

## FUENTES DE CONTAMINACION POR MATERIA ORGANICA EN LA BAHIA DE TODOS SANTOS, BAJA CALIFORNIA

### I.- CARACTERIZACION Y EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DE LA CIUDAD DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

Por  
José Antonio Segovia Zavala  
M. Salvador Galindo Bect

Instituto de Investigaciones Oceanológicas  
Apartado Postal No. 453  
Ensenada, B. C., México

SEGOVIA ZAVALA, J. A. y M. S. Galindo Bect. 1984. Fuentes de contaminación por materia orgánica en la Bahía de Todos Santos, Baja California. I. Caracterización y eficiencia de la planta de tratamiento de aguas negras de la ciudad de Ensenada, Baja California. *Ciencias Marinas* 10 (1): 19-32

#### RESUMEN

Se realizaron seis muestreos de agua residual, de junio a noviembre de 1980, en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas negras de la ciudad de Ensenada, B.C. Las muestras se colectaron en un día de cada mes y en el período de las 07:00 a 19:00 horas, representativas de la mayor actividad de la ciudad. El objetivo fue conocer las características físico-químicas del agua, la carga orgánica vertida al mar y la eficiencia de la planta. En general se observó que la variación mensual de la carga orgánica en DBO, DQO y STV (ton/día), mostró un patrón general de variación en los valores de los meses muestreados, siendo máximos en agosto y septiembre. La carga promedio de sólidos volátiles en el afluente y efluente fue de 3.2 y 2.6 (ton/día). La eficiencia promedio de la planta en tratar las aguas negras municipales es de 26.8 %, presentaron valores superiores a los permitidos por la legislación de México y otros países.

#### ABSTRACT

Monthly water sewage samples were taken from the affluent and effluent water of the city of Ensenada's treatment plant during the period of the city's maximum hourly activity (07:00-19:00 hours) between June and November, 1980. The objective was to determine the physical-chemical characteristics of the water, the organic content liberated to the sea and the treatment plant's efficiency. In general the results showed that the monthly variation of the organic matter in BOD, COD and TVS (ton/day) has a general pattern being maximum in August and September. The average load of volatile solids in the affluent and effluent was 3.2 and 2.6 (ton/day). The average efficiency of the plant to treat the municipal sewage is of 26.8 %, this showing that it doesn't work appropriately. The physical-chemical characteristics of the water showed higher values than those allowed by the Mexican and other countries legislations.

## INTRODUCCION

El problema de contaminación de las aguas costeras ha tenido primordial atención a nivel mundial. Las descargas de agua residual, industrial y doméstica con un alto contenido de desechos orgánicos, han causado problemas serios de salud pública y modificación del ecosistema marino en los lugares adyacentes a las descargas (Golubic, 1970; Foyn, 1971); en países desarrollados de Europa y en Estados Unidos de América, el particular reviste mayor gravedad por el gran auge industrial y demográfico (Fernández, 1973).

En México, país en desarrollo, este tipo de contaminación de las aguas litorales empieza a producir serios daños (Cifuentes Lemus, *et al.*, 1972; Vizcaino Murray, 1975). Las autoridades sanitarias mexicanas, preocupadas por el deterioro de la calidad del medio ambiente costero, han creado disposiciones legales para controlar el vertimiento al mar de las aguas residuales, mediante el establecimiento de límites máximos de concentración en los parámetros indicativos de la calidad del agua residual industrial y doméstica.

Entre estas disposiciones legales, las plantas de tratamiento de aguas negras ofrecen una solución al problema; mediante ellas, se reduce el potencial contaminante a tal grado que al ser vertidas a la zona costera son diluidas y asimiladas sin causar alteraciones nocivas a la calidad fisicoquímica y biológica del cuerpo de agua receptor. Sin embargo, es indispensable contar con la planta de tratamiento adecuada, su correcto funcionamiento y un continuo mantenimiento.

## OBJETIVO

En este trabajo se determinaron las características fisicoquímicas de la planta de tratamiento de aguas negras de la ciudad de Ensenada, Baja California, con objeto de conocer la eficiencia de la planta y la carga orgánica vertida al mar. Asimismo, se propuso comparar los resultados con los niveles permitidos por la legislación mexicana y otros países.

## METODOLOGIA

Se realizaron seis muestreos de agua residual de junio a noviembre de 1980, en el afluente y efluente de la planta de tratamiento de aguas negras de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada (CESPE) (Fig 1). Las muestras se colectaron en un día de cada mes y en el período de 07:00 a 19:00 horas, representativas del 80 o/o aproximadamente de la actividad diaria de la ciudad de Ensenada, B. C., (Tabla I).

Se determinaron los siguientes parámetros: Temperatura (T°C), Potencial Hidrógeno (pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Oxígeno Disuelto (OD), Grasas y Aceites (G y A), Sólidos Sedimentables (S. Sed.), Sólidos Totales Volátiles (STV), Sólidos Totales (ST), Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) y Sólidos Suspendidos Totales (SST). La metodología de análisis se realizó de acuerdo a la American Public Health Association (APHA) *et al.*, (1975).

Fórmula empleada para el cálculo de la carga orgánica en ton/día:

$$CO \text{ (ton/día)} = (P.G) K$$

donde:

P = Parámetro indicador de materia orgánica en mg/l.

