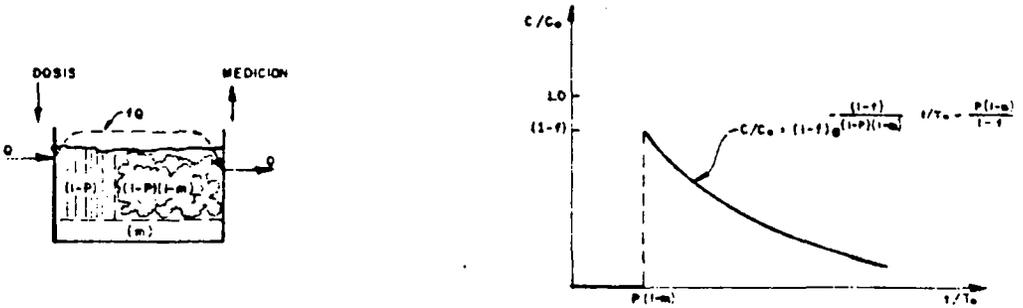


Figura N° 13. Concentración de trazador en el efluente de un reactor incluyendo una fracción (f) del flujo en corto circuito.

$$\ln \frac{c}{(1-f)c_0} = - \frac{(1-f)Q}{V_M} \left(t - \frac{P(1-m)}{(1-f)} T_0 \right) ; \frac{Q}{V_M} = \frac{1}{(1-m)(1-P)T_0}$$

de donde se obtiene:

$$\frac{c}{c_0} = (1-f) e^{- \frac{1-f}{(1-P)(1-m)} \left(t/T_0 - \frac{P(1-m)}{(1-f)} \right)} \quad (18)$$

Conocido el valor de f de la integración preliminar de las curvas ilustradas en la figura N° 12, la obtención de las otras fracciones se haría de manera semejante a lo indicado para la ecuación (11).

REFERENCIAS

1. Wolf, D., and Resnick, N. Residence time Distribution in Real Systems. I.E.C. Fundamentals, 2(4): 287 (Noviembre 1963).
2. Rebhum, M., Argaman, Y. Evaluation and Hydraulic Efficiency of Sedimentation Basins. J. SED, ASCE, octubre 1965:37.
3. Perez C., J.M. Programa Regional OPS/CEP/CEPIS de Mejoramiento de Calidad de Agua para Consumo Humano. Caracterización de Flujos y Análisis de Períodos de Retención. Versión Preliminar. Abril 1981.
4. Ferreira A., N.S., Medición de descarga líquida con trazadores Químicos; SANEAMIENTO. 51, (3 y 4), 1977.
5. Hudson, H.E. JR. Water Clarification Processes Practical Design and Evaluation. Van Nostrand Reinhold Company.1981.
6. Univalle, OPS, Emcali. Técnicas Modernas en el Diseño de Plantas de Tratamiento de Agua. Curso de Posgrado, Cali-Colombia. 1970
7. Argaman, Y.A. Pilot-Plant Studies of Flocculation. J. AWWA, 63: 775, 1971.
8. Humphreys, Robert W. Hydraulic Model Study of a Settling Basin J. AWWA, 67:367-372 (1975).
9. OPS, CEPIS, Teoría, Diseño y Control de los Procesos de Clarificación del agua. serie 13.
10. MINSALUD, OPS Curso sobre Evaluación de Plantas de Tratamiento de Aguas. Cartagena julio 1983

11. MINSALUD, OPS, Taller sobre Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Aguas. Planta el Centenario. Pasto-Colombia. Octubre 1983.
12. Metcalf & Eddy, inc. Wastewater Engineering. Treatment disposal Reuse. Mc Graw-Hill, 2ª Edición.
13. MINSALUD, OPS. Curso Taller sobre Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento de Agua. Planta Canceles. Pereira-Colombia. Julio 1984.
14. GALVIS C. G. Evaluación del Comportamiento Hidráulico de reactores. Memorias VI Seminario Nacional de Hidráulica. Cali, agosto 6 de 1984.

ACODAL

ASOCIACION COLOMBIANA DE
INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

SECCION COLOMBIANA

AIDIS

X X V I I

CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

T R A B A J O

LINEAMIENTOS BASICOS DE UN PLAN DE ACCION PARA EL
CONTROL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS INDUSTRIALES PRODU-
CIDOS EN LA ZONA CALI - YUMBO

PRESENTADO POR: MARIA TERESA STERLING
Ingeniera Sanitaria
ACODAL-Seccional Valle
del Cauca.

BARRANQUILLA , OCTUBRE DE 1984

SECCIONAL
VALLE DEL CAUCA

Avenida 9a. A Norte No. 10 N-117 Tel. 601744
Apartado Aéreo 6720
Cali, Colombia

C O N T E N I D O

NUMERAL =====	HOJA No. =====
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	4
III. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	5
IV. METODOLOGIA	6
V. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	12-B
VI. CUANTIFICACION GLOBAL DEL PROBLEMA Y ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES	36
VII. LINEAMIENTOS BASICOS DEL PLAN DE ACCION PROPUESTO	39

INDICE DE GRAPICAS
=====

<u>No.</u>	<u>HOJA No.</u>
1. Rutas principales de daño por residuos peligrosos	12-A
2. Clasificación de Residuos sólidos por la Ley y la ordenanza de Gabinete del Japón,	15

INDICE DE CUADROS
=====

1. Establecimientos industriales ubicados en el área urbana de Cali	8
2. Establecimientos industriales ubicados en la zona ACOPI-YUMBO	10
3. Estándares de calidad de agua para EE.UU Japón y Colombia y estándares de lixiviado de EE.UU y Japón	13
4. Lista de procesos industriales como posibles generadores de residuos peligrosos por la ley Japonesa	17
5. Producción de Residuos sólidos industriales en el área urbana de Cali	35
6. Producción de Residuos sólidos industriales en la zona ACOPI-YUMBO	37

A N E X O S
=====

<u>No.</u>		<u>HOJA No.</u>
1	Ejemplos de Residuos potencial- mente incompatibles	52
2.	Formulario para levantamiento Industrial- CETESB- Brazil	54

I. INTRODUCCION

Dentro del grupo de residuos sólidos industriales están comprendidos, desde aquellos totalmente inertes, por ejemplo el carbonato de calcio, hasta los materiales sumamente tóxicos, entrando también en ésta categoría los recortes y chatarras de ciertas fábricas, los lodos y escorias de los procesos industriales y los desechos de la industria alimenticia.

Debe considerarse que los residuos sólidos industriales pueden presentarse como un producto químico puro, pero en la mayoría de los casos se trata de mezclas con otros productos y residuos.

De entre los residuos industriales es muy importante detectar cuales son peligrosos, ya que numerosos ejemplos se muestran día a día, en países de alto desarrollo industrial, sobre los problemas que pueden ocasionar los residuos sólidos peligrosos mal manejados. En Estados Unidos son numerosos los casos de contaminación del agua subterránea, fuente de suministro de cerca de la mitad de su población. La EPA ha editado un pequeño folleto que reseña casos de afectación del agua subterránea y superficial, del aire, de la cadena alimentaria y por contacto directo.

Es indispensable para los países en desarrollo establecer un sistema apropiado de manejo de residuos peligrosos para evitar que se presenten situaciones como la de Love Canal (cerca de las Cataratas del Niágara, en el estado de Nueva York, EE.UU.). Love Canal fué en un principio un basurero químico. Posteriormente fué urbanizado y entonces las sustancias químicas peligrosas vertidas allí, comenzaron a

dañar el medio ambiente, con lo que se vió la necesidad de evacuar la zona bajo " emergencia nacional " Según el anuncio de la EPA hecho en Julio de 1981, en los Estados Unidos existen 30.000 a 50.000 basureros químicos abandonados y por lo menos 29 de ellos son más peligrosos que el de Love Canal.

La EPA utiliza los siguientes criterios para la identificación de residuos peligrosos (hazardeus wastes) :

- . Causar ó contribuir significativamente a un incremento de la mortalidad ó a un aumento de una enfermedad ó incapacidad.
- . Poseer un riesgo sustancial presente ó potencial para la salud humana ó el ambiente cuando es tratado, almacenado, transportado ó dispuesto inadecuadamente.

Por consiguiente el término "peligroso " es bastante amplio, cubriendo conceptos tales como "tóxico", "cancerígeno ", "mutagénico", "teratogénico", "inflamable", "corrosivo" "reactivo", "radiactivo", "infeccioso", "oloroso", etc.

La creciente tendencia de exportación de las industrias generadoras de contaminación ambiental hacia los países en vías de desarrollo y la demora de la puesta en marcha de un sistema apropiado de manejo de residuos peligrosos en éstos países, ya deben estar ocasionando serios problemas de contaminación ambiental que no necesariamente son detectados debido a la falta de vigilancia y control ambiental.

También es cierto el hecho de que los sistemas de manejo de residuos peligrosos elaborados en los países industrializados, no siempre son aplicables a los países en desarrollo

por ser complicados, exigiendo mayor información y pruebas de laboratorio.

Por lo anterior, es necesario desarrollar un sistema sencillo y apto para las condiciones de nuestra región.

Para prevenir el problema del efecto adverso de los residuos peligrosos sobre la salud humana y el medio ambiente, es fundamental que las personas que intervengan en su manejo-generadores, transportadores, operadores de plantas de tratamiento y de disposición final, supervisores, etc - conozcan bien sus residuos y tengan los siguientes conocimientos:

- Qué residuos son peligrosos ?
- Porqué son peligrosos ?
 - Inflamable, reactivo, corrosivo, radioactivo, etc.
- Para quién ó para qué son peligrosos ?
 - Seres humanos, animales, vegetación, propiedades, etc.
- Cuándo son peligrosos ?
 - Nivel de concentración peligrosa (dosis Umbral ¹)
 - Residuos incompatibles (si se mezclan estos residuos podrían resultar problemas de explosión, incendio, calor, presión, generación de gases venenosos, etc. (véase anexo 1).

-Cómo deben ser manejados ?

En realidad el verdadero peligro no se halla en los residuos peligrosos en sí, sino en el hecho de que muchas personas los manejan sin conocer que son y como deben ser manejados. Entonces, el sistema de manejo de residuos peligrosos, debe tener por finalidad asegurar el manejo conciente y oportuno de éstos por las personas que intervengan.

*1- Dosis Umbral = dosis mínima que da lugar a cambios biológicos.

II. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Conscientes de los problemas que puede generar el mal manejo de los residuos sólidos peligrosos, la Organización Panamericana de la Salud OPS ha pretendido desarrollar un modelo sistematizado sencillo y apto para las condiciones latinoamericanas, a fin de que después cada país pueda desarrollar su propio sistema adaptando éste modelo a las condiciones locales especiales. Para desarrollar éste sistema la OPS ha seleccionado a Argentina, Brazil y México, países en los que el desarrollo industrial ya está creando problemas de residuos sólidos peligrosos.

Según definición de la OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico), estos tres (3) países son los únicos PRI (Países Recien Industrializados) Latinoamericanos.

A pesar de que Colombia no se encuentre en éste grupo, hay conciencia entre los organismos gubernamentales de los problemas que generan los residuos sólidos mal manejados. Prueba de esto, es la promulgación del Decreto 2104 de 1983 del Ministerio de Salud, el cual reglamenta todos los aspectos de la Ley 9 de 1979, que tienen que ver con los residuos sólidos. En éste Decreto se definen como Residuos sólidos con características especiales, los patógenos, tóxicos, combustibles, inflamables, explosivos, radioactivos y volatilizables. Se incluyen también los objetos ó elementos que por su tamaño, volumen ó peso requieran un manejo especial.

También se consideran residuos sólidos industriales peligrosos, los lodos provenientes del tratamiento de

aguas residuales industriales.

Los desechos sólidos industriales peligrosos quedan enmarcados en ésta definición y por tanto deben cumplir con los artículos del Decreto 2104 que los reglamentan. Estos artículos son: 6,11,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101,102,103,104,105,106,138,139,140,141,144,145,150,152,153,154,155,156,161,162,163,164,214.

La Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental-ACODAL Seccional Valle del Cauca, consciente de la importancia que tiene para nuestro país empezar a trabajar en el control del manejo de los residuos sólidos peligrosos, implementando así el Decreto 2104 en los artículos indicados anteriormente y con el ánimo de colaborar en ésta tarea, propuso a las entidades que en la zona Cali - Yumbo tienen que ver con el control del manejo de los residuos sólidos industriales peligrosos, la realización de éste estudio por parte de la Seccional y con base en la información suministrada por ellas.

Estas entidades son: La Unidad Regional de Salud de Cali, Las Empresas Municipales de Cali-EMCALI -, la Empresa de Servicios Varios de Cali- EMSIRVA - y la Corporación Autónoma Regional del Cauca -C.V.C.- Todas estas entidades aprobaron la idea y suministraron la información necesaria, a partir de la cual se realizó el presente trabajo.

Este estudio toma como base la propuesta realizada por la OPS para los países Latinoamericanos.

III. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1. Analizar en forma global la problemática que puede generar el mal manejo de los residuos sólidos peligrosos en nuestro medio teniendo en cuenta el grado y tipo de industrialización.
2. Detallar el análisis anterior para la zona Cali-Yumbo, con base en la información suministrada por las entidades antes mencionadas.
3. Partiendo del análisis anterior, realizar una cuantificación global del problema y determinar prioridades para atacarlo.
4. Presentar a las entidades responsables del control de éste tipo de residuos sólidos unos lineamientos básicos de un plan de acción con el fin de controlar su manejo

IV. METODOLOGIA

Con base en la bibliografía disponible del tema y partiendo de la propuesta preliminar del CEPIS, órgano dependiente de la OPS, de pautas para la definición, clasificación y manejo de residuos sólidos peligrosos en América Latina, se consultó la opinión de las entidades que en la zona Cali-Yumbo tienen que ver con el control de éste tipo de residuos.

Estas entidades mostraron interés en la realización de éste estudio y suministraron la siguiente información :

EMCALI

- Listado del Universo Industrial con que se trabaja en la sección Control de Contaminación, que identifica tipo de industria y que industrias han sido consideradas significativas para el programa de pretratamiento industrial.

Se identifican también las industrias que en el momento tienen obras en funcionamiento de sistemas de pretratamiento industrial a nivel preliminar y primario.

Se considera que la información de EMCALI representa el universo industrial del área urbana de la ciudad de Cali.

C.V.C.

- Copia de un plano del sector industrial ACOPI YUMBO, en donde se encuentra un listado de las industrias de la zona y su localización.

