

CALIDAD DE AGUAS COSTERAS Y VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES EN EL MAR: SUS ASPECTOS SOBRE LA SALUD PÚBLICA

Rafael Mujeriego
Doctor Ingeniero de Caminos
PhD in Sanitary Engineering

Juan Manuel Bravo
Biólogo

María Piñas
Bióloga

Francisco Cánovas
Biólogo

Salvador Grané
Ingeniero de Caminos

Antonio de Vicente
Biólogo

Ascensión Hernández
Bióloga

María Teresa Feliú
Bióloga

Madrid, mayo de 1980

Informe presentado en cumplimiento del Compromiso de Aceptación
de la Ayuda de Investigación en España No. 0351
Comité Conjunto Hispano Norteamericano para la
Cooperación Científica y Tecnológica

Las opiniones expuestas en este informe son las de los miembros del equipo investigador y no representan necesariamente las decisiones o directrices del Ministerio de Sanidad y Seguridad Social.

La mención de material o equipos específicos no implica la aprobación o la recomendación de estos por el Ministerio de Sanidad y Seguridad Social en preferencia a otros de naturaleza similar que no aparecen expresados.

INDICE DE MATERIAS

RESUMEN		iv
AGRADECIMIENTOS		v
CAPITULO I	INTRODUCCION	1
	El Plan de Acción del Mediterráneo	1
	El Proyecto Piloto MED-VII	1
	Zonas piloto españolas	2
CAPITULO II	OBJETIVOS	3
	Objetivo general	3
	Objetivos específicos	3
CAPITULO III	METODOLOGIA	5
	Toma de muestras	5
	Análisis físicos y químicos	5
	Análisis microbiológicos	5
	Horario y frecuencia de muestreo	5
	Estudios de inactivación bacteriana	6
	Técnicas analíticas	7
	Análisis físicos y químicos	7
	Análisis microbiológicos	7
	Modelo de calidad microbiológica	8
	Parámetros de calidad microbiológica	9
	Criterios y normas de calidad	10
	Aguas de abastecimiento	10
	Aguas costeras	10
	Estudio de venta de fármacos	11
CAPITULO IV	VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES EN EL MAR	13
	Caracterización de aguas residuales	13
	Calidad fisico-química	13
	Calidad microbiológica	15
	Estudios de dilución	16
	Dilución inicial y dispersión superficial	17
	Inactivación aparente	18

	Evolución del cociente CF/SF	24
	Dirección de corrientes	24
	Calidad estética	27
	Agua de refrigeración	27
CAPITULO V	CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS	30
	Estaciones de muestreo	30
	Parámetros de calidad de cada estación	30
	Calidad microbiológica de aguas costeras	34
	Carácter restrictivo de las normas CEE	37
	Variación temporal de la calidad microbiológica	40
	Regresión conjunta	40
	Distribución de las desviaciones típicas	52
	Igualdad de varianzas	53
	Relación CF/SF	54
	Estudio comparativo de técnicas analíticas	57
	Calidad microbiológica de moluscos	59
CAPITULO VI	CALIDAD DE AGUAS DE ABASTECIMIENTO	61
	Objetivo	61
	Estaciones de muestreo	61
	Análisis y normas de calidad físicos y químicos	61
	Calidad de aguas de abastecimiento	63
	Agua de abastecimiento de Tarragona	64
	Rios Ebro y Francolí	67
CAPITULO VII	HABITOS DE RECREO Y CALIDAD ESTETICA EN ZONAS COSTERAS	
	Encuesta epidemiológica	70
	Criterios de selección de playas	70
	Aspectos demográficos	70
	Duración temporada de baños	72
	Procedencia de los encuestados españoles	72
	Frecuentación de las zonas costeras	73
	Hábito de introducir la cabeza en el agua	74
	Calidad estética de las zonas costeras	75
	Factores de opinión	76
	Factores determinantes de calidad estética del agua	77
	Calidad estética y microbiológica de aguas costeras	78

CAPITULO VIII ASPECTOS SANITARIOS DE ZONAS COSTERAS	81
Modelo interpretativo	81
Contraste de hipótesis	83
A. Opinión personal-consulta médica	83
B. Consulta médica-sexo-zona costera	84
C. Diagnóstico médico-sexo-zona costera	84
Tasa de morbilidad ajustada (TMA)	85
Tasas de morbilidad generales	86
Tasas de morbilidad específicas	87
Tasas de morbilidad y calidad microbilógica	89
A. Grupos de playas	89
B. Playas independientes	92
Consumo de productos farmacéuticos	95
 CAPITULO IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	 102
Conclusiones	102
Recomendaciones	107
 REFERENCIAS	 108
 ANEXO A CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS	 110
 ANEXO B CALIDAD FISICO-QUIMICA DE AGUAS DE ABASTECIMIENTO	 123
 ANEXO C CALIDAD ESTETICA Y MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS	 127

RESUMEN

El presente informe es una descripción del programa de estudio llevado a cabo en las zonas costeras de Málaga y Tarragona durante el año 1979. El estudio realizado se enmarca dentro del Proyecto Piloto MED-VII que bajo el título "Lucha contra la contaminación de aguas costeras" realiza la Subdirección General de Sanidad Ambiental del Ministerio de Sanidad y Seguridad Social, bajo la coordinación de la Organización Mundial de la Salud y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

El informe contiene datos técnicos e información científica relativos al vertido de aguas residuales en zonas costeras, a la calidad microbiológica de aguas costeras, a la calidad de aguas de abastecimiento en zonas costeras, a los hábitos de recreo y calidad estética de zonas costeras, y a los aspectos sanitarios y epidemiológicos asociados con actividades de recreo en aguas costeras.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este estudio solo ha sido posible gracias a la colaboración entusiasta de las numerosas personas que desde muy diversos campos de especialización y con distintos grados de participación han aportado una contribución eficaz a la culminación de este trabajo.

Hemos de agradecer especialmente al Dr. Benjamin Sanchez F. Murias, Subdirector General de Sanidad Ambiental, el consejo y apoyo manifestado durante la elaboración y desarrollo de este trabajo. Nuestro agradecimiento al Comité Conjunto Hispano Norteamericano para la Cooperación Científica y Tecnológica por la Ayuda de Investigación que ha contribuido decisivamente a la ejecución de este estudio. Asimismo hemos de manifestar nuestro agradecimiento a Mr. George Ponghis, consultor de la OMS y Coordinador del Proyecto Piloto MED-VII por la acogida y ~~audiencia~~ internacional que ha ofrecido a estos estudios.

Queremos agradecer a los Delegados Territoriales y Directores de Salud de Málaga, Drs Juan Cabrerizo y Marcelo Arce, y de Tarragona, D. Eduardo Ferrer y Dr. Alfredo Bardají, el interés y apoyo que han manifestado durante la ejecución de este estudio.

Debemos expresar nuestra gratitud a los miembros de la Cruz Roja de Málaga por la ayuda y colaboración prestado en el inicio de estos estudios. Vaya asimismo nuestra gratitud a la Jefatura Provincial de Tráfico de Málaga por su colaboración en la realización de un reportaje aéreo decisivo en la interpretación de los fenómenos de dilución y dispersión de aguas residuales en la zona.

Queremos manifestar el interés y cooperación prestada por numerosos miembros de la Administración Local, especialmente los ingenieros D. Jose Alba y D. Manuel Aldeanueva del Ayuntamiento de Málaga y a D. Felix Boronat del Ayuntamiento de Tarragona. A todos ellos nuestra gratitud.

Hemos de expresar nuestro reconocimiento a D. Luis Gomez Blanco por la calurosa acogida en los laboratorios del Colegio Universitario de Málaga y su valiosa aportación de datos y experiencia en relación con el consumo de productos farmacéuticos en poblaciones costeras.

Deseamos manifestar nuestra gratitud al Dr. Salvador Arribas y D. José Luis Montero del Centro de Cálculo de la Residencia Sanitaria "La Paz" por la ayuda y colaboración prestadas en el análisis e interpretación de la encuesta epidemiológica.

Por último nuestro mas sincero agradecimiento al auxiliar sanitario D. Francisco Fontalba y todos los componentes del laboratorio de bacteriología de Málaga, dirigido por el Dr. Francisco Calbo, así como a la química Srta Rosa Galán y los auxiliares sanitarios D. German Carretero y D. Ernesto Melick de la Dirección de Salud de Tarragona por su contribución al éxito del programa. Nuestro reconocimiento a todos los demás miembros de las Direcciones de Salud por su acogida y colaboración.

I INTRODUCCION

EL PLAN DE ACCION DEL MEDITERRANEO

La creación en 1972 del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) como agencia especializada de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) es un exponente histórico del interés y preocupación mundial por la situación actual y evolución futura del medio ambiente. La misión encomendada al PNUMA fué la de desarrollar programas globales de estudio sobre los problemas ambientales mas acuciantes del mundo. (PNUMA, 1977).

De entre las diversas zonas del mundo con reconocidos problemas ambientales el PNUMA seleccionó la región Mediterránea como zona de concentración donde tratar de llevar a cabo su labor catalizadora a través de una asistencia firme y ambiciosa a los estados ribereños del Mar Mediterráneo.

Siguiendo este proposito, el PNUMA organizó una Reunión Internacional de Trabajo sobre la Contaminación Marina en el Mediterráneo que se celebró en Mónaco del 9 al 14 de Septiembre de 1974. El resultado de esta Reunión, a la que asistieron 40 científicos e investigadores de centros mediterráneos, fué identificar la contaminación de sus aguas costeras como el problema ambiental mas importante a que se enfrentaba el Mar Mediterráneo.

Las razones aducidas para este diagnóstico fueron:

1. La carencia general de sistemas adecuados de tratamiento y vertido de aguas residuales domésticas e industriales.
2. Los aportes de pesticidas e hidrocarburos derivados del petroleo.
3. La presencia de microorganismos patógenos.

Basandose en las conclusiones de la Reunión de Trabajo de Mónaco y tras extensas actividades preparatorias, el PNUMA convocó la Reunión Intergubernamental sobre la Protección del Mediterráneo que se celebró en Barcelona del 28 de Enero al 4 de Febrero de 1975. A la reunión asistieron 16 representantes de otros tantos estados ribereños del Mediterráneo. Como resultado de sus trabajos la Reunión aprobó un Plan de Acción integrado por tres capítulos dedicados al estudio de aspectos legales, aspectos científicos (investigación y vigilancia) y aspectos de planificación.

EL PROYECTO PILOTO MED-VII

Como integrante del capítulo dedicado a los aspectos científicos del Plan de Acción aprobado figuraba un Programa Coordinado de Vigilancia e Investigación de la Contaminación del Mediterráneo (MED POL), integrado por siete Proyectos Piloto, y cuya puesta en marcha fué encomendada al Director Ejecutivo del PNUMA en colaboración con otros organismos especializados de la ONU.

De los siete Proyectos Piloto aprobados inicialmente, cuatro de ellos estan dedicados esencialmente a actividades de vigilancia aunque todos ellos tienen una marcada vocación a la investigación. Entre estos cuatro programas de vigilancia figura el Proyecto Piloto MED-VII.

El título del Proyecto Piloto MED-VII es "Coastal Water Quality Control": Lucha contra la Contaminación de Aguas Costeras. Su interés principal se centra en el estudio de los efectos reales o posibles sobre la salud pública derivados de la presencia de microorganismos patógenos en las aguas costeras, tanto por contacto directo con el agua durante actividades de recreo como a través del consumo de productos marinos, particularmente de moluscos. La realización del Proyecto Piloto MED-VII la coordinan conjuntamente el PNUMA y la OMS.

ZONAS PILOTO ESPAÑOLAS

La solicitud formal al PNUMA de participar en el Proyecto Piloto MED-VII fué realizada por la Subdirección General de Sanidad Ambiental en Agosto de 1977 siendo aprobada en Noviembre del mismo año. Los dos centros colaboradores propuestos fueron las actuales Direcciones de Salud de las Delegaciones Territoriales de Sanidad y Seguridad Social de Málaga y Tarragona. Hasta el momento actual, estos dos centros constituyen la única participación española en el Proyecto Piloto MED-VII, en el que colaboran ~~28~~ ²³ de ~~centros~~ ^{estados} ribereños del Mediterráneo.

Los criterios seguidos por la Subdirección General de Sanidad Ambiental en la selección de Málaga y Tarragona como zonas piloto fueron el nivel de desarrollo alcanzado en estas provincias por actividades turísticas e industriales junto con la existencia previa de un cierto interés y realizaciones en el campo de la sanidad ambiental de zonas costeras.

La realización efectiva del Proyecto dió comienzo en el verano de 1977 en Málaga y en el de 1978 en Tarragona. Desde el comienzo de esta primera fase de los trabajos quedaron claramente patentes las dificultades tanto presupuestarias como de personal disponible a que habría de hacer frente el Proyecto. La escasa contribución de material y medios de cultivo efectuada por el PNUMA a través de la OMS eran totalmente insuficientes para resolver las necesidades de personal y medios de transporte dedicados al Proyecto. Gestiones realizadas por la Administración Sanitaria tanto a nivel central como provincial no dieron los frutos necesarios quedando reducido el programa de trabajo a cotas mínimas en unos casos y a su paralización en otros.

La concesión de una Ayuda de Investigación por el Comité Conjunto Hispano-Norteamericano para la Cooperación Científica y Tecnológica fué el impulso decisivo que permitió establecer, a través de un programa de becas, un equipo de investigación dinámico y eficaz, capaz de desarrollar un programa de estudio mas completo y extenso que el mínimo estrictamente requerido a los centros colaboradores del Proyecto Piloto MED-VII.

El presente informe constituye una exposición y análisis crítico de los estudios realizados dentro del marco del Proyecto Piloto MED-VII en las zonas costeras de Málaga y Tarragona durante 1979. Estos estudios han sido posibles gracias a la Ayuda de Investigación concedida por el Comité Conjunto Hispano Norteamericano y a la asistencia de los Servicios Centrales y Provinciales del Ministerio de Sanidad y Seguridad Social.

II. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del programa de estudio de la calidad sanitaria y estética de las aguas costeras realizado en las zonas piloto de Málaga y Tarragona ha sido el siguiente:

Obtener los datos estadísticamente significativos, la información científica y los principios técnicos necesarios para la evaluación del estado de contaminación actual de las aguas costeras, en especial de aquellos aspectos que puedan afectar a la salud pública.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Los objetivos específicos de este mismo programa han sido los siguientes:

1. La determinación de la evolución temporal de los parámetros más característicos de las aguas residuales procedentes de poblaciones litorales, en particular de aquellos parámetros más directamente relacionados con la calidad sanitaria y estética de las aguas costeras.
2. La evaluación de las características funcionales de los emisarios submarinos de aguas residuales en explotación actualmente y sobre todo de su eficacia real en conseguir una dilución y dispersión adecuada de las aguas residuales y de los microorganismos contenidos en ellas.
3. El análisis e interpretación del proceso de inactivación aparente que experimentan los microorganismos indicadores de contaminación contenidos en las aguas residuales después de su vertido y dispersión en el mar.
4. La ejecución de un programa sistemático de vigilancia de la calidad microbiológica de las aguas costeras que permita establecer un modelo estadístico adecuado de la variación temporal y espacial de las concentraciones de microorganismos indicadores.
5. La realización de un estudio comparativo de las técnicas analíticas de determinación microbiana recomendadas por la OMS para la ejecución del Proyecto Piloto MED-VII y la utilizada actualmente en las Direcciones de Salud.
6. La evaluación de la calidad fisico-química de las aguas de abastecimiento de las poblaciones costeras de Tarragona a fin de centrar la problemática que existe sobre este tema.
7. La ejecución de una encuesta epidemiológica entre los usuarios de las playas con el fin de conocer las características sociológicas de la población de bañistas así como de su opinión sobre la calidad sanitaria y estética tanto del agua del mar como de la propia playa y de los establecimientos de comidas y bebidas emplazados en ella.

8. El análisis estadístico de las características del agua del mar que determinan la opinión estética que de ella se forman los usuarios, así como de la posible asociación entre calidad estética e índices de calidad microbiológica del agua de mar.
9. La realización de un análisis de ventas de productos farmacéuticos en una población eminentemente turística con el fin de detectar la incidencia relativa de ciertas afecciones de la salud y su evolución anual.
10. La determinación de los índices de morbilidad de las afecciones más frecuentemente observadas entre los bañistas de aguas costeras así como de la posible asociación estadística entre estos índices y factores propios del encuestado tales como el sexo y el hábito de introducir o no la cabeza en el agua durante el baño.
11. El análisis estadístico de la posible asociación entre las afecciones de la salud observadas entre los bañistas y la calidad microbiológica de las aguas costeras expresada en términos de organismos indicadores de contaminación fecal.

III METODOLOGIA

TOMA DE MUESTRAS

Análisis Físicos y Químicos

La toma de muestras de agua destinadas a la determinación de parámetros físicos y químicos fué realizada generalmente de forma directa, con ayuda de una botella oceanográfica en el caso de acceso impracticable. Una vez obtenidas, las muestras fueron introducidas en botellas de vidrio generalmente, mantenidas en la oscuridad y protegidas del calor durante su traslado al laboratorio en un plazo no superior a 2 horas. A su llegada al laboratorio una parte de la muestra fue acondicionada apropiadamente e introducida en el frigorífico para su análisis posterior. La fracción de muestra restante fue utilizada para la realización inmediata de los análisis que así lo requieren. Las recomendaciones sobre conservación y tratamiento de muestras para análisis adoptadas fueron las propuestas en Standard Methods for the Examination of Water and Wastes (1975).

La toma de muestras cíclica de agua residual se realizó por medio de un aparato toma-muestras automático con regulación de ciclo de llenado, permitiendo obtener muestras compuestas de 2 horas a partir de muestras alícuotas tomadas cada 15 minutos. Tanto en el caso en que se disponía de un refrigerador incorporado como en que no existía tal medio, las condiciones ambientales de temperatura y luz en el punto de muestreo permiten suponer que el cambio experimentado por las muestras durante el ciclo máximo de 24 horas no fue significativo para los parámetros de interés.

Análisis Microbiológicos

La toma de muestras de agua destinada exclusivamente a la determinación de su contenido microbiológico fué realizada mediante botellas de vidrio ámbar con tapón esmerilado y esterilizadas en estufa. La toma de muestras se efectuó por acceso directo hasta zonas de la costa con profundidades entre 1.0 y 1.2 m, introduciendo la botella por debajo de la superficie del agua y obteniendo una muestra en un punto situado entre 15 y 20 cm por debajo de aquella. Este criterio representa un compromiso entre la accesibilidad al punto de muestreo y la zona de recreo en que se encuentran la mayoría de los bañistas.

La muestra así obtenida fué introducida en un recipiente aislado térmicamente y provisto de cubierta de modo que las botellas permanecían en la oscuridad y protegidas del calor hasta su llegada al laboratorio. El tiempo generalmente transcurrido entre la recogida de la primera muestra y la llegada al laboratorio fué de 2 horas. Una vez en el laboratorio, las botellas eran colocadas en un lugar fresco y protegido de la luz hasta su análisis 2 horas después. En definitiva, el tiempo generalmente transcurrido entre la toma de la primera muestra y el comienzo de los análisis fué de 4 horas.

Horario y Frecuencia de Muestreo

La toma de muestras destinadas a la evaluación de la calidad microbiológica se realizó sistemáticamente entre las 12 y 13 horas, principalmente por ser este el periodo de mayor afluencia de bañistas. Esta característica del muestreo puede introducir una limitación en los resultados obtenidos a la vista de los trabajos realizados por Bellair y colaboradores (1977)

en los que queda de manifiesto la notable influencia de la radiación solar en las velocidades de inactivación aparente de los microorganismos indicadores. Según estos estudios, el mediodía solar sería el momento en que, a igualdad de las demás condiciones y debido a la mayor intensidad de radiación solar, cabría esperar las menores concentraciones microbianas del día. En consecuencia, los resultados obtenidos en el presente estudio representarían las cotas más satisfactorias de la calidad del agua en ese día, pudiéndose suponer que en otros momentos del día la calidad sería generalmente inferior. No obstante, el hecho de realizar sistemáticamente la toma de muestras entre las 12 y 13 horas permite disponer de datos relativamente homogéneos que no invalidan en principio el análisis e interpretación posterior de aquellas características independientes del momento específico de muestreo, tales como la variación a lo largo de varias semanas o meses.

Las temporadas del año seleccionadas para la ejecución del muestreo sistemático de las aguas costeras fueron dos: 1) el periodo de Febrero a Mayo, denominado de primavera y 2) el periodo de Junio a Septiembre, denominado de verano. La frecuencia de muestreo adoptada durante la primavera fue de una vez cada dos semanas, lo que ha permitido disponer de 6 a 8 valores de las concentraciones microbianas en cada estación de muestreo. Durante el verano la frecuencia de muestreo fué de una vez por semana, siguiendo un turno rotativo de modo que cada estación era visitada a intervalos de 7 días; este criterio ha permitido disponer de 12 a 14 valores de las concentraciones microbianas en cada estación de muestreo.

Estudios de Inactivación Bacteriana

La realización del estudio de inactivación bacteriana en agua de mar se realizó con ayuda de unos sencillos flotadores (Pearson, 1956) constituidos por un envase comercial de plástico de litro y medio de capacidad, convenientemente lastrado con arena de modo que quedara prácticamente sumergido. Una banderita de color amarillo de 10x10 cm colocada sobre el tapón de corcho de la botella permitía su identificación en el mar a medida que esta era arrastrada por la corriente. En razón de su tamaño puede considerarse que los flotadores utilizados seguían el movimiento de las masas de agua situadas en los 20 cm superiores del mar.

La toma de muestras de agua de mar requerida para estos estudios se realizaba desde una embarcación rápida, introduciendo una botella de vidrio ámbar esteril a 15-20 cm bajo la superficie del agua, junto al flotador previamente identificado. La muestra así obtenida se mantenía en un recipiente aislado térmicamente y protegida de la luz hasta su regreso al laboratorio. La posición del flotador se obtenía mediante orientaciones múltiples con un sencillo compás.

La duración máxima de la recogida de muestras fué de 90 min. Considerando que el transporte al laboratorio suponía 30 min adicionales y que los plazos de ejecución de los análisis eran los mismos que en el caso de aguas de playa, puede decirse que el máximo periodo de tiempo transcurrido entre la toma de muestras y su análisis fué próximo a 4 horas.

TECNICAS ANALITICAS

Análisis Físicos y Químicos

Las técnicas de análisis utilizadas para la determinación de las características físicas y químicas del agua fueron esencialmente las contenidas en Standard Methods for the Examination of Water and Wastes (1975).

Análisis Microbiológicos

La calidad microbiológica tanto de las aguas costeras como de las aguas residuales ha sido evaluada en términos de tres tipos de microorganismos indicadores de contaminación fecal: 1) coliformes totales (CT), 2) coliformes fecales (CF) y 3) estreptococos fecales (SF). La utilización de E.coli (EC) como microorganismo indicador puede considerarse a efectos numéricos como prácticamente equivalente a coliformes fecales (CF), tal como se desprende de resultados experimentales de este y otros estudios. La técnica de análisis utilizada para la determinación de estos tres tipos de microorganismos ha sido la de filtración con membrana (FM) siguiendo las recomendaciones contenidas en Guidelines for Health Related Monitoring of Coastal Water Quality (1977), Biological Analysis of Water and Wastewater (1973) y Standard Methods (1975).

Las membranas utilizadas para los tres tipos de microorganismos fueron del tipo Millipore standard HAWG, de 47 mm de diametro y 0.45 μ m de tamaño de poro. Los embudos y soportes de filtración fueron de plástico, siendo esterilizados con luz ultravioleta. Análisis sistemáticos de la eficacia de la esterilización y lavado del embudo en filtraciones sucesivas puso de manifiesto un control de calidad adecuado con contaminaciones máximas ocasionales de 1 coliforme.

El medio de cultivo y las condiciones de incubación utilizados para cada uno de los tres microorganismos indicadores fueron:

1. Coliformes totales: caldo M-Endo MF sobre almohadilla absorbente en placa de petri hermética de 47 mm, incubada en estufa a 35°C durante 24 horas.
2. Coliformes fecales: caldo M-FC sobre almohadilla absorbente en placa de petri hermética de 47 mm, incubada en baño termostático a 44.5°C durante 24 horas.
3. Estreptococos fecales: Agar M-Enterococos en placa de petri hermética de 47 mm, incubada en estufa a 35°C durante 48 horas.

Los medios de cultivo eran preparados a primeras horas de la mañana para su utilización posterior en el mismo día. El volumen de agua filtrada fué función de la concentración prevista de microorganismos obtenida en base a los resultados de días precedentes y de modo que el número de colonias resultante se situara en el intervalo de 20-80 colonias por membrana. El número medio de filtraciones por muestra de agua analizada fué de 3.

El método de análisis microbiológico utilizado normalmente en la Dirección de Salud de Málaga es el propuesto por el Dr. Ruiz Merino (1976), de la Escuela Nacional de Sanidad. La técnica es esencialmente de diluciones múltiples y valoración por el método del Número Más Probable (NMP).

El proceso operativo consiste en la enumeración de coliformes totales en caldo lactosado bromocresol a 37°C durante 48 horas, seguido de una identificación de E.coli en agar de Teague Levine y posterior confirmación mediante pruebas bioquímicas.

MODELO DE CALIDAD MICROBIOLOGICA

Las muestras de agua utilizadas en los análisis microbiológicos de aguas costeras destinadas al baño y la natación han sido obtenidas en estaciones de muestreo definidas por su posición geográfica dentro de cada playa. Las estaciones de muestreo se seleccionaron de modo que fueran representativas de la zona de playa mas frecuentada por los bañistas. La distancia media entre estaciones de muestreo es generalmente superior a 1000 m por lo que pueden considerarse como entidades claramente independientes.

La posibilidad de atribuir a una cierta longitud de playa la calidad observada en una estación puntual de muestreo es función de numerosas variables, principalmente de la forma abierta o cerrada de la costa y de la proximidad de focos puntuales de contaminación. Resultados disponibles de tres estaciones situadas en un tramo de 400 m de playa no han permitido detectar diferencias significativas entre ellas. Basandose en estos resultados se adoptó el criterio práctico de que una estación de muestreo es representativa en general de una longitud de playa del orden de 300 m a derecha y izquierda de la misma.

El modelo de análisis adoptado para la interpretación de los resultados de calidad microbiológica de las aguas costeras ha sido de carácter estadístico. Esta selección se basa en la complejidad de los fenómenos que intervienen en la calidad microbiológica de una masa de agua natural. La reconocida influencia de factores tales como la radiación solar han sido mantenidos lo más invariables posible mediante la realización de un muestreo sistemático tal como se ha detallado anteriormente.

El modelo de análisis estadístico utilizado ha sido de una distribución de frecuencias normal-logarítmica. Una variable posee una distribución normal-logarítmica cuando el logaritmo natural de esta misma variable obedece a una distribución normal. El gran número de resultados analizados durante los programas de vigilancia de la calidad sanitaria y estética de las playas españolas en 1978 y 1979 (Ministerio de Sanidad y Seguridad Social, 1979 y 1980) ha permitido comprobar el excelente acuerdo entre las observaciones prácticas y el modelo propuesto.

La aplicación y ajuste del modelo a cada estación de muestreo se ha llevado a cabo de forma gráfica, mediante la utilización de papel de probabilidad normal-logarítmico. Este método de trabajo facilita el proceso de datos al reducir basicamente el análisis al ajuste de una línea recta entre los puntos representativos de los análisis microbiológicos observados.

La expresión utilizada para asignación de frecuencias a cada uno de los datos microbiológicos, previamente ordenados de menor a mayor, ha sido la denominada fórmula de Hazen (Hazen, 1914), cuya expresión numérica es la siguiente:

$$F(x_i) = \frac{i - 0.5}{n} \times 100$$

donde:

- $F(x_i)$: frecuencia acumulada correspondiente a la observación que ocupa el lugar i , en %
 i : número de orden de la observación considerada
 n : número total de observaciones

La fórmula de Hazen no es más que un caso particular de la expresión más general que proporciona la frecuencia correspondiente a la esperanza matemática de la observación que ocupa el lugar i en una muestra ordenada de n observaciones (Hahn y Shapiro, 1967). La fórmula de Hazen es generalmente aplicable a gran variedad de distribuciones estadísticas y a diferentes tamaños de muestras.

La forma de obtener el ajuste ha sido por aproximación visual, siguiendo el criterio general de igualar las áreas limitadas a ambos lados de la recta por la línea poligonal imaginaria que une la masa central de puntos. La experiencia obtenida después de realizar más de 1400 representaciones gráficas de este tipo pone de manifiesto que en la gran mayoría de los casos el acuerdo entre los datos y el modelo es suficientemente satisfactorio como para que la economía de tiempo y esfuerzo conseguidos por el trazado visual de la recta compense la precisión de métodos más laboriosos como el de los mínimos cuadrados. Por otra parte, los casos en los que el modelo no es apropiado son generalmente tan evidentes al analista que no es necesario recurrir a técnicas elaboradas para detectarlo.

Únicamente se han utilizado técnicas estadísticas elaboradas para el análisis detallado de ciertas rectas de regresión o para la verificación de hipótesis de igualdad de varianzas por el test de Barlett. El fundamento y referencias correspondientes se indican al tratar cada una de las aplicaciones concretas.

PARAMETROS DE CALIDAD MICROBIOLOGICA

Los parámetros estadísticos utilizados para caracterizar la calidad microbiológica de las aguas costeras han sido los siguientes:

1. La concentración microbiana no superada en un 50% de las muestras. Este parámetro se representa simbólicamente por CT50, CF50, EC50 y SF50 en el caso de coliformes totales, coliformes fecales, E. coli y estreptococos fecales respectivamente.
2. La concentración microbiana no superada en un 80% de las muestras. Este parámetro se representa por CT80, CF80, EC80 y SF80 para los microorganismos considerados.
3. La concentración microbiana no superada en un 90% de las muestras. Este parámetro se representa por CT90, CF90, EC90 y SF 90 para los microorganismos considerados.
4. La concentración microbiana no superada en un 95% de las muestras. Este parámetro se representa por CT95, CF95, EC95 y SF 95 para los microorganismos considerados.
5. La desviación típica "S" de cada una de las distribuciones normal-logarítmicas de los microorganismos considerados. Este parámetro es una medida

de la variación observada en los valores obtenidos tomando el logaritmo natural de las concentraciones microbianas realmente obtenidas. El valor de S puede obtenerse a partir de las expresiones $S = \ln X_{84} - \ln X_{50} = \ln X_{50} - \ln X_{16}$ donde X representa el símbolo del microorganismo considerado.

El valor numérico de todos los parámetros estadísticos utilizados fueron obtenidos a partir de la distribución elaborada gráficamente.

CRITERIOS Y NORMAS DE CALIDAD

Aguas de Abastecimiento

Los criterios y normas de calidad física y química del agua de abastecimiento fueron las contenidas en el Código Alimentario Español (1975) y las Normas Internacionales para el Agua de Bebida elaboradas por la Organización Mundial de la Salud (1972).

Aguas Costeras

Los criterios y normas de calidad utilizados en la interpretación de la calidad sanitaria y estética de las aguas costeras dedicadas al baño y la natación fueron los siguientes:

1. Los criterios de calidad microbiológica propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1974). La descripción cuantitativa de estos criterios es la siguiente:
 - a. el 50% de las muestras no debe superar la concentración de 100 EC/100ml; de forma simbólica $EC_{50} = 100 \text{ EC/100 ml}$.
 - b. el 90% de las muestras no debe superar la concentración de 1000EC/100ml; de forma simbólica $EC_{90} = 1000 \text{ EC/100ml}$.

El fundamento de estos criterios es de tipo sanitario y trata de asegurar una protección adecuada de la salud pública. Sin embargo, no se dispone de evidencia epidemiológica concluyente que permita establecer el grado de protección real que estos criterios representan.

2. Las normas de calidad microbiológica contenidas en la "Instrucción para el vertido al mar desde tierra de aguas residuales a través de emisarios submarinos" elaboradas por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (MOPU) en consulta con el Ministerio de Sanidad y Seguridad Social (MOPU, 1978). La expresión numérica de estas normas es la siguiente:
 - a. El 50% de las muestras no debe superar la concentración de 200EC/100ml de forma simbólica $EC_{50} = 200 \text{ EC/100ml}$.
 - b. El 90% de las muestras no debe superar la concentración de 1000EC/100ml; de forma simbólica $EC_{90} = 1000 \text{ EC/100ml}$.

Estos valores fueron establecidos teniendo en cuenta las recomendaciones de un grupo de trabajo convocado por la OMS (1974) en Bilthoven y están básicamente de acuerdo con los criterios propuestos por la OMS.

3. Las normas de calidad microbiológica establecidas por el Consejo de la Comunidad Económica Europea (CEE, 1976). A pesar de las aparentes contradicciones del texto de la Directiva de la CEE, los valores numéricos que aparecen a continuación son los generalmente adoptados por los países miembros en su interpretación de dicho texto legal:

a. Coliformes Totales:

El 80% de las muestras no debe superar la concentración de 500CT/100ml;
de forma simbólica CT80 = 500CT/100ml

El 95% de las muestras no debe superar la concentración de
10 000CT/100ml; de forma simbólica CT95 = 10 000CT/100ml

b. Coliformes Fecales:

El 80% de las muestras no debe superar la concentración de 100CF/100ml;
de forma simbólica CF80 = 100CF/100ml

El 95% de las muestras no debe superar la concentración de 2000CF/100ml;
de forma simbólica CF95 = 2000CF/100ml.

c. Esctreptococos Fecales;

El 80% de las muestras no debe superar la concentración de 100SF/100ml;
de forma simbólica SF80 = 100SF/100ml.

Al igual que las anteriores, estas normas de calidad no tienen fundamento epidemiológico, sino que responden a un criterio preventivo de asegurar una calidad del agua lo más satisfactoria posible.

4. La norma de calidad establecida por el Ministerio de Salud Pública del Estado de California (1943) con ocasión del estudio de la calidad sanitaria y estética de las playas de Santa Mónica, en Los Angeles. La expresión numérica de esta norma es la siguiente:

- a. El 80% de las muestras no debe superar la concentración de 1000CT/100ml;
de forma simbólica CT80 = 1000CT/100ml.

Esta norma de calidad esta basada en una relación cuantitativa de causa a efecto. Tal como aparece en el texto original "cuando un agua costera satisface esta norma no es posible obtener evidencia visual que permita suponer la presencia de agua residual en ella". Se trata en definitiva de una norma empírica de caracter estético utilizada en muchos Estados con resultados prácticos satisfactorios.

ESTUDIO DE VENTA DE FARMACOS

El estudio realizado sobre la venta de productos farmaceuticos en zonas costeras ha tenido como objeto examinar la evolución estacional del consumo de aquellos productos asociados con cuatro tipos de afecciones claramente diferenciadas: 1) oídos, 2) ojos, 3) aparato urinario y 4) intestino.

Los resultados así obtenidos han permitido analizar la posible asociación entre calidad microbiológica de las aguas costeras y los niveles de consumo de los grupos de productos farmaceuticos antes señalados.

El parámetro indicador de consumo de productos farmaceuticos adoptado ha sido el porcentaje de ventas totales que cada grupo representa. De este modo se ha tratado de reducir o eliminar las variaciones causadas en el consumo por fluctuaciones de población, tan características de zonas costeras turísticas. La validez interpretativa de este parámetro reposa fundamentalmente sobre la hipótesis plausible de que la tasa de consumo de productos farmaceuticos no estacionales permanece constante con variaciones de la población.

El estudio ha sido realizado en dos farmacias de la costa de Málaga situadas en la población de Torremolinos, estimandose que son representativas de las demandas de mercado de las zonas de playa de El Bajondillo y la

Carihuela. Los resultados obtenidos abarcan los años naturales de 1978 y 1979, siendo el periodo de tiempo básico utilizado el mes.

IV. VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES EN EL MAR

El papel que los vertidos de aguas residuales juegan en la calidad de las aguas costeras españolas aparece claramente delimitado en el informe sobre "La calidad sanitaria de las playas y zonas costeras españolas" elaborado por la Subdirección General de Sanidad Ambiental del Ministerio de Sanidad y Seguridad Social (1979). Como se recoge en este documento, un 60% aproximadamente de las playas españolas se ven afectadas por el vertido directo en la propia línea de costa de aguas residuales, generalmente de carácter urbano, que no han sido sometidas a tratamiento previo alguno.

La solución adoptada por algunos municipios costeros de instalar un emisario submarino que aleje los vertidos de las zonas de playa ha resultado en una mejora general de la calidad de las aguas utilizadas para actividades de recreo. Sin embargo, el carácter de provisionalidad que se concede a estas obras junto con la opinión frecuente en medios técnicos y del público en general de que estas soluciones no son las más adecuadas desde el punto de vista medioambiental ha conducido a un régimen de proyecto, explotación y mantenimiento de estas obras que no permite obtener el mayor rendimiento funcional de que son capaces. Ello ha contribuido aún más a rebajar la opinión de técnicos y público en general sobre este tipo de instalaciones.

En estas circunstancias ha parecido conveniente realizar una evaluación detallada de las características funcionales y capacidad propias de algunos emisarios submarinos actualmente en funcionamiento. Las dos instalaciones consideradas han sido el emisario denominado "Aladino" situado en la playa de la Carihuela de Torremolinos, Málaga, y el emisario denominado "Estación" de la ciudad de Tarragona. El esquema general de ambos emisarios es de un tubo de 800 mm de diámetro con vertido máximo a 2000 m de la costa y a profundidades de 20 m. El emisario "Estación" dispone de difusores laterales mientras que "Aladino" es de difusor final único.

CARACTERIZACION DE AGUAS RESIDUALES

Calidad físico-química

La ausencia casi absoluta de dispositivos de medida de caudales en los emisarios submarinos es una de las circunstancias que más dificultan la realización de un estudio cuantitativo de la gestión de aguas residuales en zonas costeras. Las limitaciones de cota geográfica con que se encuentran los proyectistas junto con la frecuente sensación de provisionalidad concedida por los promotores parecen ser las razones principales que no justifican la inclusión de un sencillo sistema de medida de caudales. Es de esperar que a la vista de los resultados de este estudio aparezca más clara la conveniencia de un cambio de actitud a este respecto.

La Figura 1 muestra las variaciones del caudal de agua residual vertido por el emisario submarino "Aladino". Como puede apreciarse el caudal de agua sigue una evolución acorde con una población eminentemente turística, de unos 20 000 habitantes aproximadamente, donde se superponen poblaciones con hábitos de vida diferentes, dando como resultado un caudal relativamente constante durante las horas de actividad.

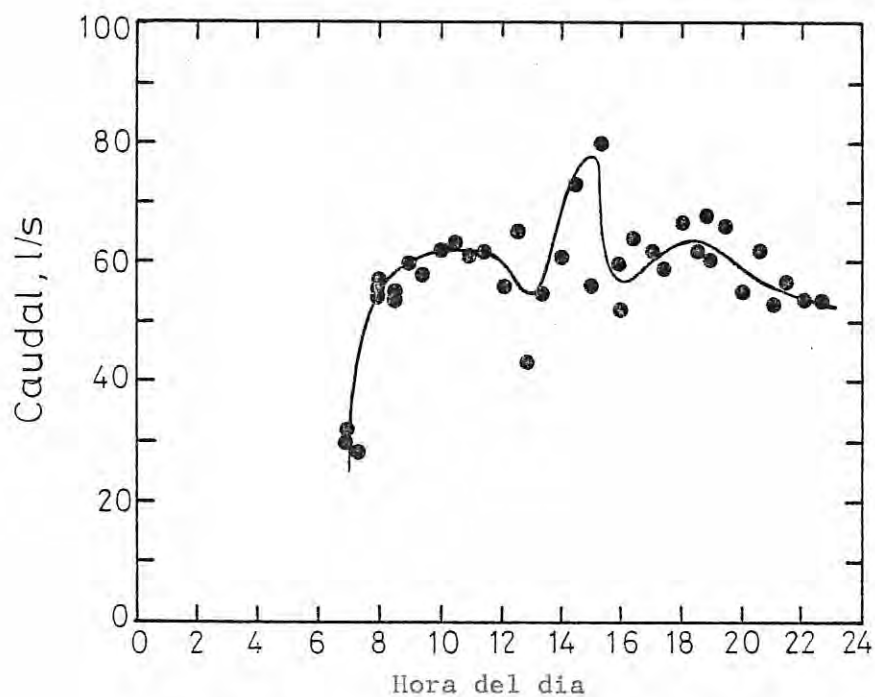


FIGURA 1 VARIACIONES DE CAUDAL EN EL EMISARIO "ALADINO". ZONA COSTERA DE MALAGA.

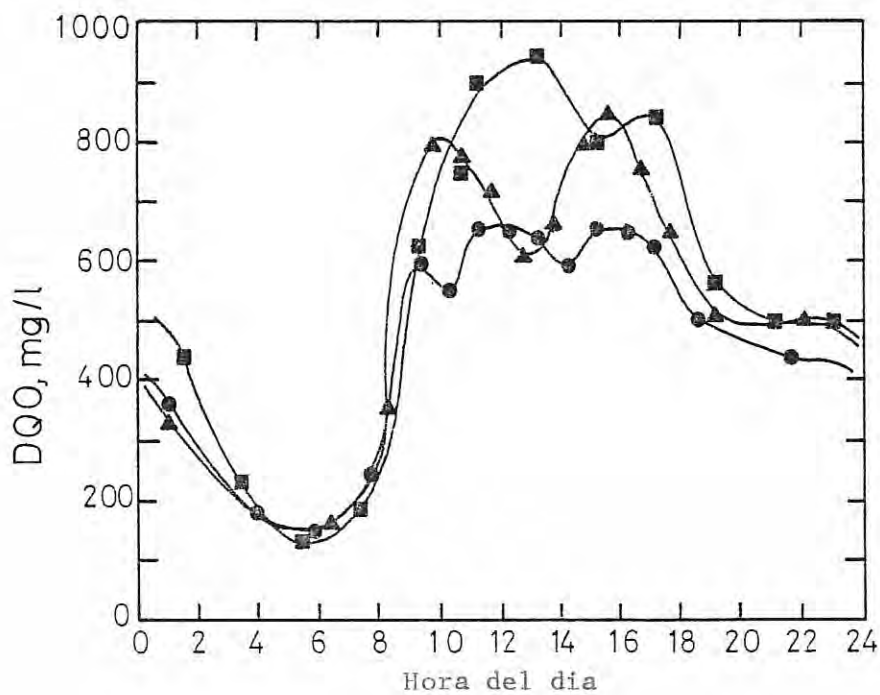


FIGURA 2 VARIACIONES DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO) EN EL EMISARIO "ESTACION". ZONA COSTERA DE TARRAGONA.

La Figura 2 muestra las variaciones características de uno de los parámetros de calidad de aguas residuales. Como puede apreciarse a la variación de caudales hay que superponer la variación propia de la calidad. Los valores numéricos obtenidos ponen de manifiesto las apreciables concentraciones de las aguas residuales españolas, en comparación con las que aparecen en manuales y libros de otros países.

Hay que señalar por último el contenido apreciable de aceites y grasas contenidos en los vertidos, como se deduce de los estudios realizados en el emisario "Aladino". Análisis efectuados en muestras obtenidas con un tomamuestras automático han permitido establecer una concentración media de grasas y aceites de 50 mg/l. Si se tiene en cuenta que de los 75 mg/l aproximados de materia sólida flotante que contiene este agua residual, un 65%, es decir 49 mg/l, lo forman grasas y aceites emulsionados, podemos concluir que la mayor parte de las grasas y aceites vertidos están en forma de partículas flotantes, generalmente de forma esférica y tamaño aparente del orden de milímetros.

La cantidad real de sólidos flotantes vertida es probablemente superior a la medida en razón de las limitaciones que tiene la bomba de aspiración del tomamuestras, sumergida en el pozo del emisario, en absorber partículas de gran flotabilidad. El papel de estas grasas y aceites en la calidad estética de las aguas costeras se analiza en un apartado posterior.

Calidad microbiológica

La evaluación de las concentraciones de microorganismos indicadores contenidos en las aguas residuales consideradas no ha permitido establecer una tendencia cíclica como la observada en el caso de parámetros físicos. Por el contrario, datos recogidos durante varios ciclos de 24 horas, a intervalos de 2 horas, solo permite afirmar la existencia de una banda de concentraciones, con una amplitud de 2 a 3 ordenes de magnitud. Por esta razón se ha optado por una interpretación estadística de los resultados según un modelo estadístico de distribución normal-logarítmica, ajustada gráficamente.

La Tabla I contiene un resumen de los parámetros de calidad microbiológica de las aguas residuales urbanas de las ciudades de Málaga y Tarragona. Mientras que la proporción relativa entre microorganismos se mantiene para cada vertido, las diferencias entre vertidos son notables. No se dispone por el momento de explicación razonable de estas diferencias.

El cociente CF/SF entre concentraciones de coliformes fecales y estreptococos fecales es un parámetro de gran interés en la interpretación del origen y evolución de una masa de agua residual. Valores característicos de este cociente en los residuos fecales humanos son próximos a 4, en contraste con valores inferiores a 1 característicos de residuos fecales de otros animales de sangre caliente.

El análisis de los valores del cociente CF/SF de las aguas residuales del colector del río Guadalmedina en Málaga, que recoge las aguas residuales de mas de 200 000 habitantes, muestra un intervalo de variación de este cociente entre 0.6 y 20, con un valor medio proximo a 8, lo que concuerda con los resultados previstos a partir del contenido de la materia fecal antes de su vertido en medio acuoso. El mismo tipo de análisis realizado

TABLA I DESCRIPCION ESTADISTICA DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA DE VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES EN EL MAR. ZONAS COSTERAS DE MALAGA Y TARRAGONA. 1979.

Vertido	No. de Datos	CT/100 ml		CF/100 ml		SF/100 ml	
		CT50	CT90	CF50	CF90	SF50	SF90
Colector Guadalmedina Málaga	15	2.4×10^8	4.9×10^9	2.5×10^7	9×10^7	5.4×10^6	3.3×10^7
Colector "Estacion" Tarragona	25	7.4×10^9	1.0×10^{11}	1.4×10^9	1.1×10^{10}	6.5×10^7	5.5×10^8

sobre las muestras de agua residual de la ciudad de Tarragona evidencia variaciones del cociente CF/SF de hasta dos ordenes de magnitud, aunque manteniendose superiores a la unidad. La razón de esta notable variación no es conocida por el momento.

ESTUDIOS DE DILUCION

El concepto de dilución inicial de un agua residual conseguida por un emisario submarino designa la dilución que se consigue por efecto de la fuerza ascensional y la cantidad de movimiento del agua residual en el momento del vertido. El proceso de dilución inicial puede considerarse practicamente terminado cuando la masa de agua vertida alcanza su máxima ascensión respecto al punto de vertido. En el caso de que el penacho de agua residual alcance en su ascenso la superficie del mar, allí puede considerarse que termina el proceso de dilución inicial. El proceso de dilución que ocurre a continuación, denominado de dispersión superficial, es consecuencia del arrastre y agitación de la mezcla de agua residual-agua de mar por las corrientes marinas.