G = Gasto o volumen del afluente y efluente en l/seg.

K =  $4.32 \times 10^{-5}$ ; constante de conversión para obtener (ton/día).

El término día se refiere a las 12 horas de muestreo.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las tablas II y III muestran las características fisicoquímicas y pruebas estadísticas del afluente y efluente de tratamiento primario de aguas negras de la ciudad de Ensenada, B.C. Los resultados presentan que los valores de DBO, DQO, STV y SSV, son mayores que los reportados por Kugelman (1976), para plantas de este tipo y por

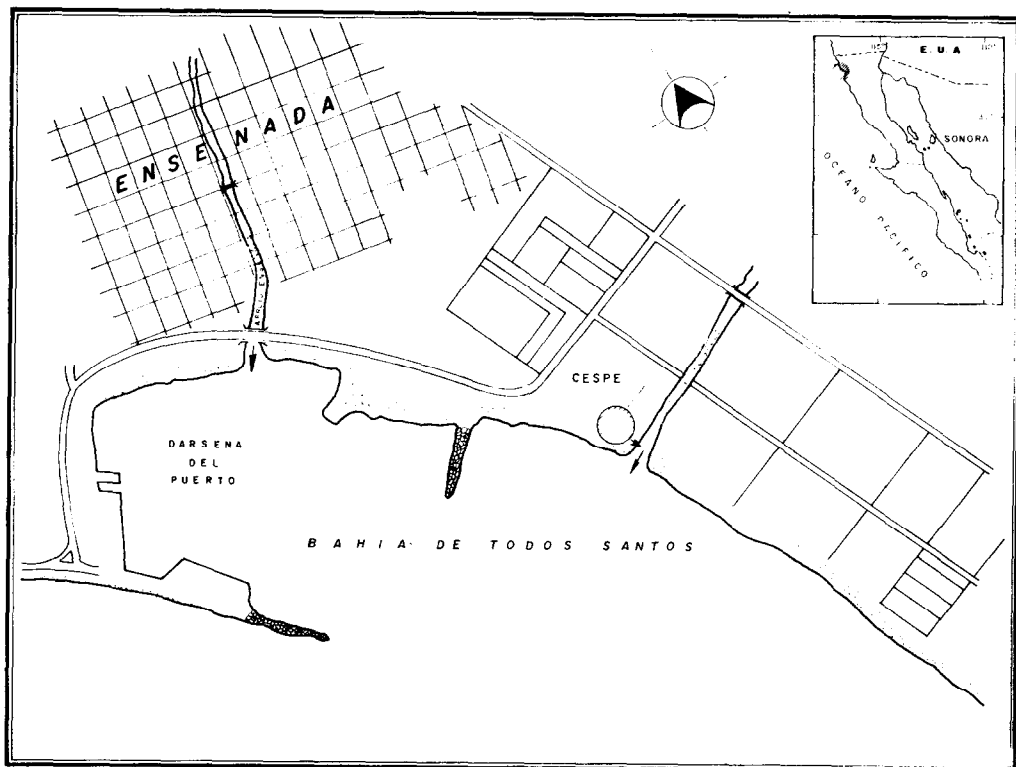


FIGURA 1. Localización de la planta de tratamiento de aguas negras de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada, B. C. (CESPE)

TABLA I. Número de muestras colectadas en la planta de tratamiento de aguas negras de Ensenada, Baja California.

FECHA DE MUESTREO		NUMERO DE MUESTRAS	
		AFLUENTE	EFLUENTE
19 Junio	80	5	5
16 Julio	80	4	4
13 Agosto	80	5	5
25 Sept.	80	5	5
16 Oct.	80	3	3
12 Nov.	80	3	3
TOTAL DE MUESTRAS		25	25

Barnes (1976); Auld (1976); Secretaría de Recursos Hidráulicos (1976); Shafer (1980); Sañudo y Suárez (1982), en México y Estados Unidos de América.

La carga orgánica promedio diaria (07:00-19:00 horas) del afluente y efluente, calculada en base al gasto de agua de 110 litros/segundo (Juvanal Rogel, comunicación personal, CESPE), presenta que los valores del efluente son poco menores que los del afluente (Tabla IV). Esto muestra que en general es baja la materia orgánica que retiene la planta y la mayor parte es arrojada a la playa municipal de la ciudad

Se aplicó la prueba estadística de Kruskal-Wallis con un nivel de confianza de  $\alpha = 0.05$  (Sokal and Rohlf, 1979), para com-

FUENTES DE CONTAMINACION POR MATERIA ORGANICA

TABLA II. Características fisicoquímicas y variables estadísticas del afluente (entrada) de aguas negras a la planta de tratamiento de Ensenada, B. C.