Se considera que la información de C.V.C. cubre el universo industrial de la zona ACOPI YUMBO.

EMSIRVA

- Actualmente la empresa de Servicios Varios de Cali presta el servicio de recolección a un porcentaje muy bajo de establecimientos industriales, debido a su baja disponibilidad de equipo para recolección.

En cuanto a la disposición final, el actual sistema utilizado por la empresa es el de botadero abierto, por tanto nin-

ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES UBICADOS EN EL AREA
URBANA DE CALI

No.	TIPO DE ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	NUMERO DE ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES DE CADA TIPO	% SOBRE EL UNIVERSO INDUSTRIAL
1.	INDUSTRIA ALIMENTICIA		
	a.- Fábrica de conservas	1	0,17
	b.- Alimentos congelados	8	1.42
	c.- Alimentos procesados	66	11.7
	d.- Alimentos preservados	13	2.3
2.	INDUSTRIA TEXTIL		
	a.- Productos textiles	7	1.24
	b.- Ropa	8	1.42
3.	INDUSTRIA MADERERA		
	a.- Aserraderos		
	b.- Productos de madera	2	0.35
	c.- Muebles		
4.	INDUSTRIA DE PULPA Y PAPEL Y PRODUCTOS ALIADOS		
		14	2.48
5.	INDUSTRIA QUIMICA Y PRODUCTOS ALIADOS		
	a.- Químicos básicos	2	0.35
	b.- Caucho, plástico	31	5.5
	c.- Químicos y productos aliados	42	7.45
	d.- Petróleo		
6.	INDUSTRIA DE CURTIEMBRES Y MANUFACTURAS DE CUERO		
		2	0.35
7.	MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION		
	a.- Piedra y arcillas	20	3.55

CUADRO No. 1 (Continuación)

ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES UBICADOS EN EL AREA
URBANA DE CALI

No.	TIPO DE ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	NUMERO DE ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES DE CADA TIPO	% SOBRE EL UNIVERSO INDUSTRIAL
8.	INDUSTRIA METALMECANICA a.- Metales primarios b.- Metales fabricados	14 21	2.48 3.72
9.	IMPRESIONES Y PUBLICACIONES a.- Pintura y publicidad	19	3.37
10.	MICELANEA DE MANUFACTURAS a.- Maquinaria no eléctrica b.- Maquinaria eléctrica c.- Equipo de transporte d.- Instrumento profesional y científico	5 6 80 7	0.89 1.06 14.18 1.24
11.	SERVICIOS	196	34.78
	TOTAL DE ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES	564	100.00

CUADRO No. 2

ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES UBICADOS EN LA
ZONA ACOPI - YUMBO

No.	TIPO DE ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	NUMERO DE ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES DE CADA TIPO	% SOBRE EL UNIVERSO INDUSTRIAL
1.	INDUSTRIA ALIMENTICIA		
	a.- Fábrica de conservas	1	0.9
	b.- Alimentos congelados	8	7.2
	c.- Alimentos procesados	4	3.6
	d.- Alimentos preservados		
2.	INDUSTRIA TEXTIL		
	a.- Productos textiles	4	3.6
	b.- Ropa	1	0.9
3.	INDUSTRIA MADERERA		
	a.- Aserraderos		
	b.- Productos de madera	2	1.8
	c.- Muebles		
4.	INDUSTRIA DE PULPA Y PAPEL Y PRODUCTOS ALIADOS	6	5.4
5.	INDUSTRIA QUIMICA Y PRODUCTOS ALIADOS		
	a.- Químicos básicos	2	1.8
	b.- Caucho, plástico	9	8.1
	c.- Químicos y productos aliados	16	14.4
	d.- Pétroleo	1	0.9
6.	INDUSTRIA DE CURTIEMBRES Y MANUFACTURAS DE CUERO	1	0.9

CUADRO No. 2 (Continuación)

ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES UBICADOS EN LA
ZONA ACOPI - YUMBO

No.	TIPO DE ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	NUMERO DE ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES DE CADA TIPO	% SOBRE EL UNIVERSO INDUSTRIAL
7.	MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION a.- Piedra y arcilla	8	7.2
8.	INDUSTRIA METALMECANICA a.- Metales primarios b.- Metales fabricados	3 12	2.7 10.8
9.	IMPRESIONES Y PUBLICACIONES a.- Pintura y publicidad	2	1.8
10	MICELANEA DE MANUFACTURAS a.- Maquinaria no eléctrica b.- Maquinaria eléctrica c.- Equipo de transporte d.- Instrumento profesional y científico	6 3 3 1	5.4 2.7 2.7 0.9
11	SERVICIOS	19	16.3
	TOTAL DE ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES	112	100.

gún residuo sólido es dispuesto sanitariamente ni menos aún los residuos sólidos industriales.

SALUD PUBLICA MUNICIPAL

- Actualmente la Unidad Regional de Salud de Cali no establece ningún tipo de control sobre la posible contaminación causada por los residuos sólidos industriales, debido a la falta de reglamentación que apoye éste tipo de control. Se considera que la implementación del Decreto 2104 junto con la identificación del problema a través de un censo industrial hará posible el control por parte de Salud Pública.

Con base en la información suministrada por EMCALI y C.V.C. se elaboraron los cuadros Nos. 1 y 2

Estos cuadros permitieron identificar las prioridades por tipo de establecimiento industrial, cuantificar globalmente el problema y establecer los lineamientos básicos del plan de acción como conclusión de éste estudio.

Una pregunta que ocasionará éste estudio es la siguiente:

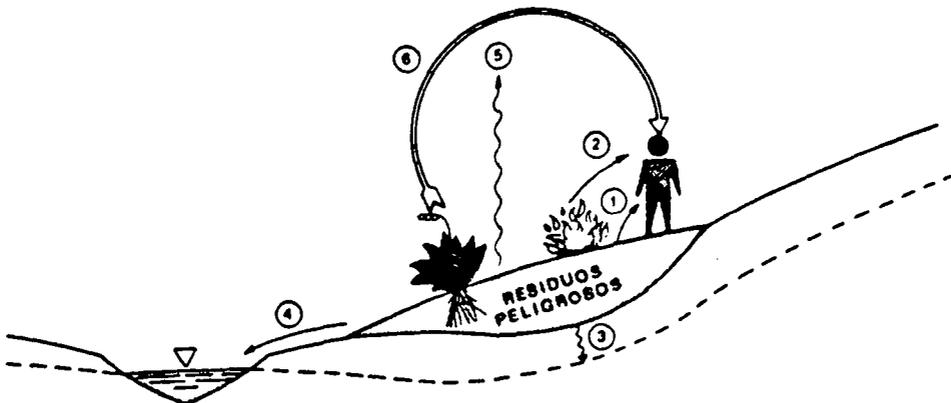
¿ Porqué se escogió la zona específica Cali-Yumbo ?

Porque las zonas que se consideran más problemáticas desde el punto de vista de la contaminación por residuos sólidos industriales son:

- .- Las áreas metropolitanas (por su densidad poblacional)
- .- Los polos industriales (por su densidad de actividad industrial)

GRAFICO 1

RUTAS PRINCIPALES DE DAÑO POR RESIDUOS PELIGROSOS



1. Contacto directo
2. Fuego y explosión
3. Contaminación de agua subterránea vía lixiviado
4. Contaminación de agua superficial vía escurrimiento
5. Contaminación de aire vía combustión, evaporación, sublimación y erosión por vientos
6. Intoxicación vía cadena alimenticia (bioacumulación)

.- Las cuencas de los ríos de alta importancia desde el punto de vista de recursos hídricos.

En el Departamento del Valle del Cauca, la mayor población se concentra en Cali y Yumbo es el mayor polo industrial .

El Río Cauca es la fuente superficial de mayor importancia desde el punto de vista del recurso hídrico y Cali - Yumbo pueden considerarse sus principales contaminadores en el Departamento del Valle, por tanto deben ser los que realizan un control más estricto de contaminación.

V. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

Aunque en los países desarrollados existen los dos tipos de exageración con respecto a la definición de residuos peligrosos y a las exigencias en su control, se considera que deben aprovecharse los trabajos realizados en éstos países ya que tarde ó temprano todos los residuos sólidos peligrosos definidos por los países desarrollados deberán controlarse también en los países en desarrollo. Esto favorecerá también la presentación integral del panorama de los residuos sólidos peligrosos que requerirán tarde ó temprano un control especial, ya que las industrias generadoras podrán planificar sus actividades en pro del medio ambiente de manera más eficiente y eficaz.

Por lo anterior se partirá en una primera instancia de la información obtenida por Estados Unidos y Japón para identificar en forma global el problema en la zona Cali-Yumbo.

El gráfico No.1 muestra las rutas principales de daño por residuos peligrosos.

CUADRO No. 3

ESTANDARES DE CALIDAD DE AGUA PARA EE.UU, JAPON Y COLOMBIA Y

ESTANDARES DE LIXIVIADO DE EE.UU Y DEL JAPON

SUSTANCIAS	EE. UU.		JAPON			COLOMBIA
	Estandares Nac. Interinas de agua potab.	Estandares de Lixiviado	Estandares de lixiviado**	Estandares de emisión de efluent. lig.	Estandares de calidad de agua en med. amb.	Estandares nacionales de agua potable*
As	ME.I*0.05 ppm	ME.I. 5.0 ppm	ME.I.1.5 ppm	ME.I.0.5 ppm	ME.I.0.05 ppm	0.05 ppm
Ba	ME.I.1.0 ppm	ME.I 100.0 ppm	-----	-----	-----	1.0 ppm
Cd	ME.I.0.01 ppm	ME.I. 1.0 ppm	ME.I.0.3 ppm	ME.I.0.1 ppm	ME.I.0.01 ppm	0.005 ppm
Cr. (+6)	ME.I.0.05 ppm	ME.I. 5.0 ppm	ME.I.1.5 ppm	ME.I.0.5 ppm	ME.I.0.05 ppm	0.05 ppm
Pb	ME.I.0.05 ppm	ME.I. 5.0 ppm	ME.I.3.0 ppm	ME.I.1.0 ppm	ME.I.0.1 ppm	0.05 ppm
Hg-Total	ME.I.0.002 ppm	ME.I. 0.2 ppm	ME.I.0.005 ppm	ME.I.0.005 ppm	ME.I.0.0005 ppm	0.001
Hg-Alquilico	-----	-----	No debe detectarse	No debe detectarse	No debe detectarse	No establecido
Se	ME.I.0.01 ppm	ME.I. 1.0 ppm	-----	-----	-----	0.01 ppm
Ag	ME.I.0.05 ppm	ME.I. 5.0 ppm	-----	-----	-----	0.05 ppm
Fósforo orgánico	-----	-----	ME.I.1.0 ppm	ME.I.1.0 ppm	No debe detectarse	No establecido
Cianuro	-----	-----	ME.I.1.0 ppm	ME.I.1.0 ppm	No debe detectarse	0.1 ppm
PCB	-----	-----	ME.I.0.003 ppm	ME.I.0.003 ppm	No debe detectarse	No establecido

* ME.I. = Menos que ó igual a

** Estándares para las escorias metálicas, cenizas volátiles y lodos cuyo método de disposición final sea el relleno sanitario.

En el cuadro No. 3 se presenta una comparación entre los estándares de calidad de agua para EE.UU., Japón y Colombia (según el Decreto 2105 de 1983) y los estándares de lixiviado de EE.UU. y Japón.

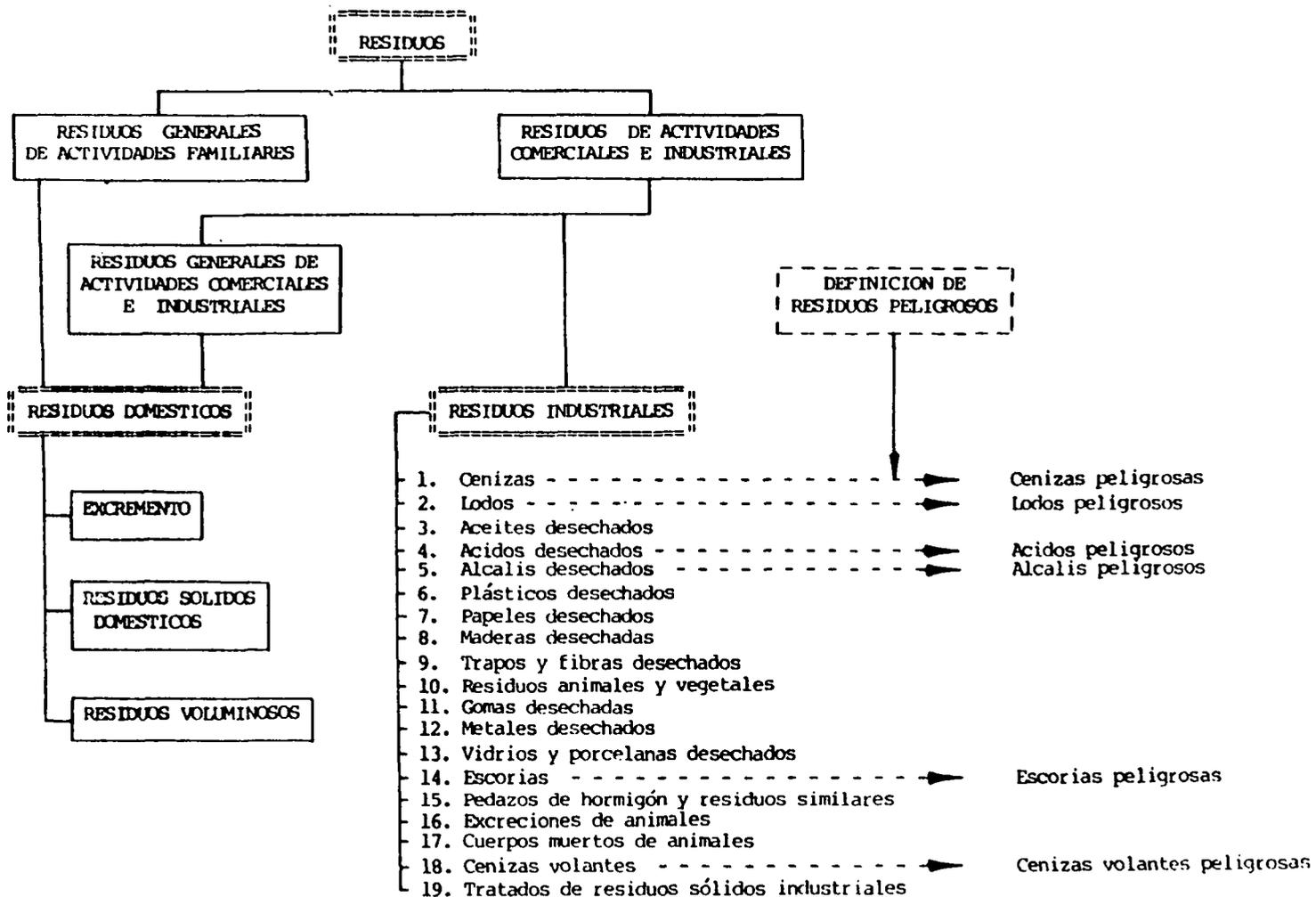
Es necesario tener en cuenta que existen diferencias entre las pruebas de lixiviación realizadas en los EE.UU. y en el Japón

En los países en vías de desarrollo es altamente recomendable exigir primeramente la buena administración de las actividades productivas por parte de los contaminadores (por ejemplo, almacenar, tratar, disponer y reciclar separadamente los residuos sólidos que son peligrosos de los que no lo son), antes de exigir el cumplimiento de estándares de lixiviado demasiado rígidos. Este abordaje resultaría económicamente de menor costo y técnicamente más factible para obtener el mismo resultado ambiental.