Los microorganismos contenidos en el agua residual se ven sometidos no solamente a estos dos procesos físicos de dilución sino que experimentan además un proceso de muerte o desaparición que denominaremos de inactivación aparente. La utilización de este término tiene por objeto poner de manifiesto el hecho de que una cierta proporción de estos microorganismos dejan de ser viables, como se deduce de los resultados de un análisis normalizado, sin entrar en la problemática de las causas y modos de acción de esta ausencia aparente.

Los estudios de dilución, dispersión e inactivación aparente han sido realizados basicamente en el emisario "Aladino" de Málaga aunque se ha recogido información adicional de otros emisarios de Málaga y Tarragona.

DILUCION INICIAL Y DISPERSION SUPERFICIAL

El trazador utilizado para la determinación cuantitativa de los procesos de dilución física de agua residual en el mar ha sido la sílice disuelta. Las concentraciones de sílice medidas en las aguas residuales de Torremolinos han oscilado entre 12 y 17 mg/l SiO_2 , mientras que las concentraciones obtenidas en agua de mar limpia no han superado generalmente 0.07 mg/l SiO_2 . En base a estos datos ha sido posible estimar las diluciones conseguidas en el emisario de Aladino.

De los análisis realizados en muestras tomadas en el penacho superficial del emisario "Aladino" y en la trayectoria de los flotadores utilizados para el seguimiento de las masas de agua residual se deducen las siguientes conclusiones:

1. La dilución inicial media conseguida en el penacho superficial del emisario "Aladino" es aproximadamente de 100:1. Este valor concuerda con el obtenido a partir del cálculo teórico realizado mediante la fórmula de Cederwall (MOPU, 1977).
2. La dilución por dispersión superficial se sitúa en valores próximos a 2:1 al cabo de 90 minutos de recorrido de los flotadores. A pesar de la menor precisión de este factor, debido a las bajas concentraciones de trazador, observaciones aéreas de los vertidos permiten considerarlo como un valor razonable y próximo a la realidad.

Entre las razones que justifican la obtención de diluciones físicas relativamente tan bajas como las señaladas pueden destacarse tres grandes grupos: 1) derivadas del proyecto, 2) derivadas de la explotación y mantenimiento y 3) derivadas de las circunstancias costeras.

Las limitaciones de espacio donde construir instalaciones de bombeo lleva frecuentemente a un sobredimensionamiento de la tubería del emisario de modo que las pérdidas de carga no impidan la circulación del agua por gravedad, asociada generalmente a pocos metros de desnivel. Como consecuencia, la velocidad en la tubería disminuye hasta alcanzar valores que hacen pensar en la posible colmatación parcial de su sección con materia residual y arena. La escasa cantidad de movimiento del efluente explicaría la dilución inicial tan reducida que se consigue.

La prácticamente nula atención concedida al mantenimiento de la estructura del emisario se traduce generalmente en reducciones de su capacidad de dilución, llegando al caso extremo de su puesta en fuera de servicio. Como ilustración de esta problemática baste citar la notable obturación de los difusores del emisario de Tarragona, cubiertos de redes de pesca que actúan como tamices de los sólidos en suspensión del agua residual, o la reducción de longitud de un emisario de las costas de Torremolinos, de 1000 a 200 metros, por rotura de la tubería, situación en la que permanece desde casi un año.

La presencia de emisarios submarinos próximos entre sí y la naturaleza de las corrientes costeras, con dirección predominante paralela a la costa, hacen que los vertidos de emisarios submarinos sucesivos se solapen entre sí dando lugar a una nube casi continua de agua residual que se desplaza a lo largo de la costa sin alcanzar los niveles de dispersión

superficial que cabría esperar. La Figura 3 es una muestra clara de este fenómeno.

En resumen, la problemática de los emisarios submarinos esta asociada más a la forma práctica de construcción y explotación adoptada por muchos municipios que a sus capacidades intrínsecas. El análisis técnico y objetivo de sus propiedades funcionales les califica como una alternativa real de vertido de aguas residuales en el mar. Su papel dentro de un sistema de gestión de la calidad del agua es indiscutible, especialmente en zonas costeras con poblaciones estacionales importantes. Como prueba de ello y como ejemplo de metodología analítica a seguir para su proyecto y explotación hay que señalar la publicación "Principles and Guidelines for the Discharge of Wastes into the Marine Environment", elaborada por la OMS y el PNUMA, dentro de las actividades del Plan de Acción del Mediterráneo, (OMS, 1979).

INACTIVACION APARENTE

El proceso de inactivación aparente de los microorganismos indicadores de contaminación fecal es el factor determinante de la longitud del emisario y consecuentemente juega un papel predominante en el coste de la instalación de vertido. Tiene por tanto interés el conocer las características propias de este fenómeno con objeto de optimizar el coste de la instalación.

El cambio notable de condiciones ambientales que sufren los microorganismos contenidos en el agua residual a medida que esta se mezcla con agua de mar es la causa principal de la reducción en el numero de microorganismos viables. Entre los modelos matemáticos propuestos para evaluar el proceso de inactivación microbiana hay que señalar la ley de decrecimiento logarítmico, de frecuente aplicación en estudios biológicos, y cuya expresión es:

$$C = C_0 \cdot 10^{-t/T90}$$

donde C_0, C : concentraciones microbianas inicial y en el tiempo t ,
respectivamente
 t : tiempo en horas
 $T90$: constante característica del proceso, en horas

La utilización de modelos de inactivación microbiana ha experimentado un notable avance, desde la aplicación directa del modelo anterior por puntos independientes hasta enfoques mas perfeccionados y precisos como el de balance másico propuesto por Harremoës (1974). Las limitaciones técnicas del presente estudio solo han permitido la aplicación del modelo por el procedimiento de puntos independientes, basado en los resultados obtenidos en cada muestra de agua por separado.

Una observación preliminar de los resultados ha puesto de manifiesto el escaso acuerdo con un modelo lineal como el anterior. A pesar de que los datos disponibles incluyen los efectos de dilución por dispersión superficial e inactivación aparente, la información experimental disponible de que la dilución por dispersión superficial no supera el valor 2:1, ha permitido suponer que el error cometido en estas circunstancias no era importante.

a)

b)

c)

FIGURA 3 VISTA AREA DE LOS VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES EN LA ZONA COSTERA DE MALAGA: a) y c) SUPERPOSICION DE PENACHOS DE EMISARIOS SUBMARINOS EN LA COSTA OCCIDENTAL, b) FORMACION DE BANDAS DE SOLIDOS FLOTANTES EN LAS INMEDIACIONES DEL COLECTOR DEL RIO GUADALMEDINA, EN MALAGA CAPITAL.

El modelo considerado como más adecuado a los datos disponibles ha sido el siguiente:

$$\log \frac{C_0}{C} = \frac{t \times \log C_0}{K + t}$$

donde C_0, C : concentración microbiana en el penacho y a un tiempo t de arrastre, respectivamente.

K : constante característica del proceso, en minutos

t : tiempo de arrastre de la masa de agua desde el penacho, en minutos.

El valor de la constante K se ha obtenido por regresión lineal mediante el método de mínimos cuadrados aplicado a la expresión transformada de la anterior:

$$\frac{1}{\log C_0/C} = \frac{K}{\log C_0} \frac{1}{t} + \frac{1}{\log C_0}$$

Una vez obtenido el valor de K , el valor de T_{90} se deduce directamente como el valor del tiempo para el cual se satisface la igualdad $C_0/C = 10$. El cálculo del coeficiente de inactivación aparente T_{90} se ha realizado a partir de dos modos de aplicación del modelo: 1) utilizando independientemente los resultados obtenidos en cada crucero realizado y 2) utilizando simultáneamente todos los datos disponibles.

La Tabla II resume los resultados obtenidos del análisis de datos por cruceros independientes y para los tres tipos de microorganismos indicadores estudiados.

TABLA II PARAMETROS DE INACTIVACION APARENTE (T_{90}) DE MICROORGANISMOS INDICADORES DE CONTAMINACION FECAL. MALAGA, AGOSTO 1979

Microorganismos	No. de Cruceros	T ₉₀ , min		
		Intervalo	Media	Global
CT	6	7-69	15	12
CF	6	9-42	15	13
SF	7	8-41	20	16

La característica más notable de los resultados contenidos en la Tabla II es el valor tan reducido del parametro T_{90} , generalmente inferior a los 45 min y con media próxima a los 20 min, en contraste con los valores generalmente señalados en la literatura técnica entre 1 y 2 horas. Como una posible justificación de estos resultados cabe pensar en la intensa radiación solar existente durante la realización de estos estudios: mes de Agosto y mediodía solar.

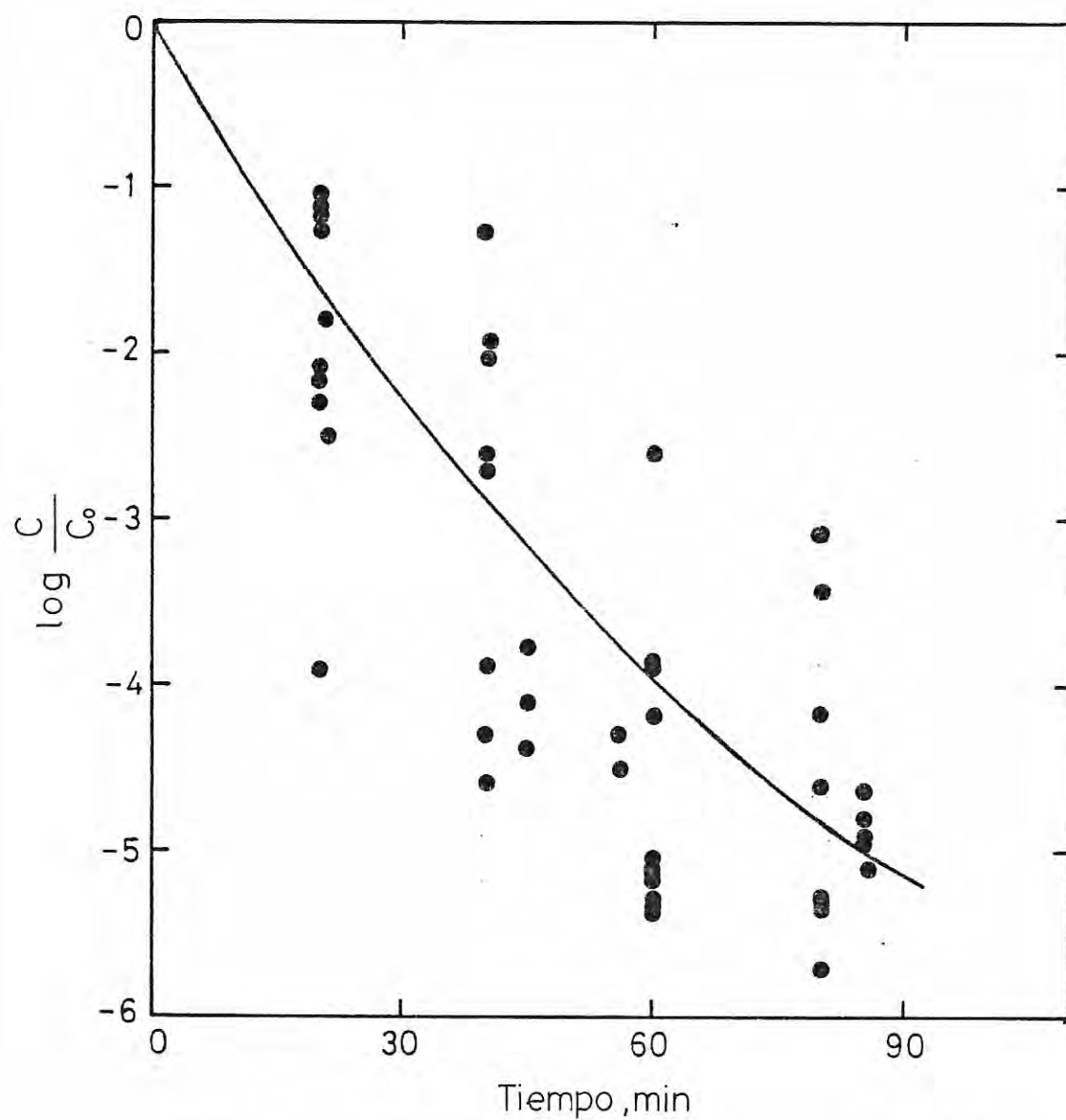


FIGURA 4 INACTIVACION DE COLIFORMES TOTALES EN EL PENACHO DEL EMISARIO SUBMARINO DE "ALADINO" . ZONA COSTERA DE MALAGA. VERANO DE 1979.

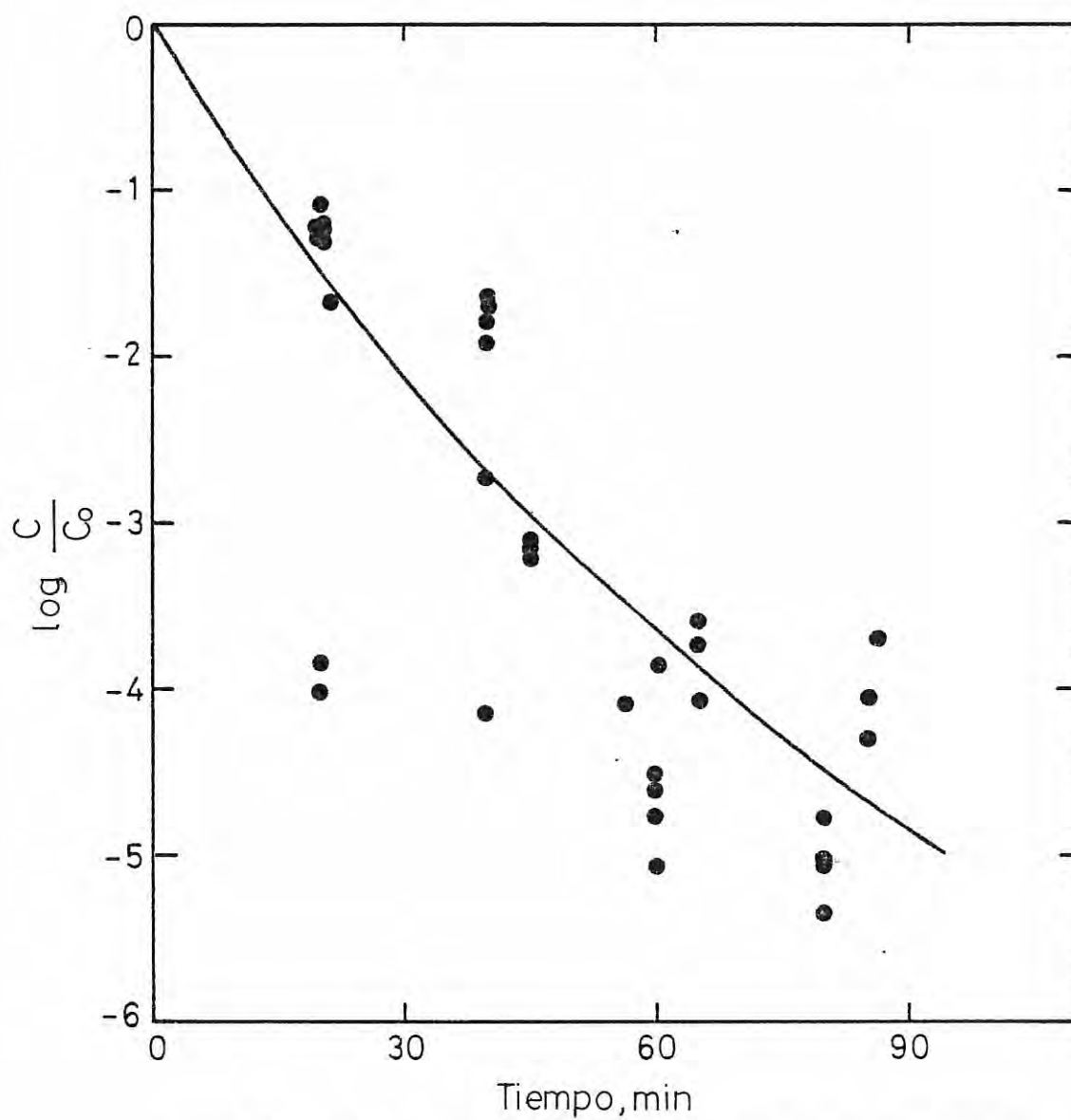


FIGURA 5 INACTIVACION DE COLIFORMES FECALES EN EL PENACHO DEL EMISARIO SUBMARINO DE "ALADINO" . ZONA COSTERA DE MALAGA. VERANO DE 1979.

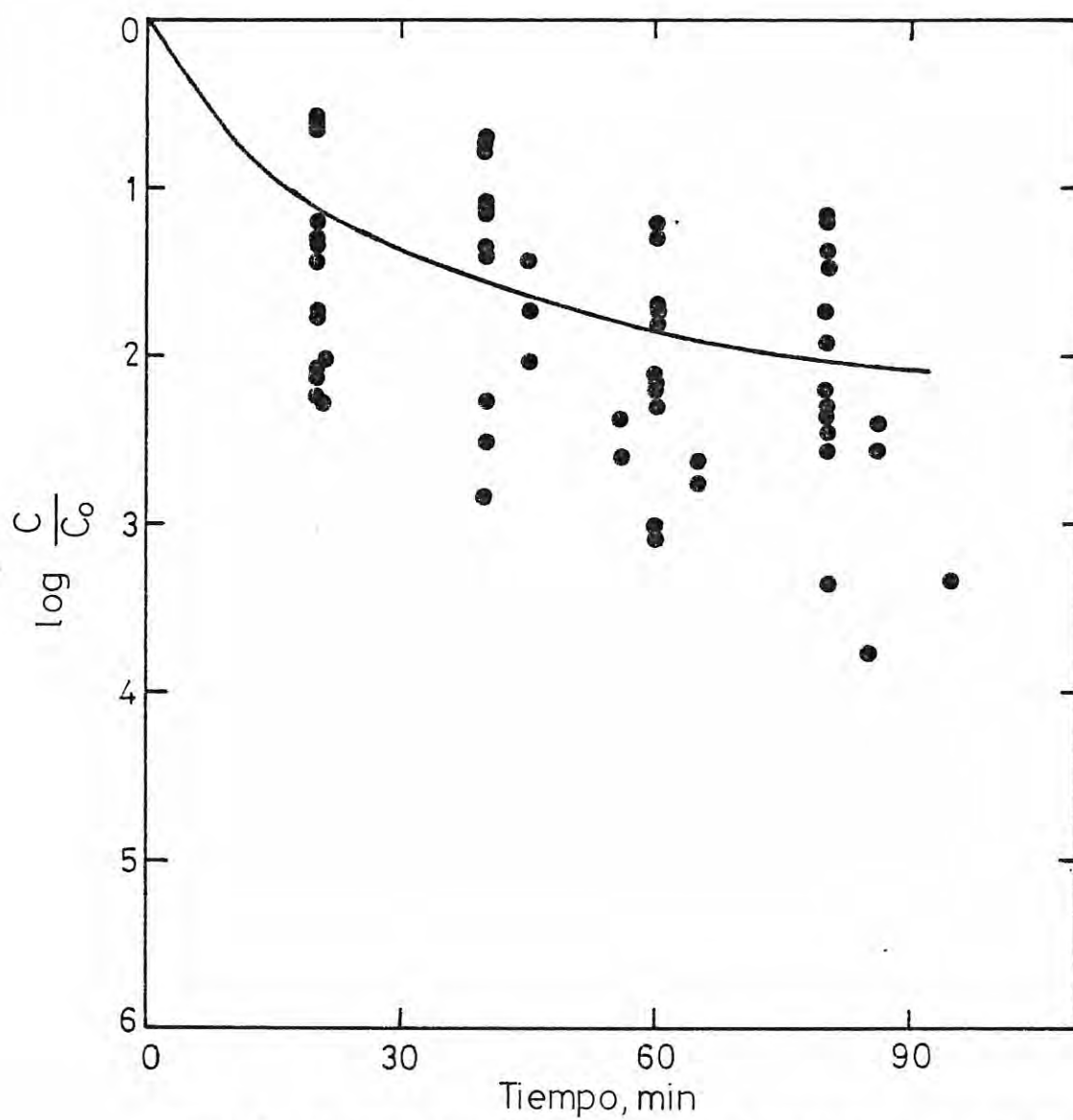


FIGURA 6 INACTIVACION DE ESTREPTOCOCOS FECALES EN EL PENACHO DEL EMISARIO SUBMARINO DE "ALADINO". ZONA COSTERA DE MALAGA. VERANO DE 1979.

La consideración conjunta de los datos disponibles, tal como aparece en las Figuras 4 a 6, muestra claramente el descenso tan pronunciado que experimentan las concentraciones de coliformes totales y coliformes fecales a partir del punto de emergencia del penacho en la superficie del mar. Un hecho importante que no queda reflejado en el valor numérico del parámetro T90 es el comportamiento exhibido por los estreptococos fecales. Como muestra la Figura 6, estos microorganismos decrecen rápidamente al alejarse del penacho, estabilizándose su concentración al cabo de pocos minutos. El hecho de que en algunos casos la concentración se haya incluso recuperado hace pensar en la superposición de efectos de las nubes de dispersión de penachos contiguos, como se ha señalado antes.

Las velocidades de inactivación tan rápidas y persistentes de coliformes totales y coliformes fecales, en contraste con la notable persistencia de los estreptococos fecales, concuerda con las observaciones realizadas en la calidad microbiológica de las aguas próximas a la playa, donde los estreptococos fecales predominan generalmente, salvo en el caso de estaciones situadas a menos de 200 m de vertidos importantes de aguas residuales.

En definitiva, todo parece indicar que los coliformes totales y fecales son inactivados rápida y persistentemente en el agua del mar, mientras que los estreptococos fecales, tras un pequeño descenso inicial, mantienen concentraciones elevadas durante una estancia prolongada en el mar. A la vista de las velocidades de inactivación aparente observadas cabría pensar que el valor recomendado para el diseño de emisarios de $T90 = 1.5$ h en el Mediterráneo (MOPU, 1977) representa un margen de seguridad apreciable para unos microorganismos mientras que sería insuficiente para otros.

EVOLUCION DEL COCIENTE CF/SF

Con objeto de ilustrar el comportamiento diferente de las concentraciones de coliformes fecales y estreptococos fecales en el agua del mar, la Figura 7 muestra la evolución del cociente CF/SF en función del tiempo de permanencia en el mar. Mientras que el cociente CF/SF de muestras tomadas en el centro del penacho oscila generalmente entre 3 y 4, el cociente decrece progresivamente al alejarse la masa de agua bajo el efecto de las corrientes, llegando a alcanzarse valores entre 0.1 y 0.01 después de 1 hora de permanencia en el mar. Este comportamiento concuerda con las observaciones realizadas en la calidad microbiológica del agua de las zonas próximas a la playa, que se detallan en el próximo capítulo.

DIRECCION DE CORRIENTES

La Figura 8 muestra la dirección, sentido e intensidad de las corrientes superficiales medidas a partir del penacho de aguas residuales producido por el emisario "Aladino". Estos resultados fueron obtenidos durante los estudios de inactivación microbiana antes descritos. Como puede observarse la componente de dirección paralela a la costa rige en gran manera la evolución de las masas de agua superficiales en estas zonas. El arrastre bajo este régimen de corrientes supone un tiempo mínimo de recorrido entre el penacho y la costa de 2 horas y media aproximadamente.

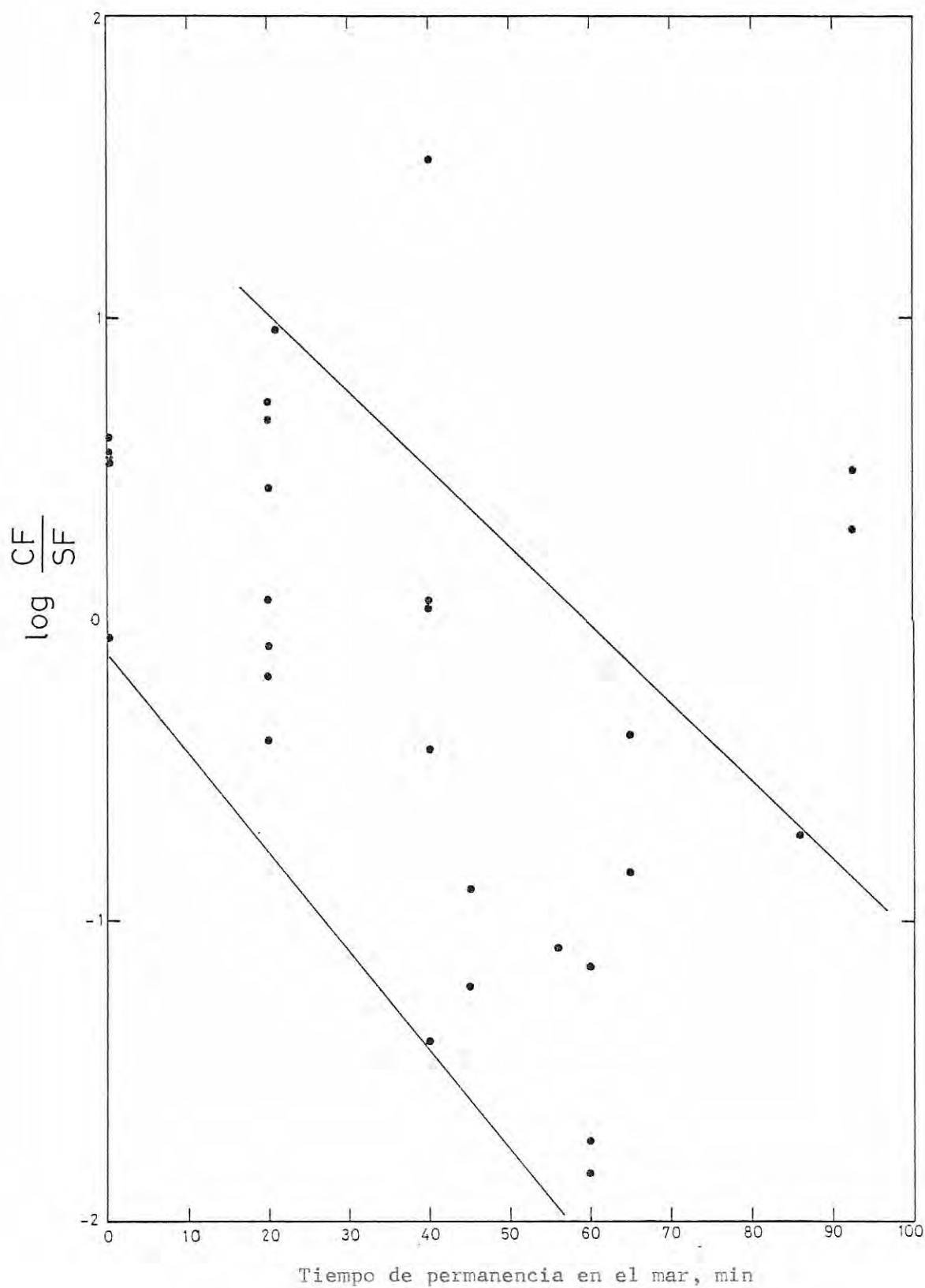


FIGURA 7 EVOLUCION DEL COCIENTE CF/SF EN FUNCION DEL TIEMPO DE PERMANENCIA EN EL MAR. PENACHO DEL EMISARIO SUBMARINO "ALADINO", ZONA COSTERA DE MALAGA. VERANO 1979.

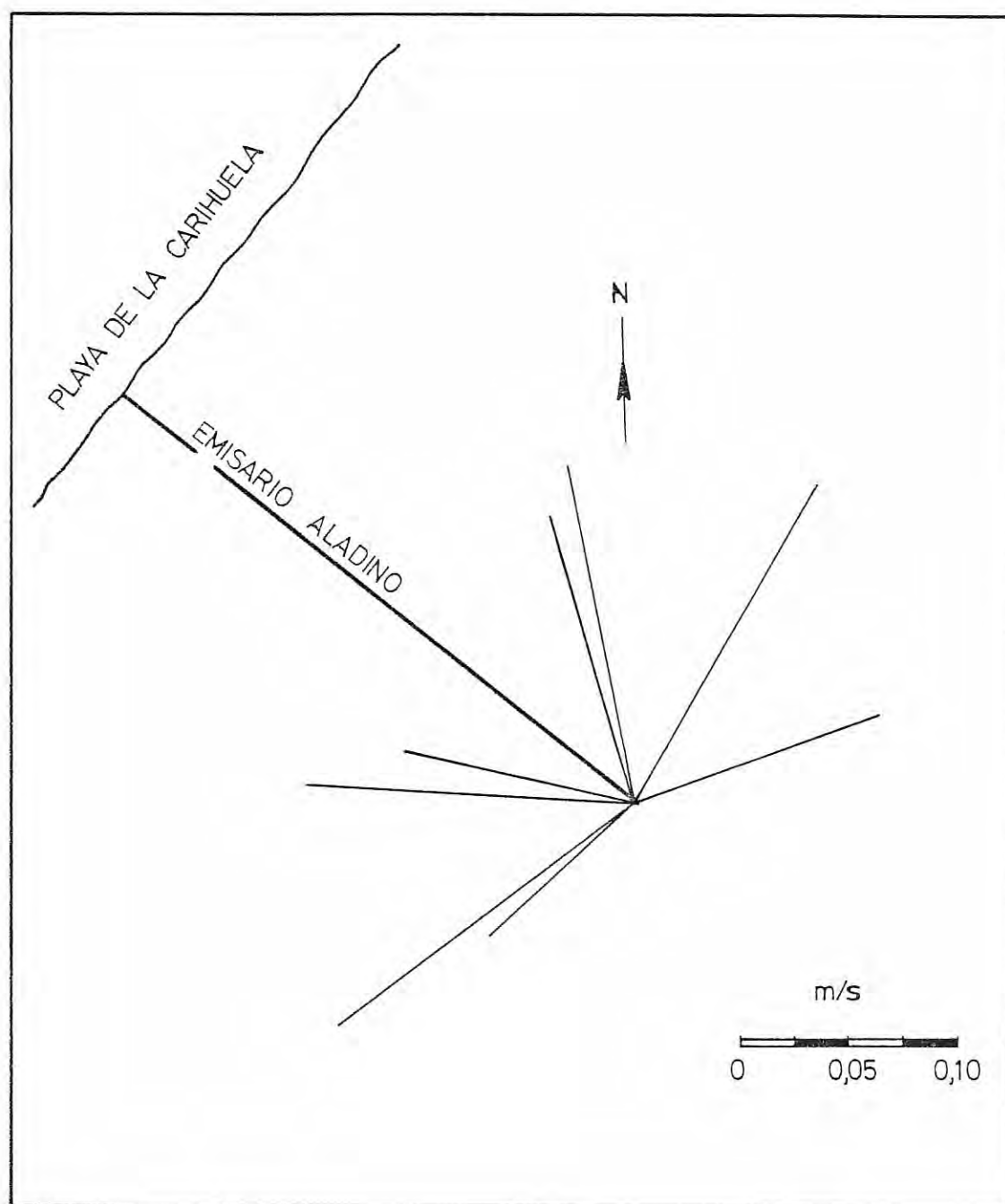


FIGURA 8 DISTRIBUCION DE CORRIENTES MARINAS SUPERFICIALES EN LAS PROXIMIDADES DEL PENACHO DEL EMISARIO SUBMARINO "ALADINO". ZONA COSTERA DE MALAGA, VERANO DE 1979.

CALIDAD ESTETICA

Uno de los efectos más aparentes y notables de los vertidos de aguas residuales en el mar es la formación de bandas de material flotante, especialmente grasas y aceites. La contribución del agua residual en estos compuestos ha sido valorada anteriormente. La Figura 3 muestra claramente la génesis de estas bandas a partir de las zonas de vertido.

La fase más crítica de estas bandas costeras la constituyen las denominadas popularmente como "natillas": material flotante de aspecto amarillento originado aparentemente por fenómenos de concentración superficial a partir de aceites y grasas emulsionados. Estas bandas, de dirección paralela a la costa y de 5 a 10 m de anchura, se desplazan bajo el efecto del viento hasta alcanzar la playa donde al romper confieren al agua un aspecto aceitoso y turbio característico.

Con objeto de evaluar la posible incidencia atribuida a los vertidos de aguas residuales y residuos sólidos desde buques con escala en el puerto de Málaga se ha estimado el tráfico de pasajeros del puerto durante los meses de verano. El número medio de pasajeros de todo tipo con escala o destino en Málaga durante los meses de Junio, Julio y Agosto de 1977 fue de 760 pasajeros/día. Estimando un tiempo medio de recorrido del buque entre puertos sucesivos de 7 días, esto representa una masa de residuos equivalente a 5320 personas-día que se verterían a la salida o llegada al puerto de Málaga. Si se compara esta cifra con los 200 000 habitantes correspondientes al vertido del colector del río Guadalmedina queda evidente la limitada contribución que los vertidos desde buques tienen sobre la calidad estética de las aguas costeras.

Entre los efectos estéticos comunmente asociados a las zonas próximas a los penachos hay que destacar: 1) la notable pérdida de transparencia del agua, desde valores naturales de 15-20 m hasta valores de 2-3 m, 2) la presencia de materia sólida flotante y en suspensión, 3) la presencia de oxígeno disuelto a niveles superiores generalmente de 5 mg/l y 4) el notable cambio de color del agua de un azul intenso a un verde claro.

En definitiva, todo parece indicar que una reducción o eliminación efectiva de la materia en suspensión y flotante contenida en el agua residual contribuiría notablemente a la mejora de la calidad estética de las aguas receptoras, tanto próximas al penacho como en zonas de baño. La incorporación de un sistema eficaz de tratamiento capaz de alcanzar este objetivo debería ser por tanto un componente obligado de cualquier sistema de vertido al mar.

AGUA DE REFRIGERACION

Con objeto de estudiar el contenido y evolución de la concentración de desinfectante presente en el agua de refrigeración de la central nuclear de Vandellós, en Tarragona, se ha realizado un muestreo sistemático de estos caudales a la entrada y salida de los circuitos de refrigeración. El desinfectante utilizado es el cloro en forma de hipoclorito. La técnica de análisis ha sido el método colorimétrico del DPD (Standard Methods, 1975). Los muestreos se llevaron a cabo durante un ciclo completo de cloración los días 26 de Junio, 3 y 13 de Julio y 7 de Agosto de 1979.

De los resultados obtenidos en estos estudios se pueden deducir las siguientes conclusiones:

1. El tiempo medio de recorrido del agua dentro de los circuitos de refrigeración es de 1 minuto 40 segundos.
2. El aumento de temperatura registrado por el agua a su paso por los circuitos de refrigeración es de 8.0°C .
3. Los niveles de oxidante total a la entrada de los circuitos de refrigeración se sitúa entre 0.7-0.8 mg/l Cl_2 , mientras que a la salida oscila entre 0.5-0.7 mg/l Cl_2 . La Figura 9 ilustra las variaciones observadas durante un ciclo de cloración.
4. El consumo de oxidante total que tiene lugar al paso del agua por el circuito de refrigeración oscila entre un 15 y un 25% del añadido inicialmente al agua de mar. Este resultado concuerda con los obtenidos por Hergott y colaboradores (1977) en varias centrales nucleares de California.
5. Las concentraciones de oxidante obtenidas mediante el método colorimétrico del DPD concuerdan satisfactoriamente con los obtenidos por el personal técnico de la central nuclear mediante la técnica colorimétrica de la ortotolidina.
6. A pesar de la intensa radiación solar existente durante el verano en esta zona costera y la distancia próxima a 100 m que separa la salida de los circuitos de refrigeración y el punto de vertido en el mar, la apreciable concentración de oxidante total en el efluente, 0.5-0.7 mg/l Cl_2 , permite suponer que en zonas próximas al vertido se supere la concentración de 0.02 mg/l Cl_2 , considerada como productora de toxicidad crónica para organismos marinos (Mattice y Zittel, 1976).
7. La evaluación precisa de los posibles efectos tóxicos de estas aguas de refrigeración requeriría conocer la evolución de la concentración de oxidante en el canal de vertido al mar así como la evolución del oxidante en las zonas de vertido durante las horas transcurridas entre dos cloraciones sucesivas.

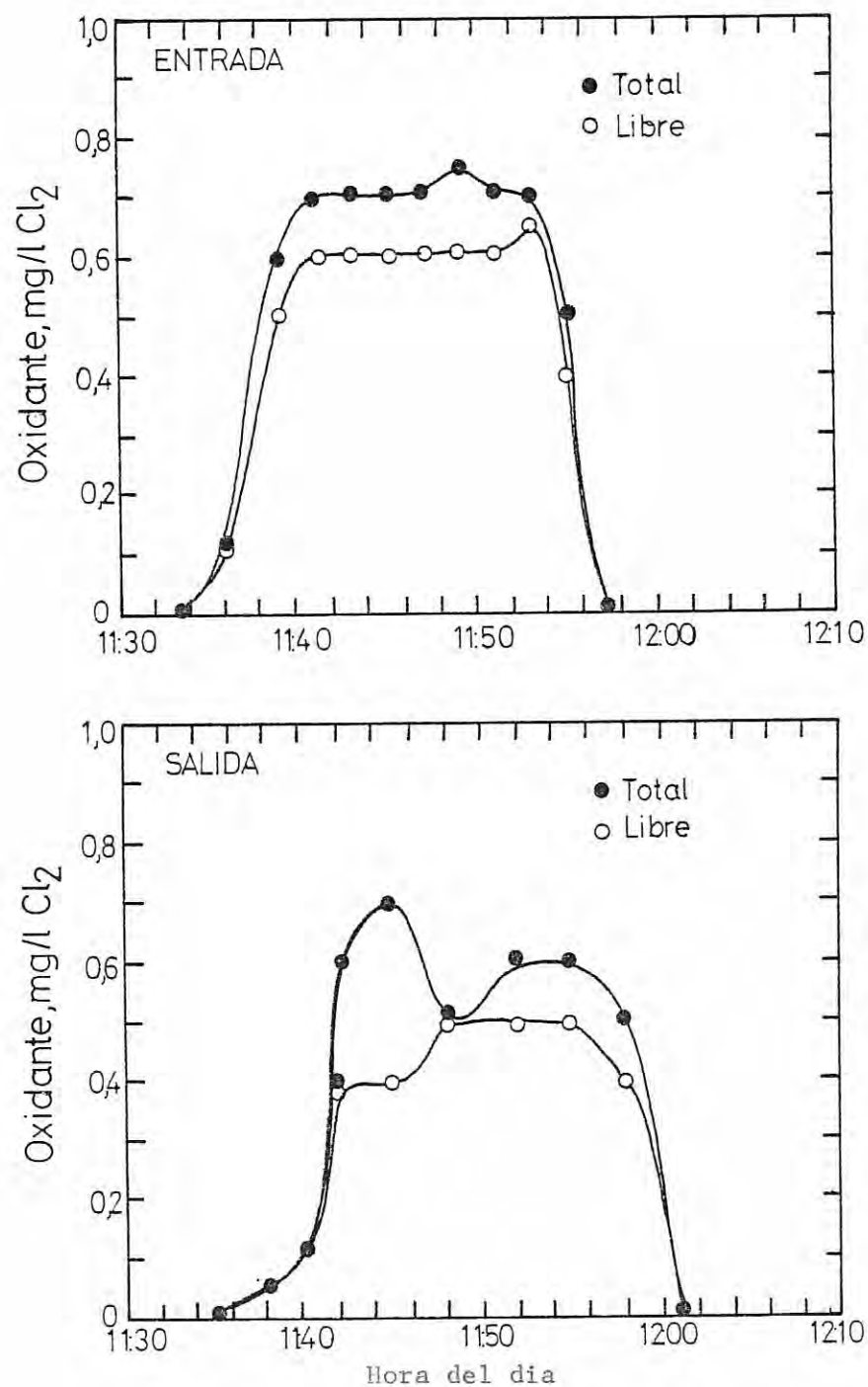


FIGURA 9 EVOLUCION DE LA CONCENTRACION DE OXIDANTE A LA ENTRADA Y SALIDA DE LOS CIRCUITOS DE REFRIGERACION DE LA CENTRAL NUCLEAR DE VANDELLOS. ZONA COSTERA DE TARRAGONA. DIA 3 DE JULIO DE 1979.

V CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS

ESTACIONES DE MUESTREO

El número total de estaciones de muestreo de aguas costeras ha sido de 47 en Málaga y de 27 en Tarragona, lo que representa un total de 74 estaciones.

De las 47 estaciones de muestreo de Málaga, 3 son estaciones de medida de contaminación de fondo, emplazadas en uno de los tramos de costa aparentemente menos contaminado. Las restantes estaciones de muestreo de Málaga y todas las de Tarragona corresponden generalmente a zonas de playa bien conocidas como lugares de recreo y muy frecuentadas por los bañistas.

Las 47 estaciones de muestreo de Málaga se distribuyen así: 1) 3 estaciones de medida de niveles de fondo, emplazadas en el **municipio de Maro**, 2) **18 estaciones** distribuidas en el tramo de costa de 15 Km aproximadamente comprendido entre Rincón de la Victoria y Málaga capital, 3) 18 estaciones distribuidas en el tramo de 15 Km de costa comprendido entre Málaga capital y Torremolinos y 4) 8 estaciones distribuidas en un tramo de 5 Km de costa de Fuengirola.

Las 27 estaciones de muestreo de Tarragona se distribuyen en el tramo de 100 Km de costa comprendido entre el municipio de Cunit, límite con Barcelona y el de Ampolla al norte del delta del Ebro. La Figura 10 muestra la posición geográfica de las zonas de estudio.

El muestreo sistemático durante la temporada de primavera, Febrero a Mayo, ha incluido 39 estaciones de muestreo en Málaga y 27 en Tarragona, mientras que durante la temporada de verano, Junio a Septiembre, el muestreo se llevado a cabo en todas las estaciones.

PARAMETROS DE CALIDAD DE CADA ESTACION

El modelo estadístico propuesto se ha aplicado a las series de resultados analíticos obtenidos en cada una de las estaciones de muestreo, obteniéndose así la distribución de frecuencias asociadas a cada uno de los tres tipos de microorganismos considerados durante cada una de las dos estaciones estudiadas.

El acuerdo entre los datos y el modelo propuesto ha sido excelente. Las discrepancias observadas están generalmente asociadas al caso de estaciones con concentraciones microbianas bajas, inferiores a 100 microorganismos/100ml. De otra parte, el acuerdo es mas satisfactorio a medida que el número de datos aumenta de 6 hasta 14.

En consecuencia, una distribución de frecuencias normal-logarítmica adaptada por un procedimiento visual constituye un método práctico suficientemente aproximado para representar la calidad microbiológica de un agua de mar.

La Figura 11 es un ejemplo representativo de las distribuciones generalmente obtenidas en el presente estudio. Además de la línea recta representativa de la distribución normal-logarítmica, en la Figura 11 aparecen

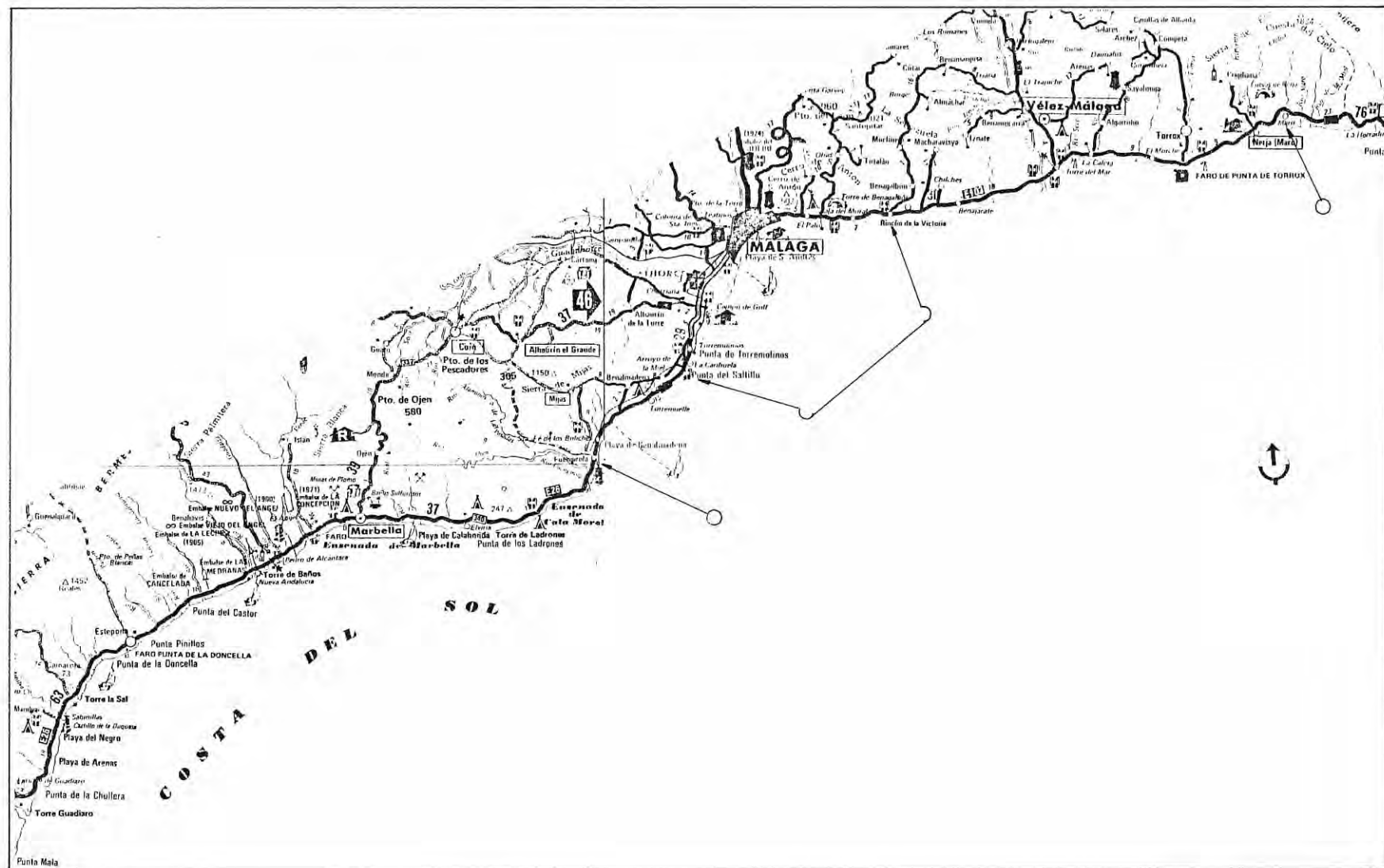


FIGURA 10 ZONA PILOTO DE MALAGA

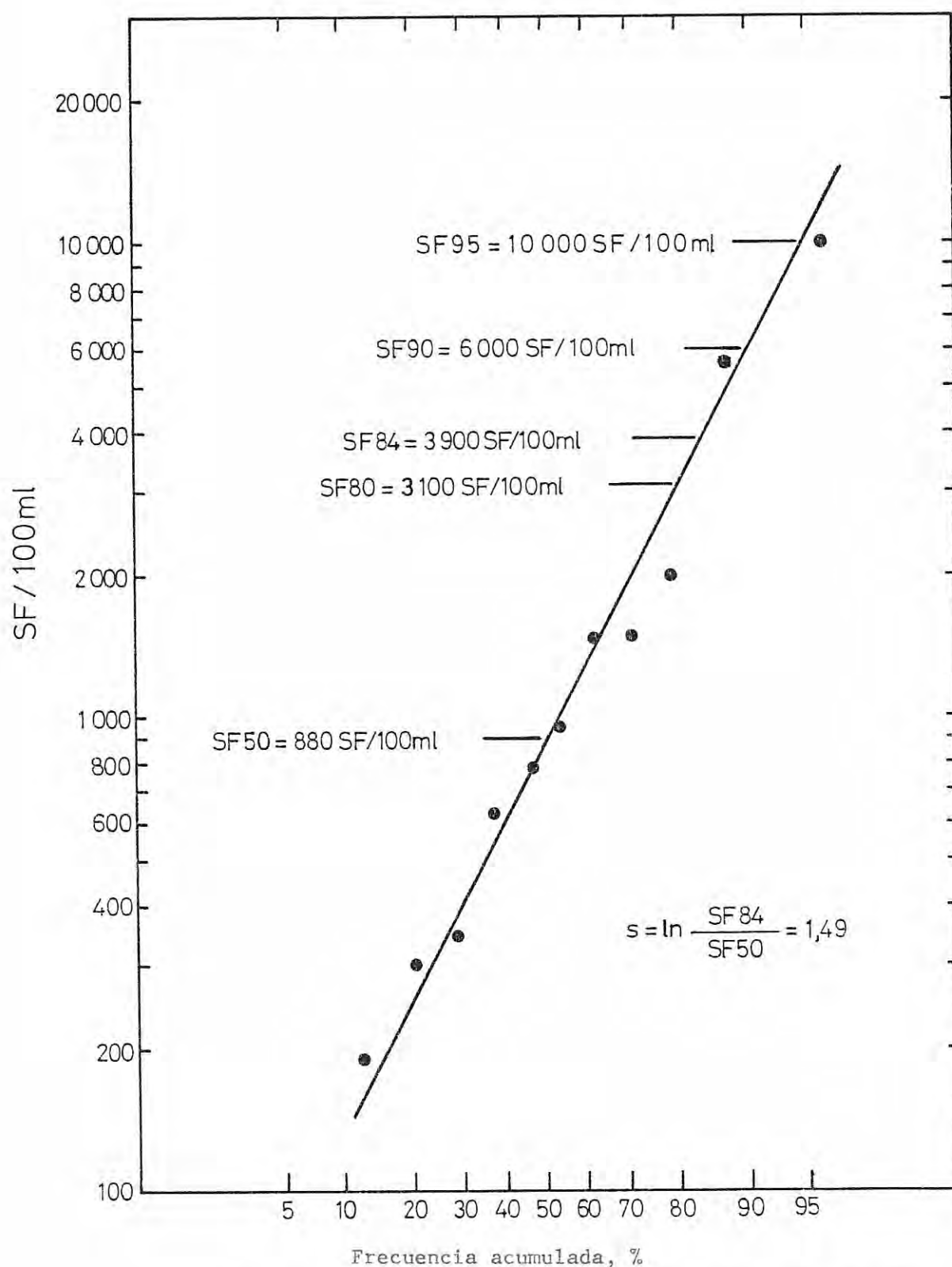


FIGURA 11 DISTRIBUCION NORMAL LOGARITMICA OBTENIDA EN UNA ESTACION DE MUESTREO DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE AGUAS COSTERAS, JUNTO CON LOS PARAMETROS ESTADÍSTICOS DE INTERÉS.

los parámetros de calidad microbiológica característicos de la estación de muestreo para el tipo de microorganismos y temporada de muestreo en cuestión.

CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS

E.coli es la especie más frecuente de coliforme fecal. Sin embargo, y con objeto de establecer un criterio comparativo entre las normas de calidad expresadas en términos de E.coli y de coliformes fecales, un total de 15 colonias típicas de las obtenidas en la determinación de coliformes fecales (FM) fueron identificadas bioquímicamente (INVIC). Las 15 colonias típicamente azules resultaron ser E.coli. En consecuencia y a efectos de este estudio, las concentraciones microbianas en términos de EC/100ml se han considerado prácticamente equivalentes a CF/100ml.

Las Tablas III y IV contienen un resumen de la calidad microbiológica de las estaciones de muestreo de Málaga y Tarragona durante 1979 en función de los cuatro criterios o normas de calidad considerados. La conformidad de la calidad microbiológica de una estación de muestreo con los criterios o normas de calidad ha sido obtenida por dos procedimientos diferentes: 1) comparando numericamente los dos valores de la norma con los correspondientes de la estación de muestreo y 2) comparando gráficamente las distribuciones estadísticas de la norma y de la estación de muestreo, representadas en papel de probabilidad normal-logarítmico.

Del análisis de los resultados contenidos en las Tablas III y IV, se deducen las siguientes conclusiones:

1. La aplicación de los criterios de calidad de la OMS y la norma de calidad del MOPU proporciona una clasificación de las estaciones de muestreo prácticamente equivalente, tanto si se realiza por procedimiento numérico como gráfico. Este acuerdo era de esperar en parte si se tiene en cuenta la gran semejanza entre los criterios OMS y la norma MOPU.
2. La aplicación de las normas de calidad microbiológica de la CEE proporcionan resultados notablemente diferentes según se realice por procedimiento numérico o gráfico. La razón de esta discrepancia radica en el hecho de que aún cuando el par de valores de la concentración microbiana de una estación sean inferiores a los correspondientes de la norma de calidad, la distribución de frecuencias propia de la estación supera la distribución correspondiente a la norma para frecuencias inferiores a las especificadas en la norma. Este aspecto será tratado al estudiar los valores de la desviación típica "S" generalmente observados en las estaciones.
3. Tanto los criterios de calidad microbiológica de la OMS como las normas del MOPU y de la CEE ponen de manifiesto una calidad microbiológica generalmente superior en primavera que en verano, tanto en Málaga como en Tarragona.
4. El hecho de que el número total de estaciones de muestreo de Tarragona consideradas satisfactorias por los criterios OMS y las normas MOPU sea ligeramente superior en verano que en primavera es consecuencia de la gestión de vertidos adoptada por los municipios costeros, donde por razones de mantenimiento o economía se dejan fuera de servicio los emi-

TABLA III CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS.
MALAGA 1979.

Criterio de Calidad	Número de playas		
	Total	Satisfactorias	
		Numericamente	Graficamente
Primavera			
OMS, 1974	39	32 (82%)	28 (72%)
MOPU, 1977	39	32 (82%)	31 (79%)
CEE, 1975 ^(*)	39	25 (64%)	15 (38%)
California, 1943	39	-	32 (82%)
Verano			
OMS, 1974	47	23 (49%)	19 (40%)
MOPU, 1977	47	23 (49%)	21 (45%)
CEE, 1975 ^(*)	47	8 (17%)	1 (2%)
California, 1943	47	-	18 (38%)

(*) Sin tener en cuenta la norma para estreptococos fecales

TABLA IV CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS,
TARRAGONA 1979

Criterio de Calidad	Numero de playas		
	Total	Satisfactorias	
		Numericamente	Graficamente
Primavera			
OMS, 1974	27	24 (89%)	24 (89%)
MOPU, 1977	27	24 (89%)	24 (89%)
CEE, 1975 (*)	27	22 (81%)	21 (78%)
California, 1943	27	-	26 (96%)
Verano			
OMS, 1974	27	26 (96%)	26 (96%)
MOPU, 1977	27	26 (96%)	25 (93%)
CEE, 1975 (*)	27	4 (15%)	0
California, 1943	27	-	15 (56%)

(*) Sin tener en cuenta la norma para estreptococos fecales

sarios submarinos durante gran parte de la temporada de primavera.

5. La aplicación durante la temporada de verano de los criterios de calidad microbiológica de la OMS y la norma del MOPU ponen de manifiesto una calidad microbiológica muy satisfactoria en Tarragona, próxima al 95% de las estaciones, mientras que la calidad de las estaciones de Málaga es poco satisfactoria al ser menos de un 50% de las estaciones las que satisfacen la norma. Este resultado guarda una estrecha relación con los vertidos de aguas residuales en zonas costeras, notablemente superiores en Málaga con respecto a Tarragona.
6. La aplicación de las normas de calidad de la CEE, en términos de coliformes totales y coliformes fecales, proporciona resultados semejantes en Málaga y Tarragona, calificando la práctica totalidad de las playas como insatisfactorias.
7. La calidad estética de las aguas costeras obtenida aplicando la norma de California proporciona una visión general similar a la antes descrita: mientras que la calidad estética, tanto en Málaga como en Tarragona es muy satisfactoria en primavera, los índices de calidad descienden notablemente durante el verano hasta valores del 56% en Tarragona y 38% en Málaga.

CARACTER RESTRICTIVO DE LAS NORMAS CEE

Con objeto de evaluar el carácter restrictivo de las normas de calidad de la CEE, en términos de coliformes totales y coliformes fecales, la conformidad de las distribuciones estadísticas de calidad microbiológica de cada estación fué analizada con respecto a varias combinaciones posibles de dichas normas.

Las Tablas V y VI contienen un resumen de la clasificación obtenida aplicando las diversas limitaciones numéricas que componen las normas de la CEE. Del análisis de las Tablas V y VI se deducen las siguientes conclusiones:

1. La clasificación mas favorable de las estaciones de muestreo es la obtenida por aplicación individual de las limitaciones impuestas por los componentes CT95 o CF95 de las normas CEE. El porcentaje de playas que satisfacen esas dos limitaciones es practicamente equivalente al que se obtiene de aplicar los criterios de calidad de la OMS o la norma del MOPU, independientemente de la localización geográfica y la temporada de muestreo.
2. Las limitaciones impuestas por los componentes CT80 y CF80 de las normas CEE son los más restrictivos de los cuatro considerados y especialmente el CT80. La aplicación simultanea de estos dos limites determina la clasificación global de las estaciones de muestreo estudiadas, sin que la aplicación adicional de las limitaciones CT95 y CF95 altere en modo alguno el resultado.
3. Las limitaciones impuestas por los componentes CT80 y CF80 de las normas CEE son logicamente los responsables dela notable diferencia observada con respecto a los criterios de la OMS y la norma MOPU al realizar la clasificación general de la calidad microbiológica de las aguas costeras.

TABLA V CAPACIDAD REGULADORA DE LAS NORMAS DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LA CEE. MÁLAGA

Norma	Número de playas	
	Total	Satisfactorias
Primavera		
CT80	39	27 (69%)
CT95	39	31 (79%)
CF80	39	27 (69%)
CF95	39	32 (82%)
CT80 y CF80	39	25 (64%)
Todas	39	25 (64%)
Verano		
CT80	47	9 (19%)
CT95	47	20 (43%)
CF80	47	14 (30%)
CF95	47	23 (49%)
CT80 y CF80	47	8 (17%)
Todas	47	8 (17%)

TABLA VI CAPACIDAD REGULADORA DE LAS NORMAS DE CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE LA CEE. TARRAGONA

Norma	Número de playas	
	Total	Satisfactorias
Primavera		
CT80	27	23 (85%)
CT95	27	25 (93%)
CF80	27	23 (85%)
CF95	27	23 (89%)
CT80 y CF80	27	22 (81%)
Todos	27	22 (81%)
Verano		
CT80	27	4 (15%)
CT95	27	23 (85%)
CF80	27	21 (78%)
CF95	27	26 (96%)
CT80 y CF80	27	4 (15%)
Todos	27	4 (15%)

VARIACION TEMPORAL DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA

Como se ha indicado en el apartado de metodología, la toma de muestras de aguas costeras se ha realizado de forma sistemática con objeto de reducir o uniformizar los posibles efectos sobre la calidad microbiológica debido a factores ambientales cíclicos, tales como la intensidad solar. Los resultados obtenidos son por tanto de máxima aplicación en tales condiciones.

En el supuesto de que las posibles variables ambientales cíclicas introducen variaciones mínimas en las concentraciones microbianas detectadas en aguas costeras, tiene especial interés evaluar la que podría denominarse "variación natural" de la calidad microbiológica de un agua. La "variación natural" estaría asociada a condiciones ambientales de carácter aleatorio tales como la dirección e intensidad de las corrientes marinas, la temperatura del agua y la cantidad y contenido de los vertidos de aguas residuales.

El parámetro utilizado para evaluar la variación característica de la calidad microbiológica de las aguas costeras ha sido la desviación típica "S" de la correspondiente distribución estadística normal-logarítmica.

REGRESION CONJUNTA

La evaluación de la desviación típica "S" de los tres microorganismos indicadores considerados se ha realizado a partir de los datos correspondientes a las aguas costeras de Málaga y Tarragona, durante las dos temporadas de primavera y verano. El gran número de concentraciones nulas obtenidas durante la temporada de primavera en Tarragona no ha permitido disponer de una muestra de datos adecuada.

La utilización conjunta de datos relativos a estaciones de muestreo con calidad microbiológica muy diferente se ha llevado a cabo mediante un proceso de normalización previa de los resultados. Esta normalización ha consistido en dividir los valores de la concentración microbiana original (C_{Mi}) por el valor de la concentración microbiana media (C_{M50}) obtenida gráficamente a partir de la distribución estadística de la estación de muestreo en cuestión.

Las series de puntos C_{Mi}/C_{M50} de las diferentes estaciones de muestreo consideradas en el análisis han sido representadas de nuevo en papel de probabilidad normal-logarítmico. La imagen que emerge de la nube de puntos resultante es un reflejo de esa "variación natural" que se pretende determinar. Las Figuras 12 a 20 son el resultado de aplicar este proceso de análisis al conjunto de datos disponibles.

A la vista de la aparente tendencia lineal de las nubes de puntos obtenidos en los nueve casos considerados ha parecido adecuado el tratar de estimar la recta de regresión correspondiente a la distribución estadística representativa de los valores dibujados. La desviación típica de esta distribución estadística global sería una estimación de la "variación natural" que se busca.

La teoría estadística relativa a la obtención de una recta de regresión por el método de los mínimos cuadrados reposa sobre una serie de hipótesis (Gibra, 1973). De todas ellas la más cuestionable, a la vista de los gráficos disponibles, es la referente a la igualdad de varianzas de las dis-

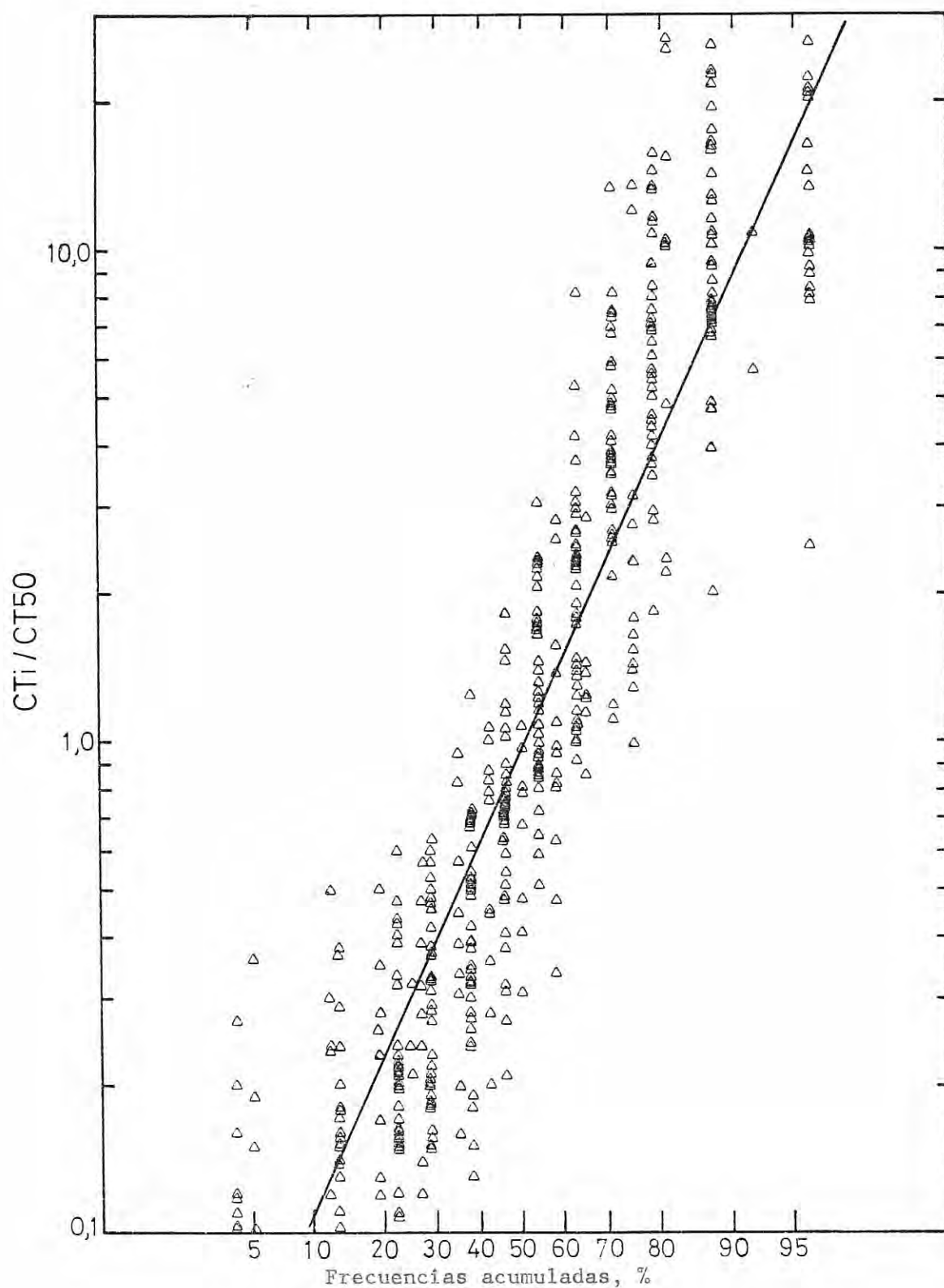


FIGURA 12 DISTRIBUCION NORMAL LOGARITMICA DE LAS CONCENTRACIONES, NORMALIZADAS POR ESTACION DE MUESTREO, DE COLIFORMES TOTALES EN LA ZONA COSTERA DE MALAGA DURANTE LA TEMPORADA DE VERANO DE 1979.

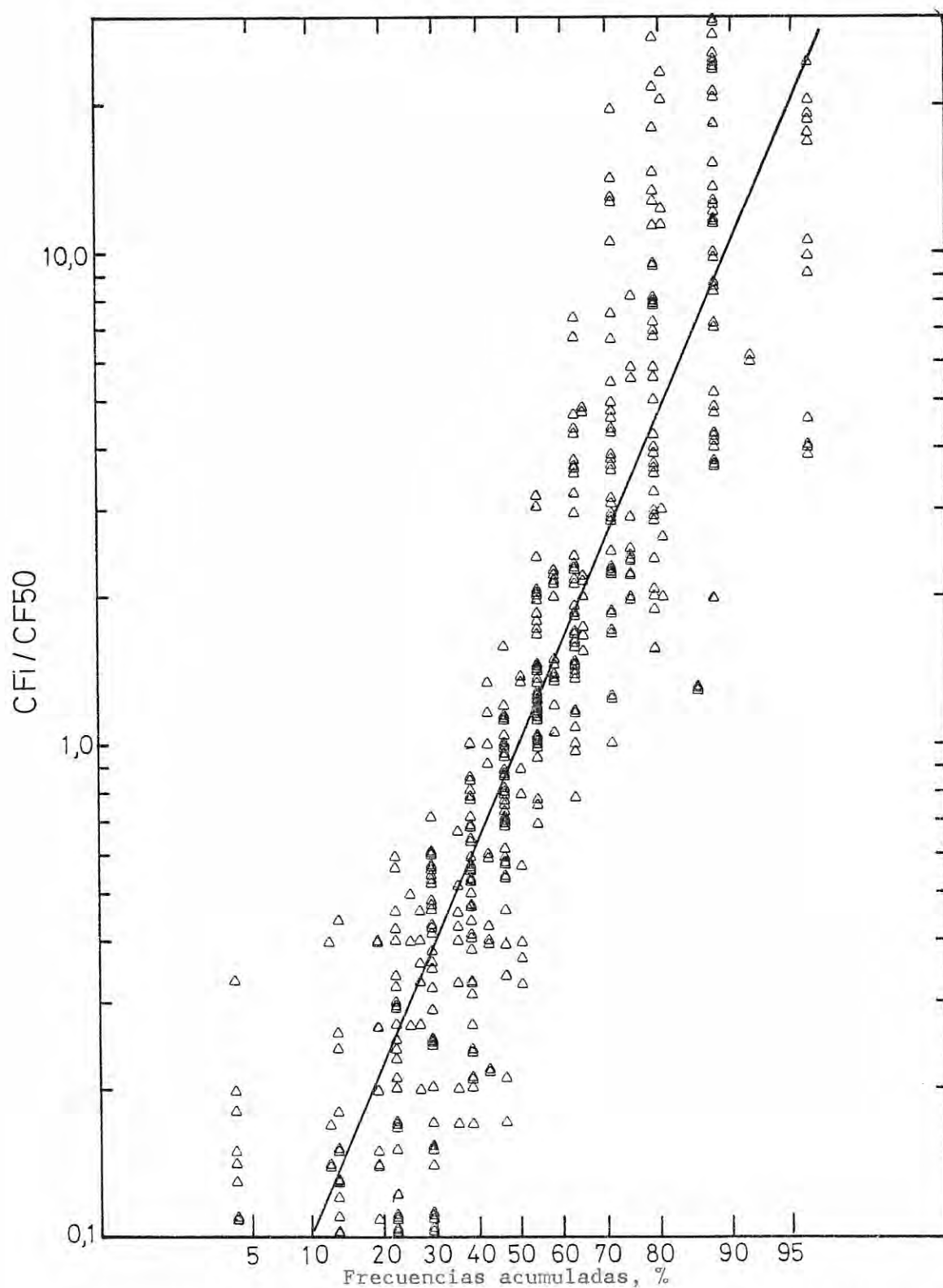


FIGURA 13 DISTRIBUCION NORMAL LOGARITMICA DE LAS CONCENTRACIONES, NORMALIZADAS POR ESTACION DE MUESTREO, DE COLIFORMES FECALES EN LA ZONA COSTERA DE MALAGA DURANTE LA TEMPORADA DE VERANO DE 1979.

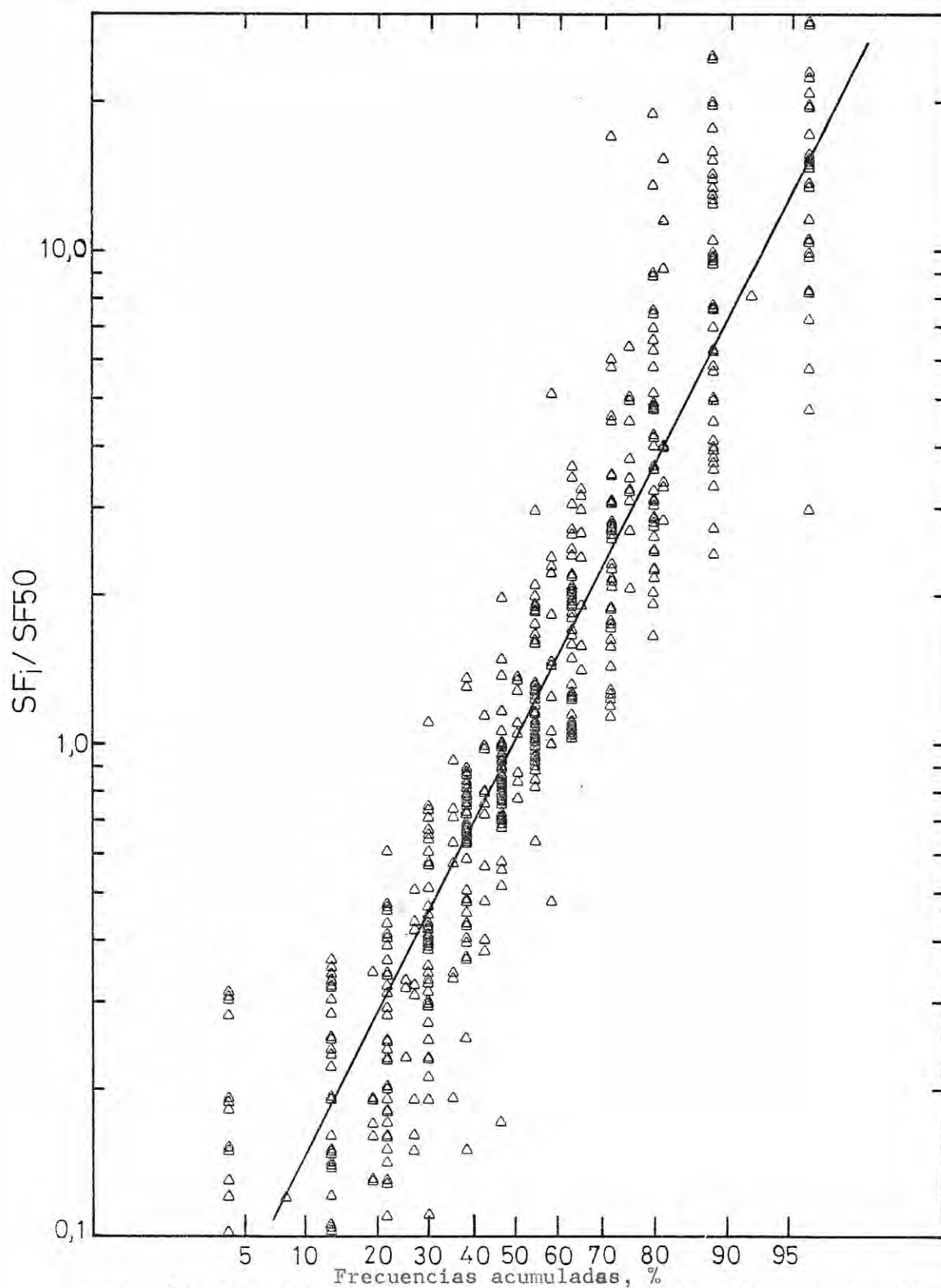


FIGURA 14 DISTRIBUCION NORMAL LOGARITMICA DE LAS CONCENTRACIONES, NORMALIZADAS POR ESTACION DE MUESTREO, DE ESTREPTOCOCOS FECALES EN LA ZONA COSTERA DE MALAGA DURANTE LA TEMPORADA DE VERANO DE 1979.

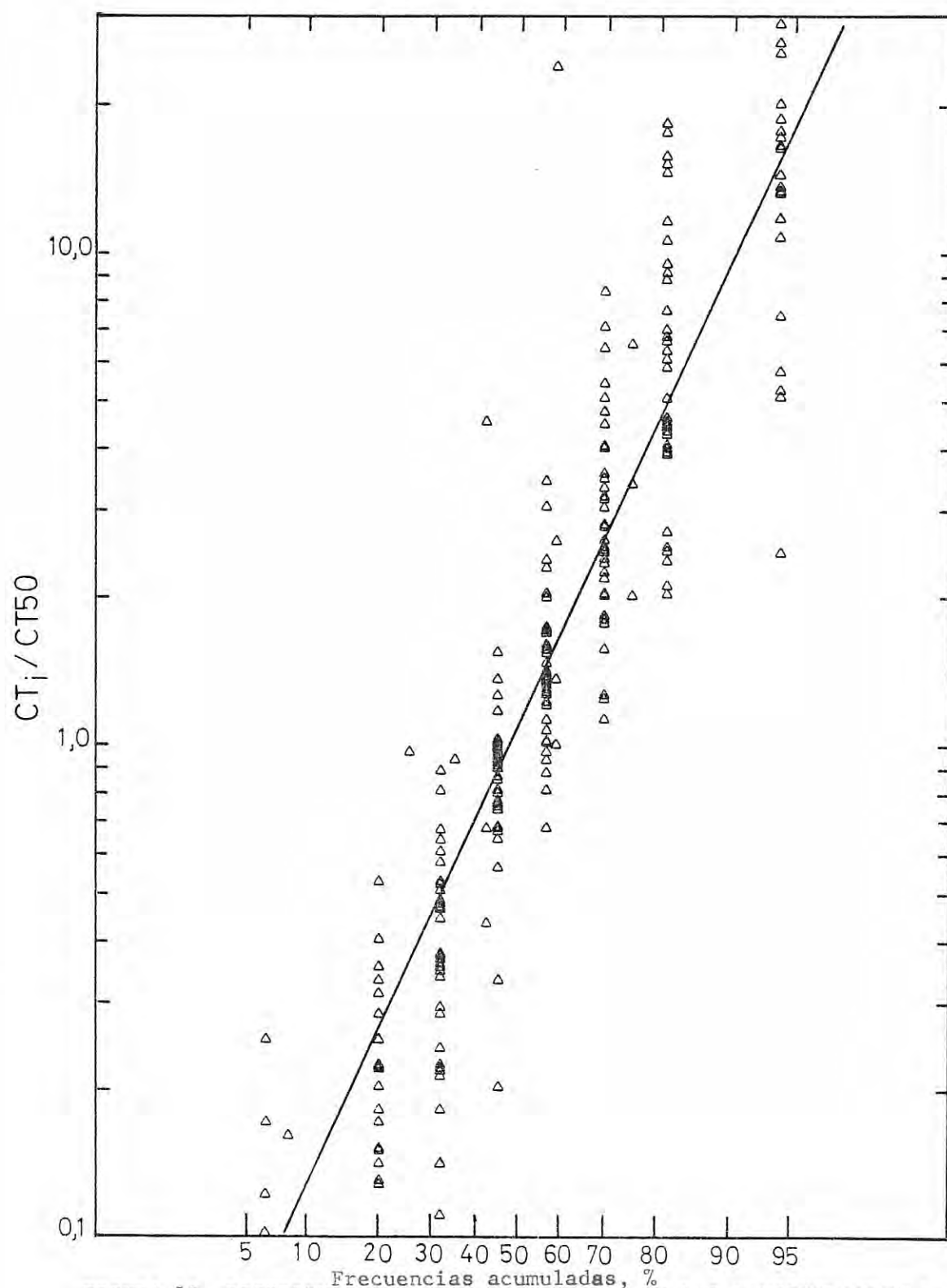


FIGURA 15 DISTRIBUCION NORMAL LOGARITMICA DE LAS CONCENTRACIONES, NORMALIZADAS POR ESTACION DE MUESTREO, DE COLIFORMES TOTALES EN LA ZONA COSTERA DE MALAGA DURANTE LA TEMPORADA DE PRIMAVERA DE 1979.

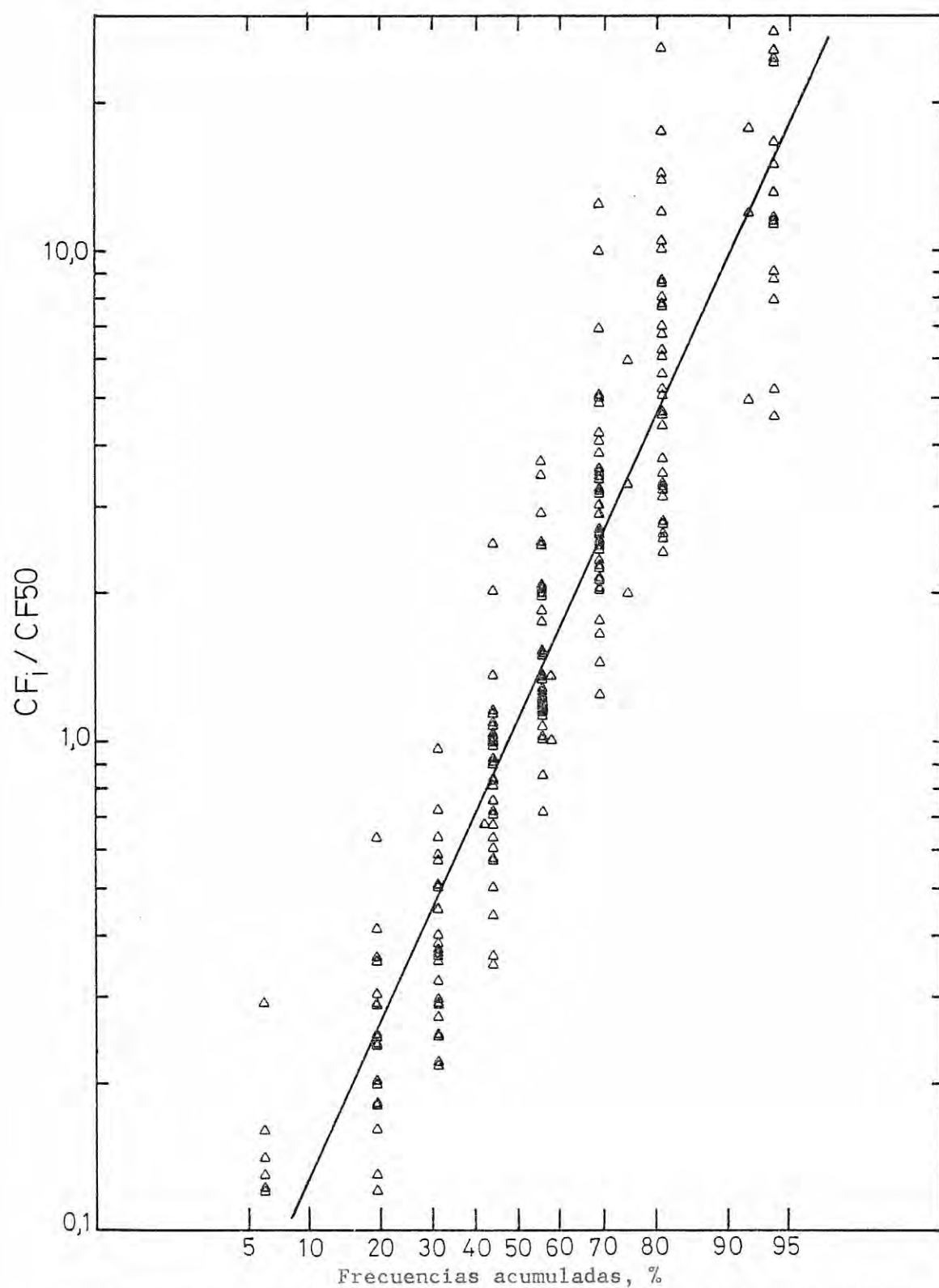


FIGURA 16 DISTRIBUCION NORMAL LOGARITMICA DE LAS CONCENTRACIONES, NORMALIZADAS POR ESTACION DE MUESTREO, DE COLIFORMES FECALES EN LA ZONA COSTERA DE MALAGA DURANTE LA TEMPORADA DE PRIMAVERA DE 1979.

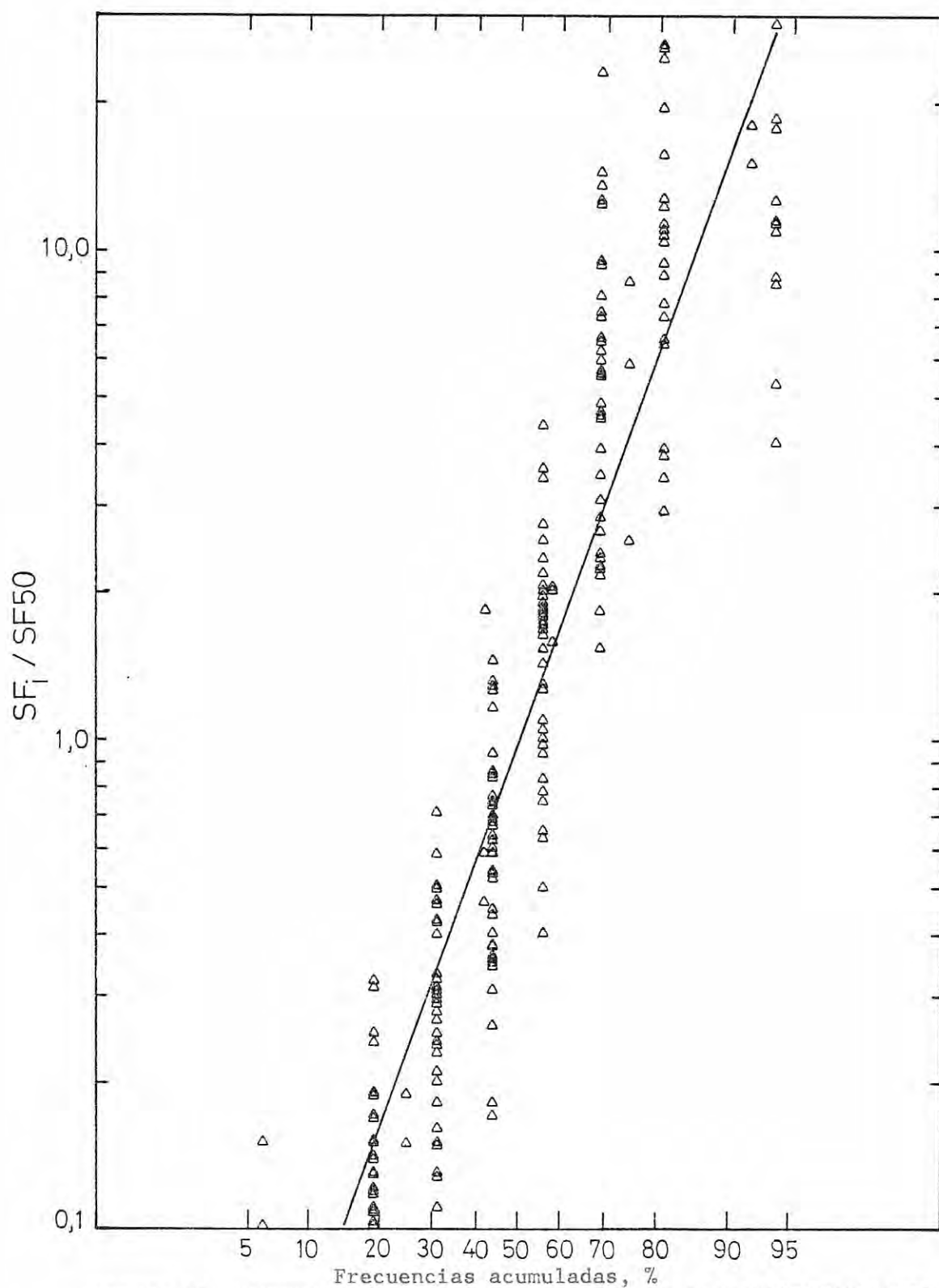


FIGURA 17 DISTRIBUCION NORMAL LOGARITMICA DE LAS CONCENTRACIONES, NORMALIZADAS POR ESTACION DE MUESTREO, DE ESTREPTOCOCOS FECALES EN LA ZONA COSTERA DE MALAGA DURANTE LA TEMPORADA DE PRIMAVERA DE 1979.

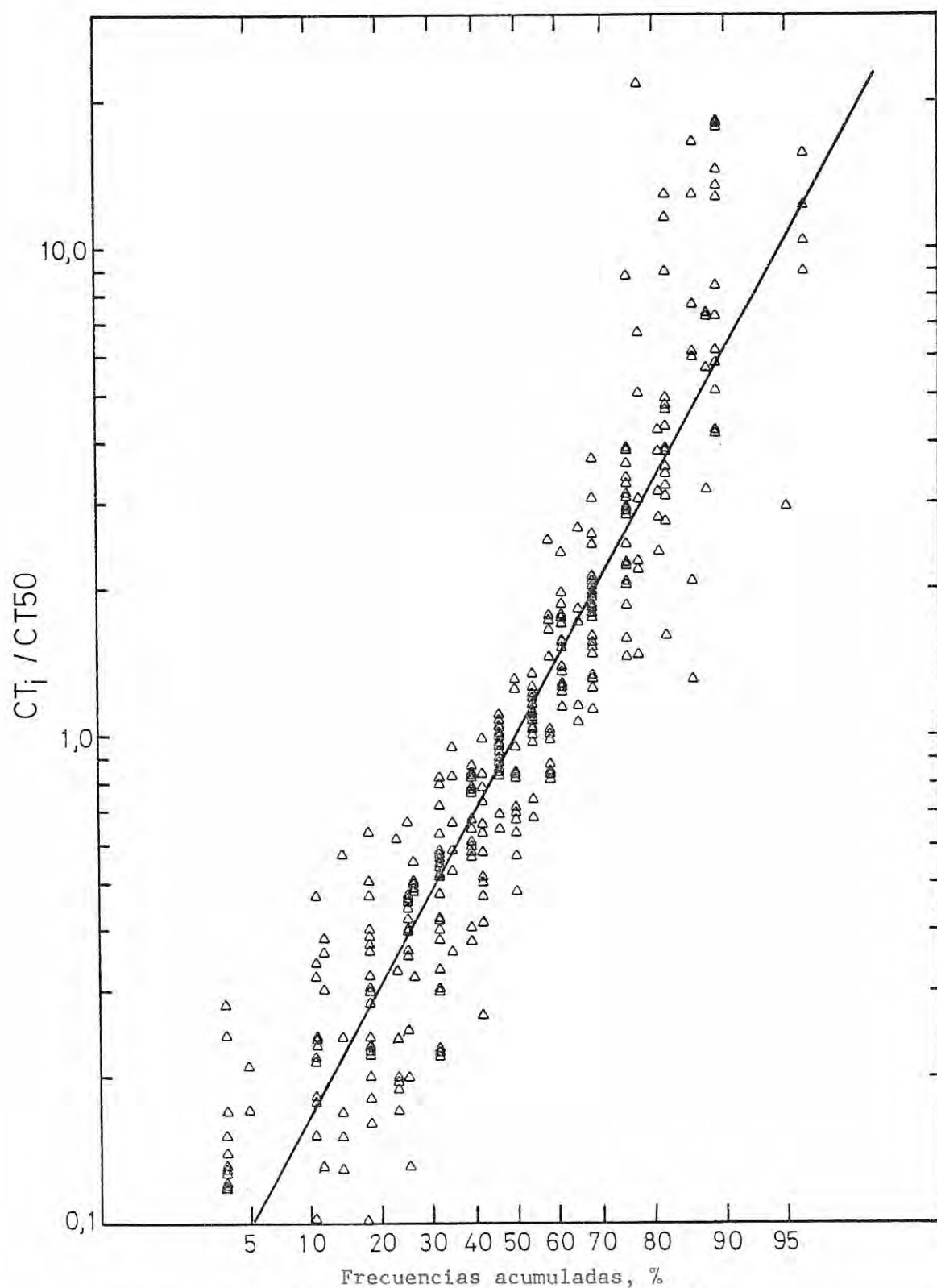


FIGURA 18 DISTRIBUCION NORMAL LOGARITMICA DE LAS CONCENTRACIONES, NORMALIZADAS POR ESTACION DE MUESTREO, DE COLIFORMES TOTALES EN LA ZONA COSTERA DE TARRAGONA DURANTE LA TEMPORADA DE VERANO DE 1979.