PARAMETRO	MEDIA	RANGO	DESVIACION ESTANDAR	LIMITES 95 %	
				INFERIOR	SUPERIOR
T°C	25.65	24 - 27	1.013	25.25	26.04
pH	7.38	6.8 - 8.0	0.305	7.26	7.49
OD mg/l	0	0	0	—	—
DBO mg/l	353	177 - 750	111	309	396
DQO mg/l	569	133 - 775	138	514	623
G y A mg/l	122	75 - 190	38	107	137
S. Sed. ml/l	5.66	1.5 - 13	2.43	4.6	6.6
STV mg/l	666	370 - 1900	298	549	782
ST mg/l	2078	1497 - 2999	317	1953	2202
SSV mg/l	285	154 - 645	141	229	340
SST mg/l	348	192 - 860	172	280	415

TABLA III. Características fisicoquímicas y variables estadísticas del efluente (salida) de aguas negras en la planta de tratamiento de Ensenada, B. C.

PARAMETRO	MEDIA	RANGO	DESVIACION ESTANDAR	LIMITES 95 %	
				INFERIOR	SUPERIOR
T°C	25.62	23 - 27	1.13	25.2	26.06
pH	7.17	6.5 - 7.5	0.213	7.08	7.25
OD mg/l	0.16	0 - 1.7	0.457	0	0.4
DBO mg/l	311	177 - 490	91.26	275	347
DQO mg/l	484	188 - 675	129	433	534
G y A mg/l	94.6	36 - 150	29.8	82.9	106
S. Sed. ml/l	2.13	1.0 - 4.2	1.05	1.71	2.54
STV mg/l	538	351 - 862	114	493	583
ST mg/l	1945	1595 - 2951	288	1832	2058
SSV mg/l	177	114 - 274	43	160	194
SST mg/l	217	147 - 336	51.6	196	237

probar que efectivamente son significativamente menores los resultados del efluente respecto al afluente de la planta (Tabla V).

En 1980, año en que se realizó el estudio, se encontraban conectados al servicio de drenaje de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada, B. C. (CESPE), un total de 70,000 habitantes, siendo que la plan-

ta de tratamiento tenía en servicio dos tanques de sedimentación tipo Himhoff, con una capacidad para absorber adecuadamente los desechos de 20,000 habitantes (Juvenal Rogel, comunicación personal, CESPE). Debido a lo anterior (carga de 50,000 habitantes en exceso), se observa que en general la eficiencia de la planta con respecto a los parámetros indicativos de contaminación

TABLA IV. Carga orgánica promedio/día del afluente y efluente de la planta de tratamiento de Ensenada . B. C.

PARAMETRO	CARGA EN TON/DIA	
	AFLUENTE	EFLUENTE
DBO	1.677	1.477
DQO	2.703	2.299
G y A	0.579	0.449
STV	3.164	2.556
ST	9.874	9.242
SSV	1.354	0.841
SST	1.653	1.031

TABLA V. Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ( $\alpha = 0.05$ ) entre el afluente (entrada) y efluente (salida) de la planta de tratamiento de aguas negras de Ensenada, B. C. Datos obtenidos de Junio a Noviembre de 1980.

PARAMETRO	ENTRADA	VS	SALIDA
	A = E	A > E	A < E
DBO		X	
DQO		X	
G Y A		X	
S. Sed.		X	
STV		X	
ST		X	
SSV		X	
SST		X	

A= Afluente E= Efluente

orgánica es muy baja (menor de 35 0/o), con excepción de los sólidos sedimentables que presentaron un 62 0/o de eficiencia (Tabla VI).

Barnes (1967) y el Departamento de Sanidad del Estado de Nueva York (1976), mencionan que un sistema de tratamiento primario por tanques Himhoff debe eliminar del 40 0/o al 60 0/o de sólidos suspendidos y reducir la DBO del 25 al 40 0/o; lo cual difiere de los valores encontrados en el presente trabajo (Tabla VI).

TABLA VI. Eficiencia de la planta de tratamiento (% de Ensenada, B. C. de, junio a noviembre de 1980.

PARAMETRO	PORCENTAJE DE EFICIENCIA	
	Promedio (0/o)	Rango (0/o)
DBO	15.36	1.71 - 26.65
DQO	14.35	7.65 - 21.88
G Y A	29.77	7.26 - 39.74
S. sed.	62.74	53.2 - 77.36
STV	16.19	5.10 - 34.68
ST	6.37	0.35 - 10.28
SSV	34.60	6.96 - 60.2
SST	35.4	3.0 - 57.05

La eficiencia promedio total de la planta es de 26.8 0/o. Esto muestra que el sistema de tratamiento de aguas negras necesita ser mejorado y ampliado en cuanto a su capacidad de servicio se refiere, a fin de disminuir su potencial contaminante, ya que estas aguas están siendo vertidas actualmente a la playa municipal de la ciudad y presentan un serio peligro para la salud de la población.

La tabla VII muestra una comparación de las características del efluente con los límites permitidos por la legislación de México (S.R.H., 1973), California (Pearson, 1973) y Singapur (Ludwing, 1973), para que puedan ser vertidas las aguas residuales al mar. Se observa que los parámetros indicativos de contaminación por materia orgánica están muy arriba de lo permitido y representan una fuente potencial contaminante para la zona costera adena a la descarga. Estudios precedentes de contaminación por materia orgánica en esa zona, revelan cambios en la abundancia relativa y diversidad de especies (Lizárraga Partida, 1973 y Encalada Fleites, sin publicar).