La RCRA, EE.UU clasifica los residuos peligrosos basandose en la naturaleza de su peligrosidad. En cambio, la clasificación por la ley Japonesa se basa en nombres genéricos de residuos como se muestra en el gráfico No.2 . Esta clasificación se ajusta más a las condiciones colombianas. La ley Japonesa clasifica los residuos sólidos industriales en 19 grupos en base a nombres genéricos.

Por otro lado, la ley define los residuos sólidos industriales peligrosos usando el procedimiento presentado en el cuadro No. 4 . Reuniendo éstas dos líneas, la ley considera las siguientes seis clases de residuos peligrosos:

GRAFICO 2
 CLASIFICACION DE RESIDUOS SOLIDOS POR LA LEY Y LA ORDENANZA DE GABINETE DEL JAPON



- .- Escorias metálicas peligrosas
- .- Cenizas peligrosas
- .- Cenizas volátiles peligrosas
- .- Lodos peligrosos
- .- Acidos peligrosos
- .- Alcalis peligrosos

Para cada una de las 19 clases de residuos sólidos industriales, la ley y sus normas y regulaciones establecen las correspondientes normas técnicas. Estas normas técnicas incluyen normas especiales para el caso de residuos peligrosos.

Una ventaja del sistema japonés es la buena correspondencia entre la clasificación y las normas técnicas, lo cual facilita indudablemente la orientación de los gobiernos locales (fiscalizadores) y de las industrias (generadores).

Sin embargo a través de su aplicación durante más de 10 años, se han identificado varios casos que requieren la revisión del sistema, por ejemplo, el sedimento en los tanques de almacenamiento de aceite, es lodo o aceite? la clasificación de éste tipo de residuos mezclados es bastante complicada, originando a veces disputas entre fiscalizadores y generadores, ya que las normas técnicas a aplicar y el costo del manejo requerido dependen de ésta clasificación.

Con base en los datos consignados en el cuadro No. 4 (tablas Nos.1 y 2), se identifican los siguientes tipos de procesos industriales como los que ocasionan mayores problemas de residuos sólidos industriales peligrosos:

- 1.- CENIZAS PELIGROSAS : * Hornos para refinar metales

CUADRO No. 4

LISTA DE PROCESOS INDUSTRIALES COMO POSIBLES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS
POR LA LEY JAPONESA

TABLA 1 (Escorias - cenizas)

DESECHOS	PROCESOS INDUSTRIALES DESIGNADOS	SUSTANCIAS PELIGROSAS					SUSTANCIAS NO TAN PELIGROSAS		
		Hg	Cd	Pb	Cr (VI)	As	Cu	Zn	F
CENIZAS	1. horno, horno de sinterización (incluyendo refacción de la pela del horno) y calcinación por horno usado para refinar metales ó para manufactura de productos químicos industriales inórganicos (los procesos relacionados en el ítem 7 están excluidos)	La capacidad de tratamiento de materiales crudos es una tonelada ó más por hora.	0	0	0	0	0	0	0
	2. Alto horno (incluyendo horno de reverbero para metal fundido) convertidor y horno de corazón abierto usado para lavado de metales . (los procesos relacionados en el ítem 8 están excluidos).						0	0	0
	3. Horno de fundido usado para refinería ó moldeo de metales (horno tipo Koshiki y los procesos relacionados en el ítem 7 y los ítems 1-16 están excluidos)	El área de un brasero (cualquier área horizontal proyectada aquí y allí puede ser 1 m ² ó más o el área seccional de superficie de la tobera del horno (lo cual significa el área horizontal transversal de la	0	0	0		0	0	0

CUADRO No. 4 (Continuación)

LISTA DE PROCESOS INDUSTRIALES COMO POSIBLES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS
POR LA LEY JAPONESA

TABLA 1 (Escorias-cenizas)

DESECHOS	PROCESOS INDUSTRIALES DESIGNADOS	SUSTANCIAS PELIGROSAS					SUSTANCIAS NO TAN PELIGROSAS			
		Hg	Cd	Pb	Cr (VI)	As	Cu	Zn	F	
CENIZAS		parte rodeada por las paredes interiores de un horno en la base de la tobera aquí y allí puede ser 0.5m ² ó más, o la tasa de combustión de quemado puede ser 50 lts/hora cuando se calcula en términos de aceites pesados, ó la capacidad de transformación puede ser 200 kilovoltios en corriente continua ó más.								
	4.Horno de asado y horno de fundido usado para manufactura de productos de cerámica	El área de brasero (parrilla) puede ser 1m ² ó más ó la tasa de combustión de combustible quemado puede ser 50 lts ó más por una hora calculada en términos de aceites pesados ó la capacidad de transformación deberá ser 200 kilovoltios en corriente continua ó más.		0	0		0	0	0	0
	5.Hornos de reacción usados para productos químicos industriales inorgánicos ó alimentos (incluyendo equipos de combustión usados para manufactura de carbón negro) y horno de fuego directo (los procesos enumerados en el ítem 16 son excluidos).		0	0	0	0	0	0	0	0

CUADRO No. 4 (Continuación)

LISTA DE PROCESOS INDUSTRIALES COMO POSIBLES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS

POR LA LEY JAPONESA

TABLA 1 (Escorias - cenizas)

DESECHOS	PROCESOS INDUSTRIALES DESIGNADOS	SUSTANCIAS PELIGROSAS					SUSTANCIAS NO TAN PELIGROSAS		
		Hg	Cd	Pb	Cr (VI)	As	Cu	Zn	F
CENIZAS	6. Horno de secado (Los procesos designados en el ítem 8 y 13 están excluidos)	0	0	0	0	0	0	0	0
	7. Horno eléctrico usado para fabricación de metal bruto en lingotes ó fabricación de acero o para manufacturas de aleaciones de hierro ó carburo		0	0	0			0	0
	8. Horno de asado, horno de sintetizado incluyendo refacción de la pela del horno) horno de esmaltado (incluyendo horno de reacción para fundición) convertidor, horno de corazón abierto y horno de secador usado para refinería de cobre, plomo y zinc.	La capacidad de transformación deberá ser 1000 kilovatios en corriente continua ó mas		0	0		0	0	0
	9. Procesos de secado usados para manufactura de pigmentación con cadmio o carbonato de cadmio	La capacidad de consumo para material crudo debe ser 0.5 ton. ó más por una hora ó el área de brasero debe ser 0.5 m ² ó mas, o el área de la sección transversal de la tobera debe ser 0.2 m ² ó más o, la tasa de combustión de fuel para quemado debe ser 20 lts ó más por una hora calculado en términos de aceites pesados.		0				0	

CUADRO No. 4 (Continuación)

LISTA DE PROCESOS INDUSTRIALES COMO POSIBLES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS

POR LA LEY JAPONESA

TABLA 1 (Escorias - Cenizas)

DESECHOS	PROCESOS INDUSTRIALES DESIGNADOS	SUSTANCIAS PELIGROSAS					SUSTANCIAS NO TAN PELIGROSAS		
		Hg	Cd	Pb	Cr (VI)	As	Cu	Zn	F
CENIZAS	10.Horno de reacción usado para manufactura de carbón activado(limitado por el método que usa cloruro de zinc.							0	
	11.Horno electrolítico usado para esmaltado de aluminio							0	
	12.Procesos de reacción, procesos de concentración, horno de asado y horno de esmaltado usado para manufactura de fósforo, ácido fosfórico o fertilizantes fosforicos acidicos o fertilizantes compuestos (los procesos que no usan fosfatos estan excluidos)		0						
	13.Horno de esmaltado usado para esmaltado secundario de plomo(incluyendo manufactura de aleación de plomo) o para manufactura de tuberías de plomo, lámina o cable			0		0			

CUADRO No. 4 (Continuación)

LISTA DE PROCESOS INDUSTRIALES COMO POSIBLES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS
POR LA LEY JAPONESA

TABLA 1 (Escoria-cenizas)

DESECHOS	PROCESOS INDUSTRIALES DESIGNADOS		SUSTANCIAS PELIGROSAS					SUSTANCIAS NO TAN PELIGROSAS		
			Hg	Cd	Pb	Cr (VI)	As	Cu	Zn	F
CENIZAS	14.Horno de esmaltado usado para manufactura de plomo en almacenamiento en baterías	La tasa de quemado del combustible debe ser 4 lts o más/hora calculada en términos de aceites pesados ó la capacidad de transformación debe ser 20 kilovoltios de corriente continua o más.			0					
	15.Horno de esmaltado, horno de reverbero, horno de reacción y procesos de secado usados para manufactura de pigmento de plomo.	La capacidad debe ser 0.1 m ³ o más, o la tasa de quemado de combustible debe ser 4 lts o más por una hora calculada en términos de aceite pesado la tasa de capacidad de transformación debe ser 30 kilovoltios de corriente continua ó más			0					
CENIZAS Y ESCORIAS	16.Procesos industriales de incineración de lodo y desechos líquidos los cuales han sido producidos en una planta o lugar de negocios industrial mencionado en cada	han sido producidos en una teniendo un proceso industrial sustancia.	0	0	0	0	0	0	0	0
	17.Procesos de incineración de desechos plásticos	La capacidad de tratamiento es 0.1 ton. o más por/día		0	0	0				
CENIZAS	18.Procesos de reacción, horno de lavado y horno de asado usado para manufactura de fosfato trisódico (los procesos que no usan fosfato están excluidos)			0						

HOJA No. 21

CUADRO No. 4 (Continuación)

LISTA DE PROCESOS INDUSTRIALES COMO POSIBLES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS
 POR LA LEY JAPONESA
 TABLA 1 (Escorias- cenizas)

DESECHOS	PROCESOS INDUSTRIALES DESIGNADOS	SUSTANCIAS PELIGROSAS					SUSTANCIAS NO TAN PELIGROSAS		
		Hg.	Cd	Pb	Cr (VI)	As	Cu	Zn	F
	<p><u>NOTA:</u></p> <p>Hg : Mercurio y sus compuestos Zn : Zinc y sus compuestos Cr (VI) Cromo (VI) compuesto Cu : Cobre y sus compuestos Pb : Plomo y sus compuestos As : Arsénico y sus compuestos Cd : Cadmio y sus compuestos F : Fluor.</p>								

CUADRO No. 4 (Continuación)

LISTA DE PROCESOS INDUSTRIALES COMO POSIBLES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS
POR LA LEY JAPONESA

TABLA 2 (Lodos, Desechos ácidos y Desechos alcalinos)

No.	PROCESOS INDUSTRIALES DESIGNADOS	SUSTANCIAS PELIGROSAS											SUSTANCIAS NO TAN PELIGR.			
		Hg	Cd	Pb	O-P	Cr 6	As	CW	PCB	OC1	Cn	Zr	F			
1.	INDUSTRIA TEXTIL a.- Procesos de tintura b.- Procesos de tratamiento químicos					0								0	0	
2.	MANUFACTURA DE TEXTILES SINTETICOS a.- Procesos de hilandería b.- Procesos de tratamiento químico c.- Procesos de recuperación												0	0		
3.	TERMINADOS QUIMICOS DE MADERAS a.- Procesos del lavado químico					0	0				0	0	0	0		
4.	MANUFACTURA DE PULPA Y PAPEL a.- Jabón b.- Digestor c.- Acumulador para agua dirigida d.- Refinería de astillas y refinería de pulpa e.- Procesos de blanqueo f.- Papelera g.- Procesos de fibra húmeda h.- Desechos de gases de lavado										0					
5.	MANUFACTURA DE FERTILIZANTES a.- Procesos de filtración b.- Procesos de separación c.- Procesos de rompimiento de chorro de agua d.- Procesos de lavado de desechos de gas e.- Colector húmedo de polvo							0								0

CUADRO No. 4 (Continuación)

LISTA DE PROCESOS INDUSTRIALES COMO POSIBLES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS
POR LA LEY JAPONESA

TABLA 2 (Lodos, Desechos ácidos y Desechos alcalinos)

No.	PROCESOS INDUSTRIALES DESIGNADOS	SUSTANCIAS PELIGROSAS										SUSTANCIAS NO TAN PELIGR		
		Hg	Cd	Pb	O-P	Cr ₆₊	As	CN	PCB	CCl	Cn	Zn	F	
6.	MANUFACTURA DE HIDROXIDO DE SODIO E HIDROXIDO DE POTASIO (Electrolisis de mercurio) a.- Procesos de refinación de electrolitos b.- Procesos de electrolización	0												
7.	MANUFACTURAS DE PIGMENTOS INORGANICOS a.- Procesos de lavado b.- Procesos de filtración c.- Centrifugado (cadmio y sus compuestos) d.- Procesos de lavado de desechos de gas	0	0	0		0		0					0	
8.	MANUFACTURA DE QUIMICOS INORGANICOS a.- Procesos de filtración b.- Centrifugado c.- Reactor (cianuros) d.- Procesos de lavado de desechos de gas e.- Colectores de polvo húmedo f.- Procesos de lavado (carbón activado) procesos) g.- Adsorción y sedimentación (yodo)	0	0	0		0	0	0					0	0
9.	MANUFACTURA DE DERIVADOS DEL ACETILENO (Procesos de carburo) a.- Generación de acetileno húmedo b.- Proceso de lavado de monómeros de vinil cloruro	0							0			0		