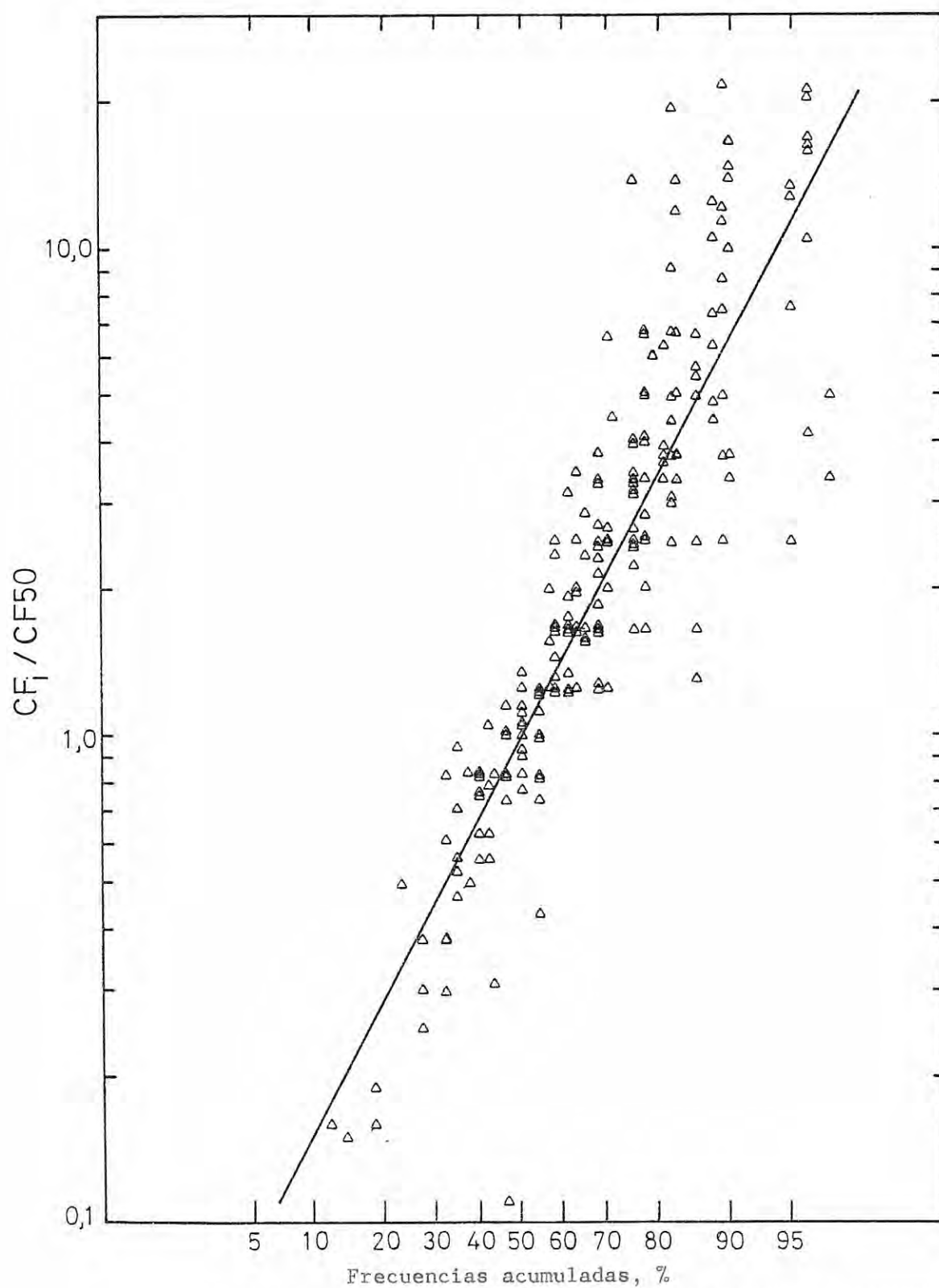


FIGURA 19 DISTRIBUCION NORMAL LOGARITMICA DE LAS CONCENTRACIONES, NORMALIZADAS POR ESTACION DE MUESTREO, DE COLIFORMES FECALES EN LA ZONA COSTERA DE TARRAGONA DURANTE LA TEMPORADA DE VERANO DE 1979,

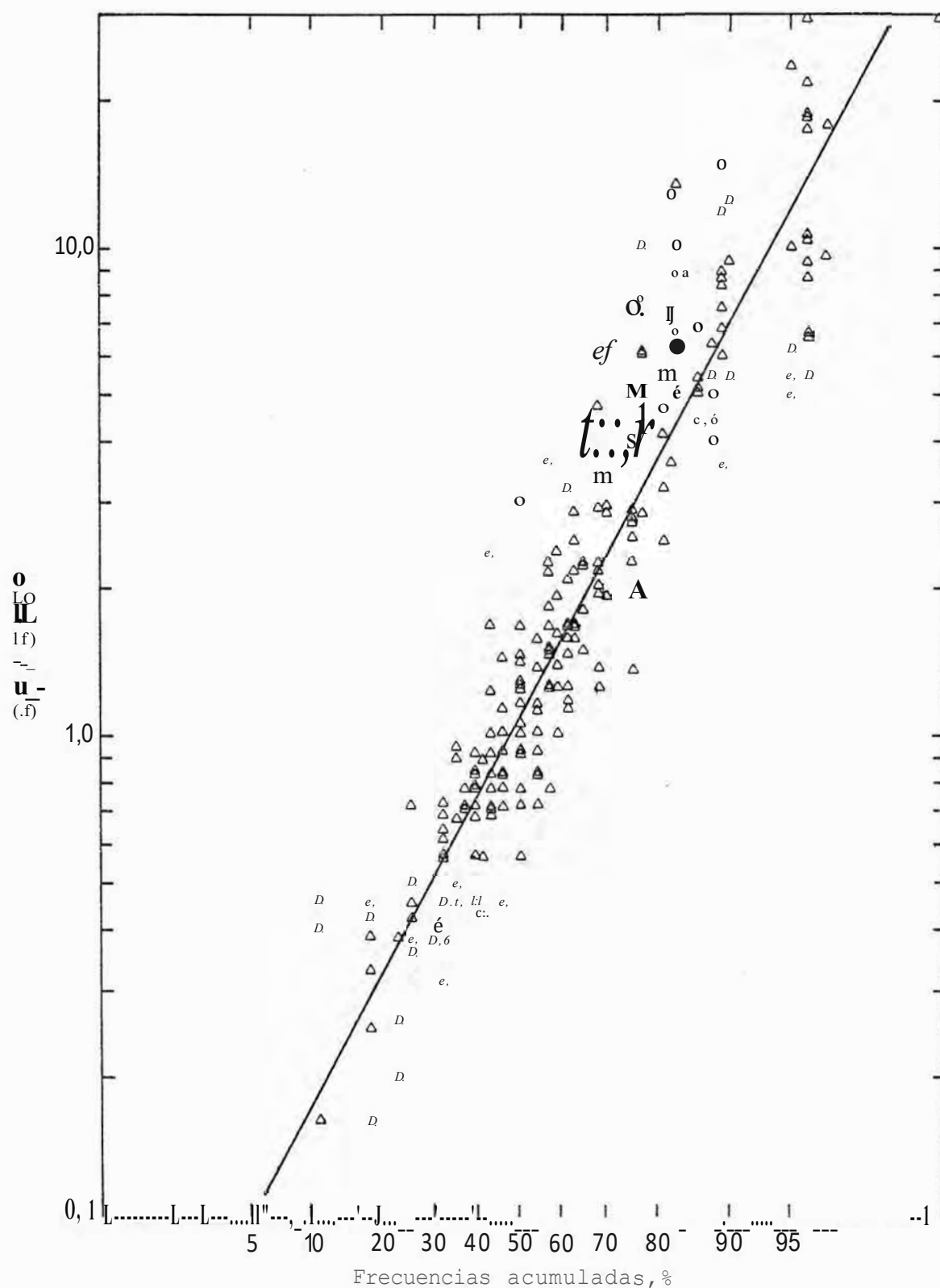


FIGURA 20 DISTRIBUCION NORMAL LOGARITMICA DE LAS CONCENTRACIONES, NOFILIZADAS POR ESTACION DE MUESTREO, DE ESTREPTOCOCOS FECALLES EN LA ZONA COSTERA DE TARRAGONA DURANTE LA TEMPORADA DE VERANO DE 1979.

tribuciones de la variable dependiente para cada valor de la variable independiente, propiedad denominada homocedasticidad.

El incumplimiento de esta hipótesis no invalida el método de cálculo, pero hace que las estimaciones realizadas no sean las mas eficaces estadísticamente, afectando desfavorablemente las conclusiones obtenidas de un análisis de hipótesis posterior a menos que se transformen adecuadamente los datos antes de iniciar la regresión (Gujarati, 1978). El criterio utilizado para verificar la homocedasticidad de los datos disponibles ha sido el test de Barlett (Gibra, 1973). Las conclusiones de este análisis vienen resumidas en la Tabla VII.

TABLA VII ANALISIS DE HOMOCEDASTICIDAD DE LAS DISTRIBUCIONES GLOBALES DE CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS. TEST DE BARLETT ($\alpha = 0.05$).

Zona Piloto	Temporada	Microorganismo	Resultado del test
Málaga	Primavera	CT	Rechazo (*)
Málaga	Primavera	CF	No rechazo
Málaga	Primavera	SF	No rechazo
Málaga	Verano	CT	No rechazo
Málaga	Verano	CF	Rechazo
Málaga	Verano	SF	Rechazo (*)
Tarragona	Verano	CT	Rechazo (*)
Tarragona	Verano	CF	Rechazo (*)
Tarragona	Verano	SF	No rechazo

(*) Condiciones próximas al limite de rechazo.

En definitiva, la igualdad de varianzas es estadísticamente significativa en 4 casos y la desigualdad es estadísticamente significativa en 5 casos, de los cuales 4 se sitúan próximos al límite de la zona de rechazo del test de Barlett. A la vista de estos resultados se ha adoptado el criterio de aplicar directamente el cálculo de la regresión lineal por mínimos cuadrados sin introducir transformación alguna de los datos.

Las rectas de regresión así obtenidas aparecen dibujadas en las Figuras 12 a 20. Los valores de la desviación típica "S" correspondientes se resumen en la Tabla VIII. La Tabla VIII contiene así mismo los valores de la desviación típica inherente a los criterios de calidad de la OMS, las normas del MOPU y de la CEE.

TABLA VIII ANALISIS GLOBAL DE LA DESVIACION TIPICA O VARIACION NATURAL DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS, REGRESION LINEAL POR MINIMOS CUADRADOS.

Zona Piloto	Temporada	Microorganismo	No de Puntos	Intervalo Confianza Desviación típica ($\alpha = 0.05$)
Málaga	Primavera	CT	210	1.73 $\pm$ 0.12
Málaga	Primavera	CF	196	1.73 $\pm$ 0.12
Málaga	Primavera	SF	191	2.20 $\pm$ 0.20
Málaga	Verano	CT	433	1.75 $\pm$ 0.08
Málaga	Verano	CF	412	1.85 $\pm$ 0.12
Málaga	Verano	SF	458	1.56 $\pm$ 0.07
Tarragona	Verano	CT	304	1.44 $\pm$ 0.07
Tarragona	Verano	CF	194	1.49 $\pm$ 0.12
Tarragona	Verano	SF	244	1.47 $\pm$ 0.07
Criterios OMS, 1974		CF		1.80
Normas MOPU, 1977		CF		1.26
Normas CEE, 1975		CT y CF		3.74

De los resultados obtenidos se deducen las siguientes conclusiones:

1. La calidad microbiológica de un agua costera, en términos de coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales, se adapta de forma muy satisfactoria a una distribución estadística del tipo normal-logarítmico.
2. Los valores de la "variación natural" o desviación típica "S" obtenidos por medio de una regresión lineal por mínimos cuadrados oscilan entre 1.6 y 2.2 en las costas de Málaga, mientras que en Tarragona todos los valores se aproximan a 1.5 durante la temporada de verano.
3. Los valores de la "variación natural" así obtenidos se aproximan más a la variación inherente a los criterios de calidad de la OMS que a ninguna otra de las normas estudiadas.
4. La variación inherente a las normas de calidad de la CEE para coliformes totales y coliformes fecales es notablemente superior a la observada en la práctica, tanto en Málaga como en Tarragona. Esta característica, junto con los aspectos analizados en apartados anteriores, explica el carácter práctico tan restrictivo de estas normas de calidad.

DISTRIBUCION DE LAS DESVIACIONES TIPICAS

Un aspecto de interés práctico en el estudio de la calidad microbiológica de aguas costeras es la interpretación de los valores de la desviación típica obtenida a partir de una muestra de datos de tamaño reducido, del orden de 8 a 15 elementos.

El hecho de que en la situación precedente dispusiéramos de muestras de 200 a 400 elementos ha permitido estimar con precisión el valor de la desviación típica conjunta. Sin embargo, cuando el número de elementos de la muestra es próximo a 10 cabe esperar que la desviación típica resultante oscile en un intervalo mucho más amplio. La cuestión que suele presentarse en estos casos es determinar que significado puede concederse a ese valor dentro de un contexto de valores próximos.

El fundamento teórico utilizado para analizar este tema ha sido el siguiente:

1. Suponer que las concentraciones microbianas durante una temporada de muestreo y una zona de costa determinada pertenecen a una misma población de valores, distribuidos según una ley estadística normal, con parámetros (μ, σ^2) .
2. Considerar que las desviaciones típicas "S" de las muestras parciales de "n" elementos obtenidos de la población anterior, en cada una de las estaciones de muestreo, obedecen a una distribución aproximadamente normal con parámetros $(\sigma, \sigma^2/2(n-1))$, (Hald, 1952).

Las Figuras A1 a A12 del Anexo A muestran los resultados de ajustar gráficamente una distribución normal a las muestras de desviaciones típicas disponibles. Del examen de dichas figuras se deduce el excelente acuerdo entre los datos experimentales y el modelo propuesto. Únicamente en los extremos se observan separaciones notables de la linealidad impuesta.

Aunque la interpretación de estos casos se realizará en detalle en la próxima sección, esta discrepancia puede simplemente interpretarse como un indicio de que el primer supuesto teórico anterior no es válido para estas estaciones de muestreo.

La Tabla IX contiene un resumen de los intervalos de confianza estimados para las desviaciones típicas de diferentes microorganismos, en diferentes temporadas de muestreo y zonas costeras. Tanto el valor medio de esas desviaciones típicas como la amplitud de los intervalos de confianza contrastan con los obtenidos previamente para estudios globales y son una consecuencia directa del número reducido de elementos "n" de que consta cada muestra de concentraciones microbianas.

TABLA IX INTERVALOS DE CONFIANZA ($\alpha = 0.05$) DE LAS DESVIACIONES TÍPICAS DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE UNA ESTACION DE MUESTREO. AJUSTE GRÁFICO DE UN MODELO DE DISTRIBUCION NORMAL.

Microorganismo Indicador	Primavera			Verano		
	Esta- ciones	Datos por estación	Intervalo Confianza	Esta- ciones	Datos por estación	Intervalo Confianza
Málaga						
CT	39	8	2.10 $\pm$ 0.60	47	12	2.20 $\pm$ 1.20
CF	22	8	1.70 $\pm$ 0.60	47	12	2.20 $\pm$ 1.90
	16	8	2.65 $\pm$ 1.10			
SF	39	8	2.95 $\pm$ 1.90	47	12	1.85 $\pm$ 1.00
Tarragona						
CT	23	6	1.75 $\pm$ 1.80	27	14	1.50 $\pm$ 1.00
CF	9	6	2.50 $\pm$ 3.20	27	14	1.55 $\pm$ 1.20
SF	19	6	1.85 $\pm$ 1.60	27	14	1.75 $\pm$ 0.80

Los intervalos de confianza contenidos en la Tabla IX permiten estimar lo que podrían considerarse como valores posibles de la desviación típica de la calidad microbiológica de aguas costeras en condiciones "naturales".

IGUALDAD DE VARIANZAS

Con objeto de verificar numéricamente el supuesto de que las muestras de desviaciones típicas antes utilizadas proceden de una misma población, es decir son valores de "S" estadísticamente equivalentes, se ha realizado un análisis de varias de estas muestras utilizando el test de Barlett y siguiendo la metodología descrita por Hald (1952), pág. 290-299.

La Tabla X contiene los resultados de este estudio. Los valores de la desviación típica que allí aparecen pueden considerarse como los valores medios representativos de cada una de las muestras. Es decir, las muestras resultantes contienen valores de la desviación típica estadísticamente equivalentes. La característica importante de los valores de "S" que ha sido preciso eliminar durante este proceso, en razón de su diferencia significativa con el resto, es el hecho de que corresponden sistemáticamente a aquellos valores que no se adaptaban al modelo gráfico estudiado en el apartado anterior.

TABLA X ESTIMACION CONJUNTA DE LA DESVIACION TIPICA DE MUESTRAS DE DESVIACIONES TIPICAS ESTADISTICAMENTE EQUIVALENTES, ASOCIADAS CON LA CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS. TEST DE BARLETT. ZONA DE MALAGA. VERANO 1979.

Microorganismo Indicador	Tamaño muestra		Valor medio S
	Original	Resultante	
CT	47	42	2.20
CF	47	39	2.40
SF	47	45	1.85

Entre las circunstancias comunes a las estaciones de muestreo que ha sido preciso eliminar durante este análisis aparece la de estar sometida a fuentes de contaminación discontinua temporal, tales como aliviaderos de alcantarillado y desembocadura de rios, o espacial, por estar situada en la zona límite de influencia de un vertido importante, donde las corrientes costeras determinan notables oscilaciones de la calidad del agua.

Por último es interesante señalar el notable acuerdo entre los valores medios de "S" obtenidos por procedimientos numéricos y gráficos. Este hecho contribuye a una mayor validez de los supuestos considerados y de la interpretación práctica realizada anteriormente.

RELACION CF/SF

El estudio comparativo de las concentraciones de coliformes fecales y estreptococos fecales obtenidas en cada muestra de agua ha puesto de manifiesto el predominio general de los estreptococos fecales sobre los coliformes fecales, hecho tanto mas marcado cuanto menores son las concentraciones de coliformes fecales observadas.

La Figura 21 presenta una imagen gráfica de este fenómeno utilizando como parámetro indicador el cociente CF/SF, y como variable independiente la concentración CF. Como queda patente en la Figura 21 a medida que la concentración de coliformes fecales se aproxima a la de un agua residual

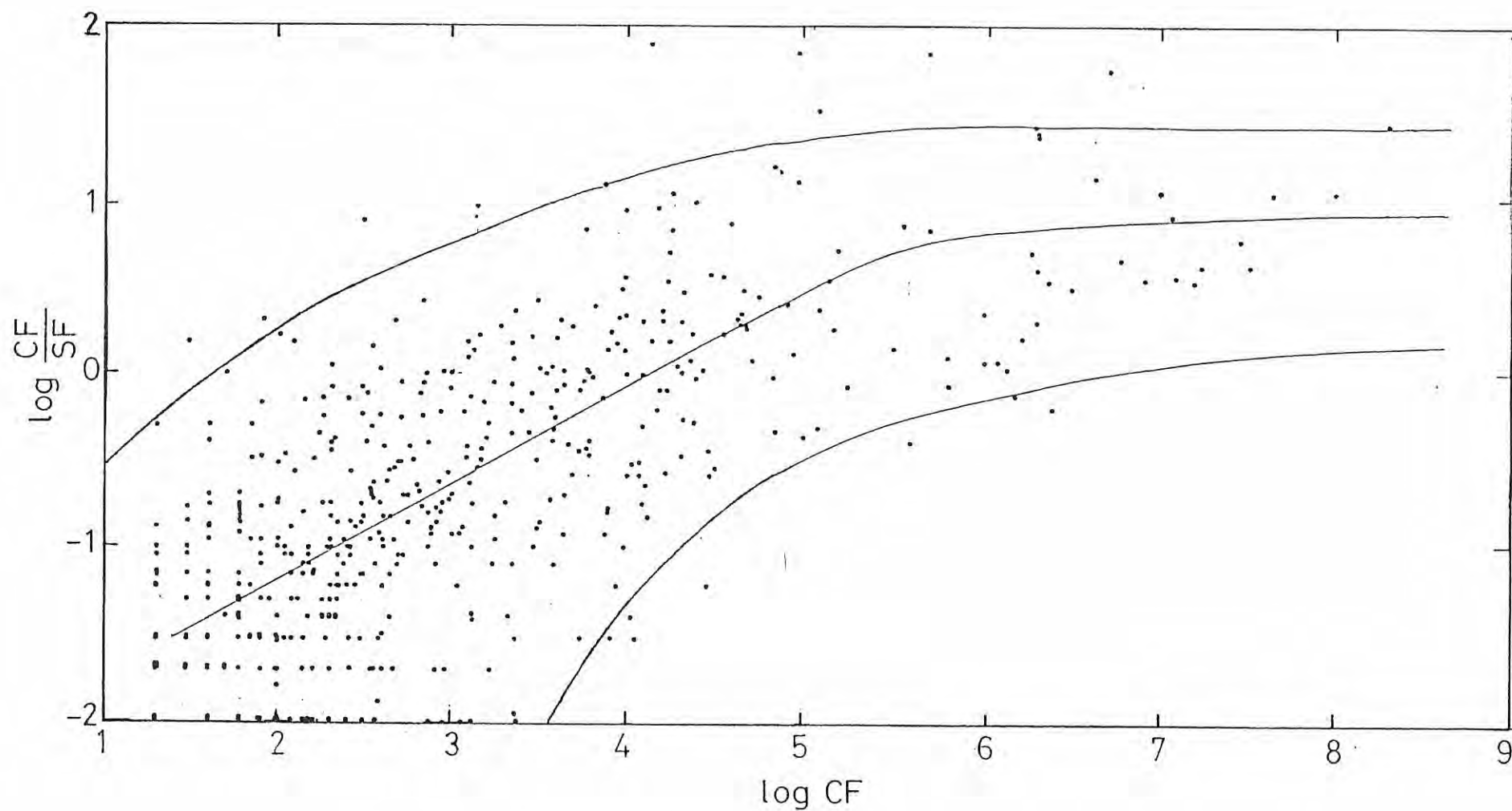


FIGURA 21 VARIACION DE LA PROPORCION RELATIVA DE COLIFORMES FECALES A ESTREPTOCOCOS FECALES EN FUNCION DE LA CONCENTRACION ABSOLUTA DE COLIFORMES FECALES. ZONA COSTERA DE MALAGA, VERANO DE 1979.

TABLA XI VARIACION DEL COCIENTE CF/SF EN FUNCION DE LA
CONCENTRACION DE COLIFORMES FECALES.
TEMPORADA DE VERANO 1979

Intervalo CF/100ml	Número de Datos	Distribución CF/SF	
Málaga		< 1	> 1
< 10	106	102 (96%)	4 (4%)
10-100	167	156 (93%)	11 (7%)
100-1000	98	67 (68%)	31 (32%)
1000-10 000	62	25 (40%)	37 (60%)
> 10 000	42	6 (14%)	36 (86%)
Total	475	356 (75%)	119 (25%)
Tarragona			
< 10	52	44 (85%)	8 (15%)
10-100	86	55 (64%)	31 (36%)
100-1000	32	7 (22%)	25 (78%)
1000-10 000	6	0 (0%)	6 (100%)
Total	176	106 (60%)	70 (40%)

bruta el cociente CF/SF se aproxima a los valores característicos de residuos fecales humanos, $CF/SF = 4$. Por el contrario, a medida que la concentración de coliformes fecales se aproxima a los niveles considerados en las normas de calidad estudiadas, los valores del cociente disminuyen oscilando en un amplio intervalo pero con predominio de valores $CF/SF < 1$.

Una posible interpretación de este resultado, acorde con lo observado en estudios de inactivación bacteriana, consistiría en atribuir a los estreptococos fecales una resistencia en agua de mar superior a la de los coliformes fecales. La implicación inmediata de este hecho sería una disminución de la capacidad indicadora de los coliformes fecales por sí solos. De otra parte, la observación sistemática de valores $CF/SF < 1$ apuntaría hacia la verosimilitud de que las concentraciones microbianas observadas tienen un origen lejano, bien en el tiempo o en el espacio, lo que ha permitido el cambio del cociente CF/SF desde valores superiores a 1 hasta otros notablemente inferiores a 1.

La Tabla XI contiene un resumen de la distribución cuantitativa del cociente CF/SF característico de las aguas costeras de Málaga y Tarragona durante la temporada de verano de 1979. Los resultados correspondientes al nivel 100-1000 CF/100ml indicarían un predominio de fuentes de contaminación dispersas en Málaga mientras que en Tarragona predominarían las fuentes de contaminación puntuales y próximas.

ESTUDIO COMPARATIVO DE TECNICAS ANALITICAS

El estudio comparativo de técnicas de análisis microbiológico ha incluido: 1) el método de filtración con membrana utilizado en el Proyecto Piloto MED-VII, 2) el método de diluciones múltiples utilizado en la Dirección de Salud de Málaga y 3) el método de diluciones múltiples propuesto en las Guidelines de la OMS(1977) y experimentado en la Dirección de Salud de Tarragona.

El análisis comparativo realizado en Málaga ha comprendido 8 estaciones de muestreo de las que se analizaron simultáneamente entre 6 y 7 muestras de agua recogidas durante el muestreo sistemático general. A partir de los datos recogidos se obtuvieron las correspondientes distribuciones estadísticas y de ellas se dedujeron gráficamente los parámetros característicos de calidad en términos de coliformes fecales. La Tabla XII contiene un resumen de los parámetros estadísticos resultantes.

Del estudio comparativo de los resultados así obtenidos se deducen las siguientes conclusiones:

1. Mientras que los valores CF50 obtenidos por filtración con membrana oscilan entre 5 y 1500 CF/100ml, valores correspondientes obtenidos por diluciones múltiples oscilan entre 3 y 15 CF/100ml.
2. Mientras que los valores de CF90 obtenidos por filtración con membrana oscilan entre 100 y 300 000 CF/100ml, valores correspondientes obtenidos por diluciones múltiples oscilan entre 10 y 100 CF/100ml.
3. A medida que la concentración de coliformes fecales aumenta, más notable es la discrepancia entre los resultados correspondientes a los dos métodos.

En definitiva, y como consecuencia de las observaciones anteriores, la técnica de diluciones múltiples utilizada en la Dirección de Salud de

TABLA XII ESTUDIO COMPARATIVO DE TECNICAS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO: FILTRACION CON MEMBRANA (OMS,1977) Y NUMERO MAS PROBABLE DE LA DIRECCION DE SALUD DE MALAGA. AGUAS COSTERAS DE MALAGA. VERANO 1979.

Estación	No. de muestras	NMP, CF/100ml		FM, CF/100ml	
		CF50	CF90	CF50	CF90
15	6	3	25	135	1300
25	6	14	22	22	94
35	7	9	110	360	14000
44	7	4	37	29	270
54	6	3	11	1500	3×10^5
64	7	3	15	64	850
82	6	5	40	5	470
86	7	8	17	350	4600

Málaga califica las 8 estaciones de muestreo como microbiológicamente satisfactorias mientras que la técnica de filtración con membrana solo califica como satisfactorias 4 de ellas, figurando entre las insatisfactorias una con elevado contenido microbiano.

La razón es estas discrepancias parece residir en el paso intermedio por agar de Teague Levine que dificulta la recuperación de las colonias de E. coli, a pesar de ser notablemente visibles por su característico brillo verde metálico.

La Tabla XIII contiene un resumen de los resultados obtenidos en el estudio comparativo realizado en Tarragona entre el método de análisis microbiológico de filtración con membrana (FM) y el de diluciones múltiples (NMP) utilizando caldo de MacConkey de acuerdo con las Guidelines (OMS, 1977). El examen de los parametros estadísticos obtenidos para cada estación por ambos métodos analíticos revela un notable paralelismo, con valores numéricos del mismo orden de magnitud. Como consecuencia, la calificación de la calidad microbiológica de tales estaciones es idéntica según ambos métodos, resultando ser todas las estaciones satisfactorias.

Pruebas bioquímicas realizadas en Málaga sobre el contenido de tubos de caldo lactorado con resultado positivo despues de incubacion a 44°C, y previa incubación a 37°C durante 48 h, han puesto de manifiesto la presencia en todos ellos de E. coli obteniendose concentraciones de NMP comparables a las obtenidas sobre la misma muestra por filtración con membrana.

TABLA XIII ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS TECNICAS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO ADOPTADAS EN EL PROYECTO PILOTO MED-VII. FILTRACION CON MEMBRANA Y NUMERO MAS PROBABLE (OMS, 1977). AGUAS COSTERAS DE TARRAGONA. VERANO 1979.

Estación	No. de muestras	NMP, CF/100ml		FM, CF/100ml	
		CF50	CF90	CF50	CF90
30	9	15	53	44	180
31	7	39	2400	37	1150
46	7	6	25	3	40
51	7	4	58	28	620
65	7	50	355	70	290

En resumen, el método de filtración con membrana y el de diluciones múltiples propuesto por la OMS constituyen métodos cuantitativos comparables. El método de diluciones múltiples tal como se efectúa en la Dirección de Salud de Málaga proporciona resultados notablemente inferiores a los obtenidos por los otros dos métodos.

CALIDAD MICROBIOLOGICA DE MOLUSCOS

En un intento de evaluar la calidad microbiológica de los moluscos que se desarrollan de forma natural en las costas de Tarragona se ha realizado un muestreo sistemático en las estaciones de La Rabasada y el Reco de Salou. Un total de 18 muestras de mejillones fueron recogidas durante el periodo de Julio a Septiembre en ambas estaciones. Los análisis fueron realizados por el método de diluciones múltiples (NMP) utilizando caldo de MacConkey, de acuerdo con las Guidelines de la OMS (1977).

La Tabla XIV resume la calidad microbiológica de los mejillones así como la de las aguas costeras de las estaciones de muestreo correspondientes. Los resultados obtenidos en este estudio ponen de manifiesto:

1. El escaso tamaño de los ejemplares encontrados, que no supera en ningún caso los 7 cm.
2. La dificultad creciente durante la temporada estival de obtener una muestra suficiente, haciéndose necesario el desplazamiento a zonas de acceso cada vez más difícil.
3. El notable ajuste de la calidad microbiológica de los mejillones obtenidos en cada estación a una distribución normal logarítmica.

4. La proximidad de los valores medios (CF50) de calidad microbiológica de los mejillones obtenidos en ambas estaciones a 2 CF/g, concentración límite recomendada por la OMS. Esto significa que un 50% de las muestras recogidas no satisfacen las condiciones higiénicas recomendadas para su consumo directo.
5. El carácter satisfactorio de la calidad microbiológica de las aguas costeras próximas al lugar de recogida de muestras de mejillones, de acuerdo con los criterios de calidad de la OMS y la norma del MOPU. Los valores correspondientes del parámetro CF90 alcanzan 23 CF/100ml en la estación de la Rabasada y 320 CF/100ml en la estación de Reco de Salou.
6. La mayor fluctuación de la calidad microbiológica de los mejillones recogidos en la estación de la Rabasada con respecto a la de los recogidos en la estación de Reco de Salou.

En resumen, la afición tan extendida entre el público que visita estas zonas a la captura de mejillones hace que las poblaciones naturales no puedan alcanzar un desarrollo superior. La calidad microbiológica de estos mejillones es insatisfactoria en un 50% de los casos, lo que representa un peligro potencial para la salud pública a través de la ingestión directa de estos animales. La capacidad de estos mejillones para acumular microorganismos presentes en las aguas circundantes queda patente al observar los niveles de concentración microbiana detectados en su carne después de estar inmersos en aguas de calidad microbiológica tan satisfactoria.

TABLA XIV CALIDAD MICROBIOLOGICA DE MOLUSCOS NATURALES
RECOGIDOS EN AGUAS COSTERAS.
TARRAGONA, VERANO 1979

Estación de Muestreo	Agua Costera, CF/100ml			Mejillones, CF/g		
	n	CF50	CF90	n	CF50	CF90
La Rabasada	14	3	45	10	1.9	17.0
Reco de Salou	14	27	360	8	2.0	6.5

VI CALIDAD DE AGUAS DE ABASTECIMIENTO

OBJETIVO

Con objeto de contribuir a la definición y solución de la problemática existente sobre la calidad del agua de abastecimiento en la costa de Tarragona, se ha realizado una evaluación sistemática de la calidad del agua de abastecimiento de 14 poblaciones costeras, incluyendo la ciudad de Tarragona.

El estudio se ha efectuado durante el periodo comprendido entre Noviembre 1978 y Septiembre 1979, a partir de muestras mensuales recogidas en estaciones seleccionadas de cada población, representativas del abastecimiento.

El estudio ha incluido también la evaluación de la calidad del agua de los ríos Ebro y Francolí en razón de su carácter singular, especialmente del primero, tanto por los caudales vertidos al mar como por el recurso hidráulico que representan.

ESTACIONES DE MUESTREO

Las poblaciones costeras cuyas aguas de abastecimiento se han analizado son las siguientes: Calafell, Vendrell, Camarruga, Torredembarra, Cabo Salou, Salou, Cambrils, Ametlla, Trososa-Parque, Trososa-Caramelle, Amposta, San Carlos, Alcanar y Tarragona.

Los análisis correspondientes al río Ebro se han realizado sobre muestras recogidas en cuatro estaciones de muestreo: dos de ellas emplazadas en Trososa, a 15 Km del comienzo del Delta y sobre un puente metálico que cruza el cauce del río, y otras dos situadas en las proximidades de Amposta sobre el puente de cruce de la carretera N-340, al comienzo del Delta. Los análisis del río Francolí se han efectuado en muestras recogidas en cuatro estaciones de muestreo distribuidas en el tramo de 4 Km de río próximos a su desembocadura. La identificación aproximada de las estaciones en sentido de avance del río es la siguiente: 1) Puente-Factoría ENPETROL, 2) Puente autopista A-7, 3) Cruce carretera N-340 y 4) Puente Ferrocarril.

ANÁLISIS Y NORMAS DE CALIDAD FÍSICOS Y QUÍMICOS

Los parámetros considerados en los análisis físico-químicos de las aguas de abastecimiento han sido: pH, conductividad, cloruros, alcalinidad, dureza total, calcio, magnesio y sílice. El agua de los ríos Ebro y Francolí fue analizada además para determinar su contenido en: residuo seco a 103°C, amoníaco, nitratos, sólidos en suspensión y DQO.

Las normas de calidad de aguas de abastecimiento consideradas han sido las del Código Alimentario Español (1975) y las Normas Internacionales para el Agua de Bebida de la OMS (1972). Los cuatro parámetros básicamente utilizados en este análisis comparativo han sido: pH, calcio, magnesio, y cloruros. La Tabla XV resumen las concentraciones de estos parámetros contenidas en las normas así como la designación cualitativa de las aguas

que satisfacen los límites señalados.

TABLA XV NORMAS DE CALIDAD DE AGUAS DE ABASTECIMIENTO.
CÓDIGO ALIMENTARIO ESPAÑOL Y NORMAS INTERNACIONALES OMS

Parámetro	Código Alimentario		OMS	
	Conveniente	Tolerable	Deseable	Admisible
pH	7.0-8.5	6.5-9.2	7.0-8.5	6.5-9.2
Calcio, mg/l Ca	100	200	75	200
Magnesio, mg/l Mg	50	100	30	150
Cloruros, mg/l Cl	250	350	200	600

El criterio seguido tanto en las Normas Internacionales de la OMS como en el Código Alimentario Español para establecer específicamente los límites de las cuatro sustancias o parámetros representativos contenidas en la Tabla XV reposa sobre la convicción de que, sin ser estas mismas sustancias peligrosas para la salud, confieren al agua propiedades que la hacen impropia para usos domésticos.

La clasificación del agua de abastecimiento establecida por el Código Alimentario Español es la siguiente:

1. Potable, cuando las concentraciones de parámetros físicos, químicos y microbiológicos no sobrepasan ninguno de los límites establecidos como máximos o "tolerables".
2. Sanitariamente tolerable, cuando se presentan cualquiera de estas dos circunstancias:
 - 2a. la concentración de alguno de los parámetros físicos o químicos sobrepasa los límites máximos tolerables, siempre que no sean productos tóxicos ni radioactivos ni den agresividad al agua ni tampoco los que indiquen contaminación fecal posible.
 - 2b. las concentraciones de todos los parámetros físicos y químicos son inferiores a las máximas tolerables, pero contiene coliformes, estreptococos fecales o clostridios sulfatoreductores en ausencia debidamente comprobada de E. coli.
3. No potable, cuando por razón de las concentraciones de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos o de carácter radioactivo no pueda incluirse en ninguna de las clasificaciones anteriores.

CALIDAD DE AGUAS DE ABASTECIMIENTO

La Tabla XVI contiene un resumen de la clasificación de las aguas de abastecimiento estudiadas de acuerdo con las normas de calidad españolas vigentes y las internacionales de la OMS.

TABLA XVI CLASIFICACION DE AGUAS DE ABASTECIMIENTO
EN POBLACIONES COSTERAS DE TARRAGONA.
1979.

Norma	Número Total Abastecimientos	Calidad del Agua	
Código Alimen- tario Español		Potable	Sanitariamente Tolerable
	14	8 (57%)	6 (43%)
Normas Interna- cionales OMS		Admisible	No Admisible
	14	8 (57%)	6 (43%)

La Tabla Bl del Anexo contiene una descripción de los parámetros de calidad de las poblaciones costeras estudiadas, a excepción de la ciudad de Tarragona. Como se deduce de los resultados expuestos en la Tabla Bl la problemática relativa a la calidad fisico-química de las aguas de abastecimiento es real y afecta a un considerable número de poblaciones. Un análisis detallado de las causas del deterioro de la calidad de estas aguas muestra en todas ellas la presencia de cloruros como el factor determinante de su calidad tolerable o inadmisibles. En 3 de estos 6 casos, las concentraciones de calcio y magnesio sobrepasan también los valores tolerables o admisibles.

De un estudio comparativo de la calidad fisico-química de los 14 abastecimientos estudiados se deducen las siguientes conclusiones:

1. El índice de saturación del sistema carbonato cálcico (Standard Methods, 1975) para las aguas de abastecimiento consideradas oscila entre 0.39 y 1.07 lo que evidencia el marcado carácter incrustante, tendente a precipitar CaCO_3 , de la mayoría de estas aguas.
2. El cociente conductividad/cloruros se mantiene prácticamente constante y próximo a 4.0 en las aguas de abastecimiento que sobrepasan las concentraciones tolerables de los parámetros estudiados, lo que evidencia el papel predominante que los cloruros tienen en las características conductométricas de estas aguas.
3. El cociente entre el contenido de cloruros en verano y en invierno oscila generalmente entre 1.0 y 1.7 con dos notables excepciones: Alcanar, donde la concentración en invierno, 31 mg/l Cl, supera la de verano,

13 mg/l Cl, y la de la ciudad de Tarragona donde el cociente alcanza valores próximos a 2.0 al pasar de concentraciones medias de invierno de 1160 mg/l Cl hasta concentraciones medias de verano de 2350 mg/l Cl.

AGUA DE ABASTECIMIENTO DE TARRAGONA

La Tabla XVII contiene un resumen de las características fisico-químicas del agua de abastecimiento de Tarragona durante el periodo comprendido entre Enero y Septiembre de 1979. El punto de muestreo corresponde al laboratorio de análisis fisico-químicos de la Dirección de Salud de Tarragona.

Las Figuras 22 y 23 ilustran la variación estacional de varios parámetros de calidad fisico-química del agua de abastecimiento de la ciudad de Tarragona.

TABLA XVII CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA DE ABASTECIMIENTO DE LA CIUDAD DE TARRAGONA.
ENERO-SEPTIEMBRE 1979.

Parámetro	No. de muestras	Valor medio	Desviación típica
pH	72	7.5	0.2
Conductividad, $\mu S/cm$	32	7200	3300
Calcio, mg/l Ca	72	280	45
Magnesio, mg/l Mg	71	160	55
Dureza, mg/l $CaCO_3$	72	1360	320
Alcalinidad, mg/l $CaCO_3$	55	250	25
Cloruros, mg/l Cl	73	1630	825
Sílice, mg/l SiO_2	41	10.2	0.8

Los resultados contenidos en la Tabla XVII y las Figuras 22 y 23 ponen claramente de manifiesto la calidad inadmisibile del agua de abastecimiento de Tarragona que obliga a gran parte de la población a recurrir a otros medios de abastecimiento como son el agua embotellada o los manantiales públicos y privados. La utilización de ciertos manantiales sin control sanitario representa un riesgo real para la salud pública debido a la contaminación microbiológica observada en algunos de ellos.

Además de las características fisico-químicas reseñadas hay que señalar el notable olor del agua de abastecimiento de Tarragona durante el verano de 1979. La génesis de este olor tan notable y persistente parece estar asociada a la presencia de ciertos compuestos orgánicos en el agua antes de su introducción en la red, debido posiblemente a procesos de contamina-

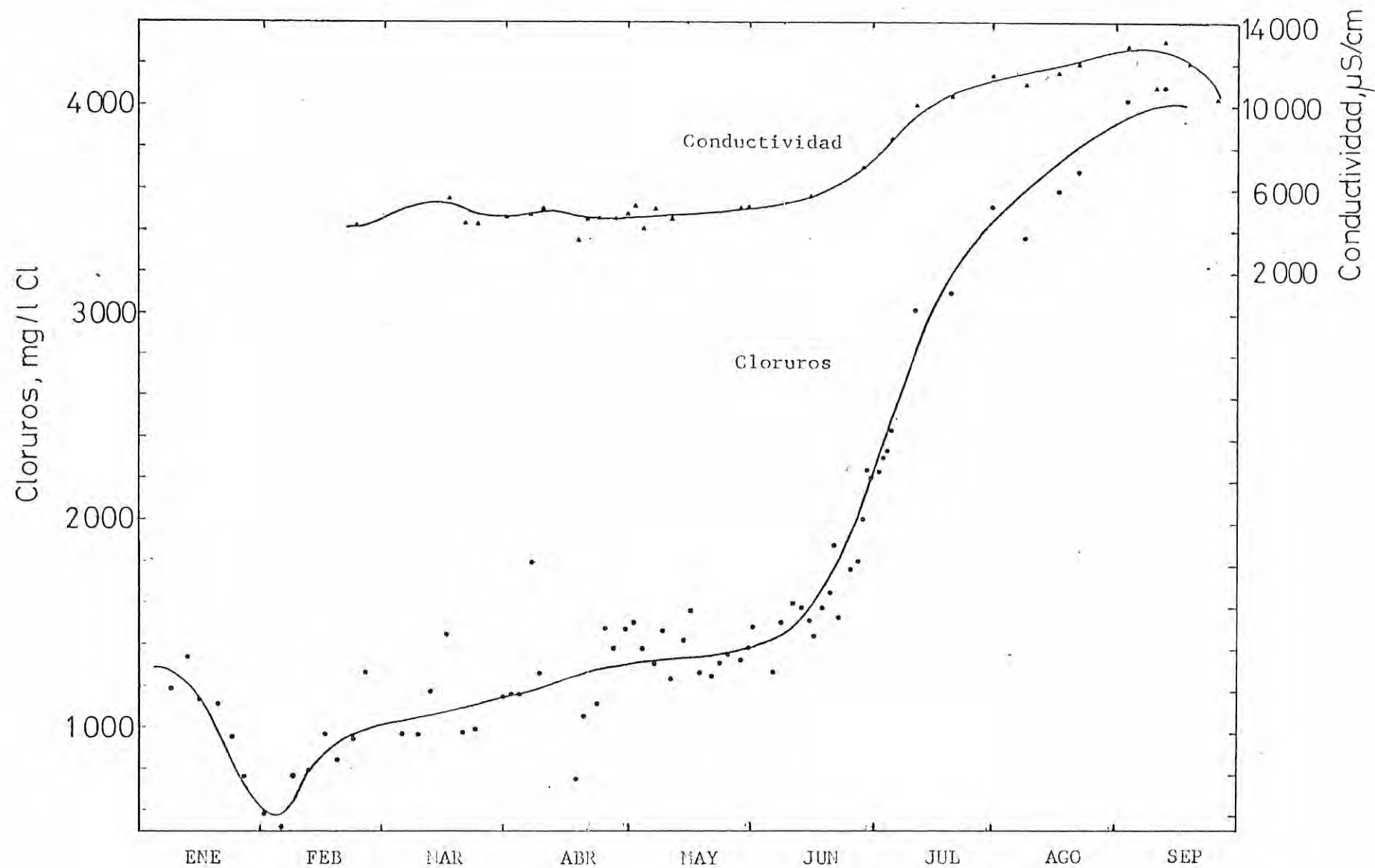


FIGURA 22 CALIDAD FISICO-QUINICA DEL AGUA DE ABASTECIMIENTO DE TARRAGONA. 1979.

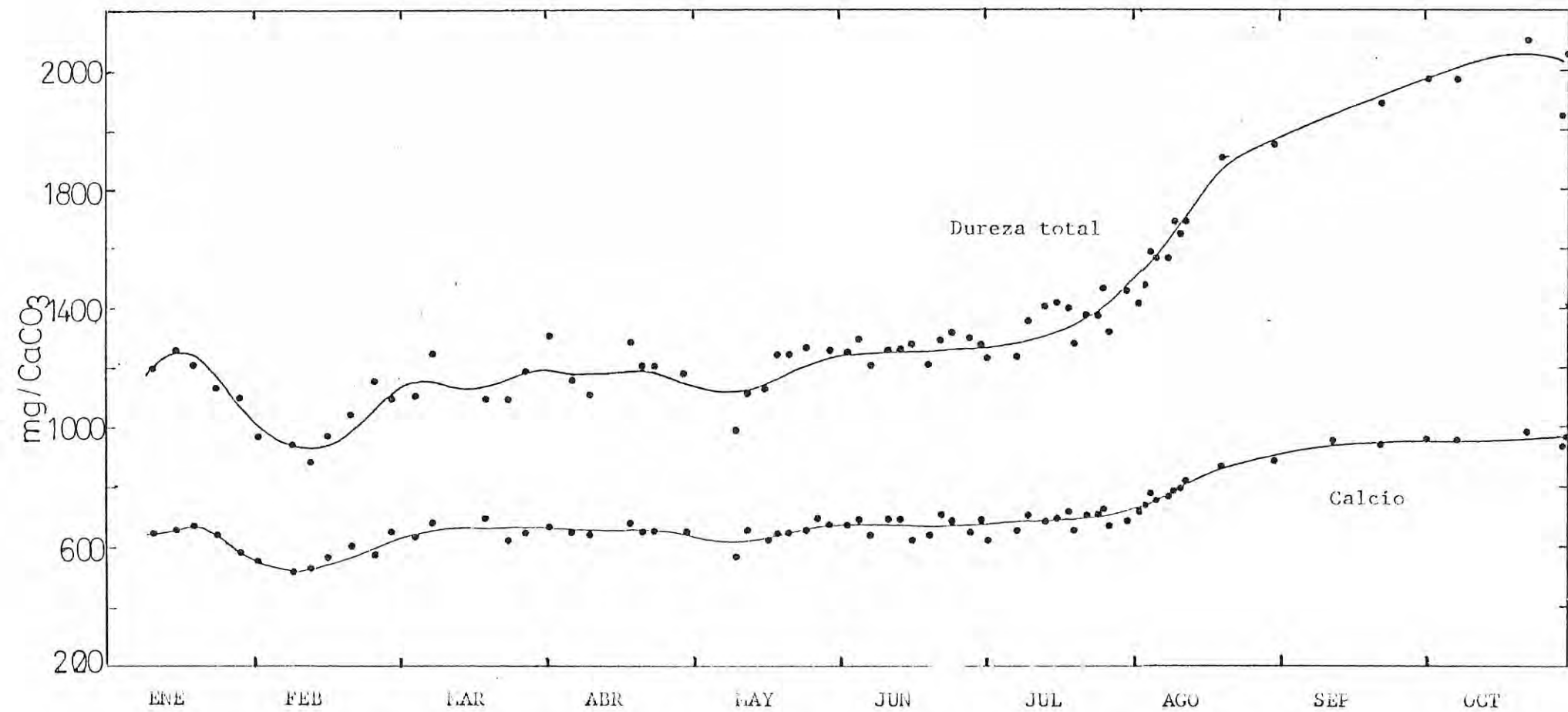


FIGURA 23 CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA DE ABASTECIMIENTO DE TARRAGONA, 1979.

ción de los acuíferos o fuentes de suministro. La desinfección de estas aguas con hipoclorito antes de su introducción en la red de abastecimiento provocaría la reacción de este con tales sustancias orgánicas dando lugar a cloraminas orgánicas de gran persistencia e intenso olor aún en pequeñas concentraciones. El hecho de que la incorporación de pequeñas cantidades de tiosulfato sódico a una muestra de este agua haga desaparecer por completo el olor original justifica la adopción de la hipótesis considerada. Por otra parte, la presencia de sustancias orgánicas en el agua requeriría la adopción de un enfoque más específico y detallado de la potabilidad del agua que el realizado de forma convencional en párrafos anteriores.

Hay que añadir, por último, la necesidad de incorporar dentro de un esquema de búsqueda de soluciones, el gasto social que la utilización de un agua de abastecimiento de esta calidad representa, especialmente en razón del deterioro y reposición de conducciones hidráulicas, sistemas de calentamiento de agua, tejidos y ropa de vestir así como riego de jardines, entre los más destacables.

RIOS EBRO Y FRANCOLÍ

Las Tablas B2 y B3 del Anexo contienen un resumen de la calidad físico-química de las aguas de los ríos Ebro y Francolí, respectivamente. Las Figuras 24 y 25 ilustran la variación estacional de estos mismos parámetros en el caso particular del río Ebro. La ausencia de caudales de agua en el tramo de estudio del río Francolí ha impedido continuar los estudios más allá del mes de Junio de 1979. Como puede apreciarse en las Figuras 24 y 25 las concentraciones de cloruros se mantienen generalmente por debajo de 60 mg/l Cl durante el periodo Febrero a Agosto, mientras que las concentraciones parecen aumentar durante el resto del año, aproximándose a los valores de 200-250 mg/l Cl consideradas como máximas deseables en un agua de abastecimiento.

Diversos análisis microbiológicos realizados en las aguas del río Ebro a su paso por Tortosa han puesto de manifiesto la influencia de los vertidos de aguas residuales de esta población que se efectúan directamente al río sin tratamiento previo alguno.

Las concentraciones de sólidos en suspensión y DQO observadas en las estaciones de muestreo del río Francolí ponen de manifiesto los efectos asociados con el vertido de aguas residuales urbanas e industriales realizados en su cauce.