La figura 2 muestra la variación mensual de carga orgánica en DBO, DQO y STV (ton/día) en el efluente de la planta de tratamiento, con un patrón general de variación en los valores de los meses muestreados a ser máximos en agosto y septiembre. Tal comportamiento es debido principalmente a la mayor actividad de la ciudad, por la afluencia turística nacional y extranjera. Asimismo,

FUENTES DE CONTAMINACION POR MATERIA ORGANICA

mo, la falta de un adecuado mantenimiento a los tanques de sedimentación y el volumen de agua residual mayor que la capacidad de

la planta para tratarlas, agudizan el patrón antes definido.

TABLA VII. Comparación de las características del efluente con los estándares permitidos por la ley en México; California E.U.A.; Singapur.

Parámetro	México	o/o arriba del límite	California	o/o arriba del límite	Singapur	o/o arriba del límite
T <sup>o</sup> C	DL		--	--	--	--
pH	DL		DL		DL	
DBO	--	--	NO	591	NO	522
DQO	--	--	--	--	NO	384
G y A	NO	35	NO	1792	NO	1792
S. Sed.	NO	113	NO	965	NO	326

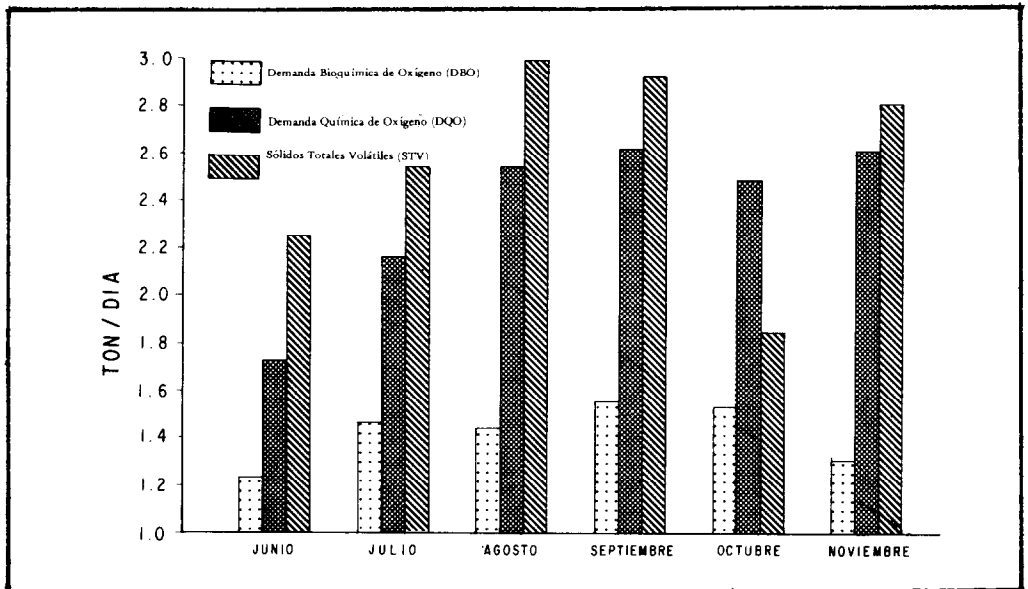


FIGURA 2. Variación mensual de la carga orgánica para DBO, DQO, STV. En el efluente de la planta de tratamiento de Ensenada, B. C.

CONCLUSIONES

El porcentaje de eficiencia promedio de la planta de tratamiento, es de 26.8 o/o, originando que la calidad fisicoquímica del agua residual tenga un alto contenido de

material orgánico biodegradable (STV y SSV), que requiere de un alto consumo potencial de oxígeno (DBO y DQO) para su oxidación.

Los resultados obtenidos están muy por arriba de los límites establecidos por la legislación de México, California y Singapur. Además, la legislación de México no considera la DBO y DQO como parámetros sujetos de control, siendo de vital importancia conocerlos para definir la fracción orgánica de las aguas residuales.

La carga promedio de sólidos totales en el afluente y efluente es de 9.874 y 9.242 ton/día respectivamente, correspondiendo al material orgánico (STV) 3.2 y 2.6 ton/día.

La planta de tratamiento no funciona adecuadamente, por lo que la descarga residual al mar constituye una peligrosa fuente de contaminación orgánica para la zona costera aledaña; sobre todo, por ser playas utilizadas para la recreación turística y de la población.

Los resultados del presente estudio podrán servir de infraestructura científica a los ingenieros sanitarios encargados de proyectar y ampliar la capacidad de esta planta de tratamiento, para disminuir su potencial contaminante y así buscar los mecanismos adecuados para un mejor aprovechamiento integral de estas aguas.

## AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue realizado en el Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California, bajo el convenio No. 82-04-235 con la Secretaría de Educación Pública, a quien se le agradece el apoyo económico. Damos gracias a Gilberto Fuentes González por elaborar las figuras, a Rosa Isabel Trujillo Brambila por elaborar el escrito a máquina y a Ignacio Rivera Duarte, Fausto Alonso Arce Duarte y José Luis Peña Manjarrez, por la ayuda brindada en la colecta de muestras y análisis de las mismas.