CUADRO No. 4 (Continuación)

LISTA DE PROCESOS INDUSTRIALES COMO POSIBLES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS
POR LA LEY JAPONESA

TABLA 2 (Lodos, Desechos ácidos y Desechos alcalinos)

No.	PROCESOS INDUSTRIALES DESIGNADOS	SUSTANCIAS PELIGROSAS										SUSTANCIAS NO TAN PELIGR.			
		Hg	Cd	Pb	O-P	Cr ₆₊	As	CN	FCB	OCL	Cn	Zn	F		
	c.-Procesos de lavado de monomero de cloro-freno											0			
	d.- Lavado y destilación (esteracetato)													0	
	e.- Procesos de purificación con acetileno	0													
10.	MANUFACTURA DE DERIVADOS DE (MATHAME)														
	a.- Destiladora(alcohol metilico y 4 clorometanos)											0	0		
	b.- Lavado y filtración (gas freón)										0				0
11.	MANUFACTURA DE PIGMENTOS SIMTETICOS Y TINTES														
	a.- Reactor de condensación														
	b.- Procesos de lavado con agua (pigmentos y tintes lacas)					0		0			0	0	0		
	c.- Decantación centrífugada														
	d.- Lavado de desechos de gas														
12.	MANUFACTURA DE PLASTICOS SIMTETICOS														
	a.- Reactor de condensación											0	0		0
	b.- Procesos de lavado con agua								0			0			
	c.- Decantación centrífugada														
	d.- Gas lavado de enfriamiento y destilación (fluoruros,plásticos)										0			0	0
	e.- Procesos de (eashing)								0					0	0
	f.- Colector de polvo húmedo													0	0

CUADRO No. 4 (Continuación)

LISTA DE PROCESOS INDUSTRIALES COMO POSIBLES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS
POR LA LEY JAPONESA

TABLA 2 (Lodos, Desechos ácidos y Desechos alcalinos)

Nc.	PROCESOS INDUSTRIALES DESIGNADOS	SUSTANCIAS PELIGROSAS										SUSTANCIAS NO TAN PELIGR.					
		Hg	Cd	Pb	O-P	Cr ₆₊	As	CN	RCB	Q.T.	Cn	Zn	F				
17.	MANUFACTURA DE PELICULAS DE FOTOS a.- Lavado		0														
18.	MANUFACTURA DE SISTEMAS QUIMICOS ORGANICOS. De 9 al 17, producto de alquitrán de hulla, industrias de fermentación, gomas orgánicas químicas, detergentes sintéticos, jabones, pétroleos hidrogenados, ácidos, grasas, gela- tinas y cola, manufacturas naturales menores y manufacturas químicas de madera a.- Procesos de lavado con agua b.- Procesos de filtración c.- Procesos de lavado de desechos de gas	0	0	0	0	0		0		0	0	0	0	0			
19.	MANUFACTURA FARMACEUTICA a.- Procesos de filtración b.- Procesos de separación c.- Procesos de mezcla d.- Procesos de lavado del gas	0		0		0		0		0		0	0	0			
		0		0		0	0	0		0		0		0			
20.	MANUFACTURAS DE (RESTICIDES) a.- Procesos de mezcla			0	0			0									
21.	MANUFACTURA DE REACTIVOS QUIMICOS a.- Procesos	0	0	0	0	0	0	0									
22.	INDUSTRIA DE REFINACION DE PETROLEO a.- Proceso de lavado de lubricantes											0					
23.	MANUFACTURA DE VIDRIO a.- Procesos de esmerilado y lavado		0	0									0	0	0		

CUADRO No. 4 (Continuación)

LISTA DE PROCESOS INDUSTRIALES COMO POSIBLES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS
POR LA LEY JAPONESA

TABLA 2 (Lodos, Desechos ácidos y Desechos alcalinos)

No.	PROCESOS INDUSTRIALES DESIGNADOS	SUSTANCIAS PELIGROSAS										SUSTANCIAS NO TAN PELIGR					
		Hg	Cd	Pb	O-P	Cr	As	C N	PCB	OCL	Cn	Zn	F				
	b.- Procesos de lavado de gas																
24.	MANUFACTURA DE ELEMENTOS DE BARRO CRUDO																
	a.- Presión con chorro de agua																
	b.- Procesos de separación		0	0											0	0	
	c.- Procesos de tratamiento ácido																
	d.- Procesos de deshidratación																
25.	INDUSTRIA DEL HIERRO																
	a.- Procesos de separación del gas y el alquitrán									0							
	b.- Procesos de enfriamiento y lavado del gas													0	0	0	
	c.- Colector de polvo húmedo													0	0	0	
26.	MANUFACTURAS DE METALES NO FERROSOS																
	a.- Revestimiento								0								
	b.- Electrolisis			0					0					0	0	0	
	c.- Refinería de mercurio	0															
	d.- Lavado del desecho de gas													0	0	0	
	e.- Colector de polvo húmedo	0	0	0					0					0	0	0	
27.	MANUFACTURAS DE MAQUINARIA INDUSTRIAL																
	a.- Endurecimiento									0							
	b.- Electrolisis							0		0				0	0		
	c.- Procesos de producción de cadmio y electrodos de plomo		0	0													
	d.- Refinación de mercurio	0												0	0		
	e.- Lavado del desecho de gas	0	0	0				0						0	0		

CUADRO No. 4 (Continuación)

LISTA DE PROCESOS INDUSTRIALES COMO POSIBLES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS
POR LA LEY JAPONESA

TABLA 2 (Lodos, Desechos ácidos y Desechos alcalinos)

No.	PROCESOS INDUSTRIALES DESIGNADOS	SUSTANCIAS PELIGROSAS										SUSTANCIAS NO TAN PELIGR.		
		Hg	Cd	Pb	O-P	Cr ₆₊	As	CN	PCB	OCL	Cn	Zn	F	
28.	a.- Procesos para tratamiento de ácidos y bases de metales lisos		0	0		0	0					0	0	0
29.	a.- Electroplatinado		0	0		0		0		0		0	0	0
30.	MANUFACTURAS DE (TONCAS Y DEKE) a.- Separación del gas líquido b.- Enfriamiento y lavado incluyendo desulfurización							0						
31.	SERVICIOS DE ALOJAMIENTO a.- Lavado						0							
32.	LAVANDERIA a.- Lavado									0				
33.	REVELADO DE FOTOS a.- Lavado automático		0					0						
34.	INVESTIGACION, DETERMINACION DE MEDIDAS O EDUCACION PROFESIONAL Y TECNOLOGICA (Excluidas ciencias humanas) a.- Procesos de lavado. b.- Procesos de endurecimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
35.	MANUFACTURA DE EXPLOSIVOS a.- Procesos de fabricación de trinitroresorcinol plomo			0										

CUADRO No. 4 (Continuación)

**LISTA DE PROCESOS INDUSTRIALES COMO POSIBLES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS
POR LA LEY JAPONESA**

TABLA 2 (Lodos, Desechos ácidos y Desechos alcalinos)

No.	PROCESOS INDUSTRIALES DESIGNADOS	SUSTANCIAS PELIGROSAS										SUSTANCIAS NO TAN PELIGR.					
		Hg	Cd	Pb	O-P	Cr ₆₊	As	CN	PCB	OCL	Cn	Zn	F				
36.	a. Colector de polvo (procesos de incineración)								0								
37.	MANUFACTURA FARMACEUTICA a.- Procesos de mezclado											0		0			
38.	MANUFACTURA DE PESTICIDAS a.- Procesos de mezclado											0	0	0	0		
39.	MANUFACTURA DE REACTIVOS QUIMICOS a.- Procesos											0	0	0	0		
40.	a.- Tratamiento de alisado usando compuestos de cloro orgánico											0					
41.	MANUFACTURA DE METALES PRECIOSOS a.- Refinación de cianuro								0				0	0			
42.	INDUSTRIA DE LAMINAS PARA IMPRENTA: a.- Procesos de enrejamiento b.- Procesos de lavado con agua c.- Procesos de putrefacción												0	0	0		0
43.	MANUFACTURAS DE HIERRO a.- Procesos de mezcla b.- Procesos de oxidación-neutralización c.- Procesos de lavado con agua													0	0		

CUADRO No. 4 (Continuación)

LISTA DE PROCESOS INDUSTRIALES COMO POSIBLES GENERADORES DE RESIDUOS PELIGROSOS
POR LA LEY JAPONESA

TABLA 2 (Lodos, Desechos ácidos y Desechos alcalinos)

No.	PROCESOS INDUSTRIALES DESIGNADOS	SUSTANCIAS PELIGROSAS										SUSTANCIAS NO TAN PELIGR.			
		Hg	Cd	Pb	O-P	Cr ⁶⁺	As	CN	PCB	C-Cl	Cn	Zn	F		
44.	MANUFACTURA DE BATERIAS PRIMARIAS a.- Procesos de fundición b.- Otros procesos													0	
45.	a.- Procesos de tratamiento de lodos, desechos de ácidos y de alcalis producidos en una planta o en un lugar de negocios teniendo los procesos arriba mencionados.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<p><u>NOTA:</u> O-P : Compuesto Organo-fosforados CN : Cianuros O-Cl: Cloruro Organico PCB: Policlorur Binilo</p> <p>Las palabras () aparecen en inglés por no haberse encontrado su traducción</p>															

ó para manufactura de productos químicos industriales inorgánicos.

- Horno de fundido usado para refinería o moldeo de metales.
- * Hornos de reacción usados para productos químicos industriales inorgánicos o alimentos (incluyendo equipos de combustión usados para manufactura de carbón negro.)
- * Horno de secado
- Horno eléctrico usado para fabricación de metal bruto en lingotes o fabricación de acero o aleaciones de hierro ó carburo.
- Horno de asado y horno de fundido para manufactura de productos de cerámica.

2.- CENIZAS Y ESCORIAS
PELIGROSAS

- ;
- * Incineración de lodo y desechos líquidos los cuales han sido producidos en una planta de tratamiento o lugar de negocios.

3.- LODOS, DESECHOS ACIDOS
Y DESECHOS ALCALINOS
PELIGROSOS:

- Incineración de desechos plásticos.
- * Manufactura de pigmentos inorgánicos.
- * Manufactura de químicos inorgánicos.
- Manufactura de derivados del acetileno (proceso de carburo)
- Manufactura de pigmentos sintéticos y tintes
- Industria petroquímica
- * Manufactura de sistemas químicos orgánicos
- * Manufactura farmacéutica
- * Manufactura de reactivos químicos.
- Manufacturas de metales no ferrosos.
- Manufactura de maquinaria industrial
- Tratamiento de ácidos y bases de metales lisos
- Electroplatinado
- * Tratamiento de lodos, desechos de ácidos y de alcalis producidos en una planta de tratamiento o en un lugar de negocios

NOTA: Los items identificados con * son los que ocasionan problemas mayores.

El Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud de Colombia en su artículo NO. 20, considera sustancias de interés sanitario o sea sustancias que requieran un control especial por parte de salud, casi todas las sustancias consideradas peligrosas y no tan peligrosas en el cuadro No.4. Además el paragrafo de éste artículo dice que el Ministerio de Salud podrá considerar como de interés sanitario sustancias diferentes a las relacionadas en el artículo.

Si los lixiviados de los sitios de almacenamiento y disposición final de desechos sólidos vierten a un recurso de agua, deberán cumplir con el artículo 74 de éste Decreto..

En los cuadros Nos. 1 y 2 se identifican los tipos de establecimientos industriales ubicados en la zona Cali-Yumbo y se determina el porcentaje sobre el universo industrial.

De los establecimientos industriales existentes en la zona Cali-Yumbo y con base en los datos del cuadro No.4, se identifican en una primera instancia, los siguientes tipos como los mayores generadores de desechos sólidos peligrosos:

- .- INDUSTRIA METALMECANICA
- .- INDUSTRIA QUIMICA Y PRODUCTOS ALIADOS
- .- INDUSTRIA DE CURTIEMBRES Y MANUFACTURAS DE CUERO
- .- MANUFACTURA DE MAQUINARIA

En el área urbana de Cali éstos tipo de establecimientos industriales corresponden al 37.22% sobre el universo

CUADRO No. 5

PRODUCCION DE RESIDUOS SOLIDOS INDUSTRIALES EN EL AREA
URBANA DE CALI

TIPO DE ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	Número de establecimientos industriales de cada tipo	Número de empleados	Indice de producción de RSI Ton./emp./año	Producción de RSI Ton./año
Procesadores de carne			6.2	
Fábrica de conservas	1	180	55.6	10008
Alimentos congelados			18.3	
Alimentos preservados	7	288	12.9	3715
Alimentos procesados	24	2237	5.8	12975
Productos textiles	3	304	0.26	79
Ropa	4	2918	0.31	905
Aserraderos			162.0	
Productos de madera	1	60	10.3	618
Muebles			0.52	
Papel y productos aliados	3	138	2.0	276
Pintura y publicidad	2	1192	0.49	584
Químicos básicos	1	17	10.0	170
Químicos y productos aliados	21	3898	0.63	2456
Petróleo			14.80	
Caucho y plástico	3	922	2.6	2397
Cuero	1	106	0.17	18
Piedra arcilla			2.4	
Metales primarios	6	1157	24.0	27768
Metales fabricados	7	714	1.7	1214
Maquinaria no eléctrica			2.6	
Maquinaria eléctrica	2	230	1.7	391
Equipo de transporte			1.3	
Instrumental profesional y científico	2	436	0.12	52
Servicios	43	1600	0.14	224
<u>TOTAL</u>	131			63850

industrial. En ACOPI-YUMBO, estos tipos de establecimientos industriales corresponden al 51.3% sobre el universo industrial.

Debe tenerse en cuenta que todos los procesos de tratamiento que remuevan metales pesados, sustancias ácidas o alcalinas producen residuos sólidos peligrosos.

VI. CUANTIFICACION GLOBAL DEL PROBLEMA Y ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES

Con el fin de poder hacer una cuantificación global del problema que permitiera ver su magnitud aun en forma preliminar se solicitó a EMCALI y CVC el dato de número de empleados por establecimiento industrial y se aplicaron los índices de producción de residuos sólidos industriales dados por " Industrial Solid Waste Management" de Richard N. Eldreadge P.E.

El dato de número de empleados solo se obtuvo para la industria más representativa por tanto la producción de residuos sólidos industriales calculada es parcial (Ver cuadros No. 5 y 6).