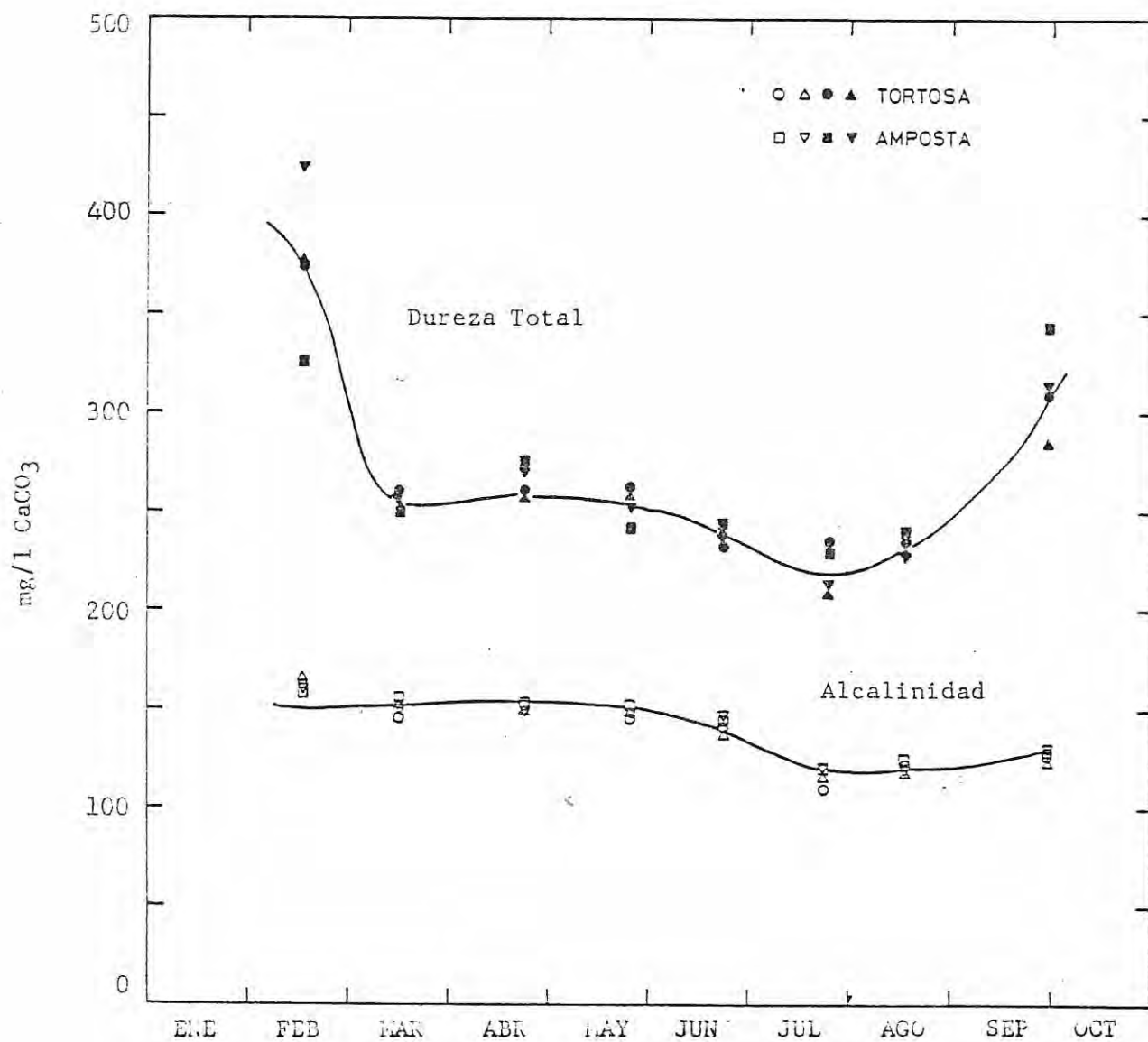


FIGURA 24 EVOLUCION DE LA CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA DEL RIO EBRO DURANTE 1979.

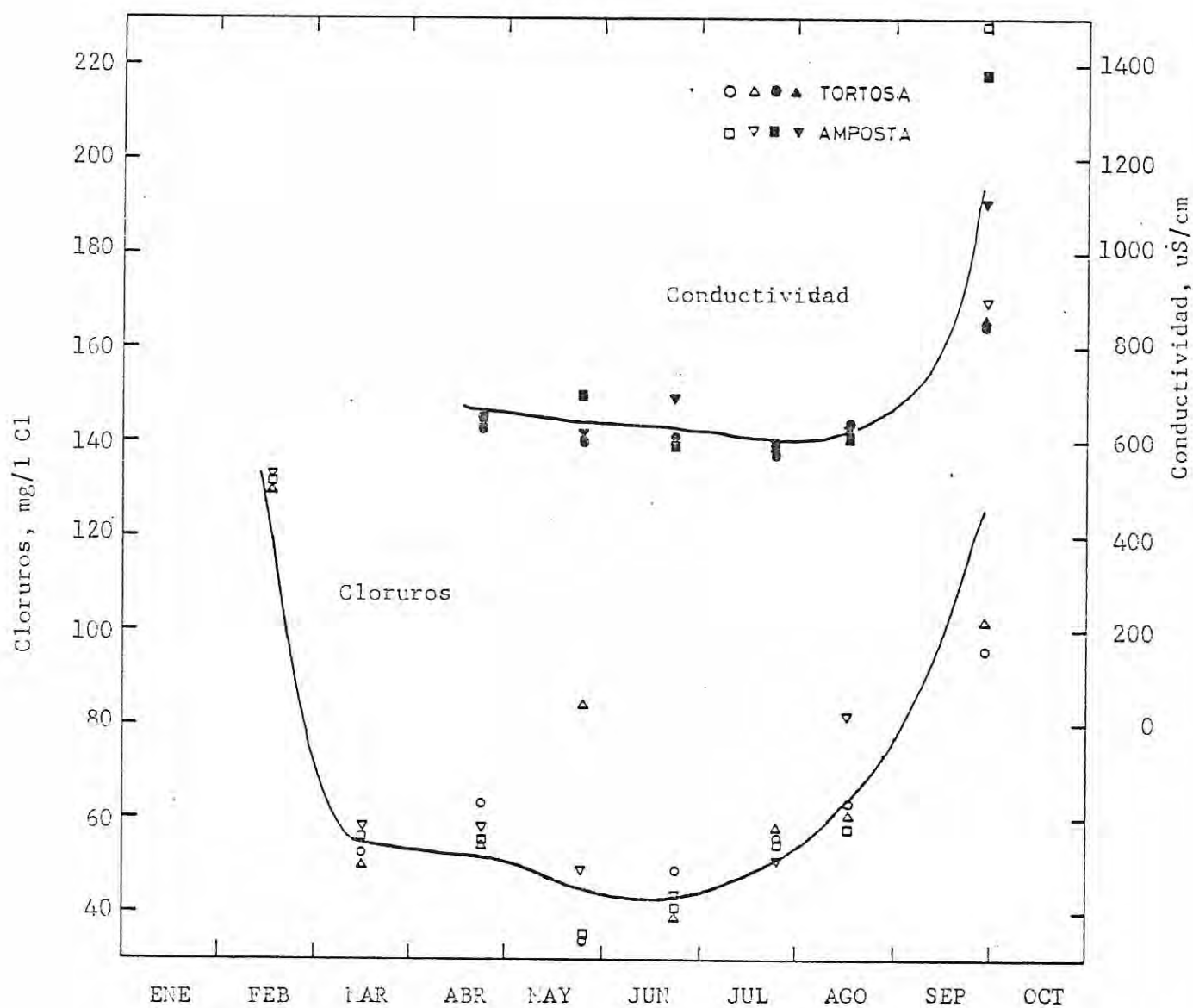


FIGURA 25 EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DEL AGUA DEL RÍO EBRO DURANTE 1979.

VII. HABITOS DE RECREO Y CALIDAD ESTETICA EN ZONAS COSTERAS

El creciente interés público despertado durante los últimos años sobre la calidad sanitaria y estética de las zonas costeras españolas motivó la realización por la Subdirección General de Sanidad Ambiental del Ministerio de Sanidad y Seguridad Social de una serie de estudios microbiológicos y epidemiológicos en diversas provincias costeras durante las temporadas estivales de 1977 y 1978. Los resultados obtenidos de estos trabajos (Mujeriego y Sanchez Murias, 1979; Ministerio de Sanidad y Seguridad Social 1978 y 1979) han sido el punto de partida para la elaboración del plan de trabajo específico que se ha llevado a cabo durante el año 1979 en las costas de Málaga y Tarragona.

ENCUESTA EPIDEMIOLOGICA

El presente estudio ha consistido esencialmente en la realización de una encuesta epidemiológica entre los usuarios de un total de 24 playas: 14 de Málaga y 10 de Tarragona. La Figura 26 reproduce el modelo de encuesta epidemiológica utilizado, en el que se incorporaron los resultados y experiencia obtenidos durante los dos años de trabajo previo. La encuesta consta de tres partes principales: 1) aspectos demográficos y hábitos de baño, 2) opinión cualitativa de la calidad estética de las playas, agua de mar y establecimientos de comidas y bebidas en la propia playa, y 3) aspectos epidemiológicos relativos a la existencia de afecciones de la salud, atención médica solicitada y opinión sobre la posible relación causal entre afecciones y baño en el mar.

El texto de la encuesta fue elaborado en cuatro idiomas: alemán, español, francés e inglés. La encuesta fue cumplimentada por entrevista directa en la propia playa a cargo de un equipo de encuestadores, de acuerdo con criterios bien definidos.

CRITERIOS DE SELECCION DE PLAYAS

El número total de playas consideradas en este estudio ha sido de 24 distribuidas 14 en Málaga y 10 en Tarragona. Los criterios básicos utilizados en la selección de estas playas ha sido: 1) la presencia de un número de bañistas suficiente para obtener un número de encuestas próximo a 1000 por playa, 2) la existencia al menos de una estación de muestreo perteneciente al plan de vigilancia sistemático de la calidad microbiológica del agua, y 3) la incorporación de playas con un intervalo de calidad microbiológica lo más amplio posible, desde las playas más limpias hasta las menos satisfactorias.

ASPECTOS DEMOGRAFICOS

La Tabla XVIII contiene un resumen de las características demográficas de la muestra de encuestados utilizada en este estudio. Como puede observarse, la gran mayoría son de nacionalidad española en razón de su presencia mayoritaria en gran parte de las playas seleccionadas. En cualquier caso, la distribución por nacionalidades resultante no refleja estrictamente la



MINISTERIO DE SANIDAD Y SEGURIDAD SOCIAL
SECRETARÍA DE ESTADO PARA LA SANIDAD
Dirección General de Salud Pública

ENCUESTA SANITARIA

La Dirección General de Salud Pública, en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS), está realizando un estudio para determinar el grado de contaminación del Mar Mediterraneo y sus posibles efectos sobre la salud pública. Con este motivo, le agradeceríamos que conteste el presente cuestionario dada la gran utilidad que sus respuestas tienen para alcanzar el objetivo propuesto. Muchas gracias.

1. Sexo: V ☐ M ☐						1
2. Nacionalidad: Español ☐ Extranjero ☐						2
3. Edad: 3-15 ☐ 16-25 ☐ 26-45 ☐ 46-65 ☐ mas de 65 ☐						3
4. Cual es el nombre de la playa en que se baña Vd. habitualmente ?						4
5. Cuantos días lleva Vd. bañándose en dicha playa ?						5
6. Cuantas veces se baña Vd. por semana en dicha playa ?						6
7. Cual es su provincia de residencia ?						7
8. Cuantas temporadas ha veraneado Vd. en esta costa ?						8
9. Introduce Vd. habitualmente la cabeza en el agua ? Si ☐ No ☐ No Sabe ☐						9
Desde que comenzó su temporada de verano en su playa habitual, como calificaría Vd. el estado de limpieza de	Excelente	Bueno	Aceptable	Malo	Muy Malo	
10. la playa ?	☐	☐	☐	☐	☐	10
11. el agua del mar ?	☐	☐	☐	☐	☐	11
12. los establecimientos de comidas y bebidas en la playa ?	☐	☐	☐	☐	☐	12
13. la transparencia del agua ?	☐	☐	☐	☐	☐	13
14. la presencia de materias sólidas flotantes en su superficie ?	☐	☐	☐	☐	☐	14
15. la presencia de aceites en su superficie ?	☐	☐	☐	☐	☐	15
16. la presencia de algas en la zona de baños ?	☐	☐	☐	☐	☐	16
17. Ha observado Vd. alguna alteración de su salud desde que comenzó su temporada de verano en esta playa ? : Si ☐ No ☐						17
En caso afirmativo, podría indicarnos cuales de las siguientes afecciones ha padecido Vd. durante este tiempo ? :						
	Encuestado	Médico				
18. Forúnculos o "granos" en la piel	☐	☐				18
19. Micosis de la piel	☐	☐				19
20. Inflamación de los oídos	☐	☐				20
21. Inflamación de la garganta	☐	☐				21
22. Catarro de nariz	☐	☐				22
23. Afección de los ojos	☐	☐				23
24. Diarreas	☐	☐				24
25. Enfermedades alérgicas	☐	☐				25
26. Ha consultado Vd. a un médico por este motivo ? Si ☐ No ☐						26
En caso de que haya consultado a un médico, cual de las afecciones anteriores le diagnosticó a Vd. ?						
27. Ha utilizado Vd. algun medicamento para curar dichas afecciones ? Si ☐ No ☐						27
28. Considera Vd. que existe una relación entre las afecciones que ha padecido y el hecho de utilizar la playa o bañarse en el mar ? Si ☐ No ☐ No Sabe ☐						28
29. Considera el medico que le atendió que existía una relación entre las afecciones que le diagnosticó a Vd. y el hecho de utilizar la playa o bañarse en el mar ? Si ☐ No ☐ No Sabe ☐						29
30. Observaciones.....						30

FIGURA 26 MODELO DE ENCUESTA EPIDEMIOLOGICA UTILIZADA EN LAS ZONAS COSTERAS DE MALAGA Y TARRAGONA, VERANO DE 1979.

distribución real entre los veraneantes, en cuanto que el número de encuestados extranjeros hubo de limitarse a aquellos capaces de cumplimentar la encuesta mediante diálogo personal con el encuestador.

TABLA XVIII CARACTERISTICAS DEMOGRAFICAS DE LA MUESTRA DE ENCUESTADOS ESTUDIADA

Grupo de Edad	No.	%	Sexo	No.	%	Nacionalidad	No.	%
3-15	2319	11	Varones	9674	46	Españoles	18 697	89
16-25	7266	35	Hembras	11198	54	Extranjeros	2 200	11
26-45	8090	39						
46-65	2803	13						
más 65	421	2						

El número total de encuestas obtenidas fué de 20 918, inferior al de 24 000 propuesto inicialmente. El motivo de esta diferencia fué la limitada presencia de bañistas en varias playas de Tarragona, donde en contraste con las de Málaga, no fué posible obtener las 1000 encuestas previstas.

DURACION TEMPORADA DE BAÑOS

La Tabla XIX contiene un resumen del número de días que el encuestado había frecuentado la playa en el momento de ser entrevistado. Teniendo en cuenta que el muestreo se ha efectuado de forma aleatoria entre las diferentes playas y durante los meses de Julio, Agosto y Septiembre, los valores resultantes pueden considerarse aproximadamente equivalentes al periodo total de estancia del encuestado en la zona costera. Los resultados contenidos en la Tabla XIX ponen de manifiesto que la gran mayoría de los bañistas, 58% en Málaga y 68% en Tarragona, dedican entre una y tres semanas a sus vacaciones en la playa. Periodos de vacaciones entre cuatro y ocho semanas son menos frecuentes, aproximadamente entre 17 y 24% de los encuestados, mientras que una parte aparentemente de la población local, entre 15 y 18% de los encuestados, frecuenta las playas durante más de dos meses.

PROCEDENCIA DE LOS ENCUESTADOS ESPAÑOLES

La Tabla XX contiene un resumen de la distribución de encuestados de nacionalidad española por provincias de residencia, correspondiente a cada una de las dos zonas de estudio. Como puede observarse en la Tabla XX la fracción más importante la constituye la población local, especialmente en el caso de Málaga donde llega a representar hasta un 50% de la población que

TABLA XIX DURACION DE LA TEMPORADA DE BAÑOS EN EL
MOMENTO DE LA ENTREVISTA

Duración, Días	Málaga		Tarragona	
	Encuestados	%	Encuestados	%
1-7	2 965	20.7	1 706	25.9
8-14	2 324	16.2	1 310	19.9
15-21	2 996	20.9	1 466	22.2
22-28	564	3.9	214	3.2
29-35	1 677	11.7	618	9.4
36-42	596	4.2	143	2.2
43-49	398	2.8	101	1.5
50-56	243	1.7	69	1.0
más 56	2 557	17.9	970	14.7

visita las playas estudiadas. La segunda fracción de importancia la constituyen las provincias limítrofes, principalmente las de mayor población como Madrid y Barcelona, distribuyéndose el resto de encuestados entre las demás provincias

FRECUENTACION DE LAS ZONAS COSTERAS

La distribución de encuestados según el número de temporadas de verano transcurridas en la costa en la que fueron entrevistados revela una marcada polarización: de una parte hacia valores de 1 y 2 temporadas y de otra hacia valores de más de 10 temporadas, con porcentajes marcadamente inferiores para números de temporadas intermedios.

La presencia de la población local en las playas situadas en un radio próximo a 15 Km de la ciudad de Málaga, con una población superior a 400 000 habitantes, queda patente si se considera que entre un 50 y 60% de los encuestados declaran haber frecuentado dicha zona de costa durante más de 10 temporadas, mientras que un 30 a 40% de ellos declaran haberla frecuentado entre 1 y 4 temporadas.

El modelo de frecuentación de las playas mas alejadas de la capital y especialmente las de carácter internacional es practicamente inverso al anterior, con proporciones próximas al 40% de aquellos que han visitado la

TABLA XX DISTRIBUCION DE ENCUESTADOS ESPANOLAS POR PROVINCIAS DE RESIDENCIA, EN LAS DOS ZONAS COSTERAS ESTUDIADAS

Málaga			Tarragona		
Residencia	Número	%	Residencia	Número	%
Málaga	7 209	50.3	Tarragona	1 740	26.4
Madrid	2 261	15.8	Barcelona	1 106	16.8
Córdoba	1 033	7.2	Zaragoza	562	8.5
Sevilla	614	4.3	Madrid	506	7.7
Granada	315	2.2	Lérida	262	4.0
Barcelona	218	1.5	Navarra	169	2.6
Jaén	218	1.5	Vizcaya	157	2.4
Vizcaya	120	0.8	Logroño	112	1.7
Suma parcial		83.6	Suma parcial		70.1

costa durante 1 o 2 temporadas mientras que aquellos que han permanecido más de 10 temporadas no sobrepasan el 25%.

El análisis de los resultados correspondientes a Tarragona revela resultados similares, aunque la influencia de la población local parece ser inferior en razón aparentemente de la menor población de la ciudad de Tarragona, ligeramente superior a los 100 000 habitantes, en contraste con los 400 000 habitantes del municipio de Málaga. Las playas próximas a la ciudad de Tarragona registran hasta un 45% de encuestados que han pasado más de 10 temporadas en la costa, mientras que los valores correspondientes a las playas más alejadas se sitúan entre un 20 y 30%. El porcentaje de encuestados que ha frecuentado la costa de Tarragona durante 1 o 2 temporadas oscila entre un 20 y 45%.

HABITO DE INTRODUCIR LA CABEZA EN EL AGUA

Del análisis realizado sobre el hábito de los bañistas de introducir la cabeza en el agua durante el baño se deducen las siguientes conclusiones:

1. Un 73% de los bañistas encuestados afirma introducir la cabeza en el agua durante el baño. No hay diferencia alguna en cuanto a la nacionalidad del encuestado se refiere.
2. Un 80% de los varones encuestados afirman introducir la cabeza en el agua en contraste significativo con un 66% de las mujeres encuestadas

que tienen este mismo hábito.

3. El porcentaje de encuestados que declara introducir la cabeza durante el baño decrece progresivamente con la edad, desde los valores más elevados del 93% en el grupo de 3-15 años hasta valores del 52% en el grupo 46-65 años y 42% en el grupo de más de 65 años.

CALIDAD ESTETICA DE LAS ZONAS COSTERAS

Con objeto de obtener una valoración conjunta de las opiniones cualitativas de los encuestados, las posibles alternativas de opinión que aparecen en la encuesta fueron valoradas numericamente entre 0 y 10 con el siguiente criterio: excelente, 9; bueno, 7; aceptable, 5; malo, 3 y muy malo, 1. El proceso inverso de asignar una calificación a un valor numérico determinado se ha realizado utilizando intervalos centrados sobre los valores anteriores. Así por ejemplo, a cualquier valor numérico comprendido en el intervalo 4-6 le correspondería una calificación de aceptable (5).

El número de encuestas recogidas es aproximadamente de 1000 por playa excepto en 5 playas de Tarragona donde solo se obtuvieron algo más de 300 encuestas.

El análisis estadístico mediante una distribución normal de las encuestas correspondientes a cada playa ha permitido obtener la calificación media otorgada por los encuestados a cada uno de los componentes de las zonas costeras. La Tabla XXI resume las calificaciones así obtenidas.

De los resultados obtenidos en este análisis se deducen las siguientes conclusiones:

1. El agua del mar es el componente de la costa con calidad estética, o estado de limpieza, menos satisfactorio en ambas provincias.
2. Los establecimientos de comidas y bebidas en la propia playa son el componente con calidad estética más satisfactoria de las zonas costeras. La calidad de la playa se sitúa intermedia entre los otros dos componentes.
3. La calificación media concedida por el público al estado de limpieza de la playa y agua del mar no sobrepasa en ningún caso el valor de 6.0. Unicamente en un caso se ha obtenido una calificación superior a 6.0 para el componente relativo a los establecimientos de comidas y bebidas.
4. Las calificaciones medias concedidas en las costas de Málaga son generalmente inferiores a las de Tarragona especialmente en lo que se refiere al estado de limpieza de la propia playa y del agua del mar. Mientras en Málaga los índices de calidad estética del agua del mar no sobrepasan el valor 5.2, en Tarragona estos índices se sitúan entre 4.0 y 5.5.
5. Las calificaciones concedidas a la calidad estética de los establecimientos de comidas y bebidas son muy similares en las zonas costeras de Málaga y Tarragona.

TABLA XXI CALIDAD ESTETICA DE LA ZONAS COSTERAS
DE MALAGA Y TARRAGONA. VERANO DE 1979.

Componente	Número de casos con calificación de				
	Excelente	Bueno	Aceptable	Malo	Muy Malo
MALAGA					
Playa	0	0	7	6	1
Agua del mar	0	0	5	8	1
Establecimien- tos de Comidas y Bebidas	0	1	13	0	0
TARRAGONA					
Playa	0	0	10	0	0
Agua del mar	0	0	9	1	0
Establecimien- tos de Comidas y Bebidas	0	0	10	0	0

FACTORES DE OPINION

Con objeto de establecer la posible influencia que los factores diferenciales, tanto demográficos como de hábitos de baño, tienen en la opinión expresada por los encuestados sobre la calidad estética de las zonas costeras se han llevado a cabo una serie de análisis de varianza a niveles estadísticamente significativos, cuyos resultados pueden resumirse así:

1. Los varones conceden calificaciones ligeramente superiores que las mujeres para la calidad estética de las playas y del agua, mientras que las calificaciones coinciden en el caso de establecimientos de comidas y bebidas.
2. Los encuestados con hábito de introducir la cabeza en el agua conceden una calificación a la calidad estética de los tres componentes de las zonas costeras ligeramente inferior a la de aquellos que no tienen este hábito.
3. El grupo de edad 16 a 25 años es el que concede calificaciones más bajas a la calidad de todos los componentes de las zonas costeras:

- aproximadamente 0.5 unidades por debajo de las concedidas tanto por el grupo de edad inferior como por el inmediato superior. Las calificaciones de los componentes de las zonas costeras aumentan con los grupos de edad.
4. Los encuestados que declaran haber padecido alguna afección durante su estancia en la costa conceden calificaciones inferiores, entre 0.6 y 1.0 unidades, a las concedidas por personas que no han padecido afección alguna.
 5. Los encuestados de nacionalidad española conceden calificaciones inferiores, generalmente de 1.0 unidad, a las otorgadas por encuestados extranjeros para todos los componentes de las zonas costeras. Esta diferencia alcanza valores de 1.5 y 1.6 en el caso referido a la playa y al agua del mar respectivamente.
 6. Los encuestados entrevistados en las playas de Málaga conceden calificaciones inferiores generalmente de 1.0 unidad, a las otorgadas por los encuestados en las playas de Tarragona, a excepción de las referidas a la presencia de algas de las zonas de baño en la que la calificación de los primeros supera a la de los segundos.
 6. Los encuestados de nacionalidad española residentes en la zona costera donde fueron entrevistados conceden calificaciones inferiores, generalmente de 1.0 unidad, respecto a las concedidas por los encuestados españoles residentes en otras provincias.

En definitiva y al margen de las ligeras diferencias existentes en razón de la falta de objetividad asociadas con el sexo, el hábito de baño, la edad y el padecer alguna afección durante el veraneo en la costa, la imagen que emerge de este estudio es el de una radicalización de la opinión pública local y nacional sobre el nivel de calidad estética de las zonas costeras. El hecho de que los extranjeros concedan calificaciones superiores que los españoles y de que a su vez los españoles residentes en otras provincias concedan calificaciones superiores que las otorgadas por residentes locales puede interpretarse como una reacción ante la presencia próxima y permanente de niveles de calidad costeros, insatisfactorios en muchos casos con se vió en el Capítulo V, que acaban por acaparar la atención de la población local bajo el efecto contrapuesto de la ausencia de medidas correctoras y la creciente sensibilidad pública ante cuestiones de medio ambiente. Todo parece indicar que además de la necesidad objetiva y real de adoptar soluciones correctoras a corto plazo, el estado de opinión pública sería muy sensible a justificaciones apropiadas de los objetivos y mejoras que se conseguirían con tales realizaciones.

FACTORES DETERMINANTES DE CALIDAD ESTETICA DEL AGUA

Las cuatro características del agua del mar incluidas en la encuesta, transparencia, sólidos flotantes, aceites y algas, se encuentran entre las más frecuentemente utilizadas en el proceso de formación de opinión entre las personas que acuden a las zonas costeras con fines recreativos.

Con objeto de determinar la contribución relativa que cada uno de estos factores tiene en la calificación concedida al agua del mar por los usuarios de las zonas costeras de Málaga y Tarragona se ha realizado un aná-

lisis de regresión múltiple entre las calificaciones medias de las aguas de mar de las 24 playas y las calificaciones medias concedidas a los cuatro factores de calidad del agua considerados.

El proceso de cálculo utilizado ha sido el de regresión paso a paso (stepwise regression, Draper y Smith, 1966). Los resultados obtenidos de este estudio son los siguientes:

1. La transparencia del agua determina por sí sola un 97% de la variación observada en las calificaciones concedidas al agua del mar, es decir $r^2 = 0.97$. La presencia de sólidos flotantes determina por sí sola un 95% ($r^2 = 0.95$) de esa variación mientras que la presencia de aceites determina un 85% ($r^2 = 0.85$) de esa variación.
2. La transparencia del agua y la presencia de sólidos flotantes en su superficie constituyen las dos variables determinantes del proceso de formación de opinión y explican conjuntamente un 98.3% ($r^2 = 0.98$) de la variación observada en la calificación de la calidad estética de las aguas costeras.
3. Ni la presencia de aceites y grasas ni la de algas en las zonas de baño tienen una influencia estadísticamente significativa en el proceso de formación de opinión de la calidad estética del agua del mar, cuando se consideran conjuntamente con la transparencia y la presencia de sólidos flotantes.

En definitiva, la reducción o eliminación de los aportes de materia en suspensión a las zonas costeras, en especial por vertidos de agua residual, debería traducirse en una mejora apreciable de la calidad estética del agua dentro del margen que ofrecen las condiciones naturales en cada caso.

CALIDAD ESTETICA Y MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS

La asociación de carácter empírico entre calidad microbiológica y calidad estética de aguas costeras ha sido utilizada en ciertos casos, tales como la norma de California (1943), para establecer normas de calidad de aguas costeras de gran utilidad práctica. Entre las ventajas de este método operativo figura la sencillez y precisión del proceso de obtención de la calificación subjetiva sobre la calidad estética del agua, comparadas con las dificultades inherentes a la realización e interpretación de un estudio epidemiológico. Por otra parte, el método empírico propuesto tiene el inconveniente de estar basado en un estado de opinión subjetivo, sujeto a factores ajenos a la calidad propia del agua, tal como se ha observado en los casos de Málaga y Tarragona; esta circunstancia hace que la asociación detectada solo sea aplicable mientras persistan las condiciones sociológicas sobre las que fué establecida.

El proceso de cálculo ha consistido en establecer una recta de regresión por el método de los mínimos cuadrados entre los puntos representativos de cada playa. Como variable independiente se han utilizado los diversos parámetros de calidad microbiológica del agua en cada playa y como variable dependiente la calidad estética media del agua concedida por los encuestados. La calidad microbiológica ha sido obtenida a partir de los datos disponibles correspondientes al conjunto de todas las estaciones de muestreo incluidas en la zona de playa donde se realizaron las encues-

tas. El número de estaciones de muestreo de calidad microbiológica del agua ha estado comprendido entre 1 y 4, lo que representa entre 12 y 48 datos, permitiendo definir con gran precisión los valores de los parámetros estadísticos correspondientes por ajuste gráfico de una distribución normal logarítmica.

La primera conclusión obtenida de una representación gráfica de los datos relativos a las 24 playas estudiadas es la notable desviación típica de las calificaciones de la calidad estética del agua a medida que los valores de los parámetros de calidad microbiológica aumentan. Es decir, a medida que la calidad microbiológica del agua disminuye la opinión media de los encuestados experimenta mayores fluctuaciones. Este fenómeno es común en estudios socio-económicos (Gujarati, 1978). Como ilustración de este fenómeno en el caso estudiado podemos señalar dos casos extremos: 1) el de una playa de marcado carácter internacional donde el predominio de visitantes extranjeros y residentes de otras provincias hace que se alcance una calificación media de la calidad estética del agua superior a la que cabría esperar en razón de su calidad microbiológica, y 2) el de otra playa próxima a vertidos importantes de agua residual, con estado deplorable de limpieza y con población local mayoritaria, donde la calificación media de la calidad estética del agua es inferior a la que correspondería por su calidad microbiológica.

Con objeto de reducir este fenómeno de heterocedasticidad, el modelo convencional de regresión lineal $y_i = a + bx_i$ se ha sustituido por el transformado $y_i/x_i = a/x_i + b$ (Gujarati, 1978).

La Tabla XXII contiene un resumen de las rectas de regresión obtenidas de acuerdo con este segundo modelo junto con los coeficientes de regresión correspondientes a las nuevas variables (y_i/x_i , $1/x_i$). La Tabla XXII contiene así mismo el valor máximo del parámetro de calidad microbiológica correspondiente que permite obtener, mediante tal recta de regresión, una calificación media de la calidad estética del agua igual o superior a 4.0, es decir que merezca una calificación de aceptable o superior.

Las Figuras C1 a C5 del Anexo C muestran algunas de las rectas de regresión obtenidas mediante este método. Como se deduce de estas figuras y de los valores de r contenidos en la Tabla XXII el acuerdo entre el modelo propuesto y los resultados experimentales es satisfactorio y permite disponer de unos límites empíricos de aplicación práctica.

Hay que destacar el acuerdo entre el valor de CT80 = 2000CT/100ml obtenido en este estudio y el CT80 = 1000CT/100ml de la norma de calidad de California (1943) sobre todo se se considera el periodo de tiempo transcurrido entre ambos estudios y los condicionantes socio-económicos tan diferentes en que ambos fueron obtenidos. Así mismo, hay que señalar el notable parecido entre los valores obtenidos para el caso de coliformes fecales y los límites recomendados por los criterios de calidad microbiológica propuestos por la OMS (1974).

En definitiva, unos niveles de calidad microbiológica del agua de mar satisfactorios desde el punto de vista de la norma de calidad de California (1943) y algo más estrictos que los requeridos por los criterios de calidad de la OMS (1974) o las normas de calidad del MOPU (1977) proporcionarían un nivel de calidad estética "aceptable" entre los veraneantes de las costas de Málaga y Tarragona. Todo ello dentro del conjunto de

TABLA XXII RELACION EMPIRICA ENTRE CALIDAD ESTETICA
Y CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS.
BASADO EN 24 PLAYAS DE MALAGA Y TARRAGONA,
VERANO 1979.

Parámetro de Calidad Microbiológica	Calidad Estética Recta de Regresión	r	Límite Superior para obtener Calidad Aceptable
CT50	$6.76-1.04 \times \log CT50$	0.83	500 CT/100ml
CT80	$7.53-1.07 \times \log CT80$	0.79	2000 CT/100ml
CT90	$7.19-0.86 \times \log CT90$	0.76	5000 CT/100ml
CF50	$5.40-0.94 \times \log CF50$	0.97	30 CF/100ml
CF90	$6.10-0.80 \times \log CF90$	0.94	400 CF/100ml
SF50	$5.56-0.76 \times \log SF50$	0.97	100 SF/100ml
SF90	$6.40-0.80 \times \log SF90$	0.94	1000 SF/100ml

factores determinantes de opinión, socio-económicos, culturales y de nacionalidad, existentes en la actualidad.

Por último, el hecho de que las concentraciones de estreptococos fecales deseables sean mayores que las de coliformes fecales parece indicar que la presencia de estreptococos fecales esta asociada a condiciones de calidad estética del agua del mar en los que los factores visuales son menos evidentes, en razón de la lejanía del punto de vertido de aguas residuales.

VIII ASPECTOS SANITARIOS DE ZONAS COSTERAS

La evaluación de la problemática sanitaria existente entre los bañistas de aguas costeras se ha llevado a cabo por medio de dos técnicas diferentes: 1) una encuesta epidemiológica entre los propios bañistas y 2) un análisis de ventas de productos farmacéuticos en zonas costeras. Los datos epidemiológicos han sido obtenidos conjuntamente con los datos demográficos y de calidad estética de zonas costeras, utilizando el modelo de encuesta que aparece en la Figura 26. El análisis de ventas de productos farmacéuticos se ha centrado en una población eminentemente turística del litoral de Málaga, tal como se detalla en este mismo capítulo.

La posible asociación entre la incidencia sobre los bañistas de las diferentes afecciones consideradas y la calidad microbiológica del agua de baño se ha analizado de forma estadística tanto a nivel global como por zonas costeras independientes, por grupos de playas con calidad microbiológica similar y por playas individuales.

MODELO INTERPRETATIVO

La validez de los resultados obtenidos de la encuesta reposa fundamentalmente sobre la veracidad de las respuestas ofrecidas por los encuestados durante su entrevista personal con el encuestador. A pesar de la limitación teórica que esto puede suponer en cuanto a las conclusiones derivadas de este estudio, hay que resaltar la imposibilidad práctica de llevar a cabo una encuesta del tipo y magnitud de la realizada utilizando personal médico especializado, capaz de diagnosticar y evaluar la relación causal de las afecciones declaradas por cada encuestado en las dos zonas costeras estudiadas. No obstante, los datos recogidos han sido analizados estadísticamente con objeto de detectar posibles incoherencias que pudieran hacer pensar en una falta de veracidad en las respuestas.

La selección de afecciones que aparecen en el modelo de encuesta utilizado se ha basado en los resultados obtenidos durante los estudios llevados a cabo en 1977 y 1978 (Mujeriego y Sanchez Murias, 1979, Ministerio de Sanidad y Seguridad Social, 1979) y corresponden a las afecciones más frecuentemente observadas entre los veraneantes de zonas costeras. Por razones de ejecución práctica, entre las afecciones seleccionadas no se incluyen aquellas con periodo de incubación de uno o varios meses, y por consiguiente la evaluación de su incidencia queda fuera del alcance de este estudio.

Los dos criterios básicos utilizados para cuantificar la incidencia sobre los bañistas de las afecciones consideradas han sido: 1) la declaración del propio encuestado de haber visitado a un médico quien le diagnosticó la afección que manifiesta y quien le expresó una opinión positiva de atribuir tal afección al hecho de bañarse en el mar, 2) la declaración del propio encuestado que, sin haber consultado un médico, manifiesta haber padecido una afección determinada. La Figura 27 resume las categorías de encuestados utilizadas en este estudio.

Como puede observarse en la Figura 27, el criterio más restrictivo se compone de las siguientes condiciones: 1) que el encuestado haya consultado un médico, 2) que el médico haya establecido un diagnóstico positivo de la

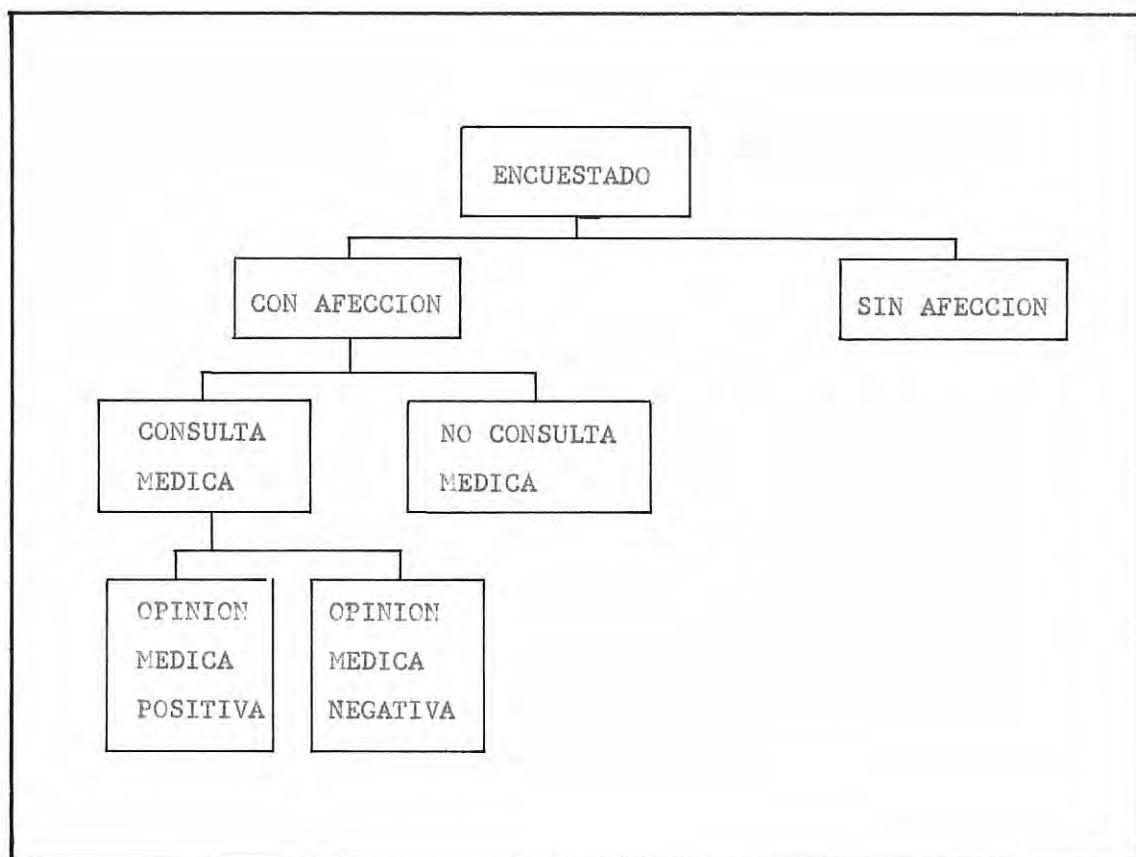


FIGURA 27 ESQUEMA INTERPRETATIVO Y PRINCIPALES CATEGORIAS DE ENCUESTADOS

afección en cuestión y 3) que el médico haya manifestado una opinión positiva respecto a la asociación causal entre baño en el mar y afección de la salud. Esta información obtenida exclusivamente a través del propio encuestado se ha utilizado para elaborar una tasa de morbilidad médica (TMM) que representa sencillamente el porcentaje sobre el total de encuestados de los casos de afección que el médico considera positivamente relacionados con el hecho de bañarse en el mar.

Con objeto de aprovechar la información contenida en el número considerable de encuestados que declaran haber padecido una cierta afección pero que no consultaron al médico por tal motivo, la tasa de morbilidad médica se ha modificado para incluir en ella la fracción de encuestados que han padecido una afección y que en el supuesto de que hubieran consultado un médico este les hubiera diagnosticado tal afección y expresado una opinión positiva sobre la relación causal entre baño en el mar y afección de la salud. La estimación de este número de encuestados se detalla en el siguiente apartado después de realizar una serie de contrastes entre categorías de encuestados que asegure un mínimo de validez de tal enfoque.

En definitiva, el diagnóstico del médico consultado junto con su opinión positiva respecto a la relación causal entre baño en el mar y afección de la salud constituyen los criterios fundamentales para estimar la morbilidad de las afecciones consideradas. Por consiguiente, a la posible imprecisión de los resultados debida a la supuesta veracidad de los encuestados habría que añadir la originada por la falta de criterios uniformes y específicos que permitan establecer la etiología de las afecciones observadas, factores ambos que es necesario tener en cuenta al valorar las conclusiones de este estudio.

CONTRASTE DE HIPOTESIS

Con objeto de detectar posibles incoherencias o interrelaciones entre las diversas categorías de la muestra total de encuestados se ha realizado una serie de contrastes de hipótesis (Gibra, 1973) cuyo desarrollo se detalla a continuación:

A. Opinión Personal - Consulta Médica

El análisis de varianza realizado entre la proporción de encuestados con afección que manifiestan una opinión personal positiva respecto a la relación causal baño en el mar y afección de la salud, según hayan consultado o no un médico, proporciona los siguientes resultados:

1. El hecho de consultar o no un médico no introduce una diferencia estadísticamente significativa ($\alpha = 0.05$) entre la proporción de encuestados que manifiestan tener una opinión positiva sobre la relación causal baño en el mar y afección de la salud. La proporción media de encuestados afectados con opinión personal positiva se aproxima al 68%, oscilando entre 42 y 88% según las afecciones.
2. El tipo de afección específico introduce una diferencia estadísticamente significativa ($\alpha = 0.05$) en la proporción de encuestados con afección que manifiesta una opinión positiva respecto a la relación causal baño en el mar y afección de la salud, al margen de su consulta o no al médico por tal motivo. Las afecciones de forúnculos, micosis, oídos,

ojos y alergias tienen una proporción estadísticamente equivalente a una media del 79%, con un intervalo 70-88%, mientras que las afecciones de garganta, nariz e intestinales oscilan entre 40 y 67% con una media próxima al 49%.

En definitiva, la consulta o no al médico por motivo de afección de la salud no altera significativamente la opinión que los encuestados se forman de la relación causal baño en el mar y afección de la salud. Este resultado puede interpretarse como una muestra de coherencia en el proceso de formación de opinión por parte del encuestado, con independencia de lo que el médico haya podido manifestarles. Por otra parte, los encuestados parecen reconocer dos categorías de afecciones, unas con mayor grado de asociación que otras con el hecho de bañarse en el mar.

B. Consulta Médica - Sexo - Zona Costera

Un análisis de varianza realizado entre la proporción de encuestados con afección que manifiestan haber consultado un médico por tal motivo, en función del sexo y de la zona costera donde fueron entrevistados, proporciona los siguientes resultados:

1. No hay diferencia estadísticamente significativa ($\alpha = 0.05$) entre la proporción de encuestados que habiendo padecido una afección determinada acude al médico, ni en razón del sexo ni de la zona costera donde fueron entrevistados.
2. Hay una diferencia significativa entre la proporción de encuestados con afección que consultan un médico en función del tipo concreto de afección.
3. La proporción de encuestados con afección que consulta un médico por tal motivo oscila entre un máximo del 62% en el caso de micosis hasta un mínimo del 22% en el caso de afecciones de la nariz, con un valor medio global próximo al 40%.

En definitiva, puede afirmarse que para una afección determinada los hombres y las mujeres consultan un médico en igual proporción y con independencia de la zona costera donde pasan sus vacaciones de verano. La variación en dicha proporción es debida al tipo de afección, correspondiendo los valores superiores a las afecciones de la piel.

C. Diagnóstico Médico - Sexo - Zona Costera

Un análisis de varianza realizado entre la proporción de encuestados que habiendo consultado un médico este les diagnosticó la afección que manifiestan así como su opinión positiva de que tal afección estaba asociada con el baño en el mar, y ello en razón del sexo y de la zona costera donde fueron encuestados, proporciona los siguientes resultados:

1. No hay diferencia significativa ($\alpha = 0.05$) entre la proporción de encuestados con diagnóstico médico y opinión médica positiva sobre la relación baño en el mar y afección de la salud, ni en razón del sexo ni de la zona costera donde fueron entrevistados.
2. Hay una diferencia significativa ($\alpha = 0.05$) entre las proporciones de encuestados con diagnóstico médico y opinión médica positiva sobre la asociación baño en el mar y afección de la salud, en razón del tipo de

afección concreto que se considere.

3. Los valores medios de dicha proporción para toda la muestra de encuestados oscila entre un 85% en el caso de micosis hasta un 29% en el caso de afecciones de la nariz, con un valor medio global próximo al 70%.

En consecuencia, puede afirmarse que existe coherencia entre los criterios de diagnóstico y etiológicos utilizados por los médicos consultados, con independencia del sexo y zona costera de veraneo del encuestado. Por otra parte hay unamtable diferencia entre la influencia etiológica que los médicos consultados conceden al baño en el mar en función de las diversas afecciones.

Como conclusión general de los tres tipos de contrastes analizados puede afirmarse que los dos criterios determinantes de morbilidad, el diagnóstico médico y la relación causal entre baño en el mar y afección de la salud, son una función casi exclusiva del tipo de afección que se considere, siendo estadísticamente independiente del sexo del encuestado, del hecho de que haya consultado o no un médico por tal motivo y de la zona de costa donde fué entrevistado. Esta conclusión puede considerarse como una prueba de coherencia tanto del proceso de diagnóstico médico como de las manifestaciones personales de los encuestados y por tanto permite atribuir un carácter de veracidad suficiente a la encuesta y a los resultados derivados de ella.

TASA DE MORBILIDAD AJUSTADA (TMA)

Basandose en la conclusión general del apartado anterior se ha elaborado un modelo de cálculo de la tasa de morbilidad, que denominaremos tasa de morbilidad ajustada (TMA), en el que además de los encuestados con diagnóstico y relación causal positiva por parte del médico se incluye una fracción de aquellos otros encuestados que, no habiendo de hecho consultado un médico, puede suponerse que habrían recibido una respuesta similar en el caso de haberlo consultado.