## LITERATURA CITADA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. 1975. Standard methods for examination of water and wastewater. 14th. edition, 1193 pp.
- AULD, V. D. 1976. Waste water in the city. In: Water resources and pollution control. H.W. Gehm and J.I. Gregman (eds.), pp. 429-480.
- BARNES, G. F. 1967. Tratamiento de aguas negras y desechos industriales. 1a. edición. Editorial Hispano Americana. México, D.F., 303 pp.
- CIFUENTES Lemus, J. L., R. Rodríguez Castro y A. Zarur Mendez, 1972. Panorama general de la contaminación de las aguas en México. En: La contaminación del mar y los recursos vivos. Mario Ruivo (ed). FAO Fishing News: Surrey, England, pp. 100-106.
- DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK. 1976. Manual de tratamiento de aguas negras. 5ta. edición. Editorial Limusa, México, D.F., 303 pp.
- FERNANDEZ, A. E. 1973. Algunas observaciones sobre la contaminación de las aguas costeras en la ciudad de Cumaná. Boletín del Instituto Oceanográfico. Universidad de Oriente, Cumaná Venezuela. 12(1): 23-32.
- FOYN, E. 1971. Municipal wastes. En: Impingements of Man on the Oceans. Donald W. Hood (ed). John Wiley & Sons, Inc. New York, N.Y., pp. 445-460.
- GOLUBIC, S. 1970. Effect of organic pollution on benthic communities. Marine Pollution Bull. 1-NS (4): 56057.
- KUGELMAN, I.J. 1976. Status of advanced waste treatment. In: Water Resources and Pollution Control. H.W. Gehm and J.I. Bregman (eds). London, pp. 593-636.
- LIZARRAGA Partida, M.L. 1973. Contribución al estudio de los Vermes Anélidos Poliquetos como indicadores de contaminación orgánica. Tesis de licenciatura. Escuela Superior de Ciencias Marinas, UABC.
- LUDWING, H.F. 1973. Criteria for marine waste disposal in Southeast Asia. En: Marine Pollution and Marine Waste Disposal. E. A. Pearson and E. de Fraja Franjipane (eds). Pergamon Press: Oxford, pp. 99-108.
- PEARSON, E.A. 1973. Criteria for marine waste disposal in California. En: Marine Pollution and Marine Waste Disposal. E. A. Pearson and E. de Fraja Franjipane (eds). Pergamon Press: Oxford, pp. 85-87.

## FUENTES DE CONTAMINACION POR MATERIA ORGANICA

- SAÑUDO Wilhelmy, S.A. y C.E. Suárez Vidal. 1982. Carga orgánica de las aguas negras municipales de la ciudad de Tijuana, Baja California. *Ciencias Marinas*, 8(2): 155-166.
- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS. 1976. Protección y Mejoramiento de la calidad del agua. Subsecretaría de Planeación 1a. ed. 13: 18-87.
- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS 1973. Legislación relativa al agua y su contaminación, 143 pp.
- SCHAFER, H. A. 1980. Characteristics of municipal wastewater. En: Coastal Water Research Project Biennial Report 1979-1980. Willard Bascom (ed). SCCWRP, Long Beach, Cal., pp. 230-240.
- SOKAL, R.P. y F.J. Rohlf. 1939. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. 1a. edición. H. Brume ediciones Madrid España, pp. 426-437.
- VIZCAINO Murray, F. 1975. La contaminación en México. Fondo de Cultura Económica, pp. 38-107.



# SOURCES OF POLLUTION BY ORGANIC MATTER IN TODOS SANTOS BAY, BAJA CALIFORNIA

## I. CHARACTERIZATION AND EFFICIENCY OF THE SEWAGE TREATMENT PLANT IN THE CITY OF ENSENADA, BAJA CALIFORNIA.

By  
José Antonio Segovia Zavala  
and  
Manuel Salvador Galindo Bect  
Instituto de Investigaciones Oceanológicas  
Apartado Postal 453  
Ensenada, B. C., México.

SEGOVIA-ZAVALA, J.A. y M. S. Galindo-Bect. 1984. Sources of pollution by organic matter in Todos Santos Bay, Baja California. I. Characterization and efficiency of the sewage treatment plant in the city of Ensenada. Baja California. Ciencias Marinas 10 (1): 19-32

### INTRODUCTION

The problem of pollution of coastal waters has been a matter of primordial world-wide attention. The discharges of industrial and domestic residual water with a high content of organic wastes, have caused serious problems of public health and modification of the marine ecosystems in places adjacent to the discharges (Golubic, 1970; Foyn, 1971); in developed countries of Europe and in the United States of America the matter is of greater concern, because of the greater industrial and demographic increment (Fernandez, 1973).

In Mexico, an underdeveloped country, this matter of pollution of litoral waters is beginning to produce serious damages (Cifuentes Lemus, *et al.*, 1972; Vizcaino-Murray, 1975). The Mexican sanitary authorities worried by the deterioration of the coastal environment's quality have created legal dispositions in order to control the discharge to the sea of residual water, by means of establishing maximum concentration limits of the indicative parameters of the quality of the industrial and domestic residual water.

With these legal dispositions, the sewage treatment plants offer a solution to the problem; with them, the pollution potential is so reduced that when they are

discharged on the coastal zone they are assimilated without causing noxious alterations to the physical-chemical and biological quality on the body of water that receives them. However, it is indispensable to have the adequate treatment plant, to control its correct function and to have a continuous maintenance.