En el área urbana de Cali sólo el 23% de los establecimientos industriales aportaron el dato de No. de Empleados. En ésta condiciones se calcula una producción anual de residuos sólidos industriales de 63850 toneladas ó sea que la producción real de éste tipo de residuos puede ser del orden de 278000 Ton/año ó sea una producción diaria de 772 Ton.

CUADRO No. 6

PRODUCCION DE RESIDUOS SOLIDOS INDUSTRIALES (R.S.I.)
EN LA ZONA ACOPI - YUMBO

Ton./Año

TIPO DE ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	Número de establecimientos industriales de cada tipo	Número de Empleados	Indice de producción de R.S.I. Ton./Emp./Año	Producción de R.S.I. Ton./año
Procesadores de carne	-		6.2	
Fábrica de conservas	-		55.6	
Alimentos congelados	1	70	18.3	1281
Alimentos preservados	1	32	12.9	413
Alimentos procesados	3	640	5.8	3712
Productos textiles	3	815	0.26	212
Ropa	1	280	0.31	87
Aserraderos	-		162.0	
Productos de madera	1	103	10.3	1061
Muebles	-		0.52	
Papel y productos aliados	5	1762	2.0	3524
Pintura y publicidad	2	148	0.49	73
Químicos básicos	2	44	10.0	440
Químicos y productos aliados	12	1103	0.63	695
Petróleo	1	80	14.8	1184
Caucho, plástico	9	1403	2.6	3648
Cuero	-		0.17	
Piedra y arcilla	3	140	2.4	336
Metales primarios	3	788	24.0	18912
Metales fabricados	11	1505	1.7	2559
Maquinaria no eléctrica	5	595	2.6	1547
Maquinaria eléctrica	1	267	1.7	454
Equipo de transporte	1	14	1.3	18
Instrumental profesional y científico	1	80	0.12	10
Servicios	7	363	0.14	51
TOTAL	73			36937

En la zona Acopi-Yumbo el 65% de los establecimientos industriales aportaron el dato de número de empleados. Para ésta cantidad de establecimientos industriales se tendría una producción anual de Residuos sólidos industriales de 36937 toneladas ó sea que la producción real podría acercarse a 57000 toneladas/año ó sea una producción diaria aproximada de 158 toneladas.

Si a éstos datos de producción de residuos industriales se aplican los porcentajes obtenidos de tipos de establecimientos mayores generadores de desechos sólidos peligrosos., se podría calcular que en el área urbana de Cali, se producen diariamente aproximadamente 287 toneladas de residuos sólidos industriales peligrosos y en la zona industrial ACOPI-Yumbo se producen diariamente 81 toneladas de residuos sólidos industriales peligrosos ó sea que en la zona Cali-Yumbo se estarían produciendo actualmente alrededor de 368 toneladas de residuos sólidos industriales que requieren manejo especial. Estos cálculos no tienen mucho fundamento matemático y solo tratan de mostrar numéricamente la magnitud del problema.

Para transportar 368 toneladas diarias de R.S.I. se requerirían 23 vehículos recolectores que recojan 8 toneladas cada uno y que realicen 2 viajes diarios al sitio de disposición final.

En cuanto al sitio de disposición final, si el sistema escogido es el relleno sanitario se requerirían aproximadamente 74 m² de terreno diariamente, con una profundidad promedio de relleno de 10 metros ó sea aproximadamente 2 hectáreas anuales.

Los datos anteriores muestran que la producción de residuos industriales peligrosos en la zona Cali-Yumbo amerita tenerse

en cuenta, como una causa importante de contaminación ambiental y por tanto debe establecerse un programa de control de éste tipo de residuos , partiendo del control de los generados por los siguientes tipos de establecimientos industriales en una primera instancia y ampliando éste control paulatinamente a todos los establecimientos industriales según su importancia en la generación de residuos sólidos peligrosos:

	No. de establecimien- tos en el área urbana de Cali.	No. de esta- blecimientos en la zona ACOPI-YUMBO
	<hr/>	<hr/>
- INDUSTRIA METALMECANICA	35	15
- INDUSTRIA QUIMICA Y PRODUCTOS ALIADOS	75	28
- INDUSTRIA DE CURTIEMBRES Y MANUFACTURAS DE CUERO	2	1
- MANUFACTURA DE MAQUINARIA	<u>98</u>	<u>13</u>
TOTAL	210	57
% SOBRE EL UNIVERSO INDUSTRIAL	37%	51%

VII. LINEAMIENTOS BASICOS DEL PLAN DE ACCION PROPUESTO

Los siguientes son los lineamientos básicos para crear un sistema adecuado de manejo de residuos sólidos industriales peligrosos.

- 1.- Que sea claro y simple, de modo que la mayoría de los interesados lo comprenda.

- 2.- Que tenga pequeño flujo de papeles, evitando de éste modo una burocracia inútil.
- 3.- Que esté acorde con los otros sistemas de control de contaminación ambiental, tales como contaminación atmosférica y del recurso hídrico.
- 4.- Que tenga una estructura tendiente a motivar el cambio de los procesos productores de residuos en vez de aceptarlos como condiciones no alterables.
- 5.- Que aproveche al máximo las instituciones y estructuras administrativas existentes y que haya concordancia entre la demanda de trabajo administrativo y de laboratorio a ser originado por el sistema y la oferta disponible en el futuro cercano.

El programa de control de contaminación atmosférica y del agua que en la zona Cali-Yumbo adelantan la Unidad Regional de Salud de Cali, la CVC , por delegación del Gobierno Nacional (Acuerdo 14 de 1976) y las Empresas Municipales de Cali por delegación de la CVC (Acuerdo No. 4 de 1981) esta avanzando, por lo tanto deben tomarse las debidas precauciones en lo que respecta a lodos y cenizas generados por los sistemas del tratamiento

Por lo tanto, el sistema de manejo de residuos sólidos industriales peligrosos deberá desarrollarse en base a los sistemas existentes de control de contaminación atmosférica y de agua, aprovechando su infraestructura tal como sistemas de información y recursos humanos de vigilancia. Por ejemplo, es necesario desarrollar y utilizar un sistema único de registro industrial para todos los sistemas

de control de contaminación ambiental, actualizándolo periódicamente.

Aprovechando al máximo las instituciones y estructuras administrativas de control de contaminación ambiental existentes al establecer el sistema de manejo de residuos sólidos peligrosos se evitará la duplicación de esfuerzos, se acelerará el intercambio de información entre los diferentes sistemas y se reducirá el costo del control. Además se evitará a las industrias la molestia de dos ó más instituciones, paralelamente exigiendo casi los mismos documentos, información, etc.

También es preciso que haya concordancia entre la demanda de trabajo administrativo y de laboratorio a ser originada por el sistema y la oferta disponible en el futuro cercano. Este asunto deberá considerarse cuidadosamente:

- .- Al desarrollar los criterios y/o lista de materiales para la determinación de residuos sólidos peligrosos, y
- .- Al crear los sistemas para rastrear residuos desde su generación hasta su disposición final.

Lo primero determinará las características cuantitativas y cualitativas del trabajo de laboratorio requerido. y lo último las del trabajo administrativo. La elaboración del sistema sin la debida atención a éste asunto correrá el riesgo de estancamiento total.

Partiendo de los lineamientos básicos mencionados anteriormente se presentará a continuación una propuesta de plan de acción para estructurar el sistema de manejo de residuos sólidos industriales en la zona Cali-Yumbo.

El sistema de manejo de residuos sólidos industriales se compondrá de 4 subsistemas, a saber:

- 1.- Subsistema de generación
- 2.- Subsistema de transporte
- 3.- Subsistema de disposición final
- 4.- Subsistema de supervisión, control y asesoría.

A través del control efectivo de los primeros tres subsistemas a realizarse por el último subsistema, se procurará asegurar que los residuos sólidos generados por un determinado establecimiento industrial sean manipulados, transportados y dispuestos de forma que se disminuyan las implicaciones ambientales que ocurrirán en el caso de una disposición incorrecta de los mismos sobre el suelo, eliminando en la medida de lo posible las indeseables descargas clandestinas.

A continuación se presentan los conceptos básicos de cada subsistema:

SUBSISTEMA DE GENERACION

Se trata del subsistema que identifica y controla a las industrias generadoras de residuos sólidos industriales clasificados en peligrosos y no peligrosos.

Uno de los puntos claves de este subsistema es una definición de los residuos sólidos industriales peligrosos que se pueda llevar a la práctica.

Dos de las metodologías más usadas para identificar los residuos como peligrosos son:

- .- Método por características ----- definición directa
- .- Método por lista ----- definición indirecta

A pesar de que el Decreto 2104 de 1983, define los residuos sólidos especiales(en los cuales están incluidos los peligrosos) por sus características(inflamabilidad, corrosividad, reactividad, toxicidad, etc.), éste método de clasificación requiere mucho trabajo de laboratorio y análisis de laboratorio muy complicados.

En cambio, en el caso del método por lista no se discuten las características peligrosas de los residuos en forma directa, razón por la cual se llama de "definición indirecta."

Generalmente se usan dos tipos de listas:

- .- Lista de elementos ó compuestos químicos peligrosos con sus niveles máximos permisibles(contenido en residuos y/o concentración en lixiviado)

Para determinar ésta lista y sus niveles máximos permisibles se deberá partir del Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Salud.

- .- Lista de industrias y/o procesos industriales que tienen alta posibilidad de producir residuos que incluyan los elementos ó compuestos químicos de la primera lista.

En éste caso los residuos industriales peligrosos son definidos como tales cuando provienen de industrias y/o procesos industriales listados por emplear elementos ó compuestos químicos también listados y su nivel sea superior al establecido. Los trabajos de laboratorio serán menores y más sencillos.

Ya que el método más común de disposición final de residuos sólidos es el relleno sanitario y en éste caso existe la fracción soluble de residuos sólidos que puede movilizarse y que tiene la potencia de contaminar el recurso hídrico (Ver gráfico No.1) es importante determinar el grado y tipo de contaminación. Esto puede determinarse realizando la prueba por lixiviación ó procedimiento de extracción (PE). Los resultados del PE se evalúan comparandolos con los estandares de lixiviado establecidos (Ver cuadro No. 3).

El siguiente es el procedimiento utilizado en el Japón, para realizar la prueba por lixiviación (P.E.)

- 1.- Si la dimensión de la partícula excede de 5 mm, pulverizar y tamizar la muestra a fin de conseguir dimensiones que oscilen entre 0.5 y 5 mm.
- 2.- Poner (A \geq 50) gramos de la muestra en el solvente (agua destilada con ácido clorhídrico, pH 5.8 a 6.3) de tal manera que se obtenga 10A mililitros de solución.
- 3.- Agitar la solución mediante vibradores durante 6 horas (200 vibraciones por minuto, amplitud de vibración 5 cm a 1 atmósfera de presión y a 20°C de temperatura).
- 4.- Filtrar la solución utilizando papel de filtro de fibra de vidrio (GFP) con poros de 1 μ de diámetro.
- 5.- El filtrado debe ser luego analizado utilizando los métodos descritos en la orden de la oficina del primer ministro.

La lista de industrias y/o procesos deberá desarrollarse con base en los resultados de un levantamiento industrial realizado en toda la zona Cali-Yumbo. El anexo No.2, es un formulario elaborado por CETESB del Brazil para realizar un levantamiento industrial.

El levantamiento industrial permitirá caracterizar cualitativa y cuantitativamente los residuos generados por industrias y/o procesos pertenecientes a una misma rama de actividades.

Así mismo es conveniente establecer, en base a los resultados del levantamiento industrial, el límite máximo de producción mensual de residuos sólidos peligrosos, exigiendo el cumplimiento de responsabilidades como generadores de residuos sólidos industriales peligrosos, solo a aquellas fábricas que generen el límite mínimo., la idea es enfocar nuestros esfuerzos y limitados recursos en el control de las fábricas que generen más residuos peligrosos cualitativa y cuantitativamente.

Otro punto clave para la elaboración de éste sistema es la preparación y actualización del registro industrial, Sin esto la lista no servirá de nada. Generalmente las industrias y los procesos cambian rápidamente. Por consiguiente la continua actualización del registro industrial es vital para el funcionamiento del sistema. Además como se explicó anteriormente será necesario desarrollar y utilizar un único sistema de registro industrial para todos los sistemas de control de contaminación ambiental a fin de aumentar la eficiencia y bajar el costo del sistema.

En base al uso de un mismo sistema de registro industrial se debe fortalecer la vinculación de las actividades de supervisión, control y asesoría en el campo de los residuos sólidos industriales peligrosos con los de los campos de contaminación atmosférica y de agua, lo cual facilitará el cambio de procesos generadores y/o de materia prima y resolverá simultáneamente los problemas de conservación de recursos no-renovables y contaminación ambiental.

SUBSISTEMA DE TRANSPORTE

El objetivo de éste subsistema será el de mantener un control sobre el movimiento de residuos sólidos industriales peligrosos a través del otorgamiento de licencias a los transportadores y de su supervisión y control. Este control contribuirá a garantizar que un determinado residuo recolectado en su punto de generación sea transportado en forma segura y depositado en lugares que presenten condiciones para recibirlo.

Las firmas que transporten ó pretendan transportar residuos sólidos industriales peligrosos (ya sean oficiales ó privadas) deberán comparecer ante el organismo fiscalizador y solicitar una licencia.

La información que deberán proporcionar es:

- 1.- Tipo de residuos a transportar
- 2.- Equipos a utilizar
- 3.- Nombre del responsable del servicio, etc.

Los generadores de residuos sólidos peligrosos deberán entregar dichos residuos únicamente a transportadores autorizados (licencia correspondiente al tipo de residuos peligrosos a ser entregados)

Además los generadores no deberán entregarlo sin indicarles su destino final (el sitio de disposición final autorizado). Es decir, la entrega de los residuos a transportadores autorizados no liberará a los generadores de ésta responsabilidad y, en caso de disposición ilegal por parte de los transportadores y los operadores de los sitios de disposición final, los generadores también serán culpables legalmente.

A cada transportador autorizado se le otorgará un número de identificación que deberá aparecer en los equipos a ser utilizados, en los manifiestos de carga y toda correspondencia remitida y mante-

nida con el Órgano supervisor.

El punto clave para la elaboración de éste subsistema es la creación del sistema para rastrear residuos desde su generación hasta su disposición final. Para tal efecto será necesario establecer el sistema de manifiestos de carga.