El valor de este factor de corrección ha sido elaborado para cada tipo de afección a partir del conjunto total de encuestas obtenidas, en razón de la conclusión general arriba mencionada. Este factor de corrección viene expresado por el cociente entre el número de encuestados con diagnóstico y relación causal positiva y el número de encuestados que consultaron al médico en razón de una afección concreta.

La expresión utilizada en el cálculo de la TMA ha sido la siguiente:

$$TMA (\%) = \frac{OPMEDPOS + \left[\frac{OPMEDPOS}{CONSULTA} \right] \times NO \text{ CONSULTA}}{TOTAL \text{ ENCUESTADOS}} \times 100$$

donde:

OPMEDPOS = número de encuestados a los que el médico manifestó un diagnóstico y una relación causal positiva de la afección en cuestión.

NOCONSULTA = número de encuestados con la afección considerada que no consultaron un médico.

$\left[\frac{\text{OPMEDPOS}}{\text{CONSULTA}} \right]_{\text{TOTAL}}$ = factor de corrección único por afección referido a la muestra total de encuestados.

El análisis e interpretación de la encuesta epidemiológica que aparece a continuación se ha basado exclusivamente en la tasa de morbilidad ajustada (TMA) que acaba de establecerse.

TASAS DE MORBILIDAD GENERALES

Con objeto de establecer una visión global de la problemática sanitaria entre los usuarios de las zonas costeras de Málaga y Tarragona se han elaborado las tasas de morbilidad ajustada de las ocho afecciones consideradas, tomando como unidad o "cluster" la muestra de encuestados obtenida en cada playa (Snedecor y Cochran, 1967, pag. 241). La razón de introducir este concepto de unidades o "cluster" es obtener una estimación mas adecuada de la desviación típica de las tasas de morbilidad ajustada que la que se obtendría por medio de una distribución binomial a partir del valor medio de dichas tasas.

La Tabla XXIII contiene un resumen de los intervalos de confianza de las tasas de morbilidad ajustada de las diferentes afecciones sobre el conjunto de las playas de Málaga y Tarragona. Un análisis comparativo de los resultados revela las afecciones de la piel, forúnculos y micosis, como las más frecuentemente observadas entre los bañistas, con tasas próximas a un 2%, seguidas de las afecciones de los oídos y los ojos, con tasas próximas a 1.5 y 1.3% respectivamente. Las afecciones intestinales y alérgicas registran tasas de morbilidad próximas al 0.8%, mientras que las afecciones de la garganta y nariz aparecen en último lugar con valores notablemente inferiores, entre 0.2 y 0.4%.

Un análisis comparativo entre los resultados obtenidos en este estudio y los de estudios previos (Nújeriego y Sanchez Murias, 1979) revela un orden de prioridad entre afecciones practicamente similar, mientras que los valores actuales son generalmente inferiores en un 50% a los obtenidos durante 1977 y 1978. Entre las posibles explicaciones de esta notable diferencia podría señalarse el carácter sistemático de la encuesta realizada durante el año 1979, con un número equivalente de encuestas obtenidas en cada playa y la utilización de equipos de encuestadores con criterios de calificación uniformes. La posible contribución asociada con un cambio sustancial de la calidad de las aguas costeras no parece ser razón suficiente tal como se deduce de los datos microbiológicos disponibles y del análisis de venta de fármacos que se detalla mas adelante.

TABLA XXIII INTERVALOS DE CONFIANZA DE TASAS DE MORBILIDAD AJUSTADA (TMA) DE DIVERSAS AFECCIONES EN LAS ZONAS COSTERAS DE MALAGA Y TARRAGONA, 1979.

Afección	TMA, % ($\alpha = 0.05$)
Forúnculos	2.22 ± 0.39
Micosis	1.96 ± 0.45
Oídos	1.47 ± 0.45
Garganta	0.31 ± 0.14
Nariz	0.19 ± 0.10
Ojos	1.28 ± 0.35
Diarreas	0.80 ± 0.19
Alergias	0.87 ± 0.19

TASAS DE MORBILIDAD ESPECIFICAS

Con objeto de establecer la influencia que factores tales como el sexo, el hábito de introducir la cabeza en el agua durante el baño y la zona costera en cuestión tienen en las tasas de morbilidad ajustada, de las diferentes afecciones se ha realizado un análisis estadístico entre cada par de valores de dicha tasa para diversas combinaciones de dichos factores.

El análisis estadístico se ha realizado sobre niveles de significación correspondientes a valores de error de tipo I de $\alpha = 0.05$ y de error de tipo II de $\beta = 0.20$ (Fleiss, 1973). En ciertos casos se han considerado valores de $\beta = 0.30$.

Los resultados de este análisis se resumen a continuación:

1. La única diferencia significativa ($\alpha = 0.05$, $\beta = 0.30$) entre las tasas de morbilidad ajustada de los encuestados en las costas de Málaga, en razón del sexo, es la relativa a las afecciones de los oídos, con valores superiores en los hombres que en las mujeres.
2. Hay una diferencia significativa ($\alpha = 0.05$, $\beta = 0.30$), entre las tasas de morbilidad ajustadas de forúnculos, micosis y alergias en los encuestados en la costa de Tarragona, en razón del sexo, siendo en los tres casos las tasas correspondientes a las mujeres superiores a las de los hombres.

3. Mientras que en Málaga no hay una diferencia estadísticamente significativa entre las tasas de morbilidad global en razón del sexo del encuestado, en las costas de Tarragona, la tasa de morbilidad global de las mujeres es superior con significación estadística ($\alpha = 0.05$, $\beta = 0.10$) a la de los hombres.
4. Hay una diferencia estadísticamente significativa entre las tasas de morbilidad ajustada para afecciones de los oídos, los ojos y alérgicas en razón del hábito de introducir la cabeza en el agua, entre los encuestados de la costa de Málaga. Las tasas de morbilidad de las cuatro afecciones son superiores entre los que introducen la cabeza que entre los que no tienen este hábito.
5. Únicamente en el caso de afecciones de los oídos hay una diferencia significativa ($\alpha = 0.05$, $\beta = 0.30$) entre las tasas de morbilidad de los encuestados en la costa de Tarragona en razón del hábito de introducir la cabeza en el agua durante el baño. La tasa de morbilidad de las afecciones de los oídos es superior entre los que introducen la cabeza en el agua que entre los que no tienen este hábito.
6. Hay una diferencia significativa entre las tasas de morbilidad globales de los encuestados en la costa de Málaga ($\alpha = 0.05$, $\beta = 0.10$) y de los encuestados de la costa de Tarragona ($\alpha = 0.05$, $\beta = 0.30$) en razón del hábito de introducir la cabeza en el agua durante el baño. La tasa correspondiente a los que introducen la cabeza es superior a la de los que no tienen este hábito.
7. Hay una diferencia estadísticamente significativa ($\alpha = 0.05$, $\beta = 0.20$) entre las tasas de morbilidad ajustada de forúnculos, micosis, afecciones de los oídos, de los ojos e intestinales entre los encuestados en razón de la zona costera donde fueron entrevistados. Mientras que la tasa de morbilidad de forúnculos es notablemente superior en Tarragona que en Málaga, las tasas correspondientes a las cuatro afecciones restantes son superiores en Málaga que en Tarragona.

La interpretación de los resultados anteriores permite avanzar las siguientes conclusiones:

1. Mientras que en las costas de Tarragona las afecciones de la piel son las únicas estadísticamente diferentes en razón del sexo, con valores en las mujeres superiores a los hombres, en las costas de Málaga la única afección estadísticamente diferente en razón del sexo es la de los oídos con valores superiores en los hombres que en las mujeres. El hecho de que el hábito de introducir la cabeza en el agua este más extendido entre los hombres que entre las mujeres y la calidad microbiológica más satisfactoria de las aguas de Tarragona hace pensar en la posibilidad de que sean otros hábitos de baño y otras vías de infección que el agua las responsables de la problemática característica de Tarragona.
2. El hábito de introducir la cabeza en el agua durante el baño en el mar parece estar asociado con una mayor incidencia de las afecciones de las mucosas abiertas, ojos y oídos principalmente, en las costas de Málaga y oídos exclusivamente en Tarragona. Esta observación pone de manifiesto la importancia que tiene la exposición de estas membranas al agua durante el baño, así como los efectos crecientes que se produ-

cen al pasar de las aguas de Tarragona a las de Málaga, de calidad microbiológica menos satisfactoria que aquellas.

3. El hecho de que las tasas de morbilidad de micosis, afecciones de los oídos, los ojos e intestinales sea significativamente superior en las costas de Málaga que en las de Tarragona concuerda aparentemente con los niveles de calidad microbiológica de ambas zonas costeras, más satisfactorias en Tarragona que en Málaga.
4. La tasa de morbilidad de forúnculos observada en las costas de Tarragona contrasta significativamente con los niveles de calidad microbiológica de sus aguas, lo que hace suponer que bajo concentraciones satisfactorias de microorganismos indicadores se dan circunstancias favorables para que los microorganismos responsables de tales afecciones puedan desarrollar su capacidad infecciosa.

TASAS DE MORBILIDAD Y CALIDAD MICROBIOLOGICA

Entre los objetivos fundamentales de este estudio figura el analizar la posible asociación causal entre la calidad microbiológica de aguas costeras, medida en términos de microorganismos indicadores, y los efectos sobre la salud pública derivados de actividades de baño en dichas aguas, medidos en términos de tasas de morbilidad de las afecciones más frecuentes.

La calidad microbiológica de las aguas costeras de Málaga y Tarragona se ha clasificado, a efectos de este análisis concreto, según los criterios de calidad de la OMS (1974) y las normas de calidad del MOPU (1977) que a efectos prácticos pueden considerarse como equivalentes.

El estudio analítico se ha llevado a cabo a dos niveles: 1) agrupando las playas de acuerdo con los criterios de calidad OMS (1974) y las normas de calidad del MOPU (1977), 2) considerando cada playa como unidad independiente.

A. Grupos de Playas

La aplicación de los criterios de calidad de la OMS (1974) y normas de calidad del MOPU (1977) a las 24 playas consideradas en este estudio da lugar a una distribución en tres grupos diferentes: 1) un grupo de 7 playas de la costa de Málaga calificadas como insatisfactorias y de las que se disponen de 7167 encuestas epidemiológicas, 2) un grupo de 7 playas de la costa de Málaga calificadas como satisfactorias y de las que se dispone de 7152 encuestas epidemiológicas, y 3) un grupo de 9 playas de la costa de Tarragona calificadas como satisfactorias y de las que se dispone de 6280 encuestas epidemiológicas. La Tabla XXIV resume estos resultados.

Sobre las tasas de morbilidad ajustada de cada una de las submuestras se ha realizado un análisis de significación estadística entre las dos posibles combinaciones: 1) playas de Málaga insatisfactorias frente a playas de Málaga satisfactorias y 2) playas de Málaga satisfactorias frente a playas de Tarragona satisfactorias. El contraste de hipótesis se ha realizado para cada afección independientemente, considerando unos niveles de significación estadística de $\alpha = 0.05$ y $\beta = 0.20$.

TABLA XXIV ANALISIS COMPARATIVO DE LAS TASAS DE MORBILIDAD AJUSTADA (TMA) ENTRE LOS BAÑISTAS DE LAS TRES CATEGORIAS DE PLAYAS OBTENIDAS APLICANDO LOS CRITERIOS DE CALIDAD DE LA OMS Y LAS NORMAS DE CALIDAD DEL NOPU.

Afección	Tasa de morbilidad ajustada (TMA), %		
	Playas de Málaga insatisfactorias 7 1677 encuestas	Playas de Málaga satisfactorias 7 152 encuestas	Playas de Tarragona satisfactorias 6 280 encuestas
Forúnculos	1.78	1.84	2.98
Micosis	1.66	2.75	1.38
Oídos	1.41	2.25	0.70
Garganta	0.23	0.48	0.21
Nariz	0.15	0.30	0.12
Ojos	1.03	2.09	0.69
Diarreas	0.87	0.93	0.57
Alergias	0.76	0.88	0.95

Los resultados de este análisis estadístico pueden resumirse así:

1. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre las tasas de morbilidad ajustada de micosis, afecciones de los oídos y los ojos entre los encuestados correspondientes a las playas insatisfactorias y las playas satisfactorias de Málaga. Sorprendentemente, las tasas de morbilidad correspondientes a playas satisfactorias son superiores a las de las playas insatisfactorias, en las tres afecciones citadas.
2. Existe una diferencia estadísticamente significativa entre las tasas de morbilidad ajustada correspondiente a forúnculos, micosis, afecciones de los oídos, la garganta y los ojos entre los encuestados en las playas satisfactorias de Málaga y en las playas satisfactorias de Tarragona. Exceptuando el caso de forúnculos, en el que la tasa de morbilidad en las playas de Tarragona es superior que en las de Málaga, las tasas de morbilidad de las cuatro afecciones restantes es siempre superior en las playas de Málaga que en las de Tarragona.

Una posible interpretación de los resultados anteriores, basada conjuntamente en los parámetros de calidad microbiológica disponibles, puede resumirse en las siguientes conclusiones:

1. La incidencia de los forúnculos entre los usuarios de las playas de Tarragona tiene un carácter singular; al no guardar una relación aparente con los índices de calidad microbiológica del agua del mar. No se dispone hasta el momento de información que permita avanzar la vía de infección preferente. Sin embargo, el hecho de que esta afección sea la que registra uno de los menores porcentajes de asistencia al médico, próxima al 30%, hace pensar que su presencia despierta entre los afectados una preocupación relativamente menor que otras afecciones.
2. El hecho de que la incidencia de micosis, afecciones de los oídos, la garganta y los ojos sea superior entre los usuarios de las playas satisfactorias de Málaga que entre los usuarios de las playas satisfactorias de Tarragona concuerda aparentemente con los niveles de calidad de ambos grupos de playas. Mientras que la calidad de las playas satisfactorias de Málaga se sitúan muy próximas a los límites contenidos en las normas de calidad consideradas, la calidad de las playas satisfactorias de Tarragona quedan generalmente un orden de magnitud por debajo de tales límites. Por consiguiente, los resultados parecen indicar una mayor incidencia de las afecciones mencionadas a medida que la calidad microbiológica del agua de mar se aproxima a los límites propuestos por los criterios de calidad de la OMS (1974) y las normas de calidad del MOPU (1977).
3. El hecho paradójico de que la incidencia de micosis, afecciones de los oídos, la garganta y los ojos sea superior entre los usuarios de las playas satisfactorias de Málaga que entre los usuarios de las playas insatisfactorias de Málaga puede interpretarse como una incapacidad de los criterios y normas de calidad considerados para valorar la calidad microbiológica del agua de mar, en determinadas condiciones. El hecho de que las concentraciones de estreptococos fecales (SF50 y SF90) sea del mismo orden de magnitud e incluso inferior al de coliformes fecales (CF50 y CF90) en aquellas playas calificadas como insatisfactorias en contraste con el hecho de que la concentración de estreptococos fecales sea entre 4 y 40 veces superior al de coliformes fecales en aquellas

playas calificadas como satisfactorias es un reflejo del fenómeno previamente estudiado e ilustrado en la Figura 21. Los resultados epidemiológicos parecerían indicar que en estas condiciones de calidad microbiológica del agua, debida a vertidos importantes de aguas residuales alejados en el tiempo o en el espacio del punto de muestreo, los coliformes fecales por sí solos pierden una parte notable de su capacidad indicadora, al no reflejar adecuadamente las concentraciones de otros microorganismos, entre ellos posiblemente los de carácter patógeno, capaces de demostrar una mayor persistencia en el agua del mar.

Este fenómeno de inactivación selectiva entre microorganismos indicados en el agua del mar queda también patente en las aguas costeras de Tarragona, donde en condiciones satisfactorias de calidad microbiológica el cociente entre coliformes fecales y estreptococos fecales oscila entre 0.2 y 5, muy próximo al característico de aguas residuales domésticas que se sitúa generalmente en el intervalo 1 a 10, con un valor estimado medio de 4.

De los resultados epidemiológicos anteriores y de los valores característicos de los parámetros de calidad microbiológica del agua de mar, en términos de estreptococos fecales, en las zonas costeras de Málaga y Tarragona, es posible establecer unos intervalos preliminares para los dos parámetros estadísticos de una norma de calidad en términos de estreptococos fecales. Los valores de SF50 deberían situarse como máximo en el intervalo 100-300 CF/100ml y los valores de SF90 deberían situarse como máximo en el intervalo 1000-2000SF/100ml.

B. Playas Independientes

En un intento de establecer la posible asociación causal entre calidad microbiológica del agua del mar y la incidencia sobre la salud de las poblaciones de bañistas se ha llevado a cabo un estudio comparativo a nivel de cada una de las playas estudiadas. El proceso de cálculo ha consistido en obtener, por el método de mínimos cuadrados, la recta de regresión que mejor se ajusta a los datos correspondientes a las playas consideradas. El número de playas consideradas en este estudio ha sido de 19, en razón de la desigual precisión correspondiente a las 5 playas de Tarragona para las que solo se disponía de 300 encuestas aproximadamente.

Un análisis preliminar de las diversas combinaciones entre tasas de morbilidad ajustada de cada afección y los parámetros de calidad microbiológica del agua en cada playa ha puesto de manifiesto el escaso nivel general de correlación existente entre ambas variables a excepción de las referidas a tasas de morbilidad de afecciones de los oídos en función de parámetros de calidad microbiológica expresada en términos de coliformes fecales y estreptococos fecales. El número de encuestas disponibles por playa, aproximadamente 1000, proporciona estimaciones de la tasa de morbilidad con fluctuaciones de tal magnitud que no permite obtener regresiones estadísticamente significativas en la mayoría de los casos.

Las Figuras 28 y 29 ilustran la relación existente entre las tasas de morbilidad ajustada de afecciones de los oídos y los parámetros de calidad microbiológica del agua del mar en términos de estreptococos fecales. El valor estadísticamente significativo ($\alpha = 0.10$) de la pendiente de la recta de regresión en ambos casos permite afirmar la existencia de una asociación causal entre la presencia de estreptococos fecales y las tasas

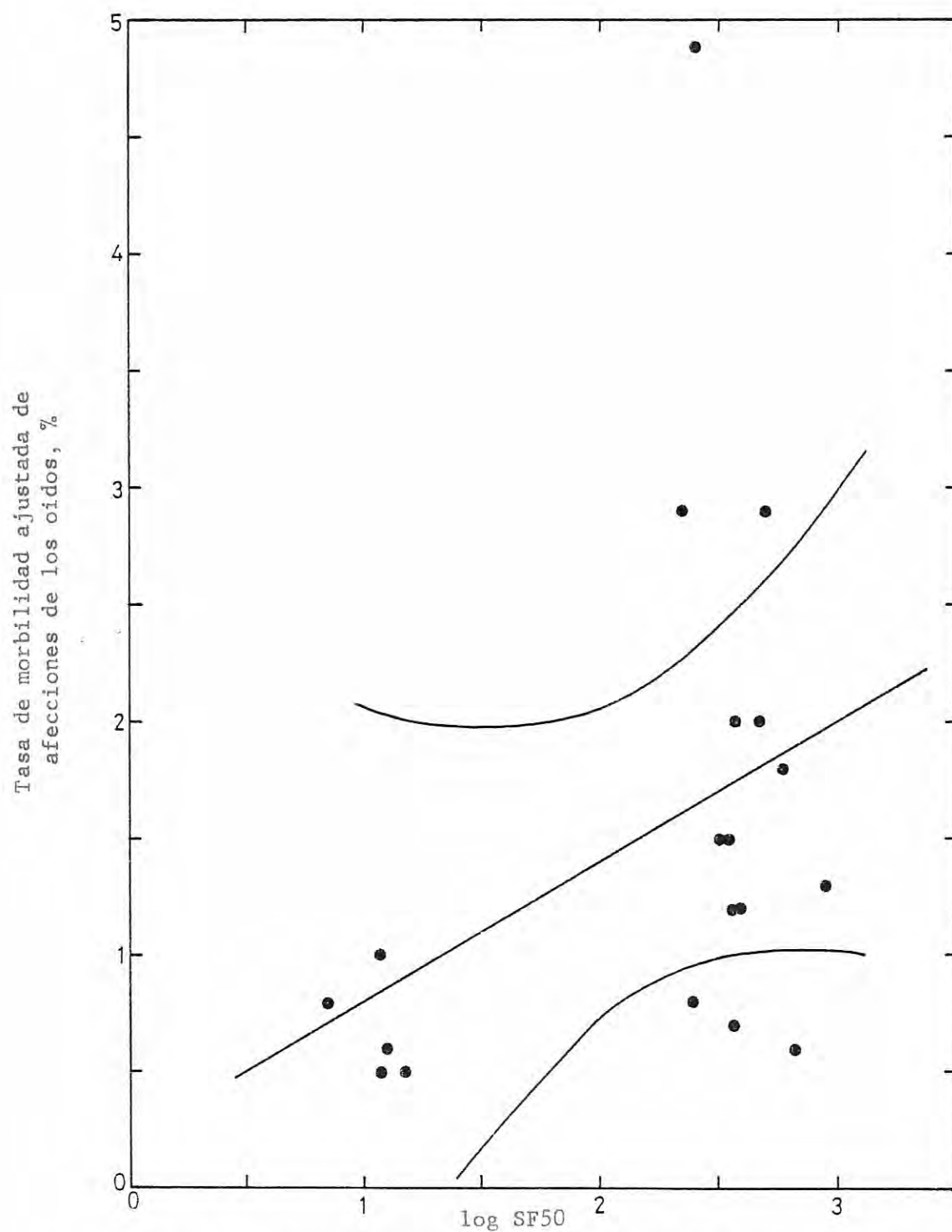


FIGURA 28 RECTA DE REGRESION E INTERVALO DE CONFIANZA ($\alpha=0.05$) DE LA RELACION ENTRE TASA DE MORBILIDAD AJUSTADA DE AFECCIONES DE LOS OIDOS Y PARAMETRO SF50. ZONAS COSTERAS DE MALAGA Y TARRAGONA, VERANO 1979.

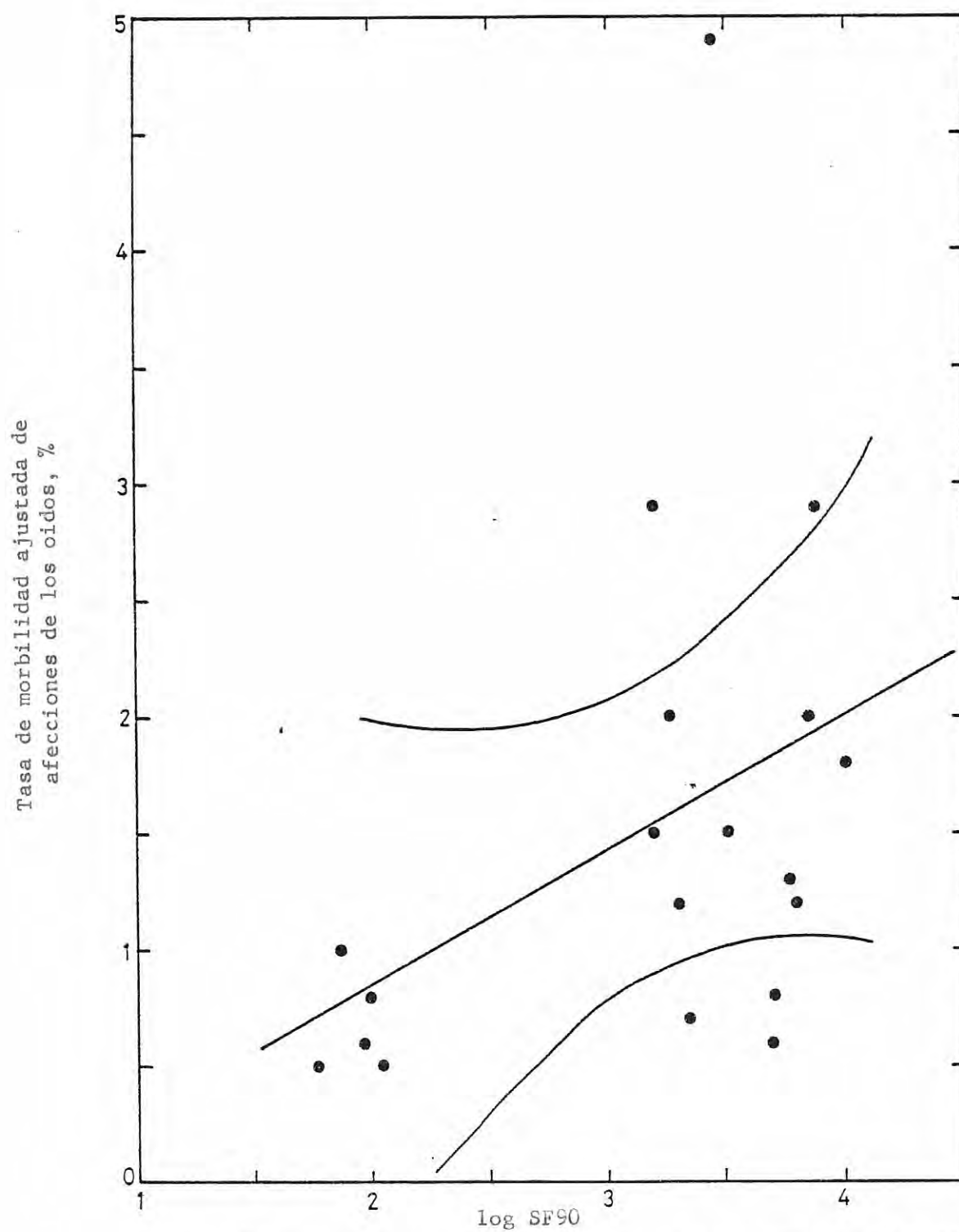


FIGURA 29 RECTA DE REGRESION E INTERVALO DE CONFIANZA ($\alpha=0.05$) DE LA RELACION ENTRE TASA DE MORBILIDAD AJUSTADA DE AFECCIONES DE LOS OIDOS Y PARAMETRO SF90. ZONAS COSTERA DE MALAGA Y TARRAGONA, VERANO 1979.

de morbilidad de afecciones de los oídos. Los resultados contenidos en las Figuras 28 y 29 muestran el interés de, que la calidad microbiológica del agua de mar, en términos de estreptococos fecales, se sitúe próxima a los valores estadísticos $SF50 = 100SF/100ml$ y $SF90 = 1000SF/100ml$.

CONSUMO DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS

La evolución y magnitud del consumo de productos farmacéuticos se ha utilizado como medio alternativo para el estudio de la incidencia sanitaria que las actividades de recreo en agua del mar tiene sobre las poblaciones costeras. El estudio experimental se ha llevado a cabo en la población costera de Torremolinos, Málaga, de carácter eminentemente turístico y donde se ha podido disponer de información detallada de las ventas de dos farmacias (Gomez Blanco, 1980) representativas del consumo propio de una población cuyo principal atractivo son sus playas y aguas costeras. Las zonas de influencia de estas dos farmacias coinciden prácticamente con dos zonas de playa, Torremolinos y La Carihuella, incluidas en la investigación epidemiológica estudiada en apartados anteriores.

Como se indica en el capítulo de Metodología, el análisis del consumo de fármacos se ha basado sencillamente en un análisis económico de las ventas de medicamentos asociados directamente con cuatro tipos genéricos de afección: 1) intestinal, 2) ojos, 3) oídos y 4) aparato urinario. El parámetro indicador utilizado ha sido el porcentaje de ventas totales que cada grupo de medicamentos representa, tomando como unidad de tiempo el de un mes.

Las Figuras 30 a 33 ilustran la evolución anual de este parámetro de consumo de fármacos, durante los años 1978 y 1979, para los cuatro tipos de productos considerados.

Un análisis detallado de las Figuras 30 a 33 permite establecer las siguientes conclusiones:

1. El consumo de productos farmacéuticos asociados con afecciones intestinales tiene una marcada dependencia estival que abarca los meses de Julio, Agosto y Septiembre. Sin embargo, el hecho de que este tipo de afecciones no este exclusivamente ligado a la ingestión de agua de mar hace difícil su valoración específica. En cualquier caso, es evidente que las condiciones higiénicas y sanitarias de la zona costera en general fueron menos satisfactorias en 1978 que en 1979 como se deduce del mayor consumo registrado durante el verano de 1978.
2. El consumo de productos farmacéuticos asociados con afecciones de los oídos muestra así mismo una clara dependencia estival que abarca los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre. El hecho de que durante esa época del año sean las actividades de baño la fuente principal de infecciones presenta este parámetro como uno de los mas interesantes para estudios posteriores. El paralelismo observado durante los años 1978 y 1979 es notable.
3. El consumo de productos farmacéuticos asociados con afecciones de los ojos muestra también una marcada dependencia estival aunque la incidencia correspondiente a otras épocas del año, y por tanto no asocia-

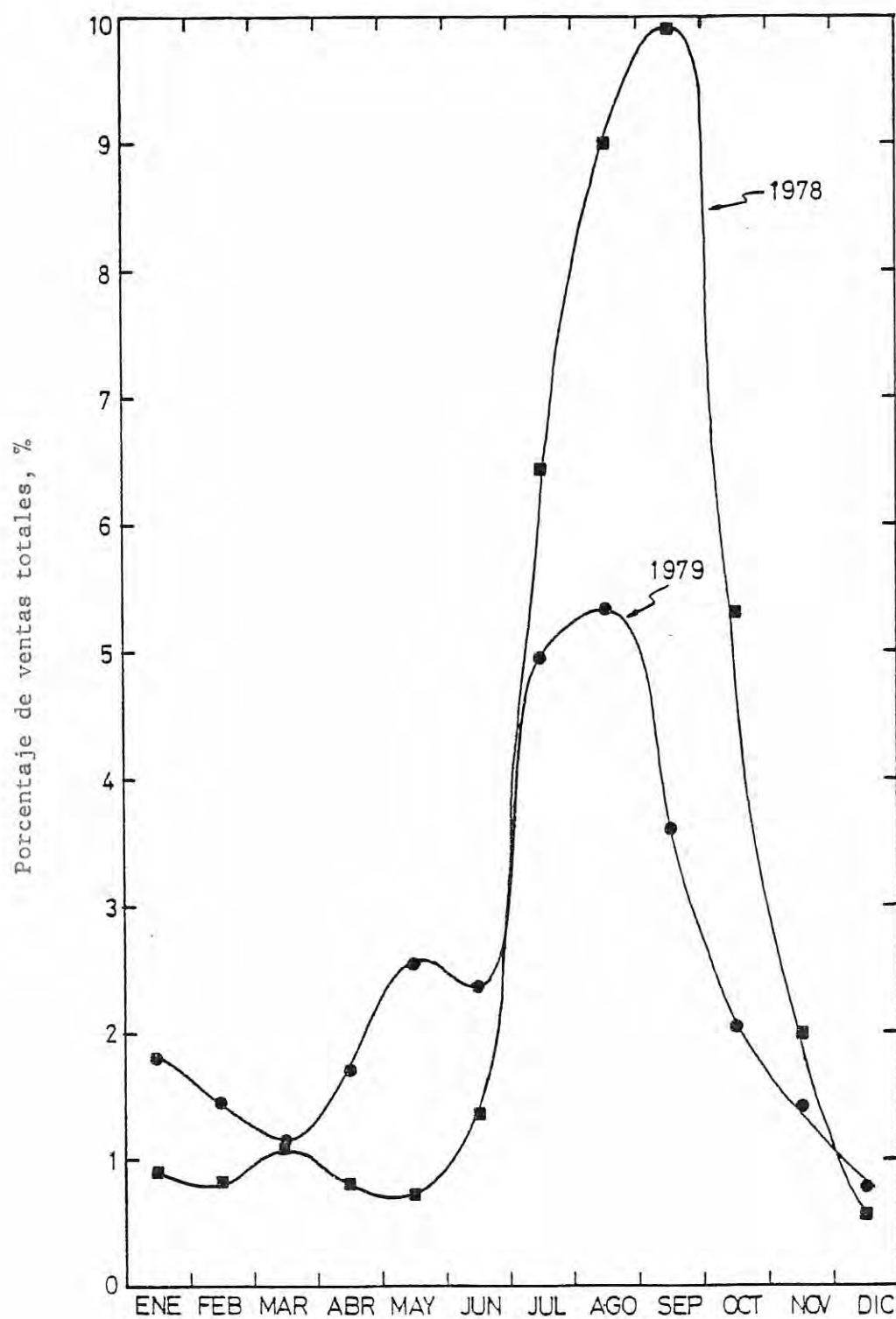


FIGURA 30 EVOLUCION DEL CONSUMO DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS ASOCIADOS A AFECCIONES INTESTINALES. ZONA COSTERA DE MALAGA.

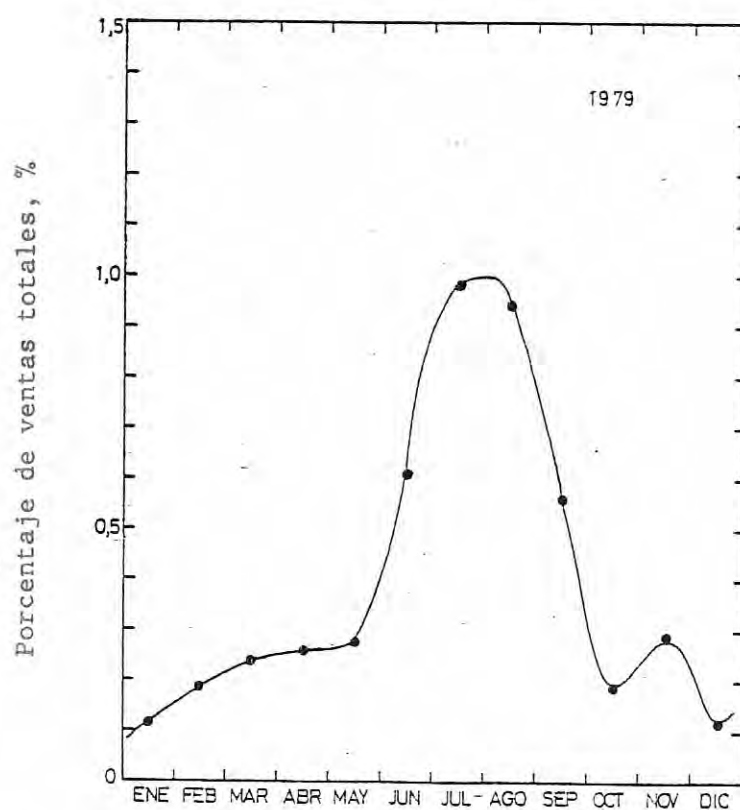
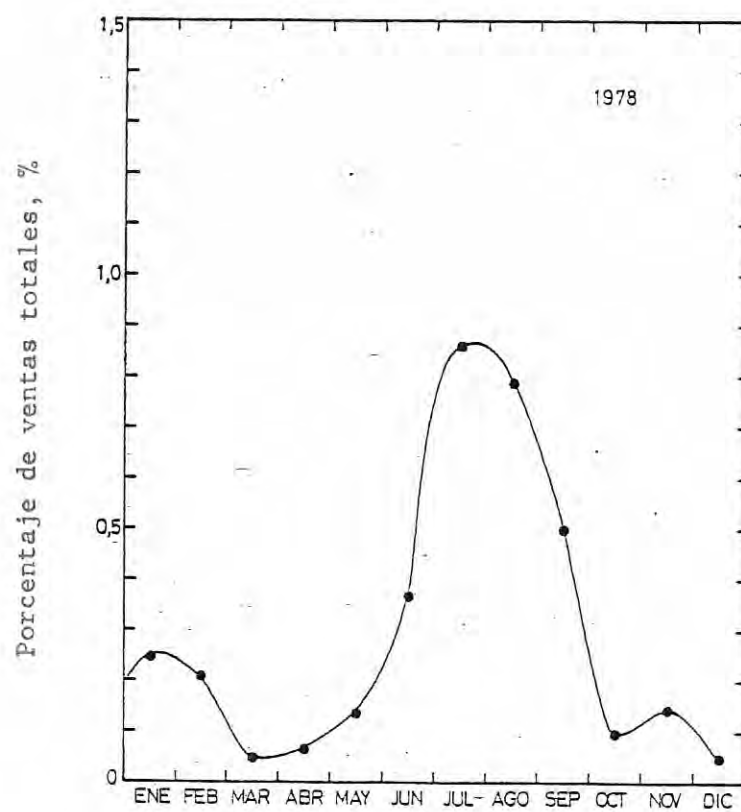


FIGURA 31 EVOLUCION DEL CONSUMO DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS ASOCIADOS A AFECCIONES DE LOS OIDOS. ZONA COSTERA DE MALAGA.

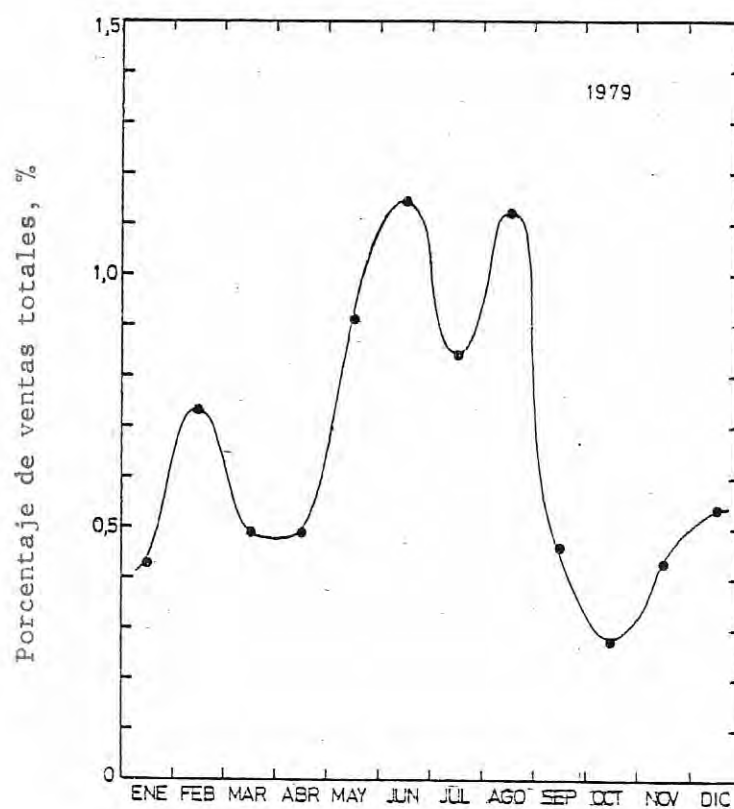
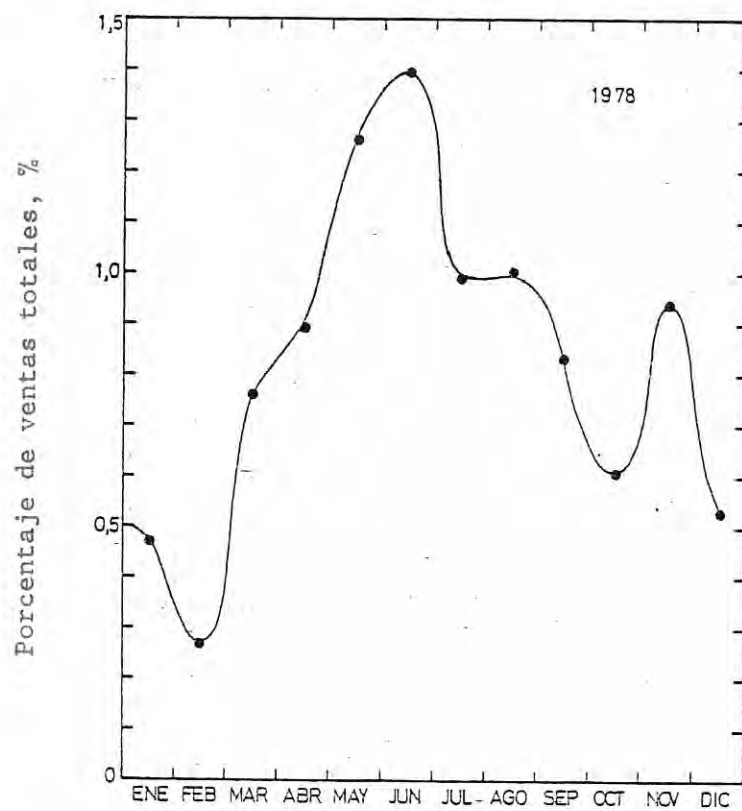


FIGURA 32 EVOLUCION DEL CONSUMO DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS ASOCIADOS A AFECCIONES DE LOS OJOS. ZONA COSTERA DE MALAGA.

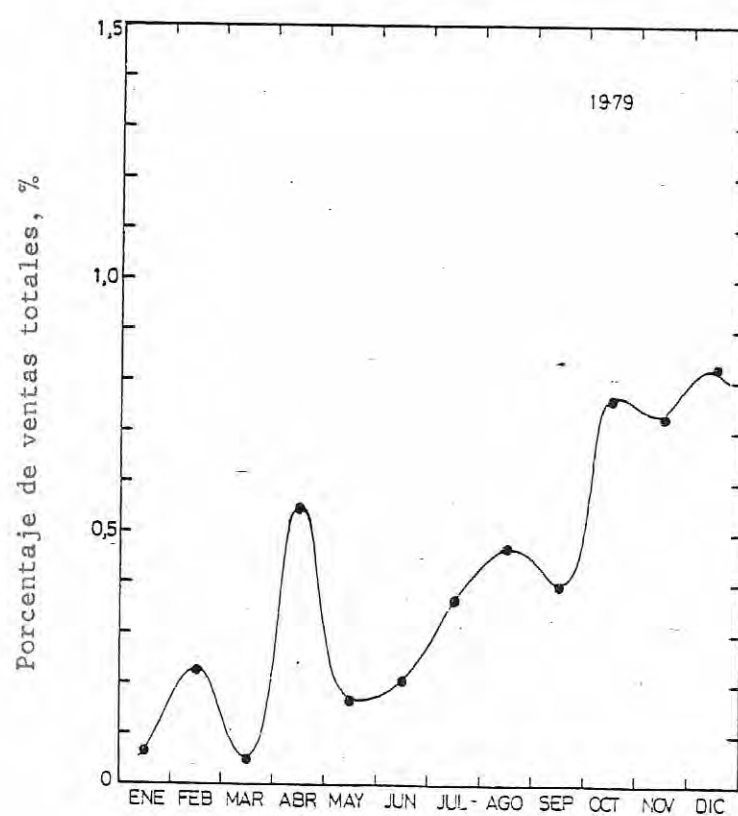
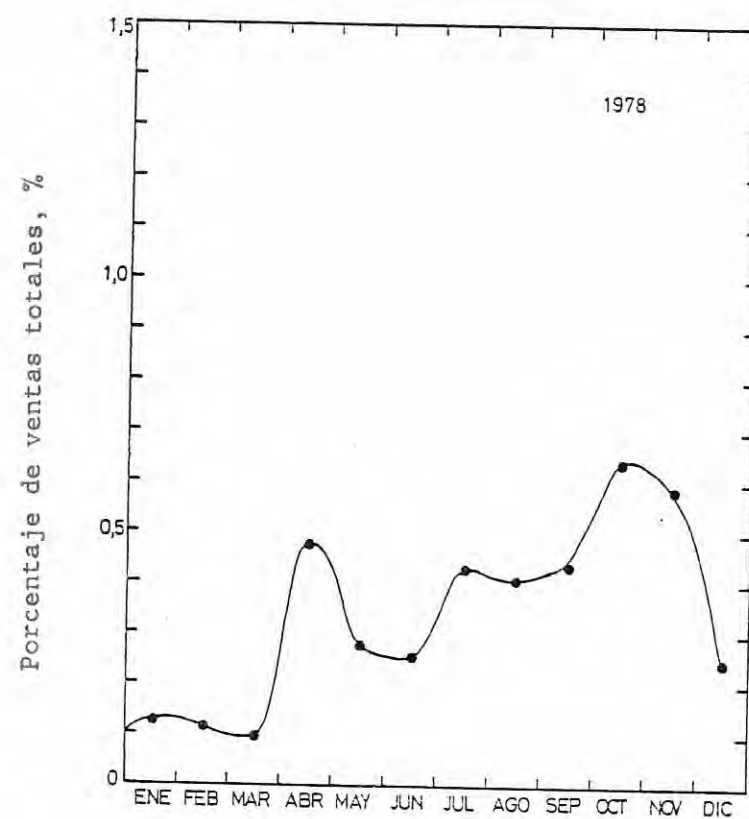


FIGURA 33 EVOLUCION DEL CONSUMO DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS ASOCIADOS A AFECCIONES DEL APARATO URINARIO. ZONA COSTERA DE MALAGA.

das con el baño, puede alcanzar valores comparables en el consumo. En cualquier caso los máximos valores se alcanzan durante el verano, tanto en 1978 como en 1979, abarcando la temporada de máximos valores desde Mayo hasta Septiembre. Este parámetro es por tanto de interés para el objeto de este estudio.

4. El consumo de productos farmacéuticos asociados con afecciones del aparato urinario que pudieran estar relacionadas con contacto de aguas de calidad microbiológica insatisfactoria presenta una evolución estacional marcadamente diferente de las anteriores. Tras un aumento durante el mes de Abril, el consumo desciende para ir aumentando progresivamente durante el verano hasta alcanzar los máximos valores durante el otoño. Aunque este modelo de variación sugiere la hipótesis de un posible retraso entre el momento de la infección y el de la manifestación de la afección, no se dispone de datos epidemiológicos con que contrastarla.

Con objeto de establecer un orden de prioridad entre las tasas de morbilidad que los niveles de ventas anteriores representan se ha estimado el coste relativo que el tratamiento de cada caso de afección puede representar. Los valores estimados son los siguientes (Gomez Blanco, 1980):

$$\frac{\text{Oídos}}{1} = \frac{\text{Ojos}}{2} = \frac{\text{Urinario}}{2.5} = \frac{\text{Intestinales}}{3.5}$$

A partir de los valores máximos registrados por la venta de los cuatro tipos de fármacos, obtenidos de las gráficas respectivas, y utilizando los factores de conversión anteriores es posible estimar el número relativo de dosis correspondientes de cada uno. Por otra parte, de los datos epidemiológicos correspondientes a las playas situadas en la zona de influencia de estas dos farmacias, que engloban un total de 3078 encuestados, se han obtenido las tasas de morbilidad ajustada de los tres tipos de afecciones que figuraban en la encuesta.

La Tabla XXV contiene un resumen de los resultados así obtenidos. Del análisis de la Tabla XXV se deducen las siguientes conclusiones:

1. Existe un notable paralelismo entre el orden de prioridad de las tres afecciones consideradas tanto desde el punto de vista del número de dosis estimadas como desde el punto de vista epidemiológico.
2. La incidencia de las afecciones de los oídos es ligeramente superior a la de los ojos como ya se había observado en el caso general de las dos zonas costeras de Málaga y Tarragona.
3. La incidencia de las afecciones intestinales en esta zona de costa es ligeramente superior a la media obtenida para el conjunto de las dos zonas costeras de Málaga y Tarragona.