### OBJECTIVE

In this paper we determine the physical-chemical characteristics of the sewage treatment plant of the city of Ensenada, Baja California, to know the efficiency of the plant and organic load spilled into the sea. Likewise, we compare the results with the levels allowed by the Mexican legislation and that of other countries.

### METHODS

Six collections were made from June to November 1980, of the residual water in the affluent and effluent of the sewage treatment plant of the Comision Estatal de Servicios Públicos de Ensenada (CESPE) (Fig. 1). The samples were collected one day each month from 07:00 to 19:00 hours, representing about 80 % of the daily activity of the city of Ensenada, B. C. (Table I).

## SOURCES OF POLLUTION BY ORGANIC MATTER

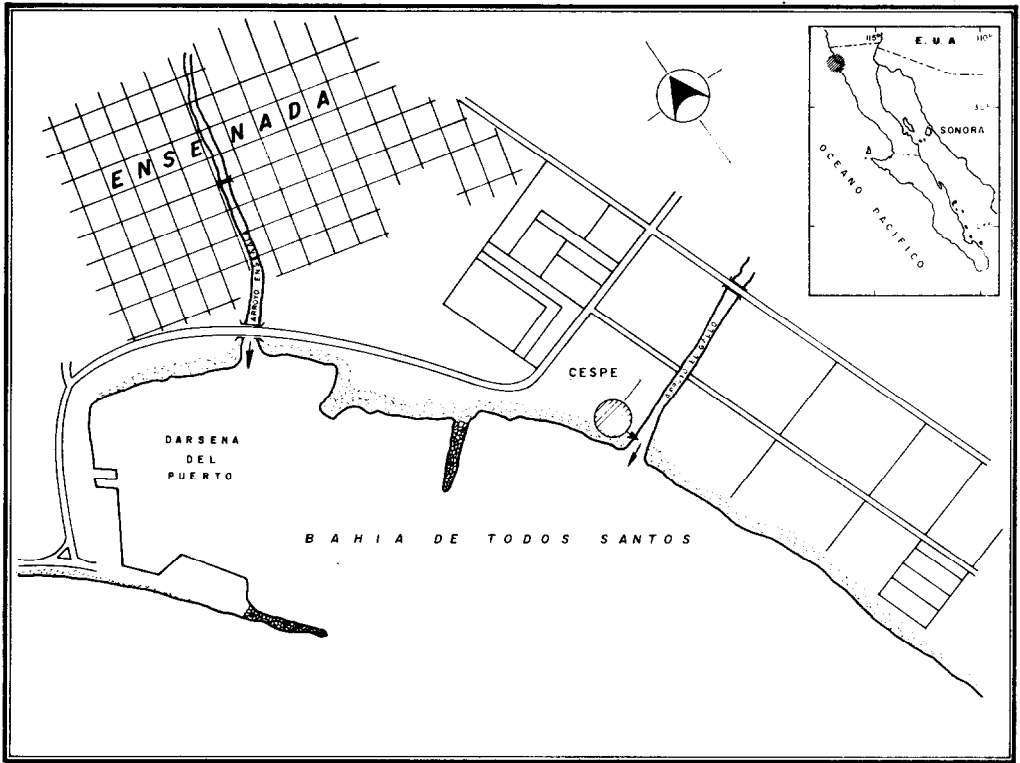


FIGURE 1. Location of the sewage treatment plant of the Comision Estatal de Servicios Publicos, B. C. (CESPE)

TABLE I. Number of samples taken in the sewage treatment plant of Ensenada Baja California

DATE OF COLLECTION		NUMBER OF SAMPLES	
		AFFLUENT	EFFLUENT
19 June	80	5	5
16 July	80	4	4
13 August	80	5	5
25 Sept.	80	5	5
16 Oct.	80	3	3
12 Nov.	80	3	3
TOTAL SAMPLES		25	25

The following parameters were determined: Temperature ( $T$  °C), Hydrogen Concentration (pH), Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Dissolved Oxygen (DO) Grease and Oils (G and O), "Sedimentable" Solids (Sed. S), Total Volatile Solids (TVS). The analysis were made in agreement with the American Public Health Association (APHA), *et al.*, (1975).

Formula used to calculate the organic load (ton/day):

$$CO \text{ (ton/day)} = (P \cdot G) K$$

Where:

P = Indicative parameter of organic matter in mg/l.

G = Waste or volume of the affluent and effluent in 1/sec.

K =  $4.32 \times 10^{-5}$ ; conversion constant to obtain (ton/day). The term day refers to 12 hours.

## RESULTS AND DISCUSSION

Tables II and III show the physical-chemical characteristics and statistical test of the affluent and effluent of the sewage primary treatment plant of the city of Ensenada, B. C. The results show that the values of BOD, COD, TVS, and SVS, are

higher than the reported by Kugelman (1976) for plants of this kind, and by Barnes (1976); Auld (1976); Secretaria de Recursos Hidraulicos (1976); Shafer (1980); Sañudo and Suarez (1982) in Mexico and the United States of America.

TABLE II. Physical-chemical characteristics and statistical variables of the sewage affluent to the treatment plant in Ensenada, B. C.