La siguiente información es básica en los manifiestos de carga:

- .- No de serie del manifiesto,
- .- Fecha y hora (de salida, llegada, etc.)
- .- Identificación del generador.
- .- Identificación del transportador (con número de placas de los vehículos autorizados)
- .- Identificación del operador del sitio de disposición final
- .- Descripción de los residuos (tonelaje, volumen, No. de recipientes, tipo, características de peligrosidad, etc.)
- .- Instrucciones especiales de manejo para el transportador y el operador del sitio de disposición final.
- .- Firmas (generador, transportador y operador)

Copias de éstos manifiestos deben tener el generador, el transportador y el operador. El original será para el supervisor.

Las características del equipo de transporte se determinarán de acuerdo con las condiciones de los residuos a transportar.

SUBSISTEMA DE DISPOSICION FINAL.

Se tratará del subsistema que autorice y controle los sitios de disposición final para residuos sólidos industriales peligrosos.

Las características de los RSI son muy variables y se necesita buscar la mejor alternativa de tratamiento y/o disposición final para cada caso desde el punto de vista técnico y económico. Por ejemplo en el caso de residuos con alto contenido de PCB el método más aconsejable es la incineración a altas temperaturas.

Sin embargo, en la mayoría de los casos el método más conveniente es el Relleno Sanitario diseñado y operado para la disposición final de residuos sólidos industriales peligrosos, ya que su costo es relativamente bajo. Por consiguiente para la elaboración de éste subsistema es primordial la autorización y el control de rellenos sanitarios programados para la disposición final de residuos peligrosos. En éste caso, el interesado deberá presentar un proyecto completo ante el organismo supervisor.

Para autorizar y controlar los rellenos de residuos peligrosos (rellenos especiales) es fundamental contar con normas técnicas.

Los rellenos especiales deben ser proyectados, implantados y operados de tal manera que:

- .- Se garantice la protección a largo plazo de la calidad del acuífero, la salud pública y el medio ambiente en general.
- .- Se eviten problemas de reacciones por disponer conjuntamente residuos potencialmente incompatibles (ver anexo No.1)
- .- Se minimicen erosiones, deslizamientos y desmoronamientos.
- .- Se posibilite el monitoreo eficiente de la calidad de las aguas.

Siempre que las condiciones naturales del sitio escogido no cumplan con éstos requisitos, será necesario mejorarlos a través de:

- .- La implantación de un sistema de drenaje de aguas superficiales.
- .- La impermeabilización del relleno.
- .- La implantación de un sistema de recolección, remoción y tratamiento de líquidos percolados del relleno.

Por último para la implantación de éstos rellenos especiales deberá considerarse:

- .- Selección del sitio adecuado para la ubicación de un relleno especial (En la zona Cali-Yumbo será necesario el concepto favorable del comité de usos del suelo).
- .- Proyecto desarrollado con mucho criterio y operación correcta.
El proyecto deberá proporcionar la siguiente información.
- .- Mapa del sitio indicando cuerpos de agua, pozos, viviendas y vías de acceso existentes en las cercanías.
- .- Tipo de residuos a disponer y tasa diaria de disposición.
- .- Tipo de suelo y nivel de napa freática.
- .- Proyecto original del relleno
- .- Modo de operación y mantenimiento.
- .- Plan para imprevistos y procedimientos de emergencia.
- .- Plan de monitoreo de aguas subterráneas.

SUBSISTEMA DE SUPERVISION, CONTROL Y ASESORIA

Se tratará del subsistema de apoyo que coordina y favorece el debido cumplimiento de las funciones de los otros tres subsistemas mencionados. Este es el subsistema clave de todo el sistema razón por la cual el debido análisis de la capacidad administrativa del supervisor así como la elaboración de un programa firme para fortalecer dicha capacidad, se hacen necesarios.

A continuación se presentan las principales funciones de éste subsistema que facilitan el desarrollo del referido trabajo:

- .- Coordinar y apoyar el debido cumplimiento de las funciones de los otros tres subsistemas.
- .- Mantener el registro de las industrias generadoras y actualizarlo continuamente.
- .- Revisar las solicitudes de transportadores y sitios de disposición final, otorgarles la licencia e incluirlos en el registro.

- .-Procesar los informes anuales y los manifiestos de carga a identificar posibles problemas .
- .- Inspeccionar y asesorar la operación de almacenamiento, transporte y disposición final de residuos sólidos industriales peligrosos.

Con el fin de poder implementar éste plan de acción propuesto, será necesario realizar una reglamentación sobre manejo de residuos sólidos peligrosos que aclare los siguientes tres deberes de los que los generan, así como presente el sistema técnico, económico e institucional tendientes a hacerlos cumplir:

- .-Los generadores de residuos sólidos industriales peligrosos deben tratar de cambiar de procesos y/o materias primas para reducir la cantidad de dichos residuos.
- .- Los generadores de residuos sólidos industriales peligrosos deben tratar de separar los que son peligrosos de los que no lo son para reducir la cantidad de residuos peligrosos a disponer y facilitar su reutilización y reciclaje.
- .- Los generadores de residuos sólidos industriales peligrosos deben tratar de reutilizarlos y reciclarlos para reducir la cantidad de dichos residuos a disponer.

Por último la reglamentación debe dejar claro que los generadores de éste tipo de residuos sólidos son los responsables de ellos y por tanto deben responder por los problemas que su manejo ocasione.

Esta reglamentación debería ser realizada por el Gobierno Nacional y éste debería ser el que determinara cuales de las instituciones involucradas (Unidad Regional de Salu de Cali, CVC, EM-CALI y EMSIRVA) serían las encargadas de cada subistema ó de

la totalidad del sistema y asignarles el área en la cual deberían actuar, dentro de la zona Cali-Yumbo.

Los residuos sólidos industriales no peligrosos no requieren un sistema de manejo especial y por tanto pueden manejarse junto con los residuos sólidos residenciales y/o comerciales.

ANEXO I
EJEMPLOS DE RESIDUOS POTENCIALMENTE INCOMPATIBLES

GRUPO 1-A

- Lodo de acetileno
- Líquidos fuertemente alcalinos
- Líquidos de limpieza alcalinos
- Líquidos alcalinos corrosivos
- Líquido alcalino de batería
- Aguas residuales alcalinas
- Lodo de cal y otros álcalis corrosivos
- Agua residual de cal
- Soluciones de cal
- Soluciones cáusticas gastadas

Potenciales efectos de mixtura de residuos del Grupo 1-A con los del Grupo 1-B

GRUPO 1-B

- Lodo ácido
- Soluciones ácidas
- Ácidos de batería
- Líquidos de limpieza
- Electrolitos ácidos
- Líquidos utilizados para aquafuerte
- Baños de decapaje y otros ácidos corrosivos
- Ácidos gastados
- Mixtura de ácidos gastados
- Ácido sulfúrico gastado

Generación de calor, reacción violenta

GRUPO 2-A

- Aluminio
- Berilio
- Calcio
- Litio
- Magnesio
- Potasio
- Sodio
- Cinc en polvo
- Otros metales reactivos e hidruros metálicos

Potenciales efectos de mixtura de residuos del Grupo 2-A con los del Grupo 2-B

GRUPO 2-B

- Cualquier residuo del Grupo 1-A o 1-B

Fuego o explosión, generación de hidrógeno gaseoso inflamable

GRUPO 3-A

- Alcoholes
- Soluciones acuosas

GRUPO 3-B

- Cualquier residuo concentrado del Grupo 1-A o 1-B
- Calcio
- Litio
- Hidruros metálicos
- Potasio
- SO_2Cl_2 , SOCl_2 , PCl_3 , CH_3SiCl_3
- Otros residuos reactivos con agua

Potenciales efectos de mixtura de residuos del Grupo 3-A con los del Grupo 3-B

Fuego, explosión o generación de calor, generación de gases inflamables o tóxicos

GRUPO 4-A

- Alcoholes
- Aldenidos
- Hidrocarburos halogenados
- Hidrocarburos nitrados
- Hidrocarburos insaturados
- Otros compuestos orgánicos reactivos y solventes

Potenciales efectos de mixtura de residuos del Grupo 4-A con los del Grupo 4-B

GRUPO 4-B

- Residuos concentrados del Grupo 1-A o 1-B
- Residuos del Grupo 2-A

Fuego, explosión o reacción violenta

GRUPO 5-A

- Soluciones gastadas de cianuros y sulfuros

Potenciales efectos de mixtura de residuos del Grupo 5-A con los del Grupo 5-B

GRUPO 5-B

- Residuos del Grupo 1-B

Generación de gas tóxico (HCN o H₂S)

GRUPO 6-A

- Cloratos
- Cloro
- Clorilos
- Acido crómico
- Hipocloritos
- Nitratos
- Acido nítrico fumante
- Percloratos
- Permanganatos
- Peróxidos
- Otros oxidantes fuertes

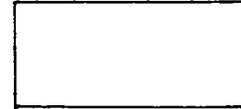
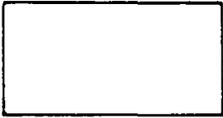
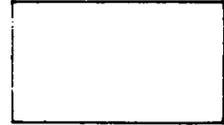
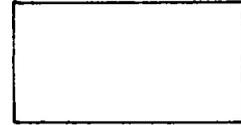
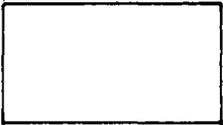
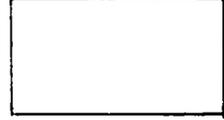
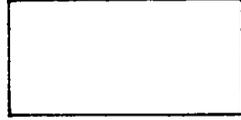
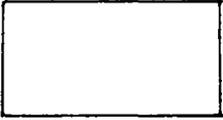
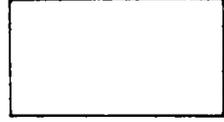
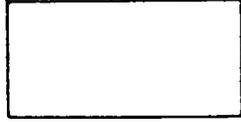
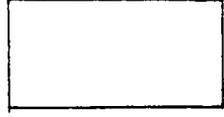
Potenciales efectos de mixtura de residuos del Grupo 6-A con los del Grupo 6-B

GRUPO 6-B

- Acido acético y otros ácidos orgánicos
- Acidos minerales concentrados
- Residuos del Grupo 2-A
- Residuos del Grupo 4-A
- Otros residuos combustibles o inflamables

Fuego, explosión o reacción violenta

2- Plagocnans



03 - RESIDUOS SÓLIDOS									
A - Residuos Sólidos originados en el proceso industrial y en las estaciones de tratamiento de efluentes									
RESIDUO No (ver flujograma) Origen: Estado físico: Densidad: Cantidad producida: Frecuencia de producción: Acondicionamiento en el origen: Componentes principales:	Acondicionamiento para el transporte Latas _____ Canecas _____ m ³ _____ Sacos plásticos _____ junto con el residuo general de la fabrica _____ <hr/> Responsable por el transporte Propia industria _____ Terceros (ver comentarios) _____ Frecuencia de transporte _____ <hr/> Disposición Final La propia industria { <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>Relleno</td><td>_____</td></tr> <tr><td>Cielo abierto</td><td>_____</td></tr> <tr><td>Laguna</td><td>_____</td></tr> <tr><td>Quema a cielo abier</td><td>_____</td></tr> </table> <hr/> Relleno municipal de _____	Relleno	_____	Cielo abierto	_____	Laguna	_____	Quema a cielo abier	_____
Relleno	_____								
Cielo abierto	_____								
Laguna	_____								
Quema a cielo abier	_____								
RESIDUO CATEGORIA									
RESIDUO No (ver flujograma) Origen: Estado físico: Densidad: Cantidad producida: Frecuencia de producción: Acondicionamiento en el origen: Componentes principales:	Acondicionamiento para el transporte Latas _____ Canecas _____ m ³ _____ Sacos plásticos _____ junto con el residuo general de la fabrica _____ <hr/> Responsable del transporte Propia industria _____ Terceros (ver comentarios) _____ Frecuencia de transporte _____ <hr/> Disposición Final La propia industria { <table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>Relleno</td><td>_____</td></tr> <tr><td>Cielo abierto</td><td>_____</td></tr> <tr><td>Laguna</td><td>_____</td></tr> <tr><td>Quema a cielo abier</td><td>_____</td></tr> </table> <hr/> Relleno municipal de _____	Relleno	_____	Cielo abierto	_____	Laguna	_____	Quema a cielo abier	_____
Relleno	_____								
Cielo abierto	_____								
Laguna	_____								
Quema a cielo abier	_____								
RESIDUO CATEGORIA									

5- OTROS RESIDUOS	
<p>R BOLSON GENERAL DE LA FABRICA Cantidad producida COMPONENTES PRINCIPALES</p> <p style="text-align: right; margin-right: 20px;">%</p> <p>Variación en general _____</p> <p>Residuos de jardineria _____</p> <p>Estopa o restos de tejidos _____</p> <p>Residuos de metales no com. _____</p> <p>Residuos de goma plástica _____</p> <p>Vidrio _____</p> <p>Material cerámico _____</p> <p>Sacombros _____</p> <p>Plástico _____</p>	<p><u>Acondicionamiento para el transporte</u></p> <p>Latas _____</p> <p>Canecas _____ m³ _____</p> <p>Sacos plásticos _____</p> <hr/> <p><u>Responsable por el transporte</u></p> <p>Propia industria _____</p> <p>Terceros (ver comentarios) _____</p> <p>Frecuencia de transporte _____</p> <hr/> <p><u>Disposición Final</u></p> <p>Relleno _____</p> <p>Cielo abierto _____</p> <p>Laguna _____</p> <p>Quema a cielo abier. _____</p> <p>Relleno Municipal de _____</p>
RESIDUO CATEGORIA	
6- RESIDUOS COMERCIALIZADOS NO CONTAMINADOS	
<p>METALES FERROSOS</p> <p>Hierro _____ cantidad: _____</p> <p>Acero _____ acondicionamiento: _____ frecuencia: _____</p> <p>_____ transporte: _____ comprador: _____</p>	Residuo Categoría 3
<p>METALES NO FERROSOS</p> <p>Aluminio _____ cantidad: _____</p> <p>Cobre _____ acondicionamiento: _____ frecuencia: _____</p> <p>Bronce _____ transporte: _____ comprador: _____</p> <p>Latón _____</p>	Residuo Categoría 3
<p>Papel _____ cantidad: _____</p> <p>Cartón _____ acondicionamiento: _____ frecuencia: _____</p> <p>Plástico _____ transporte: _____ comprador: _____</p>	Residuo Categoría 3
<p>Vidrio _____ cantidad: _____</p> <p>Material cerámico _____ acondicionamiento: _____ frecuencia: _____</p> <p>_____ transporte: _____ comprador: _____</p>	Residuo Categoría 3