En definitiva, la utilización de índices de venta de productos farmacéuticos aparece como una alternativa de gran interés en el estudio de la problemática sanitaria de zonas costeras. Los índices de consumo de fármacos relativos a las afecciones de los oídos y los ojos aparecen como los más reveladores de la calidad sanitaria de las aguas costeras durante la temporada estival, mientras que los relativos a las afecciones intestinales serían más representativos de las condiciones higiénicas y sanitarias generales de la zona costera en cuestión.

TABLA XXV ANALISIS COMPARATIVO ENTRE INDICES DE CONSUMO
DE FARMACOS Y TASAS DE MORBILIDAD AJUSTADA
(TMA). ZONA COSTERA DE MALAGA, VERANO 1979.

Afección	Máximo de Ventas, %	No. Relativo de Dosis	TMA (*) %
Oídos	1.0	1.0	1.12
Ojos	1.1	0.55	0.82
Aparato Urinario	0.4	0.16	-
Intestino	5.3	1.5	1.13

(*) Basado en 3078 encuestas epidemiológicas

IX CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El objetivo general del programa de estudio de la calidad sanitaria y estética de las aguas costeras realizado en las zonas piloto de Málaga y Tarragona ha sido:

Obtener los datos estadísticamente significativos, la información científica y los principios técnicos necesarios para la evaluación del estado de contaminación actual de las aguas costeras, en especial de aquellos aspectos que puedan afectar a la salud pública.

De la información recogida durante la fase de estudio realizada en 1979 se deducen las siguientes conclusiones:

1. El vertido de aguas residuales, generalmente de carácter urbano y sin tratamiento previo alguno, constituye uno de los factores determinantes de la calidad sanitaria y estética de las aguas costeras de Málaga y Tarragona y especialmente de las dedicadas a actividades de recreo.
2. La instalación de emisarios submarinos ha contribuido en muchos casos a limitar e incluso reducir los efectos más inmediatos de los vertidos de aguas residuales. El régimen de proyecto, explotación y mantenimiento adoptado por muchos municipios costeros no es compatible con una utilización racional y eficaz de este tipo de instalaciones. El carácter de provisionalidad y el escaso mantenimiento que se les concede ha contribuido a un mayor desprestigio de estas soluciones tanto entre técnicos como público en general.
3. Un emisario submarino, como integrante de un plan de gestión de calidad de aguas costeras, constituye una alternativa real y práctica para el vertido de aguas residuales de poblaciones costeras, especialmente de carácter urbano y con notable población estacional. El nivel técnico actual permite proyectar y explotar el tipo de instalación más adecuada en cada circunstancia.
4. La incorporación de un sistema eficaz de eliminación de sólidos en suspensión y especialmente de grasas y aceites junto con un sistema de impulsión que asegure una dilución inicial lo más elevada posible mejoraría notablemente la calidad sanitaria y estética de las aguas receptoras.
5. Existe una notable diferencia entre las velocidades de inactivación en el mar de los tres microorganismos indicadores de contaminación estudiados. Mientras que los coliformes totales y los coliformes fecales se inactivan rápida y persistentemente después de su vertido en el mar, los estreptococos fecales muestran una inactivación rápida durante los primeros minutos llegando a continuación a estabilizar su concentración.

6. La evaluación precisa de los posibles efectos tóxicos asociados con las concentraciones de oxidante, 0.5-0.7 mg/l Cl_2 , contenidos en las aguas de refrigeración de la central nuclear de Vandellós requeriría conocer la evolución de la concentración de oxidante y de la temperatura en el canal de vertido al mar, así como durante las horas transcurridas entre dos cloraciones sucesivas.
7. Una distribución de frecuencias normal logarítmica ajustada gráficamente constituye un método práctico suficientemente preciso para representar la calidad microbiológica del agua del mar. La obtención de resultados satisfactorios requiere disponer de un número de valores próximo a 10, recogidos de forma sistemática durante un periodo continuado de tiempo.
8. La aplicación correcta de una norma de calidad expresada en términos estadísticos requiere un análisis comparativo entre la distribución de frecuencias representada por la norma y la distribución de frecuencias obtenida a partir de las concentraciones microbianas.
9. La aplicación de los criterios de calidad microbiológica de la OMS y las normas de calidad del MOPU a los datos correspondientes a la temporada de verano pone de manifiesto una calidad microbiológica muy satisfactoria en las costas de Tarragona, próxima al 95% de las estaciones, mientras que solamente un 50% de las estaciones de Málaga alcanzan la clasificación de satisfactorias. La calidad estética de las aguas costeras obtenida a partir de la norma de calidad de California proporciona una visión global muy similar a la anterior.
10. La aplicación de las normas de calidad microbiológica de la CEE, en términos de coliformes totales y coliformes fecales, califica la práctica totalidad de las playas como insatisfactorias. Las limitaciones impuestas por el parámetro $\text{CT}_{80} = 500 \text{ CT}/100 \text{ ml}$ y especialmente por el parámetro $\text{CF}_{80} = 100 \text{ CF}/100 \text{ ml}$ son las más restrictivas de las normas CEE y determinan por sí solos la clasificación global de las estaciones estudiadas.
11. La "variación natural" de la calidad microbiológica de las aguas costeras de Málaga y Tarragona, medida por la desviación típica de las distribuciones globales de las concentraciones microbianas, se aproxima más a la variación inherente a los criterios de calidad de la OMS que a ninguna de las otras dos normas estudiadas. La variación propia de las normas de calidad CEE es notablemente superior a la observada, lo que explica en parte su carácter práctico tan restrictivo.
12. Las desviaciones típicas de la calidad microbiológica de cada estación de muestreo obedecen a una distribución estadística normal, lo que permite suponer la existencia de una "variación natural" de la calidad a nivel de toda la zona costera. Valores de la desviación típica que no se adaptan a esa distribución normal están sistemáticamente asociados a estaciones de muestreo sometidas a fuentes de contaminación con notables fluctuaciones, tales como las debidas a aliviaderos y ríos o bien a zonas límite de influencia de vertidos importantes.

13. El cociente entre las concentraciones de coliformes fecales y estreptococos fecales CF/SF de una muestra de agua constituye un parámetro indicador del carácter remoto o próximo, tanto temporal como espacial, de la fuente de contaminación. El hecho que los valores del cociente CF/SF inferiores a 1 predominan en las playas de calidad próxima a la especificada en los criterios OMS y normas MOPU pone de manifiesto la limitación de la capacidad indicadora de los coliformes fecales por sí solos.
14. La técnica de análisis microbiológico de aguas costeras utilizada en la Dirección de Salud de Málaga no refleja adecuadamente la concentración de coliformes fecales presentes en el agua. A medida que estas concentraciones aumentan más notable es la discrepancia entre los resultados obtenidos por esta técnica y los obtenidos por el método de filtración con membrana. Esto se traduce en que estaciones de muestreo con elevadas concentraciones microbianas sean calificadas como microbiológicamente satisfactorias.
15. Las dos técnicas de análisis microbiológico de aguas costeras, filtración con membrana y diluciones múltiples en caldo de MacConkey, consideradas en la normativa del Proyecto Piloto MED-VII proporcionan concentraciones microbianas comparables. Esto se traduce en una clasificación idéntica de su calidad microbiológica, al aplicar los criterios de calidad OMS y normas de calidad MOPU.
16. La calidad microbiológica de los mejillones que se desarrollan de forma natural en los dos tramos de costa considerados en Tarragona tienen una calidad microbiológica media muy próxima al límite de 2 CF/g propuesto por la OMS como condiciones higiénicas adecuadas para su consumo directo. La afición tan extendida entre los visitantes a la captura de estas poblaciones naturales de mejillones representa por tanto un peligro real para la salud pública.
17. La calidad físico-química de las aguas de abastecimiento de las poblaciones costeras de Tarragona, medida en términos de los parámetros físicos y químicos más importantes, muestra la existencia de una problemática real entre estos abastecimientos. La presencia excesiva de cloruros y en ciertos casos de calcio y magnesio hace que las aguas de abastecimiento de 6 de las 14 poblaciones estudiadas hayan de clasificarse como sanitariamente tolerables, de acuerdo con el Código Alimentario Español, o inadmisibles para usos domésticos según las Normas Internacionales de la OMS.
18. La calidad físico-química del agua de abastecimiento de la ciudad de Tarragona alcanza límites que la hacen impropia para usos domésticos: hasta 2500 mg/l CaCO_3 de dureza total, 4000 mg/l Cl y 13 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad. La presencia de olor, originado aparentemente por reacción del desinfectante con sustancias orgánicas asociadas a procesos de contaminación de las captaciones, haría necesario la adopción de un enfoque más específico y detallado de su potabilidad que el realizado de forma convencional.
19. El agua del mar es el componente de la costa con calidad estética menos satisfactoria en las zonas costeras de Málaga y Tarragona. La calificación media concedida por los bañistas a las playas de Málaga es generalmente inferior a la concedida a las de Tarragona. Los esta-

blecimientos de comidas y bebidas en la propia playa son el componente de la playa con calidad mas satisfactoria en ambas zonas costeras, mientras que la calidad della propia playa se situa intermedia entre la de los otros dos componentes.

20. Al margen de las diferencias asociadas al sexo, hábitos de baño y edad, la calificación estética de las zonas costeras revela la existencia de una radicalización de la opinión pública local y nacional sobre el nivel de calidad estética de las zonas costeras. Mientras que los extranjeros conceden calificaciones superiores que los españoles, los españoles residentes en otras provincias conceden calificaciones superiores que las de la población local.
21. La transparencia del agua y la presencia de sólidos flotantes en la superficie constituyen los dos factores determinantes de la opinión que los bañistas se forman de la calidad estética del agua del mar.
22. Es posible establecer relaciones empíricas estadísticamente significativas entre niveles de calidad estética y calidad microbiológica de aguas costeras. Los límites estadísticos así obtenidos, en las condiciones sociológicas existentes en Málaga y Tarragona, concuerdan satisfactoriamente con los propuestos en la norma de California y los criterios de la OMS.
23. Los dos criterios de morbilidad considerados, el diagnóstico médico y la relación causal entre baño en el mar y afección de la salud, son una función casi exclusiva del tipo de afección, siendo estadísticamente independientes del sexo del encuestado, del hecho de haber consultado o no un médico y de la zona costera donde aquel fué entrevistado.
24. Las afecciones de la piel, forúnculos y micosis, son las más frecuentes entre los bañistas de aguas costeras con tasas de morbilidad proximas al 2%, seguidas de las afecciones de los oídos y los ojos con tasas próximas al 1.5 y 1.3% respectivamente.
25. La tasa de morbilidad ajustada de forúnculos observada en las costas de Tarragona, superior en las mujeres que en los hombres, contrasta significativamente con los niveles de calidad microbiológica satisfactorios de sus aguas. Esto hace suponer la existencia de vías de infección diferentes y de condiciones favorables al desarrollo de los agentes infecciosos, aún a niveles satisfactorios de microorganismos indicadores.
26. El hábito de introducir la cabeza en el agua durante el baño en el mar está asociado a una mayor incidencia de las afecciones de las mucosas abiertas, oídos y ojos principalmente. Las consecuencias de este hábito de baño parecen seguir una incidencia creciente desde las costas de Tarragona, donde solo influye en las afecciones de los oídos, hasta las de Málaga, donde influye sobre las afecciones de los oídos y los ojos.
27. El hecho de que las tasas de morbilidad de micosis, afecciones de los oídos, los ojos e intestinales en las costas de Málaga sean superiores que en las de Tarragona concuerda aparentemente con los niveles de calidad microbiológica de ambas zonas costeras.

28. El hecho paradójico de que la incidencia de micosis, afecciones de los oídos, los ojos y garganta sea superior entre los usuarios de las playas de calidad satisfactoria de Málaga que entre los de las playas insatisfactorias de Málaga puede interpretarse como una incapacidad de los criterios y normas basados exclusivamente en coliformes fecales en valorar la calidad microbiológica del mar. El hecho de que los estreptococos fecales predominen sobre los coliformes fecales en las playas de calidad satisfactoria concuerda con las velocidades de inactivación observadas para estos microorganismos y sugiere la posibilidad de que otros microorganismos, entre ellos los de carácter patógeno, sean capaces de una mayor persistencia y adaptación en el mar que los coliformes fecales.
29. Existe una asociación estadísticamente significativa entre los parámetros de calidad microbiológica en términos de estreptococos fecales y las tasas de morbilidad de afecciones de los oídos entre los bañistas de las playas de Málaga y Tarragona. El número relativamente bajo de encuestas, 1000 por playa, produce fluctuaciones en los índices de morbilidad a nivel de playas independientes que no permiten obtener relaciones estadísticamente significativas en otras afecciones.
30. El consumo de productos farmacéuticos representa una alternativa práctica y de gran interés para evaluar la calidad sanitaria de zonas costeras. Las dosis de fármacos consumidos en una zona costera de Málaga concuerdan notablemente con las tasas de morbilidad de las afecciones correspondientes, obtenidas a partir de un estudio epidemiológico realizado en la propia zona de playa.
31. El consumo relativo de productos farmacéuticos asociados con afecciones de los oídos preferentemente y de los ojos en segundo lugar constituirían los índices más reveladores de la calidad sanitaria de las aguas costeras. El consumo correspondiente a afecciones intestinales, por su asociación inespecífica con el baño en el mar, sería revelador de la calidad higiénica y sanitaria de la zona costera en general.
32. Una norma adecuada de calidad microbiológica de agua de mar debería especificar conjuntamente limitaciones tanto de coliformes fecales como de estreptococos fecales. Los resultados obtenidos del análisis comparativo entre las playas satisfactorias de Málaga y de Tarragona indican el interés de mantener niveles de calidad al menos tan satisfactorios como los que proporcionan los criterios de la OMS y las normas del MOPU, referidas ambas en términos de coliformes fecales. De otra parte, los resultados obtenidos tanto del análisis comparativo entre playas satisfactorias e insatisfactorias de Málaga como de la asociación observada entre tasa de morbilidad de afecciones de los oídos y parámetros estadísticos en términos de estreptococos fecales muestran el interés de mantener niveles de calidad microbiológica expresados por un valor del parámetro SF50 en el intervalo 100-200 SF/100 ml y del parámetro SF90 próximo a 1000 SF/100 ml.

RECOMENDACIONES

Basandose en los resultados y experiencia obtenidos en este programa de estudio es posible formular las siguientes recomendaciones:

1. Los municipios costeros deberían adoptar medidas correctoras adecuadas y eficaces destinadas a conseguir y mantener niveles de calidad sanitaria y estética mas satisfactorios. Además de la protección de la salud pública que ello representa, los resultados se manifestarían en una mayor consideración y prestigio entre la opinión pública, tanto nacional como internacional.
2. Las Direcciones de Salud deberían contar con un Servicio de Asistencia Técnica, compuesto por personal especializado en aspectos prácticos de la Sanidad Ambiental. Entre sus misiones estarían: 1) la vigilancia de la calidad sanitaria y estética de las aguas y zonas costeras y 2) el asesoramiento a los municipios costeros sobre medidas a adoptar para conseguir y mantener unos niveles de calidad lo más satisfactorios posibles. El nivel de recursos personales y materiales tan razonable que esto representaría quedaría ampliamente justificado por los beneficios sanitarios derivados de niveles de calidad mucho más satisfactorios.
3. La problemática sanitaria que las afecciones de la piel, los oídos y los ojos representan para los bañistas de aguas costeras muestra el interés de que las fases sucesivas de estos trabajos se centren en el análisis específico de los microorganismos aparentemente asociados con estas afecciones, hongos y seudomonas. Esto permitiría establecer la posible relación causal y los niveles de calidad del agua más satisfactorios, expresados en términos de estos tipos de microorganismos.
4. La problemática singular que las afecciones de la piel, y en concreto de forúnculos, representan para los bañistas de las costas de Tarra-gona muestra el interés de efectuar un estudio específico que permita determinar las formas e importancia sanitaria de este tipo de afección, sus posibles agentes etiológicos y las posibles vías de infección.

REFERENCIAS

1. Bellair, J.T., G.A. Parr-Smith y I.G. Wallis (1977). Significance of diurnal variations of fecal coliforms die-off in the design of ocean outfalls. Journal of Water Pollution Control Federation, 49, 9, 2022-2031.
2. Biological Analysis of Water and Wastewater (1973). Millipore Corp. Catalogo no. LAM3020/U.
3. Código Alimentario Español (1975). Colección Textos Legales del Boletín Oficial del Estado. Segunda Edición, Junio de 1975, Madrid.
4. Consejo de la Comunidad Económica Europea, CEE (1976). Directiva sobre criterios de calidad de aguas de baño, de 8 de Diciembre de 1975. Diario oficial de la CEE no. L31, 5 de Febrero de 1976.
5. Draper, N. y H. Smith (1966). Applied Regression Analysis. John Wiley and Sons, Inc. New York.
6. Fleiss, J.L. (1973). Statistical Methods for Rates and Proportions. John Wiley and Sons, Inc. New York.
7. Gibra, I.S. (1973). Probability and Statistical Inference for Scientists and Engineers. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J..
8. Gomez Blanco, L. (1980). Comunicación Personal.
9. Gujarati, D. (1978). Basic Econometrics. McGraw-Hill Book Company. New York.
10. Hahn, G.J. y S.S.Shapiro (1967). Statistical Models in Engineering. John Wiley and Sons, Inc. New York.
11. Hald, A. (1952). Statistical Theory with Engineering Applications. John Wiley and Sons, Inc. New York.
12. Harremoës, P. (1974). In situ Methods for Determination of Microbial Disappearance in Sea Water. International Symposium on Discharge of Sewage from Sea Outfalls. Londres, 28 Agosto 1978. Academic Press.
13. Hazen, A. (1914). Storage to be Provided in Impounding Reservoirs for Municipal Water Supply. Trans. Amer. Soc. Civil Engineers, 77, 1549-50.
14. Hergott, S., D. Jenkins y J.F. Thomas (1977). Power Plant Cooling Water Chlorination in Northern California. Sanitary Engineering Research Laboratory. University of California, Berkeley. SERL Report No. 77-3.
15. Mattice, J.C. y H.E. Zittel (1976). Site-Specific Evaluation of Power Plant Chlorination. Journal Water Pollution Control Federation. 48, 2284-2308. Octubre 1976.

16. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo (MOPU) (1977). Instrucción para el vertido al mar desde tierra de aguas residuales a través de emisarios submarinos. Dirección General de Puertos. Madrid.
17. Ministerio de Sanidad y Seguridad Social (1979). Informe sobre la calidad sanitaria y estética de las playas y zonas costeras españolas. Subdirección General de Sanidad Ambiental, Madrid.
18. Ministerio de Sanidad y Seguridad Social (1980). Informe sobre la calidad sanitaria y estética de las playas y zonas costeras españolas. Subdirección General de Sanidad Ambiental, Madrid.
19. Ministerio de Salud Pública del Estado de California (1943). Estudio sobre las playas de la Bahía de Santa Mónica.
20. Mujeriego, R. y B. Sanchez Murias (1979). Sanitary and Aesthetic Quality of the Coastal Waters of Spain. Conferencia Especializada sobre Contaminación Costera en el Mediterráneo. Palma de Mallorca. Progress Water Technology, 12, Pergamon Press Ltd.
21. Organización Mundial de la Salud (1972). Normas Internacionales para el Agua de Bebida. Organización Mundial de la Salud. Ginebra.
22. Organización Mundial de la Salud (1974). Guides and Criteria for Recreational Quality of Coastal Waters. EURO 3/25(1). Oficina Regional para Europa. Copenhague.
23. Organización Mundial de la Salud (1977). Guidelines for Health Related Monitoring of Coastal Water Quality. Oficina Regional para Europa, Copenhague.
24. Organización Mundial de la Salud (1977). Health Criteria and Epidemiological Studies Related to Coastal Water Pollution. Oficina Regional para Europa. Copenhague.
25. Organización Mundial de la Salud y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (1979). Principles and Guidelines for the Discharge of Wastes into the Marine Environment. Oficina Regional para Europa. Copenhague.
26. Pearson, E.A. (1956). An Investigation on the Efficacy of Submarine Outfall Disposal of Sewage and Sludge. State Water Pollution Control Board. Sacramento, California. Publicación no. 14.
27. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (1977). The Mediterranean Action Plan. Information on the Activities of the United Nations Environment Program for the Protection and Development of the Mediterranean Region. UNEP. Abril 1977.
28. Ruiz Merino, J. (1976). Métodos Analíticos microbiológicos para aguas de mar y ríos. Departamento de Microbiología, Escuela Nacional de Sanidad, Madrid.
29. Snedecor, G.W. y W.G. Cochran (1967). Statistical Methods. Sexta edición. The Iowa State University Press, Ames, Iowa.
30. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1975). American Public Health Association, AWWA y WPCF, 14 edición.

ANEXO A

CALIDAD MICROBIOLÓGICA
DE AGUAS COSTERAS

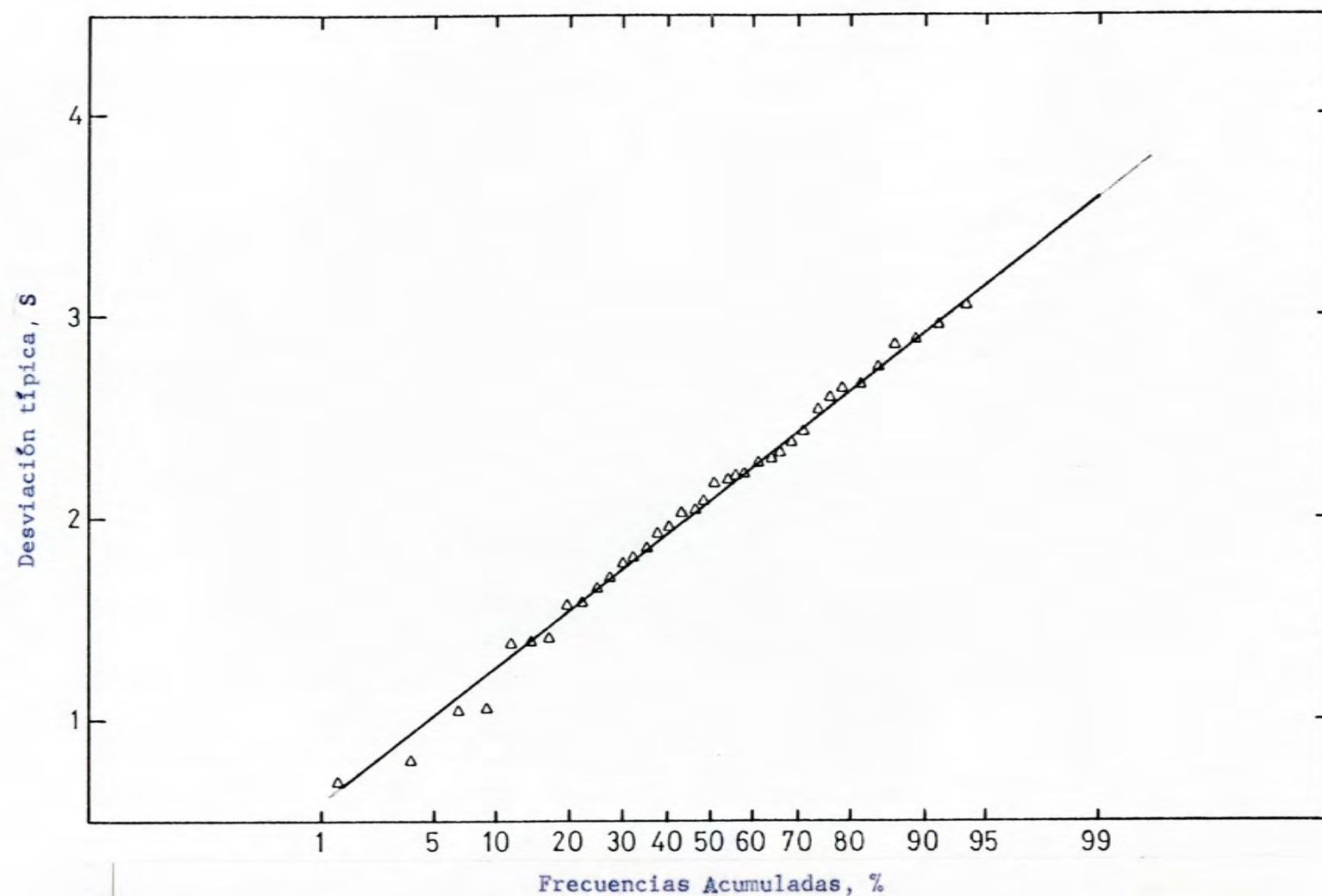


FIGURA A1 DISTRIBUCION NORMAL DE LAS DESVIACIONES TIPICAS DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA, MEDIDA EN TERMINOS DE COLIFORMES TOTALES, DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA COSTA DE MALAGA, DURANTE LA TEMPORADA DE PRIMAVERA 1979.

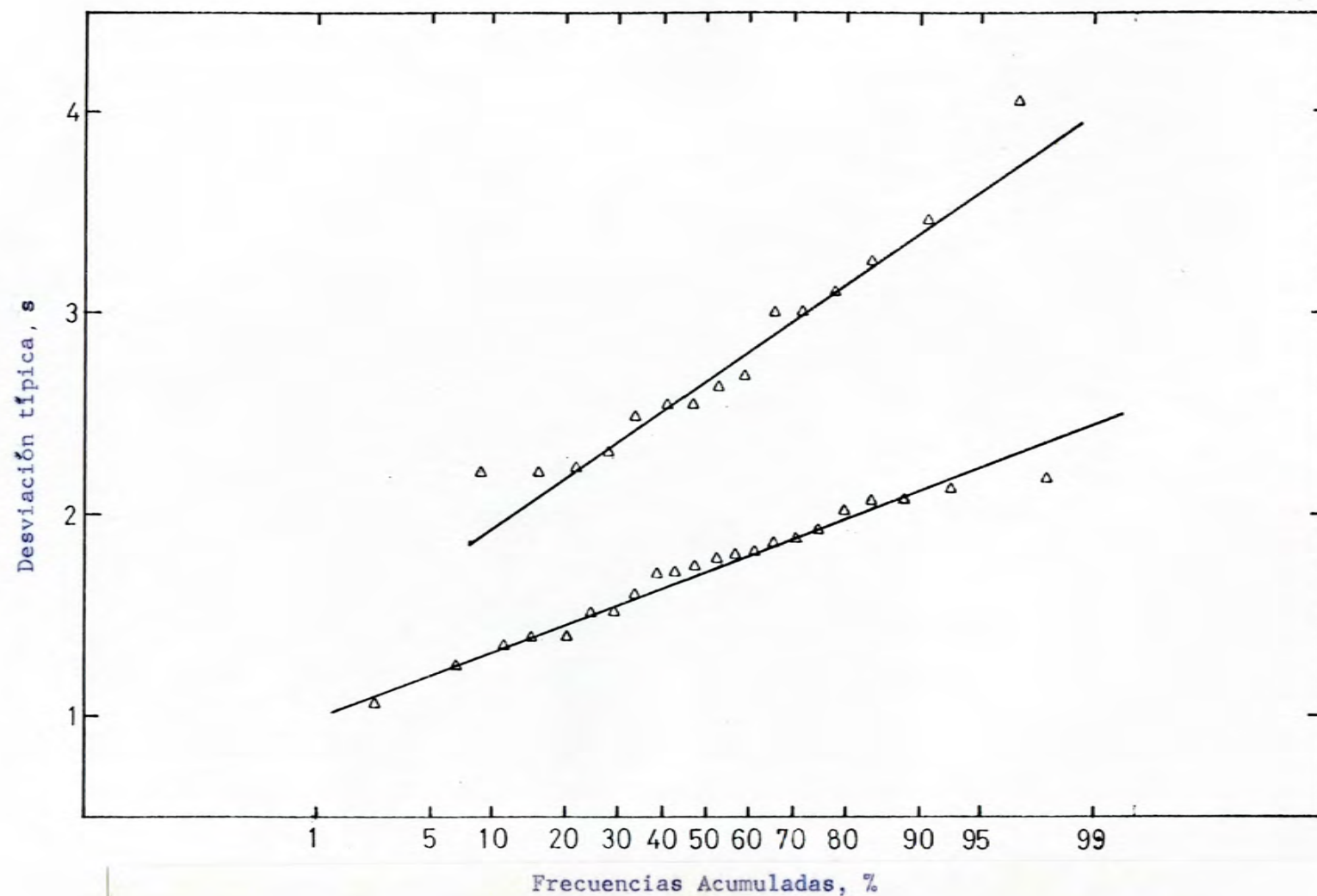


FIGURA A2 DISTRIBUCION NORMAL DE LAS DESVIACIONES TIPICAS DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA, MEDIDA EN TERMINOS DE COLIFORMES FECALES, DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA COSTA DE MALAGA, DURANTE LA TEMPORADA DE PRIMAVERA 1979.

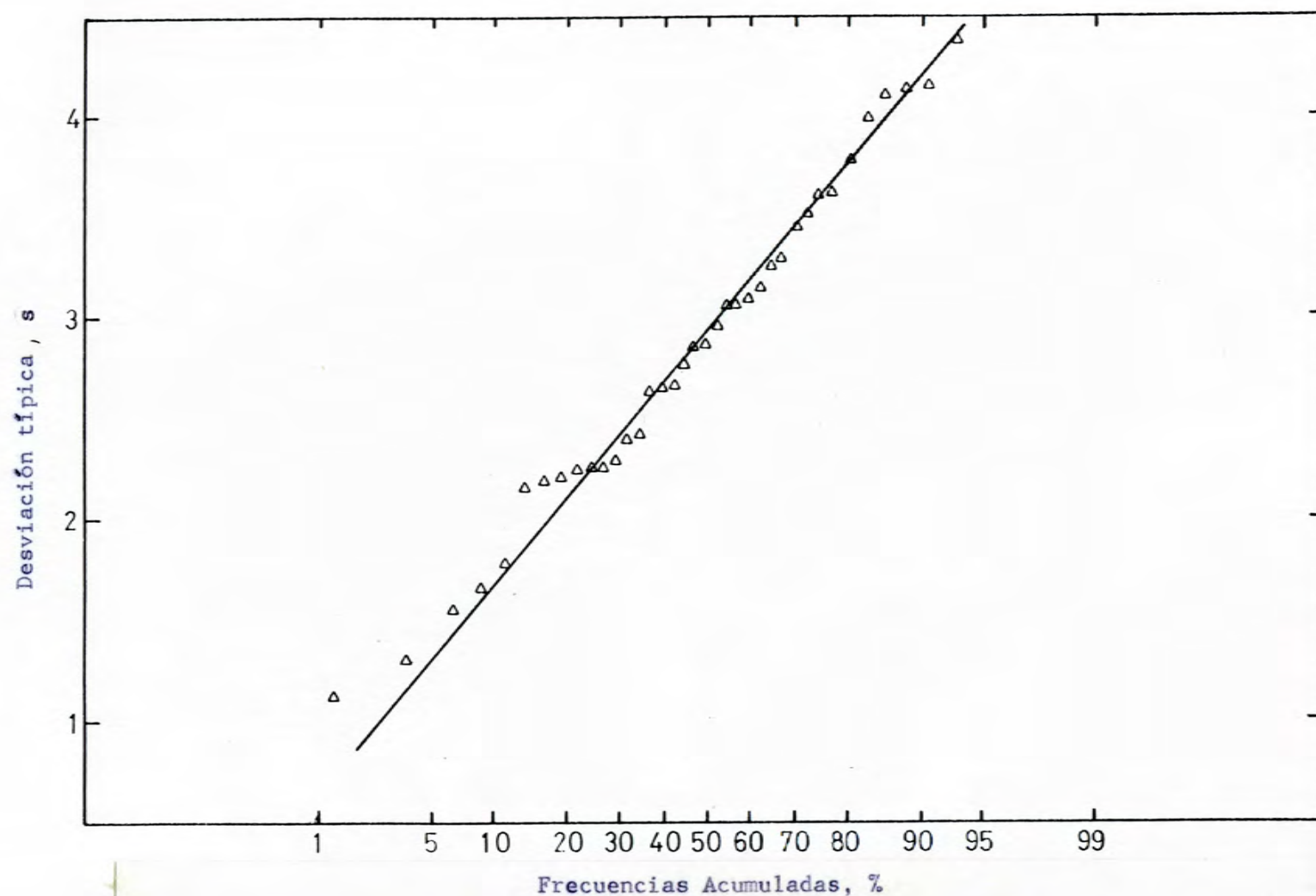


FIGURA A3 DISTRIBUCION NORMAL DE LAS DESVIACIONES TIPICAS DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA, MEDIDA EN TERMINOS DE ESTREPTOCOCOS FECALES, DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA COSTA DE MALAGA, DURANTE LA TEMPORADA DE PRIMAVERA 1979

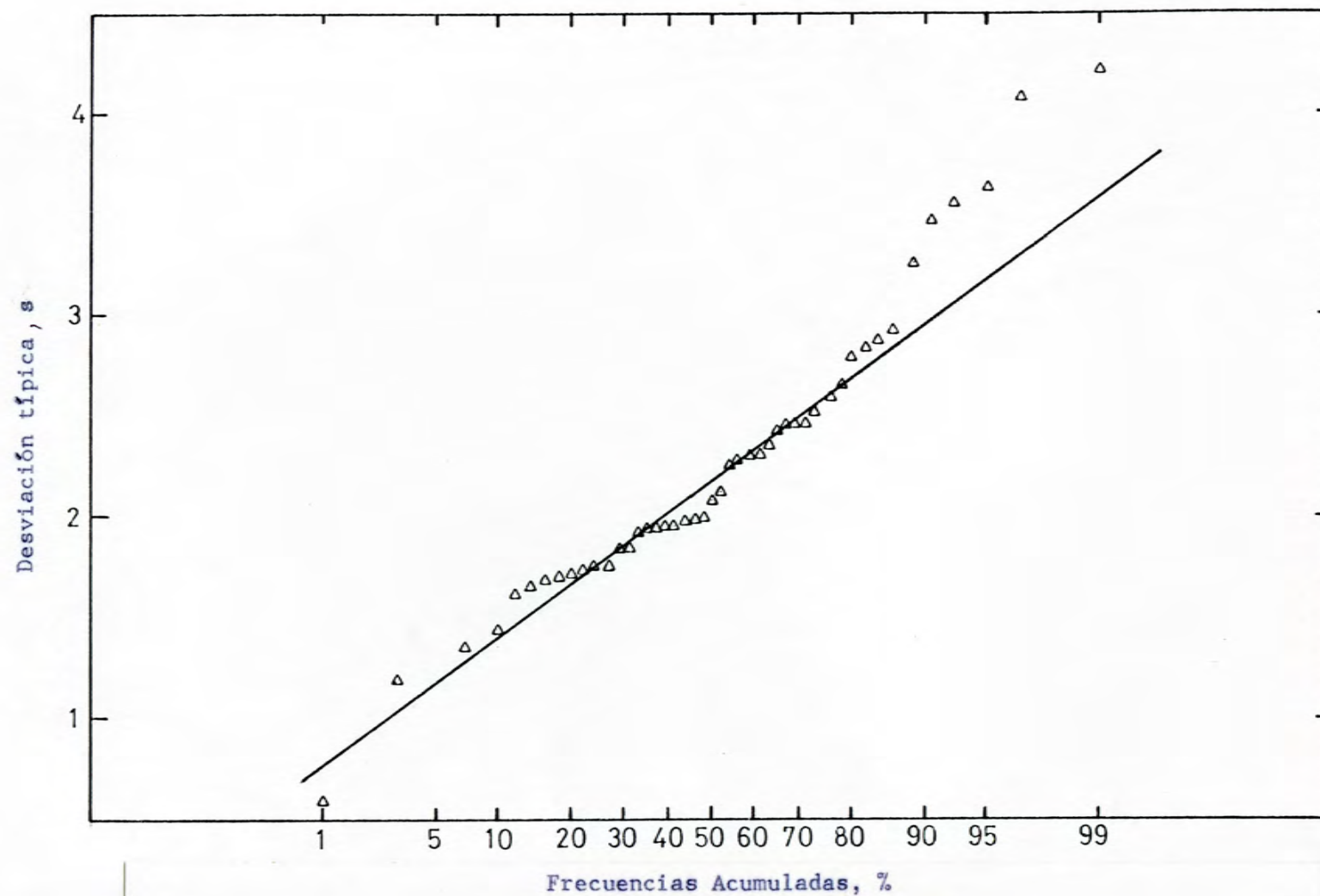


FIGURA A4 DISTRIBUCION NORMAL DE LAS DESVIACIONES TIPICAS DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA, MEDIDA EN TERMINOS DE COLIFORMES TOTALES, DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA COSTA DE MALAGA, DURANTE LA TEMPORADA DE VERANO 1979.

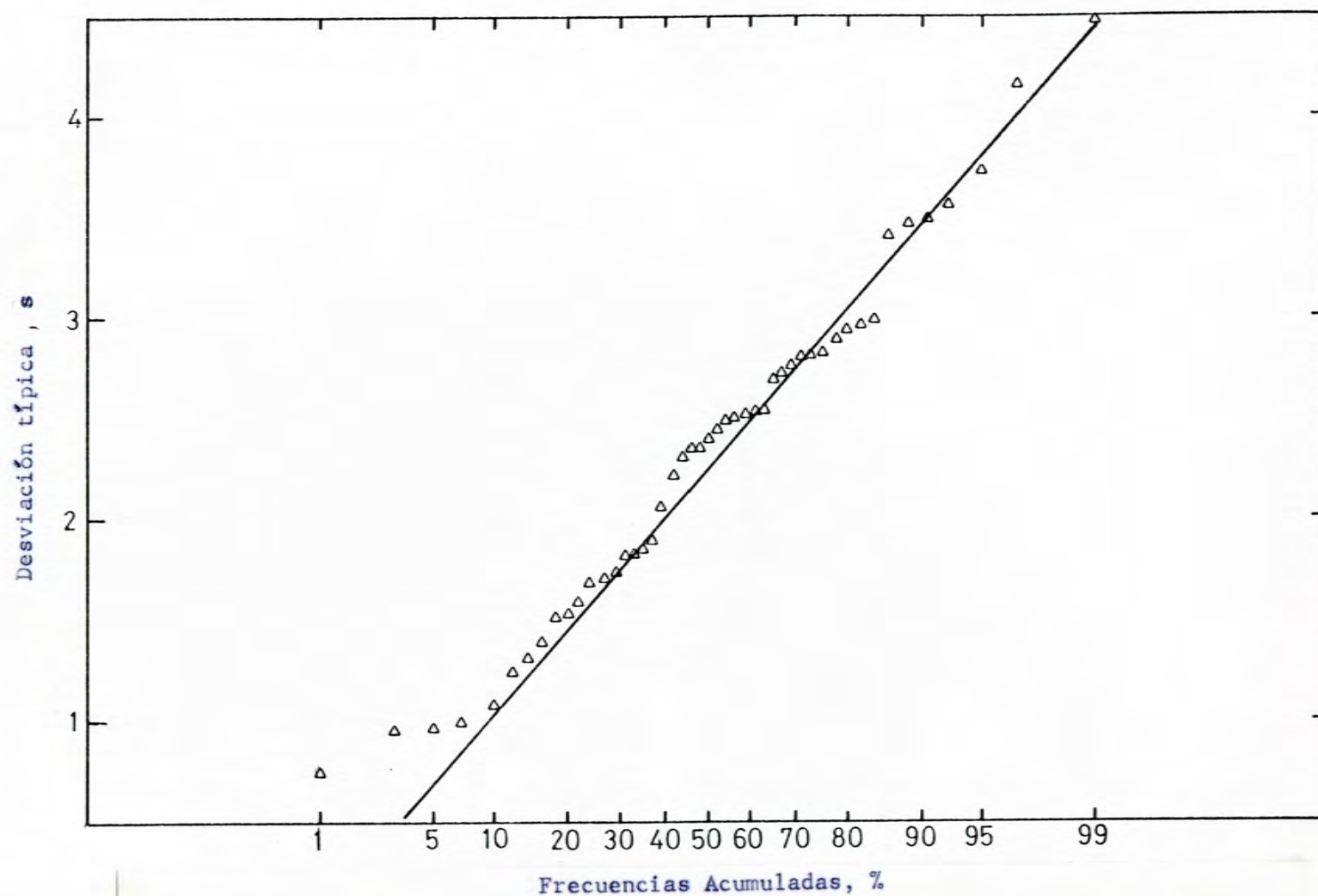


FIGURA A5 DISTRIBUCION NORMAL DE LAS DESVIACIONES TIPICAS DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA, MEDIDA EN TERMINOS DE COLIFORMES FECALES, DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA COSTA DE MALAGA, DURANTE LA TEMPORADA DE VERANO 1979.

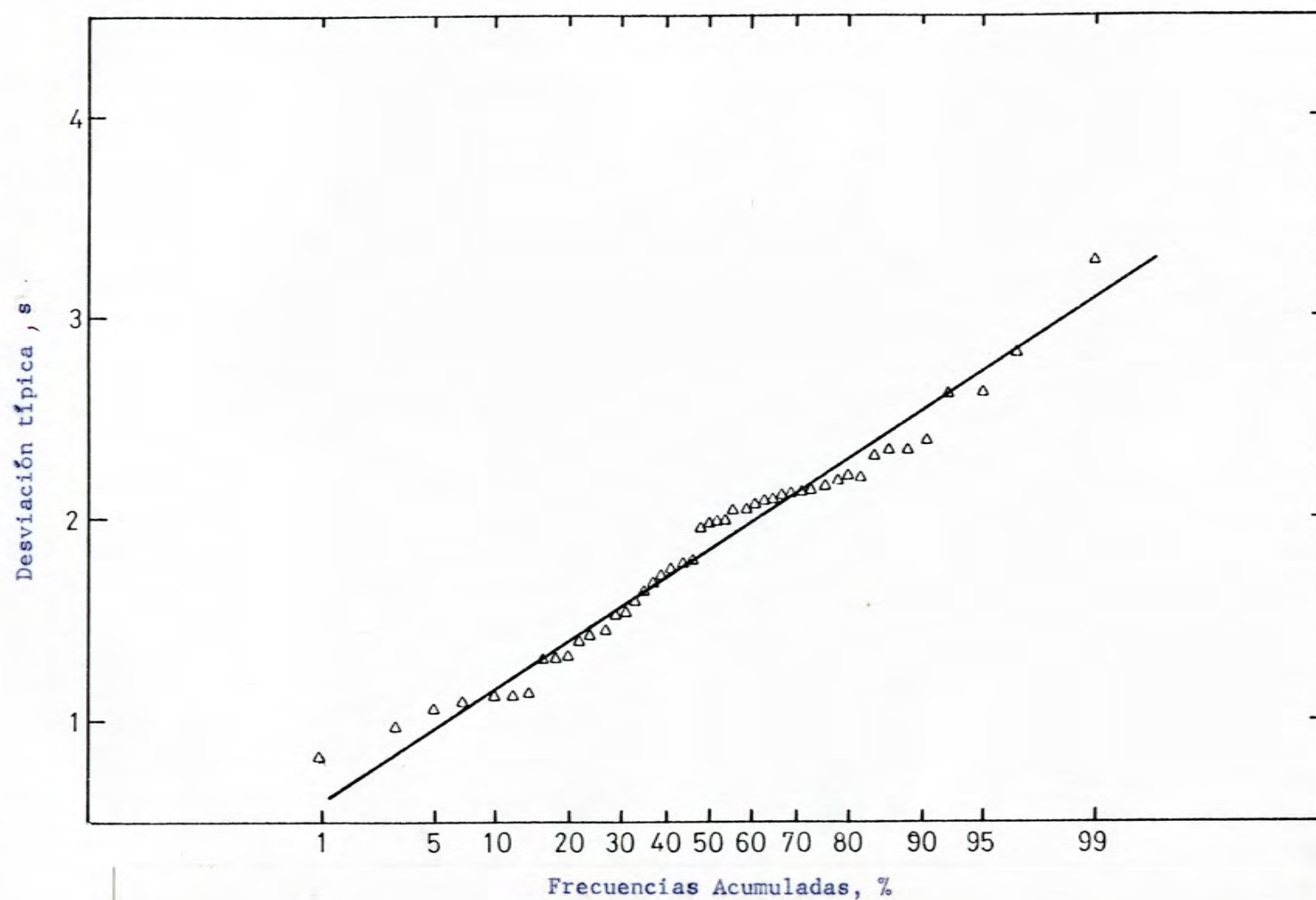


FIGURA A6 DISTRIBUCION NORMAL DE LAS DESVIACIONES TÍPICAS DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA, MEDIDA EN TERMINOS DE ESTREPTOCOCOS FECALES, DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA COSTA DE MALAGA, DURANTE LA TEMPORADA DE VERANO 1979.

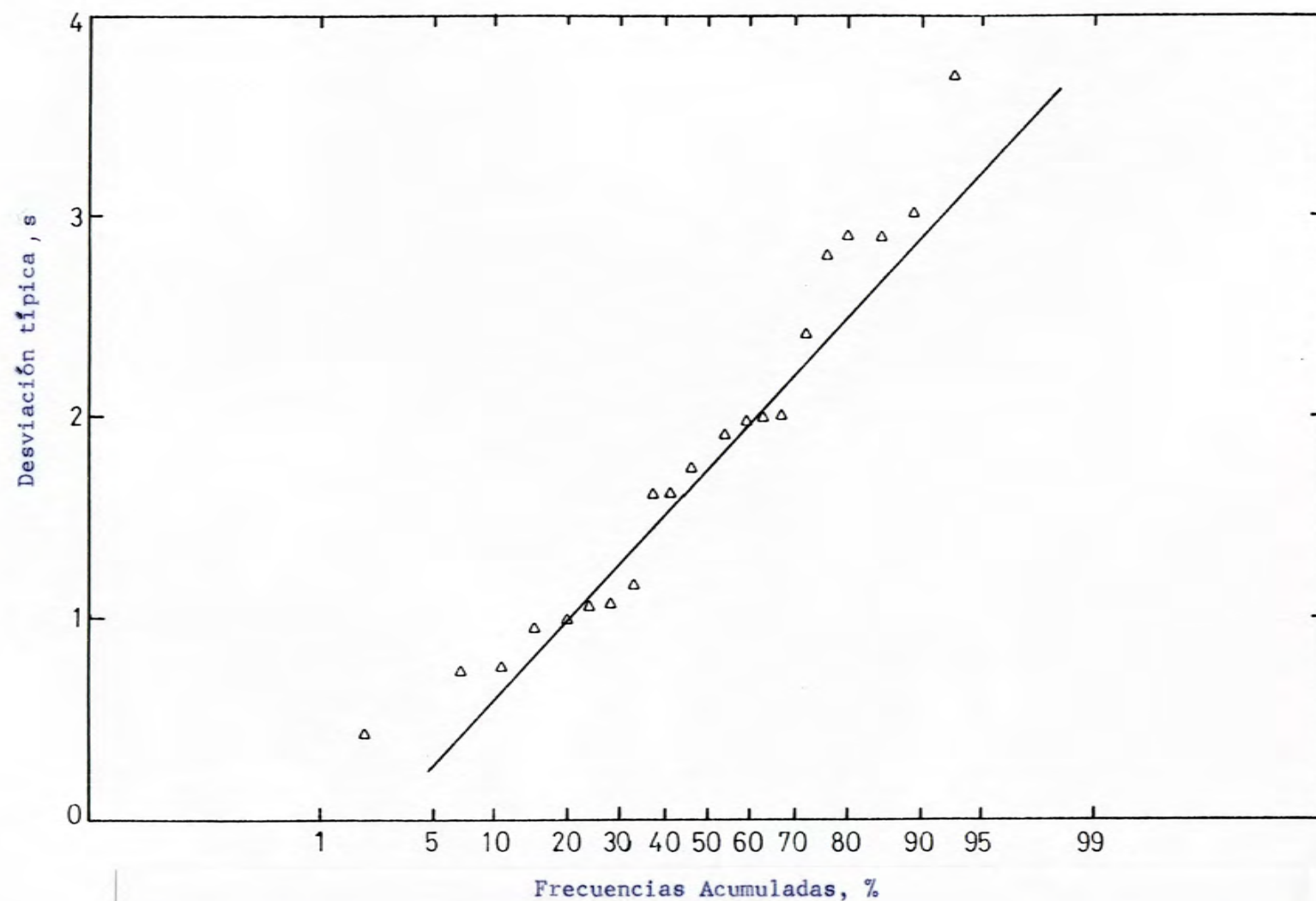


FIGURA A7 DISTRIBUCION NORMAL DE LAS DESVIACIONES TÍPICAS DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA, MEDIDA EN TERMINOS DE COLIFORMES TOTALES, DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA COSTA DE TARRAGONA, DURANTE LA TEMPORADA DE PRIMAVERA 1979.