PARAMETER	MEDIA	RANGE	STANDARD DEVIATION	LIMITS 95 %/o	
				LOWER	HIGHER
T <sup>o</sup> C	25.65	24 - 27	1.013	25.25	26.04
pH	7.38	6.8 - 8.0	0.305	7.26	7.49
OD mg/l	0	0	0	---	---
BOD mg/l	353	177 - 750	111	309	396
COD mg/l	569	133 - 775	138	514	623
G & O mg/l	122	75 - 190	38	107	137
Sed. S. ml/l	5.66	1.5 - 13	2.43	4.6	6.6
TVS mg/l	666	370 - 1900	298	549	782
TS mg/l	2078	1497 - 2999	317	1953	2202
VSS mg/l	285	154 - 645	141	229	340
TSS mg/l	348	192 - 860	172	280	415

TABLE III. Physical-chemical characteristics and statistical variables of the sewage effluent in the treatment plant in Ensenada, B. C.

PARAMETER	MEDIA	RANGE	STANDARD DEVIATION	LIMITS 95 %/o	
				LOWER	HIGHER
T <sup>o</sup> C	25.62	23 - 27	1.13	25.2	26.06
pH	7.17	6.5 - 7.5	0.213	7.08	7.25
OD mg/l	0.16	0 - 1.7	0.457	0	0.4
BOD mg/l	311	177 - 490	91.26	275	347
COD mg/l	484	188 - 675	129	433	534
G & O	94.6	36 - 150	29.8	82.9	106
Sed. S. ml/l	2.13	1.0 - 4.2	1.05	1.71	2.54
TVS mg/l	538	351 - 862	114	493	583
TS mg/l	1945	1595 - 2951	288	1832	2058
VSS mg/l	177	114 - 274	43	160	194
TSS mg/l	217	147 - 336	51.6	196	237

SOURCES OF POLLUTION BY ORGANIC MATTER

The daily average organic load (07:00 19:00 hours) of the affluent and effluent calculated on water waste of 110 liters/seconds, (Juvenal Rogel personal communication, CESPE), shows that the values of the effluent are a little lower than those of the affluent (Table IV). This shows that in general, the organic matter that the plant keeps is low and the greater part is spilled into the municipal beach of the city.

Kruskal-Wallis' statistical test was applied with a confident level of  $\alpha = 0.05$  (Sokal and Rohlf, 1979), to verify that the results of the effluent are significantly lower than those of the affluent of the plant (Table V).

In 1980, when this study was made, a total of 70,000 inhabitants were conected to the sewage service of the Comision Estatal de Servicios Publicos de Ensenada (CESPE), when the plant had only in service two sedimentation tanks of the Himhoff type, with a capacity to adequately absorb the waste of 20,000 inhabitants (Juvenal Rogel, personal communication, CESPE). Because of this (an excess of 50,000 inhabitants), we observed that in general, according to the parameters that indicate organic pollution the plant's efficiency is very low (less than 35 o/o, except for the sedimentable solids that showed an efficiency of 62 o/o (Table VI).

Barnes (1967) and the Health Department of the State of New York (1976), mention that a primary treatment system using Himhoff tanks must eliminate from 40 to 60 o/o of suspended solids and reduce the BOD from 25 to 40 o/o, which is far from the values we found in this study (Table VI).

The total average efficiency of the plant is of 26.8 o/o. This shows that the sewage treatment system needs to be improved and enlarged in its service capacity, to diminish its pollutant potential because these waters are being spilled to the municipal beach of the city and present a serious danger to the health of the citizens.

TABLE IV. Average/day organic load of the affluent and effluent of the treatment plant in Ensenada, B. C.

PARAMETER	LOAD IN TON/DAY	
	AFFLUENT	EFFLUENT
BOD	1.677	1.477
COD	2.703	2.299
G & O	0.579	0.449
TVS	3.164	2.556
TS	9.874	9.242
VSS	1.354	0.841
TSS	1.653	1.031

TABLE V. Non-parametric Kruskal-Wallis test ( $\alpha = 0.05$ ) between the affluent and effluent of the sewage treatment plant in Ensenada, B. C. Data obtained from June to November, 1980.

PARAMETER	INSET	VS	OUTSET
	A = E	A > E	A < E
BOD		X	
COD		X	
G & O		X	
Sed. S.		X	
TVS		X	
TS		X	
VSS		X	
TSS		X	

A= Affluent E= Effluent

TABLE VI. Efficiency (%) of the treatment plant in Ensenada, B. C., from June to November, 1980.

PARAMETER	EFFICIENCY PERCENTAGE	
	Promedio (o/o)	Rango (o/o)
BOD	15.36	1.71 - 26.65
COD	14.35	7.65 - 21.88
G & O	29.77	7.26 - 39.74
Sed. S.	62.74	53.2 - 77.36
TVS	16.19	5.10 - 34.68
TS	6.37	0.35 - 10.28
VSS	34.60	6.96 - 60.2
TSS	35.4	3.0 - 57.05

Table VII shows a comparison of the characteristics of the effluent with the limits allowed by the Mexican legislation (S.R.H., 1973), the legislation of California (Pearson, 1973) and the legislation of Singapur (Ludwing, 1973), so that residual waters can be spilled on the sea. We observe that the indicative parameters of organic matter pollution are higher than the allowed and represent a potential source of pollution to the adjacent coastal zone. Other previous studies of pollution by organic matter in that zone reveal changes in the relative abundance and species diversity in that zone (Lizarraga-Partida, 1973 and Encalada-Fleites, not published).