3- RESIDUOS DE RESTAURANTE O REFECTORIO

Restaurante industrial _____
solo rectorio _____

Número de comidas servidas por día: _____

cantidad: _____

acondicionamiento: _____

transporte: _____ frecuencia: _____

disposición final _____

RESIDUO CATEGORIA 2

4 - COMENTARIOS

TIPO DE RESIDUOS SOLIDOS POR CATEGORIAS

CATEGORIA 1 : Residuo peligroso

CATEGORIA 2 : Residuos combustibles y/o biodegradables

CATEGORIA 3 : Residuos inertes

CATEGORIA 4 : Composición variable de residuos presentes en las
categorías 2 y 3

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

=====

- 1.- RESIDUOS SOLIDOS PELIGROSOS - Definición, clasificación y manejo - Autor: KUNITOSKI SAKURAI- Asesor en Residuos Sólidos - CEPIS.
- 2.- RESIDUO ESPECIAL - Departamento de Saneamiento- Buenos Aires - Argentina
- 3.- RESIDUOS SOLIDOS TOXICOS O PELIGROSOS
Ingeniera Martha Alegre - Argentina
- 4.- ESTIMATIVA DA PRODUCAO DE RESIDUOS SOLIDOS INDUSTRIALIS NO MUNICIPIO DE SAO JOSE DOS CAMPOS - CETESB- Brazil
- 5.- DECRETO 2104 de 1983 del Ministerio de Salud de Colombia
- 6.- DECRETO 2105 de 1983 del Ministerio de Salud de Colombia
- 7.- DECRETO 1594 de 1984 del Ministerio de Salud de Colombia
- 8.- ACUERDO 14 de 1976 de la CVC
- 9.- ACUERDO No.4 de 1981 de la CVC

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

=====

La Seccional del Valle del Cauca agradece a las siguientes instituciones su colaboración para la publicación de éstas memorias y las presenta a los Ingenieros asistentes al XXVII Congreso de ACODAL como recursos que el Valle del Cauca ofrece a Colombia para solucionar sus problemas de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

D I R E C T O R I O

1984

SOCIOS DE ACODAL

SECCIONAL VALLE DEL CAUCA

<u>NOMBRES</u>	<u>TITULO OBTENIDO</u>	<u>CAMPO DE EXPERIENCIA</u>	<u>AÑOS</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>CIUDAD</u>	<u>TELEFONO</u>
ACEVEDO M ^a LUCERO	Ing.Sanitario		3	C11. 2C No.66B-27	CALI	577823
ALBAN H. GUILLERMO	Ing. Civil	Hid.y Sanit.	20	C11. 8 ^a No. 5-53	CALI	803732
ALVAREZ WILLIAM				Apartado Aéreo 068	PALMIRA	
ANDRADE A. CESAR	Ing.Sanitario	Diseño Hidr.	5	Cra. 65A No.1A-50	CALI	517067
ANGULO ALEXANDER				C11. 40N No. 3C-50	CALI	
ARBELAEZ CARLOS A.				C11. 34A No. 3CN-33	CALI	
ARBELAEZ FERNANDO	Ing. Sanitario		6	C11. 11 No. 20-20	CALI	501976
AVILAN FLORALBA	Ing. Sanitario		6	Cra. 36B No. 18-08	CALI	351393
BAROZZI LEANDRO	Químico		15	UNIVALLE	CALI	521097
BEDOYA JORGE	Ing. Sanitario		3	C11. 15 No. 13A-20	CALI	
BERNA FELIPE	Ing. Sanitario		9	EMCALI, Piso 10 ^o		
BERNAL Z.ALVARO				Apartado Aéreo 1279	CALI	
BRAND EIDER	Ing. Sanitario		4	Cra. 45 No. 3A-08	CALI	584335
BUCHELI HERNAN	Ing. Sanitario	Trat. Aguas	3	C11. 5A No. 39-64	CALI	531754
BUITRAGO LUIS EDO.				Cra. 22A No. 1-36	CALI	
CAMACHO FRANCISCO	Ing. sanitario		1	Cra. 10 No. 48-148	PEREIRA	34430
CARBONEL DIEGO F.	Ing. Sanitario	Programación	5	Transv. 5 No.D32-29	CALI	582974
CARVAJAL ALBERTO				C11.20 Este No.26A-13	CALI	

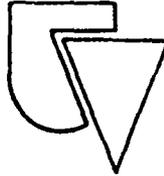
<u>NOMBRES</u>	<u>TITULO OBTENIDO</u>	<u>CAMPO DE EXPERIENCIA</u>	<u>AÑOS</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>CIUDAD</u>	<u>TELEFONO</u>
CASTAÑO A. JAIME	Ing. Civil	Ing. Sanit.	16	Apartado Aéreo 1356	CALI	682821
CASTILLA ANTONIO	Ing. Civil	Hidráulica	33	Av. 5N No. 17-83	CALI	615869
CIFUENTES ALEJANDRO	Ing. Sanitario	Aguas Res.	5	Cra. 49B No. 12B-84	CALI	373820
CUADROS M ^o EUGENIA	Ing. Sanitaria	Salud Pública	9	Cll. 8 No. 22-10	CALI	572618
COLLAZOS CARLOS	Ing. Sanitario		5	Apartado Aéreo 50206	BUCARAMANGA	396861
CHICAIZA JAIME	Ing. Sanitario			Cra. 2 ^a B1 No.46B-18	CALI	421341
DELGADO FERNANDO	Ing. Sanitario	Ing. Amb.	5	Cll. 12 No. 39-40	CALI	
FEIJOO PHANOR	Ing. Sanitario			Cra. 36 No. 37-29	PALMIRA	651640
FERNANDEZ JUAN JOSE				Cra. 9 No. 5-84	S.QUILICHAO	
FLOREZ LUIS HERNANDO				Apartado Aéreo No. 1184	CALI	
FLOREZ OSCAR OCTAVIO	Ing. Civil	Diseño Const.	25	Apartado Aéreo 5033	CALI	811609
FRANCO JORGE LUIS				Cll. 12 No. 73-06	CALI	
GALVIS ALBERTO	Ing. Sanitario	Hidráulica-Sist.	5	Cra. 34 No.26B-116	CALI	351947
GARCIA M. MERCEDES	Ing. Sanitaria			Cll. 7 No. 35-11	CALI	
GONGORA CHARLES				Cra. 12C No. 55-55	CALI	
GUERRERO CARLOS L.	Ing. Civil	Msc.Ing.Amb.	12	Cll. 20N No.3N-44	CALI	611330
GUTIERREZ RODRIGO	Ing.Civil	Hidráulica	20	Av. 3N No. 13-29	CALI	621429
HERNANDEZ FABIO	Ing. Sanitario	Planeación	15	Apartado Aéreo 9627	CALI	511749

<u>NOMBRES</u>	<u>TITULO OBTENIDO</u>	<u>CAMPO DE EXPERIENCIA</u>	<u>AÑOS</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>CIUDAD</u>	<u>TELEFONO</u>
HINCAPIE LUZ PIEDAD	Ing.Sanitario		1	Cra. 24C No. 9C-09	CALI	
HURTADO DIEGO HERNAN				Av. 3		
LOPEZ HUMBERTO	Ing.Sanitario	Salud Pública	9	U.R. ALAMBRA	CALI	513118
LORA OLGA LUCIA				C11.10 Sur No.49-06	CALI	
LOZANO B. ALONSO	Ing.Sanitario	Aguas Res.	7	Apartado Aéreo 9117	CALI	396820
LUNA R. JACINTO				Apartado Aéreo 7076	CALI	
MEDINA A.LUIS EDUARDO	Ing.Sanitario	Potab.Agua	17	Av. 10N No.10N-02		688373
MILLAN DIEGO	Ing.Sanit.Abog.	Hidráulica	5	Cra. 2B1 No. 47-77	CALI	465856
MONTENEGRO FARID				Cra. 23D No.13B-43	CALI	
MOSQUERA ARGEMIRO				EMCALI, Piso 13	CALI	
MOSQUERA ISABEL C.				Cra. 12 No.4-62	CALI	
MUNDO JUAN M.	Ing. Civil		7	C11.30N No. 2Bis-43	CALI	661512
MUÑOZ R.CONSUERO				Cra. 12 No.7-27	CERRITO	
MURILLO ALFREDO	Ing.Sanitario		1	Apartado Aéreo 837	ARMENIA	55854
NAVIA GUSTAVO	Ing. Sanitario		2	Av.3A No.23CN-62	CALI	671217
NUÑEZ TEODOLINDO	Ing.Sanitario	Aguas Resid.	6	Cra. 3 No. 11-32		803230
OCAMPO GLORIA AMPARO				Cra. 40A No. 9C-37		
OLIVEROS T. BETTY				Cra. 24C No.3-05		
ORTIZ B. FERNANDO				Cra. 56 No. 11-36	CALI	

<u>NOMBRES</u>	<u>TITULO OBTENIDO</u>	<u>CAMPO DE EXPERIENCIA</u>	<u>AÑOS</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>CIUDAD</u>	<u>TELEFONO</u>
PAYAN OSCAR				C11. 8 No. 3-14	CALI	
PEÑA LUCIANO				Apartado Aéreo 2188	CALI	
RAMIREZ FRANCISCO A.	Ing. Sanitario		11	Cra. 1D Bis No.52-35	CALI	417583
RAMOS PABLO				EMSTRVA, Piso 16	CALI	
RESTREPO IGNACIO				C11. 40N No. 4N-36	CALI	
ROBLEDO FRANCISCO	Ing.Sanitario	Programac.	14	C11. 8G No.50A-50	CALI	511387
ROJAS M. GABRIEL				C11. 5B No. 26-33	CALI	
RUBIANO FREDDY				Apartado Aéreo 18097	CALI	
RESTREPO INES	Ing. Sanitario		4	Cra. 45N No. 3A-08	CALI	584335
SALAZAR R. MERCEDES				C11. 20 No. 41-92	BOGOTA	
SANCHEZ LIBARDO	Ing.Sanitario	Agua Potab.	9	FMCALI, Pto.Mallarino		414191
SANTANDER JAVIER F.				Cra. 42 No. 4-32	CALI	
SARMIENTO JORGE	Ing. Sanitario	Ing. Amb.	17	UNIVALLE	CALI	512431
SARRIA LARRY				C11. 3 No. 10-45	CALI	
SILVA IVAN				Cra. 6 No. 1-01	CALI	
SILVA JULIO VICTOR	Ing. Sanitario		16	C11. 19N No. 3N-39	CALI	684641
SOTO JESUS A.				Cra. 40A No. 30C-17	CALI	
STERLING CARMEN E.	Ing. Sanitaria	Ag. Resid.	9	C11. 12A No. 23D-44	CALI	583223

<u>NOMBRES</u>	<u>TITULO OBTENIDO</u>	<u>CAMPO DE EXPERIENCIA</u>	<u>AÑOS</u>	<u>DIRECCION</u>	<u>CIUDAD</u>	<u>TELEFONO</u>
STERLING MARIA T.	Ing. Sanitaria	Desech. Sól.	8	C11. 12A No.23D-44	CALI	583223
TRUJILLO V. GUSTAVO				C11. 8ª No. 29A-13	CALI	
URIBE CESAR	Ing. Sanitario	Hidráulica		C11. 4ª No.38B-39	CALI	531044
VALENCIA GUILLERMO	Ing. Sanitario	Tratam.Aguas	17	C11. 22N No.9-22	CALI	
VALENCIA HERNAN S.				C11. 33 No. 2C-43	CALI	
VARGAS O. HONORIO	Ing.Sanitario		9	C11. 25 No. 38-17	TULUA	4616
VICTORIA MEJIA DIEGO	Ing.Sanitario Salud Pública	Planeación	7	INSFOPAL	BOGOTA	2857735
VICTORIA LUIS A.	Ing. Sanitario		6	Cra. 3ª No. 17-90	CARTAGO	23725
ZULIAGA MIGUEL E.	Ing. Sanitario		1	Cra. 25 No.T16A-05	CALI	372714

UNIVERSIDAD DEL VALLE



La Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle con sus recursos físicos y humanos, esta en capacidad de ofrecer estudios y servicios a la comunidad, en los siguientes campos profesionales:

1. ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA
2. HIDRAULICA, HIDROLOGIA Y MODELOS HIDRAULICOS
3. METALURGIA
4. ENSAYOS EN MATERIALES NO METALICOS
5. ENSAYOS DE SUELOS, MEDICION E INSTRUMENTACION
6. ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL
7. ANALISIS DE AGUAS, SUELOS Y ALIMENTOS
8. ESTUDIOS DE TRATABILIDAD DE RESIDUOS LIQUIDOS
9. BIOENSAYOS
10. ASESORIA Y CONSULTORIA EN PROYECTOS DE INGENIERIA

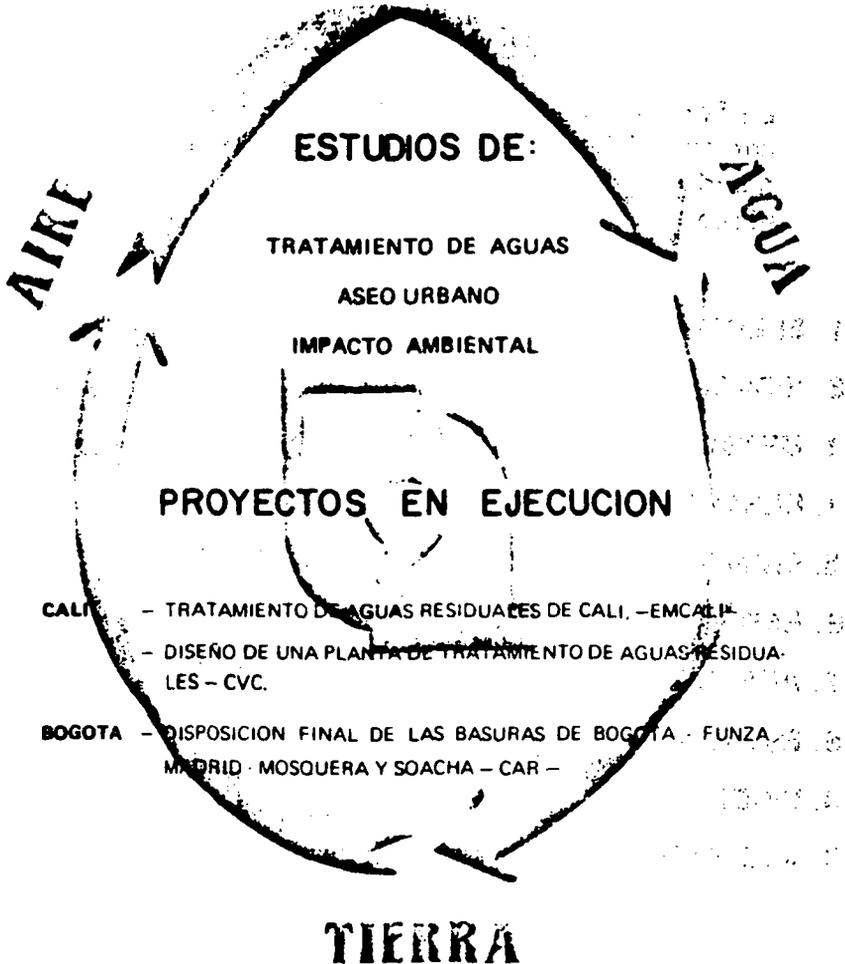
INGESAM LTDA.