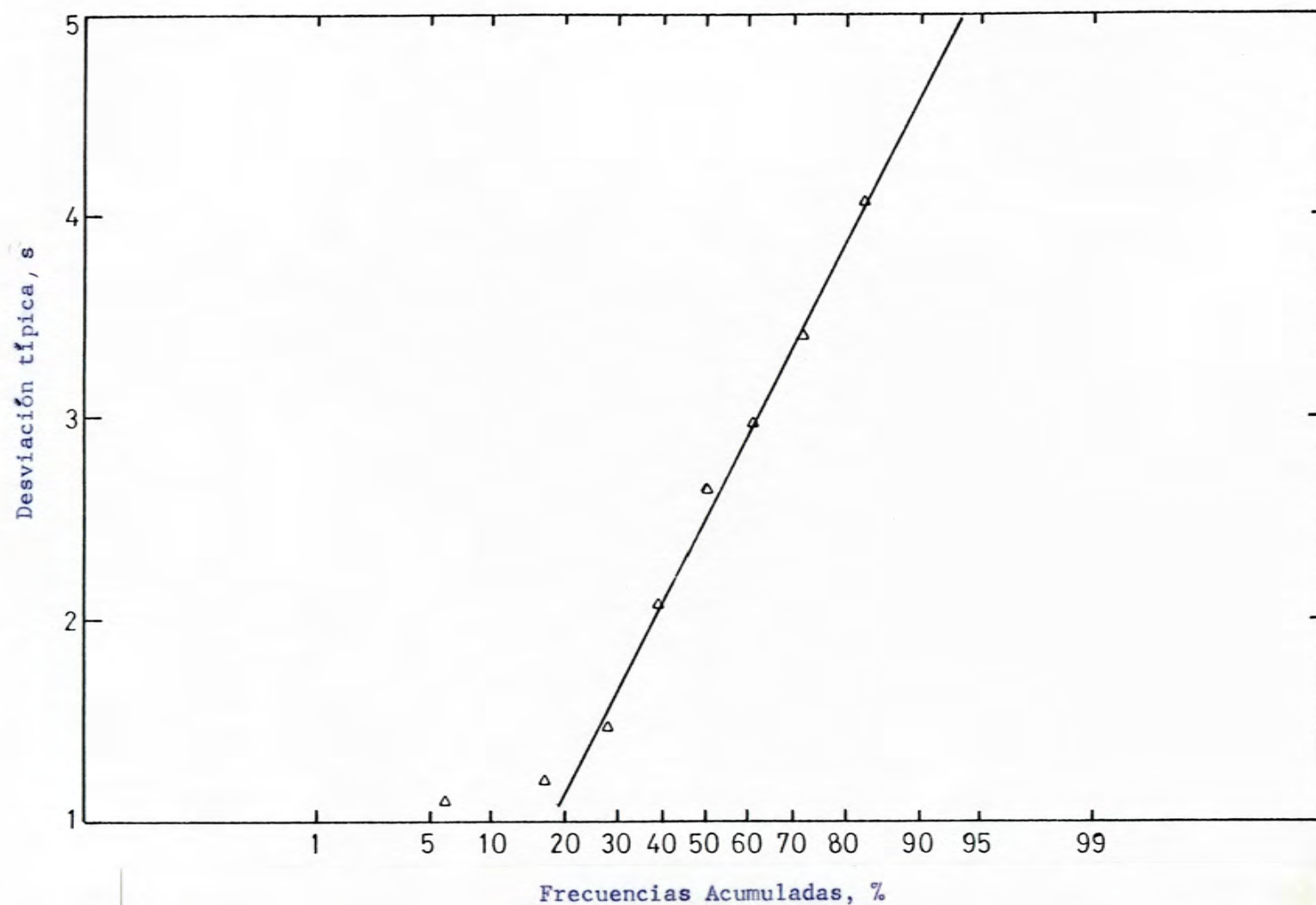


FIGURA A8 DISTRIBUCION NORMAL DE LAS DESVIACIONES TÍPICAS DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA, MEDIDA EN TERMINOS DE COLIFORMES FECALES, DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA COSTA DE TARRAGONA, DURANTE LA TEMPORADA DE PRIMAVERA 1979.

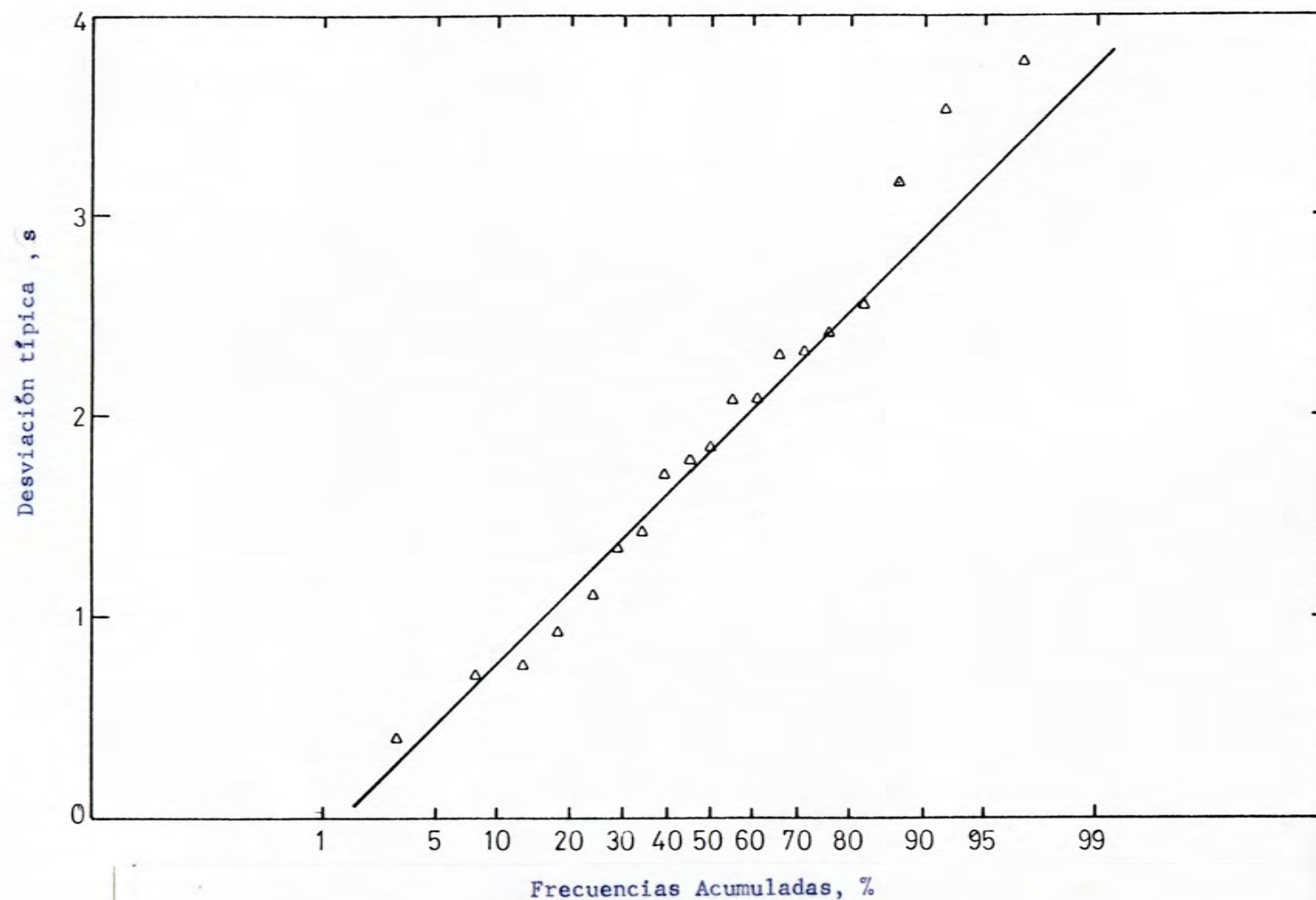


FIGURA A9 DISTRIBUCION NORMAL DE LAS DESVIACIONES TIPICAS DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA, MEDIDA EN TERMINOS DE ESTREPTOCOCOS FECALIS, DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA COSTA DE TARRAGONA, DURANTE LA TEMPORADA DE PRIMAVERA 1979.

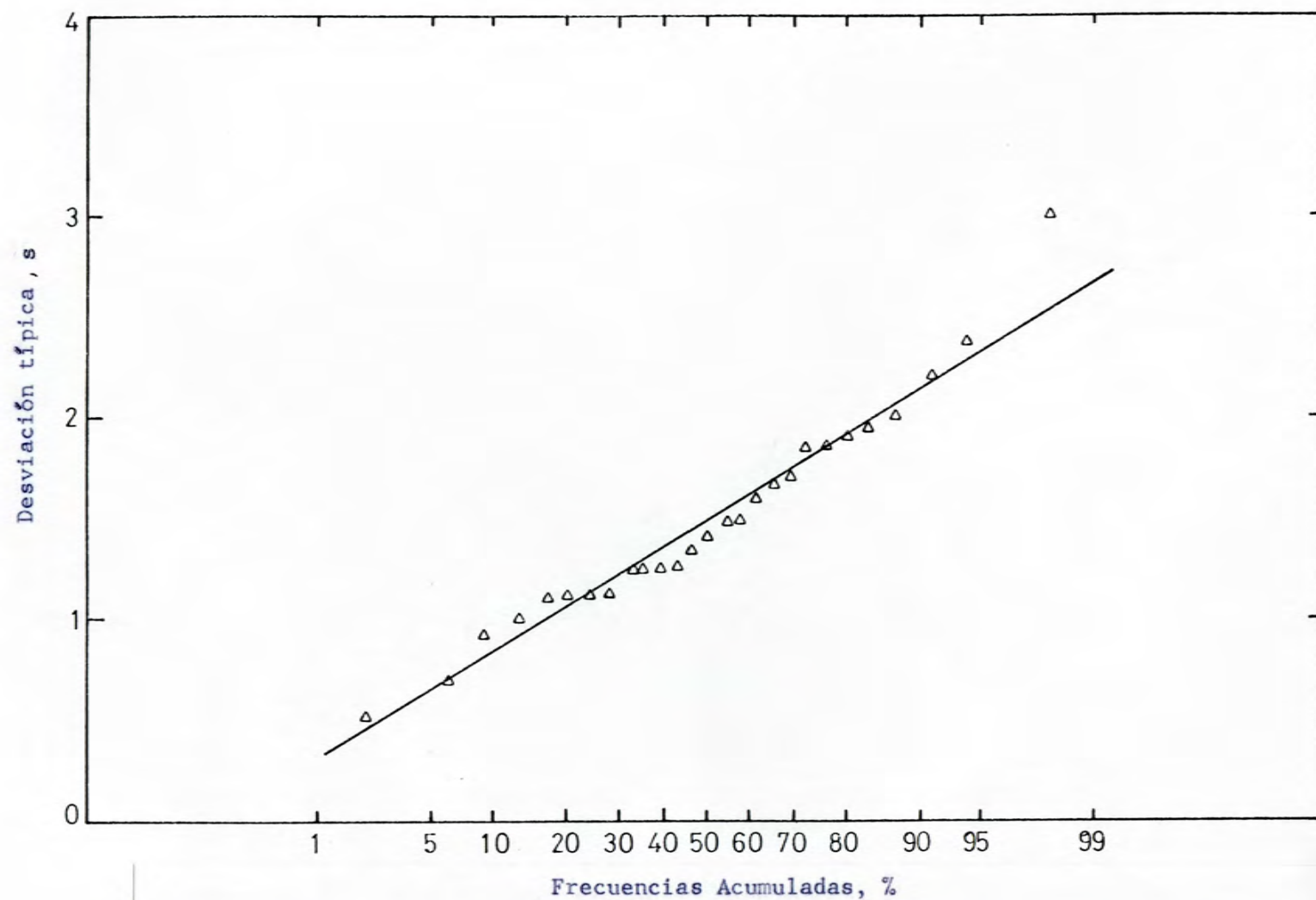


FIGURA A10 DISTRIBUCION NORMAL DE LAS DESVIACIONES TIPICAS DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA, MEDIDA EN TERMINOS DE COLIFORMES TOTALES, DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA COSTA DE TARRAGONA, DURANTE LA TEMPORADA DE VERANO 1979.

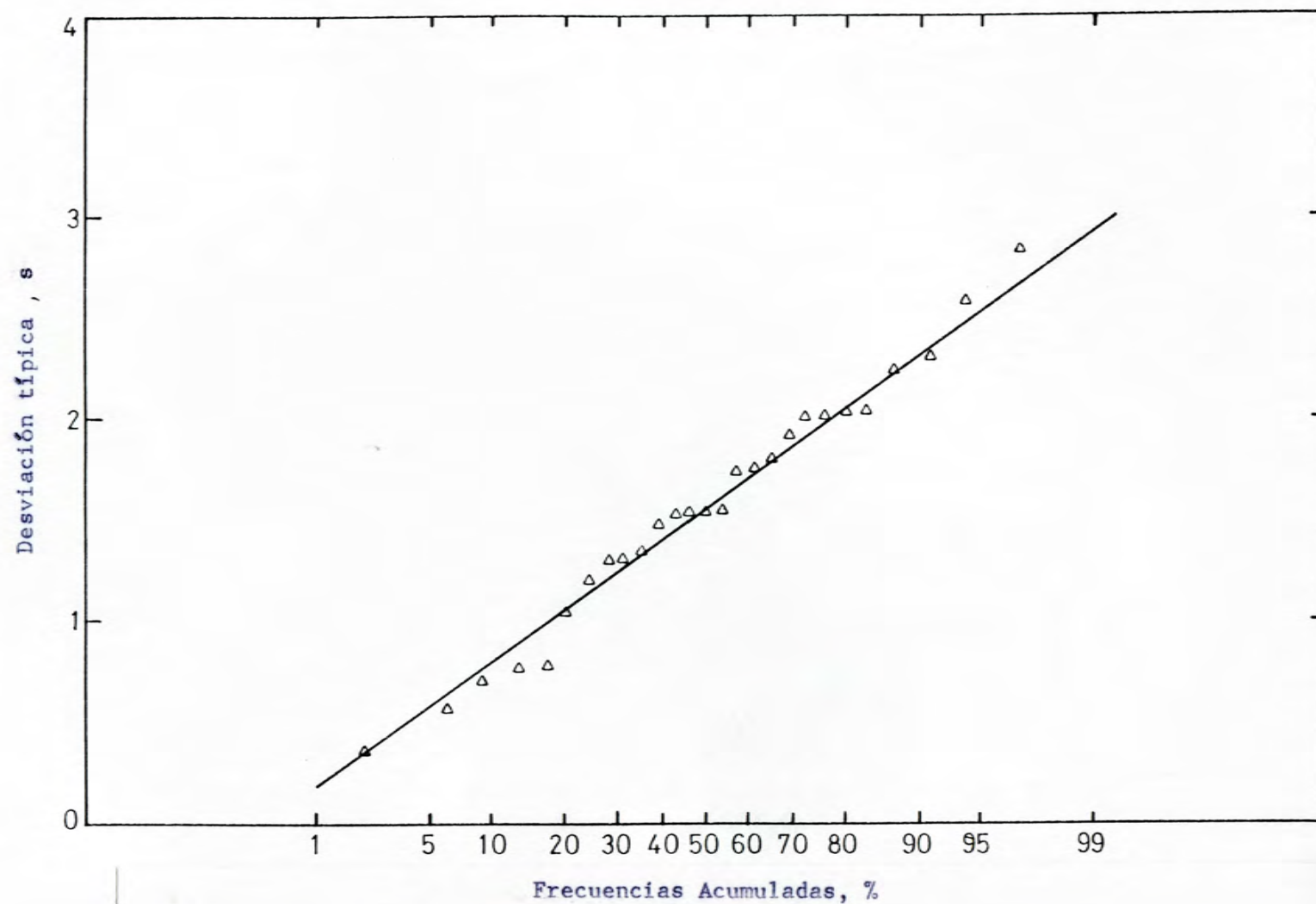


FIGURA A11 DISTRIBUCION NORMAL DE LAS DESVIACIONES TÍPICAS DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA, MEDIDA EN TERMINOS DE COLIFORMES FECALES, DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA COSTA DE TARRAGONA, DURANTE LA TEMPORADA DE VERANO 1979.

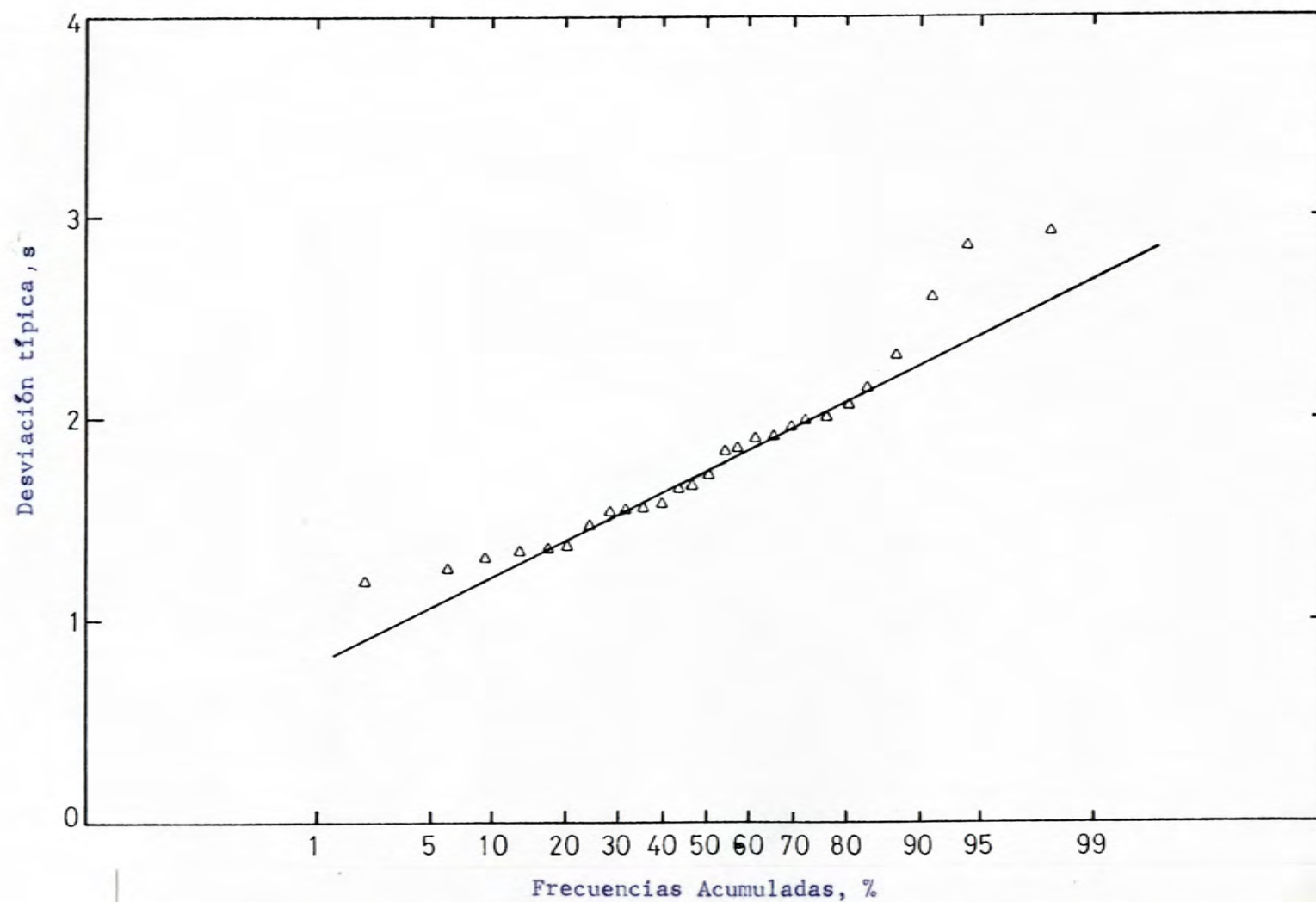


FIGURA A12 DISTRIBUCION NORMAL DE LAS DESVIACIONES TIPICAS DE LA CALIDAD MICROBIOLOGICA, MEDIDA EN TERMINOS DE ESTREPTOCOCOS FECALES, DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO EN LA COSTA DE TARRAGONA, DURANTE LA TEMPORADA DE VERANO 1979.

ANEXO B

CALIDAD FISICO-QUIMICA DE
AGUAS DE ABASTECIMIENTO

TABLA I CALIDAD FISICO-QUIMICA DE LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO EN LA COSTA DE TARRAGONA. NOVIEMBRE 78 - SEPTIEMBRE 79

Poblacion	No. de datos	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	Calcio $\text{mg}/\text{l Ca}$	Magnesio $\text{mg}/\text{l Mg}$	Dureza $\text{mg}/\text{l CaCO}_3$	Alcalinidad $\text{mg}/\text{l CaCO}_3$	Cloruros $\text{mg}/\text{l Cl}$	Silice $\text{mg}/\text{l SiO}_2$	pH
Calafell	10	915	84	43	390	267	84	14.1	7.8
Vendrell	10	795	63	39	320	250	70	14.4	7.8
Comarruga	10	3780	102	78	585	257	820	11.4	7.7
Torredembarra	9	4350	178	108	900	256	985	10.2	7.6
Cabo Salou	5	4050	187	80	800	360	925	24.7	7.3
Salou	9	1450	137	59	590	280	195	25.4	7.1
Cambrils	10	780	96	19	320	230	45	23.7	7.4
Ametlla	9	3100	132	65	605	210	810	6.7	7.6
Tortosa Parque	8	900	93	28	350	220	123	6.7	7.6
Tortosa	8	400	47	27	230	195	9	2.0	8.4
Caramelle	8	1000	94	23	330	150	176	3.5	7.6
Amposta	8	4520	234	94	980	205	1130	7.2	7.3
San Carlos	8	570	86	29	310	205	14	5.8	7.5
Alcanar	8								

TABLA BII CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA DEL RIO EBRO
ENERO 79- AGOSTO 79

Parametro	No.de datos	Tortosa-1		Tortosa-2		Amposta-1		Amposta-2	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
pH	8	8,1	0,4	8,3	0,2	8,2	0,1	8,3	0,2
Conductividad, $\mu S/cm$	6	650	92	650	92	750	280	690	150
Residuo Seco, mg/l	8	495	130	485	113	513	173	545	120
Calcio, mg/l Ca	9	85	13	85	5	86	15	85	14
Magnesio, mg/l Mg	8	15	5	11	4	15	9	16	7
Dureza, mg/l $CaCO_3$	8	270	50	260	50	280	50	280	60
Alcalinidad, mg/l $CaCO_3$	9	140	16	140	15	140	14	140	14
Cloruros, mg/l Cl	8	68	28	72	29	100	77	85	42
Amoniaco, mg/l NH_3	9	0,10	0,08	0,10	0,09	0,10	0,09	0,09	0,07
Nitratos, mg/l NO_3	8	5,5	2,5	5,4	2,0	4,7	2,2	5,4	1,3
Silice, mg/l SiO_2	9	2,5	1,5	2,8	1,7	2,7	1,7	2,9	1,7
DQO, mg/l	9	11,8	6,4	12,0	6,0	15,8	11,8	12,0	4,0
Solidos Suspension mg/l	8	33	45	31	48	40	47	33	34

TABLA B III CALIDAD FISICO-QUIMICA DEL AGUA DEL RIO FRONCOLI
ENERO 79 - JUNIO 79

Parametro	No. de datos	Francoli-1		Francoli-2		Francoli-3		Francoli-4	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
pH	5	8.4	0.2	8.5	0.2	8.7	0.3	8.6	0.4
Conductividad, $\mu S/cm$	3	1050	140	1050	140	1060	137	1200	250
Residuo Seco, mg/l	5	810	105	860	120	874	145	1010	255
Calcio, mg/l Ca	5	162	22	170	24	172	48	169	23
Magnesio, mg/l Mg	5	51	14	47	16	54	7	50	12
Dureza, mg/l $CaCO_3$	5	590	50	600	50	610	50	630	80
Alcalinidad, mg/l $CaCO_3$	5	246	22	250	15	238	14	236	23
Cloruros, mg/l Cl	5	42.5	13.5	75.0	24.0	70.6	16.2	106.7	65.5
Amoniaco, mg/l NH_3	5	0.2	0.2	0.4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2
Nitratos, mg/l NO_3	4	5.9	2.1	4.6	1.4	5.9	0.7	5.4	1.5
Silice, mg/l SiO_2	5	7.3	1.9	6.6	1.5	6.2	2.0	6.0	1.5
DQO, mg/l	5	79	47	88	50	66	30	116	40
Solidos Suspension mg/l	5	126	160	105	110	94	84	124	127

ANEXO C

CALIDAD ESTETICA Y MICROBIOLOGICA
DE AGUAS COSTERAS

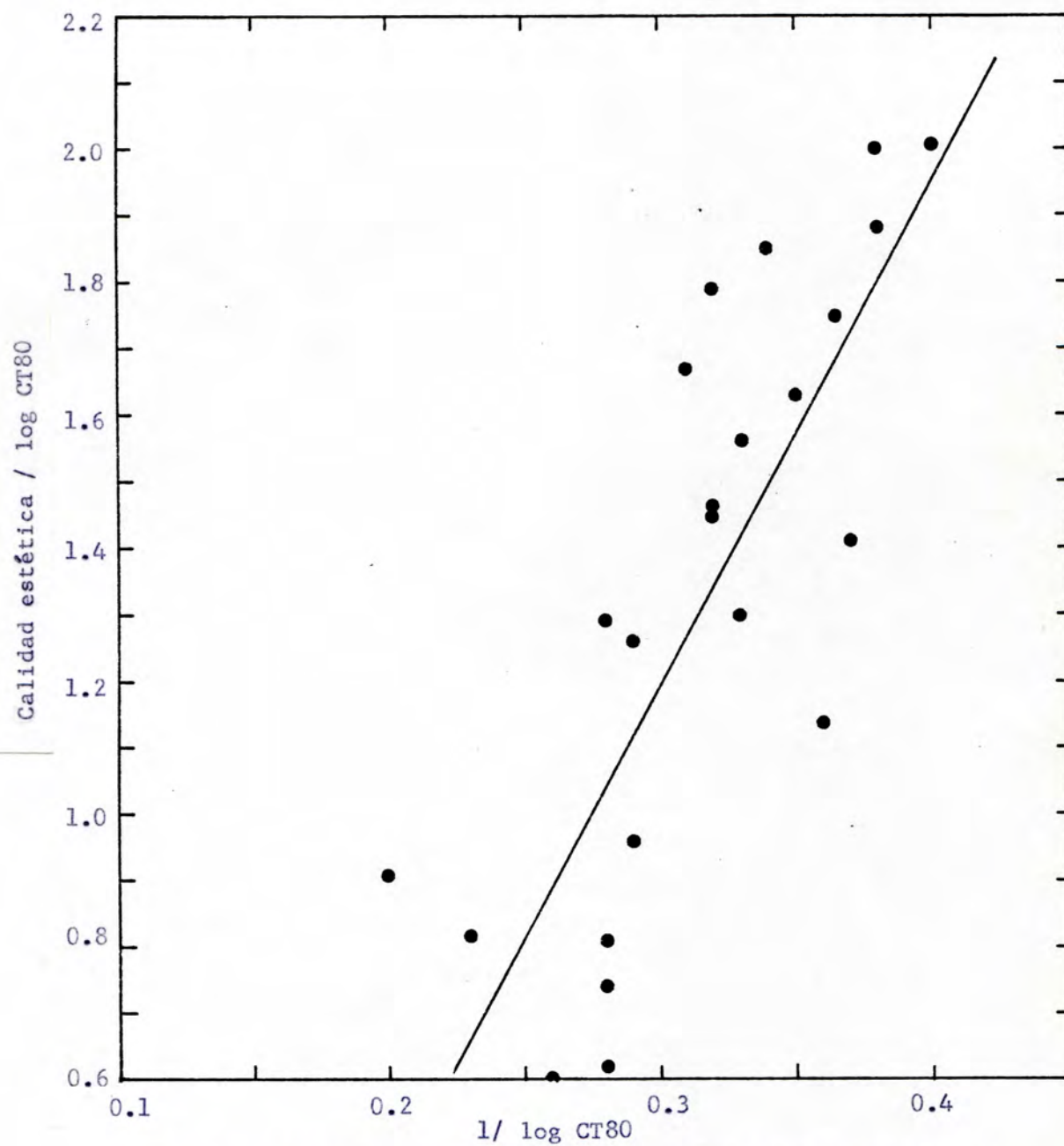


FIGURA C1 RECTA DE REGRESION ENTRE CALIDAD ESTETICA Y CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS. CALIDAD MICROBIOLOGICA MEDIDA EN TERMINOS DE COLIFORMES TOTALES, CT80 . ZONAS COSTERAS DE MALAGA Y TARRAGONA, VERANO 1979.

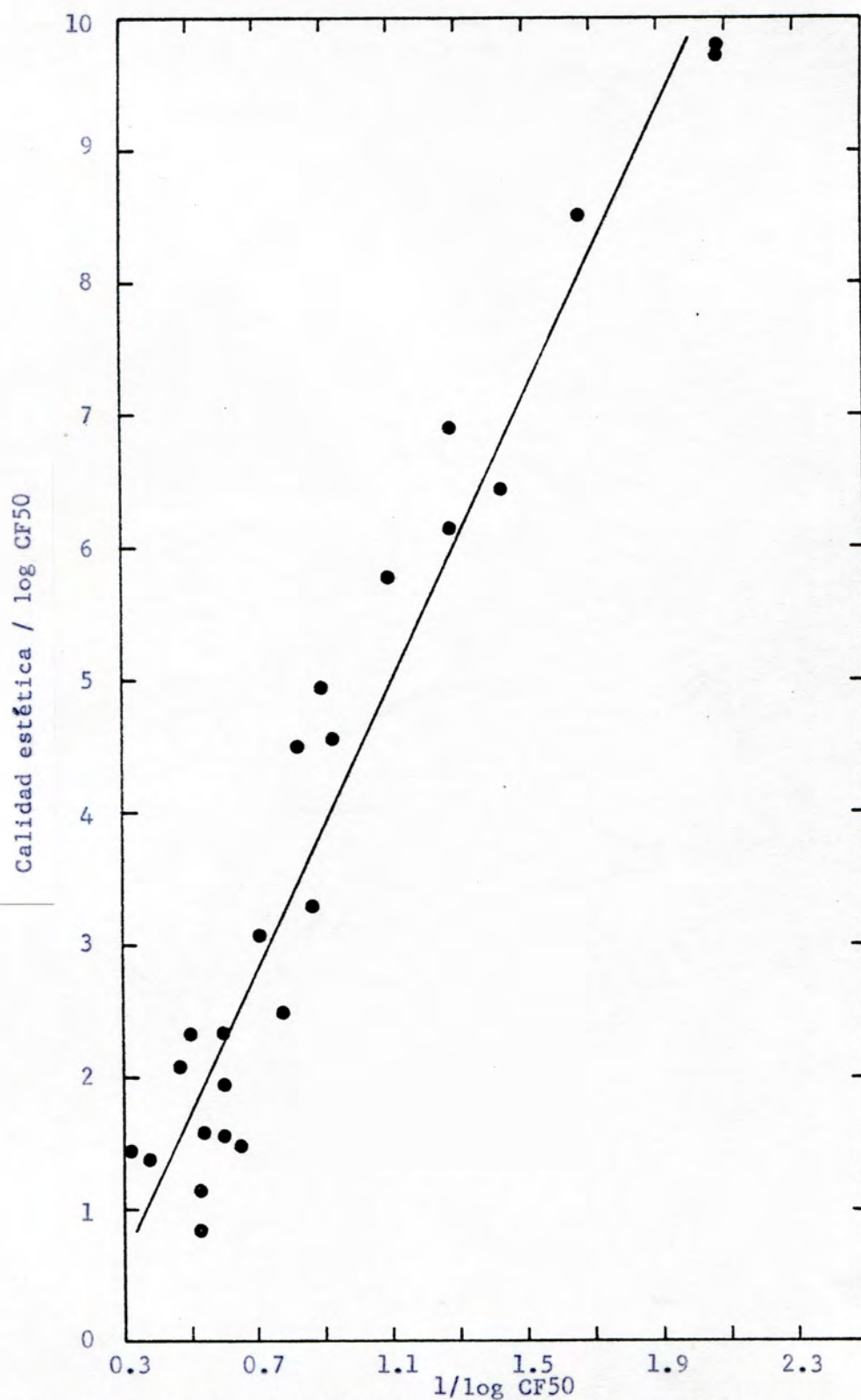


FIGURA C2 RECTA DE REGRESION ENTRE CALIDAD ESTETICA Y CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS. CALIDAD MICROBIOLOGICA MEDIDA EN TERMINOS DE COLIFORMES FECALIS, CF50. ZONAS COSTERAS DE MALAGA Y TARRAGONA, VERANO 1979.

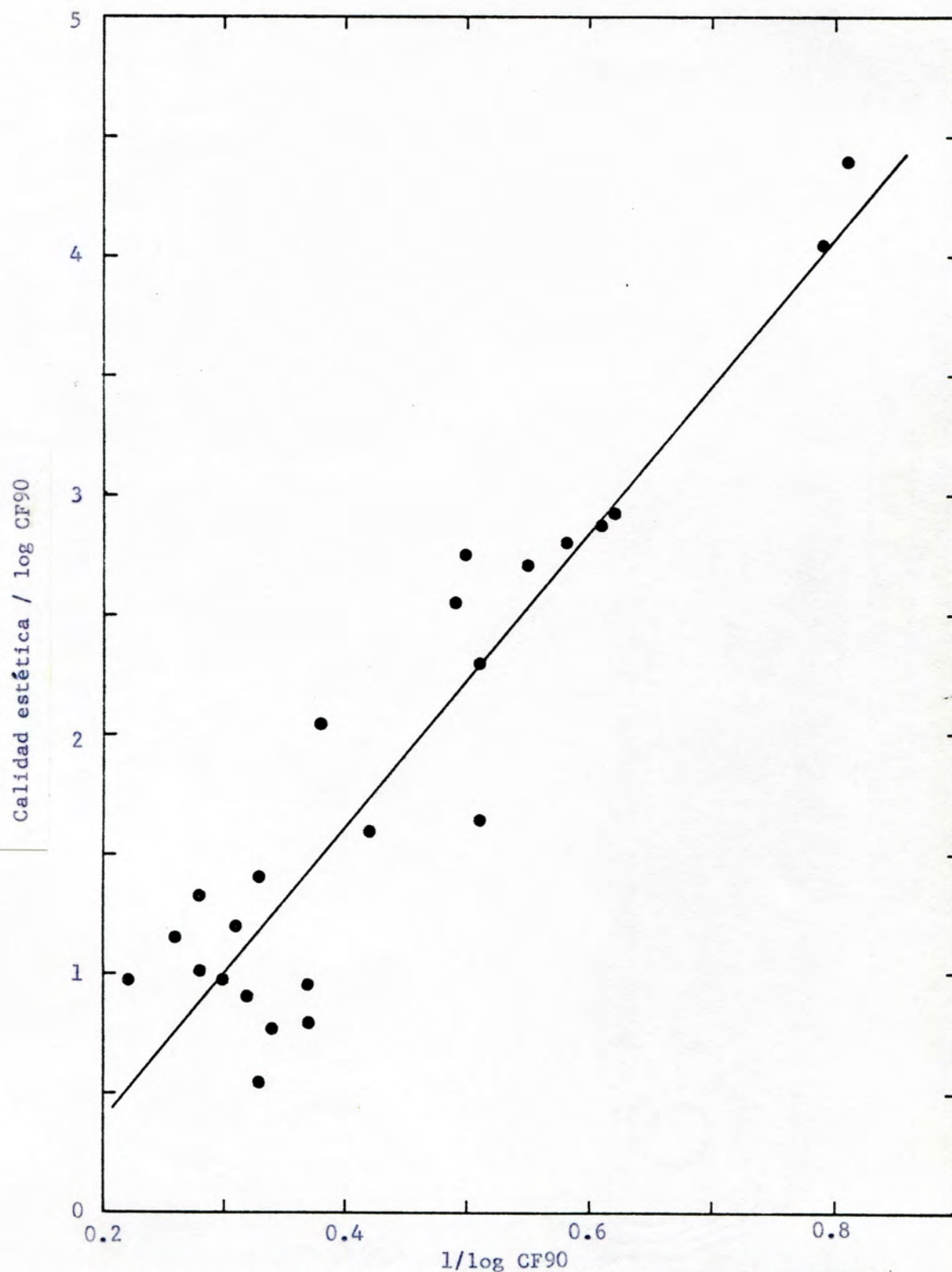


FIGURA C3 RECTA DE REGRESION ENTRE CALIDAD ESTETICA Y CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS. CALIDAD MICROBIOLOGICA MEDIDA EN TERMINOS DE COLIFORMES FECALES, CF90 . ZONAS COSTERAS DE MALAGA Y TARRAGONA, VERANO 1979.

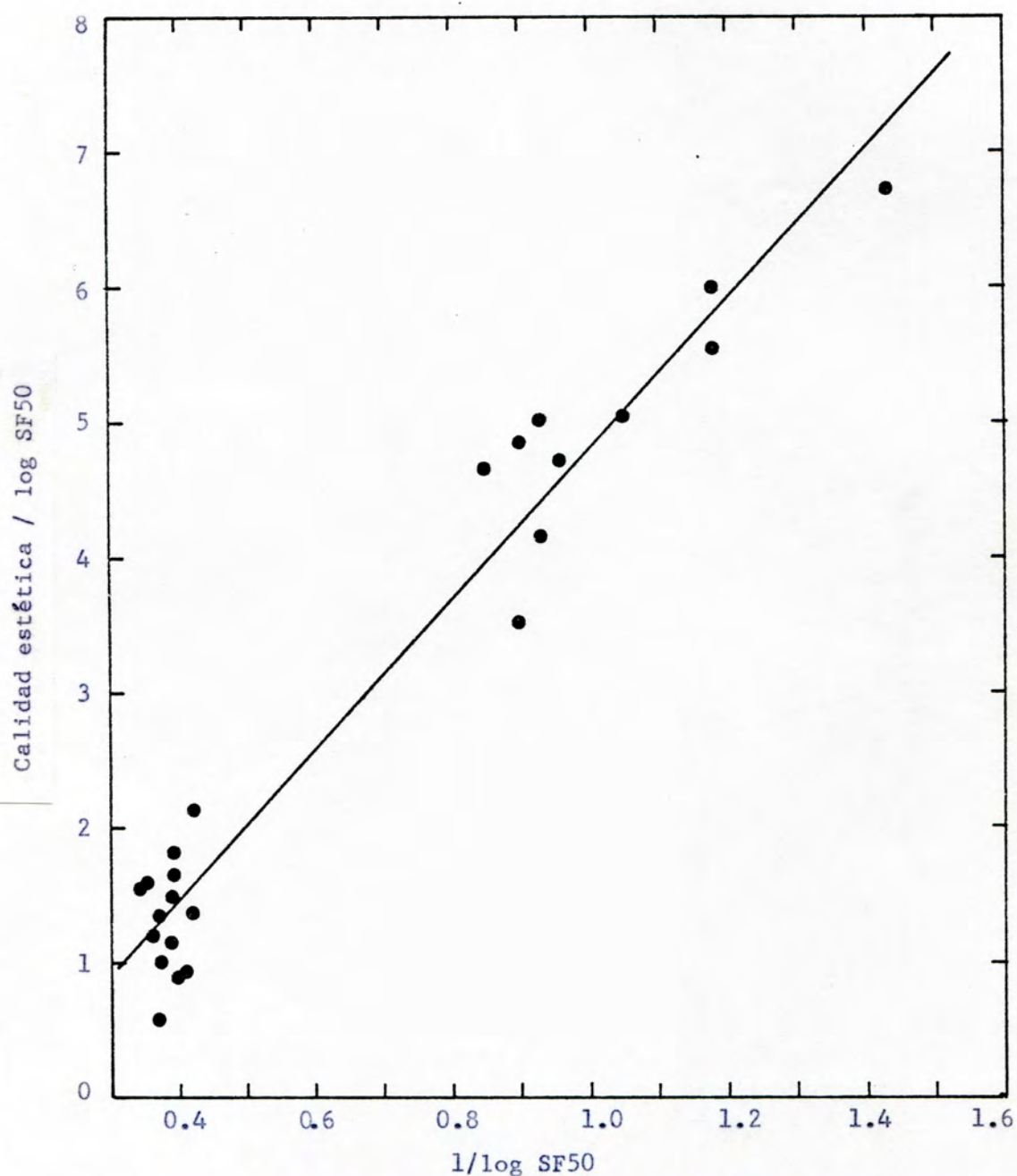


FIGURA C.4 RECTA DE REGRESION ENTRE CALIDAD ESTETICA Y CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS. CALIDAD MICROBIOLOGICA MEDIDA EN TERMINOS DE ESTREPTOCOCOS FECALES, SF50. ZONAS COSTERAS DE MALAGA Y TARRAGONA, VERANO 1979.

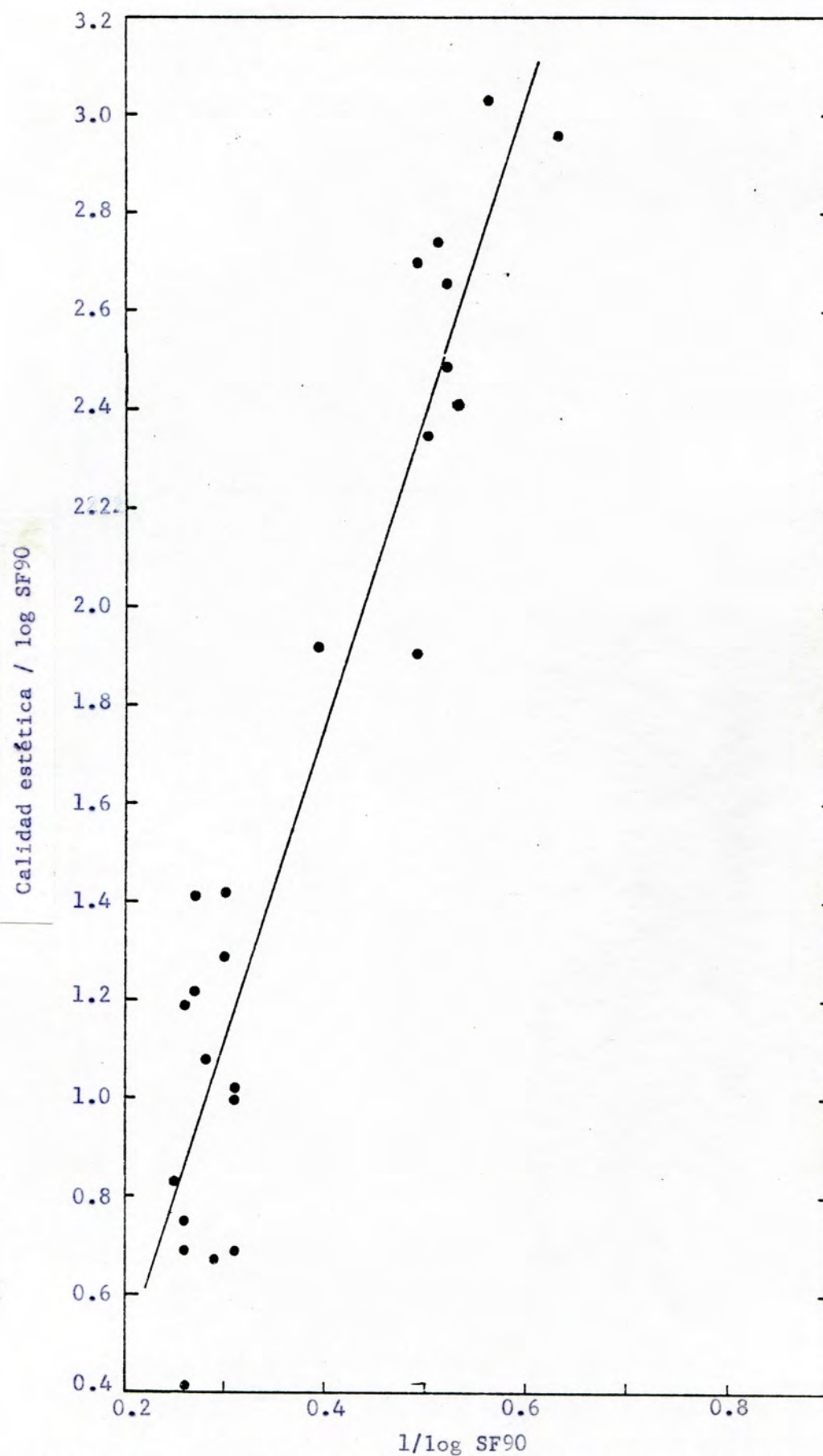


FIGURA C5 RECTA DE REGRESION ENTRE CALIDAD ESTETICA Y CALIDAD MICROBIOLOGICA DE AGUAS COSTERAS. CALIDAD MICROBIOLOGICA MEDIDA EN TERMINOS DE ESTREPTOCOCOS FECALES, SF90. ZONAS COSTERAS DE MALAGA Y TARRAGONA, VERANO 1979.