Figure 2 shows the monthly variation of organic load in BOD, COD and TVS (ton/day) in the treatment plant's effluent, with a general pattern of variation in the values of the months we collected, being maximum in August and September. Such behavior is principally due to the greater activity of the city because of the foreign and national tourism. Likewise, the lack of adequate maintenance of the sedimentation tanks and the volume of the residual

water being greater than the plant's capacity to treat them increase the pattern defined.

**CONCLUSIONS**

The average efficiency percentage of the treatment plant is 26.8 % originating that the physical-chemical quality of the residual water to have a high content of biodegradable organic material (TVS and VSS), which requires of a high potential consumption of oxygen (BOD and COD) for its oxydation.

The results we obtained are above the limits established by the legislation of Mexico, California and Singapur. Besides, the Mexican legislation does not consider BOD and COD as parameters subjected to control, when it is of vital importance to know them, so we can define the organic fraction of residual waters.

The average load of total solids in the affluent and effluent is of 9.874 and 9.242 ton/day respectively, corresponding to the organic material (TVS) 3.2 and 2.6 ton/day.

TABLE VII. Comparison of the characteristics of the effluent with the permitted standards by the mexican law; California, U.S.A.; Singapur.

Parameter	Mexico	% above the limit	California	% above the limit	Singapur	% above the limit
T <sub>OC</sub>	WL		--	--	--	--
pH	WL		WL		WL	
DBO	--	--	NO	591	NO	522
DQO	--	--	--	--	NO	384
G y A	NO	35	NO	1792	NO	1792
S. Sed.	NO	113	NO	965	NO	326

W.L. = Within the limit  
 NO = Not within the limit  
 -- = Not contemplated by law

## SOURCES OF POLLUTION BY ORGANIC MATTER

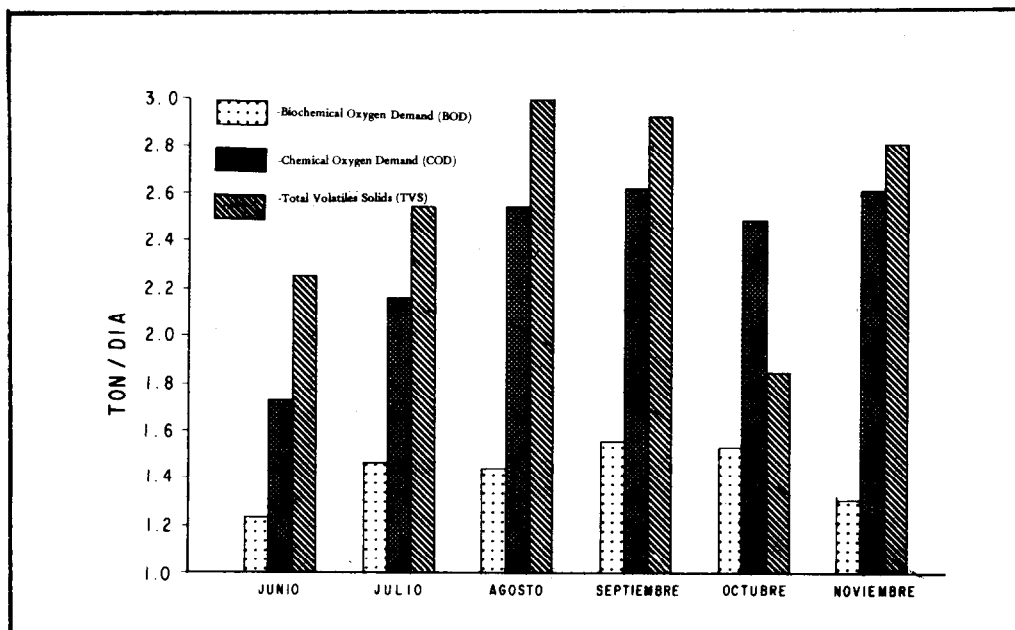


FIGURE 2. Monthly variation of the organic load for BOD, COD and TVS in the treatment plant's effluent of Ensenada, B. C.

The treatment plant does not work in an appropriate way; that is why the residual discharge to the sea constitutes a dangerous source of organic pollution to the adjacent coastal zone, taking into account that these beaches are enjoyed by the population and constitute a place for touristic recreation.

The results of the present study can be used as a scientific structure for the sanitary engineers in charge of designing and enlarging the capacity of this treatment plant to diminish its potential pollutant and in that way look for the adequate mechanism for a better integral utilization of these waters.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The present study was made in the Instituto de Investigaciones Oceanologicas of the Universidad Autonoma de Baja California, under the project No. 82-04-235 with the Secretaria de Educacion Publica whom we thank for the economic support. We thank Gilberto Fuentes Gonzales for the drawings. Rosa Isabel Trujillo Brambila who typed this paper and to Ignacio Rivera Duarte and Jose Luis Peña Manjarrez for their help in collecting and analyzing samples.