INGENIERIA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL

AN INTERNATIONAL PROFESSIONAL SERVICES ORGANIZATION

URS

INGENIEROS CONSULTORES



BOGOTA

Calle 62 No. 37-42
Tels. 2213600 - 2213925

CALI

Calle 22 N No. 9N-22
Tels. 661 840 - 661 945



INGENIEROS CONSULTORES AMBIENTALES
1972 - 1984

**DOCE AÑOS EXCLUSIVAMENTE EN INGENIERIA
SANITARIA Y AMBIENTAL**

- * **AGUA POTABLE:** La Reforma (Cali), Venecia (B/tura), El Cairo (Valle), Alcalá (Valle), Irra (Risaralda). 12 Proyectos.
- * **AGUAS RESIDUALES:** Cementos del Valle, Aluminios Alcán de Colombia S.A., Celanese S.A., Propal S.A., Wellcome de Colombia S.A., Laboratorios Miles, Textiles El Cedro. 35 Proyectos
- * **IMPACTO AMBIENTAL:** Ingenio Risaralda, Papelcol S.A.
- * **TECNOLOGIA APROPIADA AL SECTOR RURAL:** Dosificadores de gravedad, mezcla rápida hidráulica, equipos para ensayos de jarras (Jar Test), reactivos para análisis fisicoquímicos de rutina. Supervisión y control de Plantas de Tratamiento.

AV. 10 NORTE No. 10N-02 - TELEFONOS: 688373-651862 A.A. 6712

CALI, COLOMBIA

ANALISIS Y CONTROL AMBIENTAL

A.C.A. LTDA.

LABORATORIO DE AGUAS AIRE Y ALIMENTOS



ANALISIS FISICO-QUIMICO, BACTERIOLOGICO Y MICOLOGICO DE AGUAS Y ALIMENTOS
CARACTERIZACION DE DESECHOS LIQUIDOS INDUSTRIALES
ESTUDIOS DE TRATABILIDAD Y BIOENSAYOS
MUESTREO EMISIONES ATMOSFERICAS
CONTROL DE PISCINAS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO
MANTENIMIENTO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE
SERVICIO EN TODO EL PAIS

AVDA. 9A NORTE No 10-117
Teléfonos 601744 - 687281 Apdo. Aéreo 11389
CALI - COLOMBIA



incol Ltda.
Ingenieros Consultores Ltda.

CONSULTORES EN INGENIERIA
Civil, Ambiental, Portuaria.

ESTUDIOS
Viales, Hidroeléctricos, de Valorización
Programación, Servicio de Computador
Laboratorio de Suelos.

CALI
Avenida 3a. Norte No. 13 29
Tels 621437 - 621429 - 680231 680233
A. A. 2184

BOGOTA
Carrera 15 No. 78 02 Oficina 505
Tel. 2362460

Telex 5114/ PNIMO CO.



Ingeniería estudios control

INESCO LTDA.

Ingenieros Consultores

- Interventorías y Asesorías en:
 - Construcción de Edificios
 - Instalaciones Industriales
 - Vías de Comunicación
 - Obras Sanitarias
- Cálculos Estructurales:
 - Edificios, Puentes, etc.
- Diseños Arquitectónicos y de Ingeniería
- Estudios de Prefactibilidad y Factibilidad
- Estudios de Suelos y Fundaciones
- Completo Laboratorio de Suelos y Concretos, Equipos de Sondeos.

Dirección: Av. 9a. Norte No. 25N-65

Tels: 66 10 62 - 68 29 79

Apartado Aéreo 7260

Cables: Inesco Ltda. - Cali

Afiliados a la Asociación de Ingenieros

Consultores Colombianos AICO

Agua Ltda.

INGENIEROS SANITARIOS

DISEÑO Y CONSTRUCCION

- REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO
- INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS
- PLANTAS DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES



ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
PLANTAS DE TRATAMIENTO, TANQUES Y
ESTACIONES DE BOMBEO
CARRETERAS Y PUENTES
ESTUDIOS DE SUELOS Y FUNDACIONES
PROYECTOS HIDROELECTRICOS (Diseño
en asociación del proyecto hidroelectrico
Calima III)

AV. 3ª N. 7-N-35 Tels. 816022- 811571 - 811569
CALI-COLOMBIA

TECNICA HYDRAULICA LTDA

Avenida 3a Norte 47N-164 Tel. 631099 - 687998 - 614249
Apartado Aéreo 7044 Cali Colombia.




Peerless Pump
 Equipos de presión constante Hydroconstant


HELBERT
 Válvulas, chequeos, rotadores


Industria
 Motobombas, aguas negras


GUINARD
 Motobombas
 tractorobombas

HIDROMAC
 Bombas, motobombas
 Aurora

SIEMENS
 Motores, arrancadores


RODER PUMPS
 Bombas rotatorias


puska
 de Colombia Ltda.
 Compresores


FURNAS
 Arrancadores,
 suches de presión


WARRICK CONTROLS
 Controles de nivel


IHM
 Bombas, motobombas



SULFOQUIMICA S.A.
Productora de sulfato de aluminio

**Para tratamiento de aguas y
la industria del papel.**

**Calle 55 No. 46-70
Itagüí, Antioquia
A. Aéreo (Medellín) 5053
Tels: 770004 - 775676**

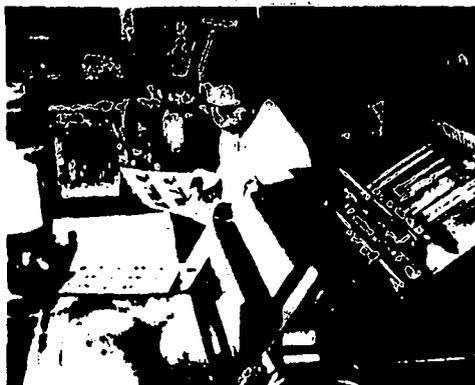
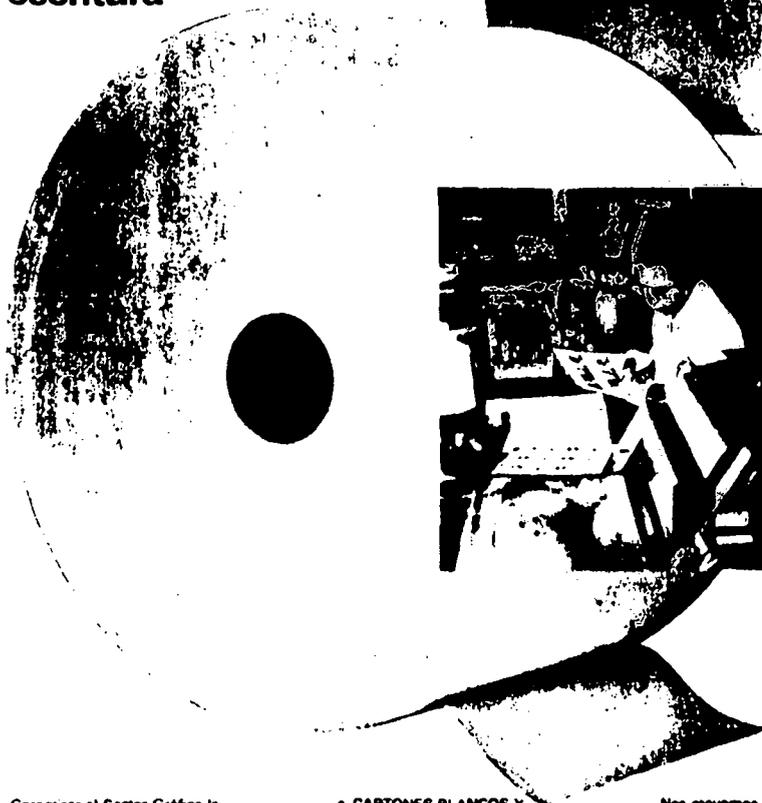
DERIVADOS INDUSTRIALES DEL VALLE LTDA.

DERIVALLE-CALI-COLOMBIA

UN NOMBRE YA FAMILIAR EN LA INDUSTRIA
COLOMBIANA Y ENTRE LOS CONSUMIDORES
DE SULFATO DE ALUMINIO, SALUDA COR-
DIALMENTE A LOS DIRECTIVOS DE A-
CODAL Y A LOS DELEGADOS AL XXVII
CONGRESO EN BARRANQUILLA Y LES
DESEA EXITO EN SUS DELIBERACIONES

APARTADO AEREO 2215-TELEFONO 422079

A partir de recursos renovables, producimos pulpa de madera y papeles de alta calidad para impresión y escritura



Garantizar al Sector Gráfico la disponibilidad permanente de cartones y papeles blancos de alta calidad, es indispensable para satisfacer las necesidades de empaque, comunicación y educación del país.

La aplicación de modernos desarrollos tecnológicos nos permite producir en Colombia, papeles y cartones de calidad superior a partir de fibras de madera, la materia prima tradicional de los mejores papeles del mundo:

- CARTONES BLANCOS Y ESMALTADOS
- CARTULINA DUPLEX CROMADA
- PAPELES BLANCOS PARA IMPRESION Y ESCRITURA
- PAPELES NATURAL Y BLANCO DE ALTA ELONGACION
- PAPELES Y CARTONES KRAFT PARA CORRUGADO
- PAPELES Y CARTONES PARA USOS ESPECIALES

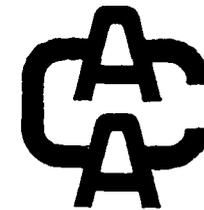
Nos movemos en todo el proceso de las Artes Gráficas para suministrar con oportunidad, a impresores y fabricantes, la solución total, desde el papel hasta el empaque final impreso.

OFICINA DE VENTAS:
Fábrica en Pto. Isaac - Yumbo-Valle
Teléfonos: 425800 - 686161
A.A. 219 Télex: 65666



Cartón de Colombia, S.A.
Protegemos por naturaleza

ANALISIS Y CONTROL AMBIENTAL



CONSULTAS E INFORMACION:

AVENIDA 9 A NORTE 10-117

TELEFONOS 601744 - [REDACTED]

APARTADO AEREO 11389

CALI - COLOMBIA

LABORATORIO DE AGUAS Y AIRE

- **ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO**
- **ESTUDIOS DE CONTROL DE CONTAMINACION**

CALI - COLOMBIA

Colombia, como país en vía de desarrollo atraviesa por problemas que afectan el Medio Ambiente.

Es necesario controlar a tiempo dichos problemas y no sufrir la degradación de los Recursos Naturales, como en los países desarrollados.

El Estado, conciente de la problemática ha expedido y reglamentado el Decreto Ley 2811 de 1974 (Código Nacional de Recursos Renovables y de Protección del Medio Ambiente) y la Ley 09 de 1979 (Código Sanitario Nacional).

La Corporación Autónoma Regional del Cauca -CVC- ha expedido el Acuerdo 14 de 1976 reglamentando el control de la contaminación de los recursos hídricos por vertimientos domésticos e industriales.

A.C.A. se creó con el propósito de brindar contribución a la solución de los graves problemas que afectan el medio ambiente

Aspiramos poder colaborarle en sus estudios, con personal especializado y el más amplio y moderno equipo de muestreo y laboratorio.

**ESTAMOS EN CAPACIDAD DE BRINDAR
LOS SIGUIENTES SERVICIOS:**

1o. DE CAMPO.-

**MUESTREO Y AFOROS
MEDICIONES DE CONTAMINACION DE AIRE**

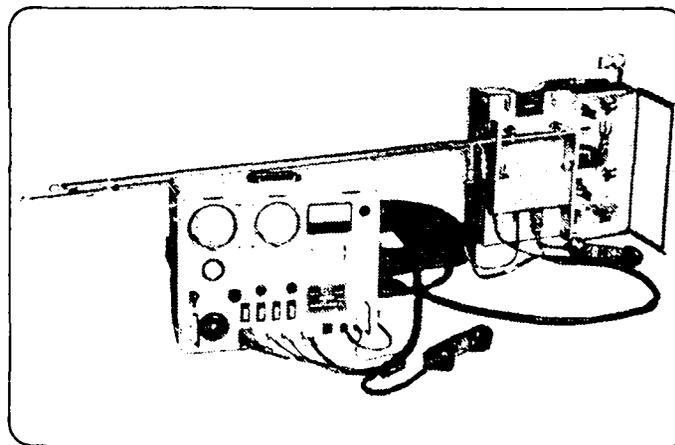
2o. DE LABORATORIO.-

**ANALISIS FISICO-QUIMICOS Y
BACTERIOLOGICOS DE:**

- o AGUAS PARA CONSUMO HUMANO E INDUSTRIAL.
- o AGUAS DE PISCINAS.
- o AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS E INDUSTRIALES.
- o ALIMENTOS.

ENSAYOS DE TRATABILIDAD.

- o ANALISIS FISICO-QUIMICOS - BACTERIOLOGICAS Y MICOLOGICAS.
- o CARACTERIZACION DE DESECHOS LIQUIDOS DOMESTICOS E INDUSTRIALES.
- o MUESTREO DE EMISIONES ATMOSFERICAS.
- o EVALUACION DE TRATABILIDAD DEL AGUA.
- o INVESTIGACIONES AMBIENTALES.



MUESTREADOR ISOCINETICO PARA CHIMENEAS.