

EL VERTIDO DE AGUAS RESIDUALES EN LAS COSTAS

Por JOSE PAZ MAROTO, y JOSE M.^a PAZ CASANÉ,
Ingeniero Jefe de Caminos, Canales y Puertos. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Presentan los autores muy interesantes comentarios sobre los estudios últimamente realizados en distintos países sobre el vertido de aguas residuales en las costas, que ponen de manifiesto la necesidad de adoptar severas precauciones.

Parece tan lógica la aplicación del vertido directo en el mar de las aguas residuales urbanas, que no es de extrañar que aquella Comisión Consultiva que, bajo la presidencia del insigne Pasteur se constituyó a fines del siglo pasado, se pronunciara en favor del vertido directo en el mar de las de París, lo que hubiera exigido la construcción de un emisario de unos 200 kilómetros.

También ha parecido a primera vista que podía ser una solución ideal este vertido, ya que la importancia de la masa líquida que lo absorbe, y el movimiento incesante de olas y mareas, parecen asegurar una depuración completa sin peligro ninguno para el litoral que lo recibe.

Sin embargo, en estos momentos el problema se está considerando de nuevo, no sólo por el desarrollo extensivo de numerosas zonas litorales que pueden sufrir las consecuencias de que la depuración no sea la suficiente para evitar contaminaciones, sino por el desarrollo enorme de los deportes, baños y estaciones balnearias a lo largo de dichas costas, y, sobre todo, por el consumo, fuertemente desarrollado (y ya en nuestro país también), de ostras, moluscos y coquillajes en general.

Todo ello obliga a considerar una serie de precauciones severísimas, para evitar que las aguas vertidas, sin depuración, o con depuración imperfecta, incidan sobre la salud pública y repercutan, por tanto, sobre la economía del país.

Especialmente cuando se trata de lugares habitados: playas, y, sobre todo, parques de moluscos, se ha observado que la protección confiada exclusivamente a la distancia en que el vertido tenga lugar, es muy aleatoria, aunque se combine con la orientación adecuada de vientos dominantes.

En efecto, hay que tener en cuenta, por un lado, la extrema variabilidad de los movimientos internos del mar, especialmente en sus capas superiores, que es uno de los fenómenos más generales de nuestro litoral.

Por otra parte, se ha observado la existencia de venas flúidas que no afloran a la superficie, que producen arrastres capaces de transportar materias en suspensión hasta centenas de metros, sin ninguna fric-

ción de los filetes líquidos entre sí ni con la atmósfera.

Se ha estudiado actualmente con más detalle el papel que juega la naturaleza misma del agua del mar y del medio marino en los fenómenos biológicos que pueden desarrollarse en el mismo, no faltando tendencias que imputan a la salinidad del agua un cierto retardo en el cambio entre las células orgánicas y el medio ambiente, así como al grado de saturación en oxígeno, inferior al del agua dulce.

De ello se deduce que la actual depuración se realiza más lentamente en el agua del mar que en la de río.

Esta teoría parece confirmada por ciertas observaciones concretas, principalmente la realizada en Stockolmo, donde se ha observado depósitos en profundidad de aguas polucionadas, que provocan, después de la desaparición completa del oxígeno, formación de fuertes cantidades de hidrógeno sulfurado, como consecuencia de la reducción de los sulfatos contenidos en el agua del mar.

En cambio, los ensayos franceses en las costas del Mediterráneo y del Atlántico, parecen haber llegado al resultado contrario, o sea a la constatación de un efecto de clarificación acelerada y de un cierto poder bactericida, que algunos técnicos denominan "poder abiótico".

Las pocas experiencias hechas en las costas españolas, también parecen confirmar esta teoría.

Ello parece querer decir que la salinidad, de por sí, no es la única característica del agua del mar que entra en juego para la mayor o menor rapidez en la depuración del agua contaminada que recibe el mar, sino que hay otros factores que pueden influir en dicho medio marino sobre la naturaleza, o la intensidad, de las transformaciones bioquímicas y los fenómenos bacteriológicos.

De todos los modos, es evidente que la diferencia de densidad entre las aguas salinas y las aguas residuales es la responsable, por lo menos, de dificultades en cuanto a la mezcla de dichas aguas. Y así los holandeses han podido confirmar que cuando el mar está tranquilo, el agua residual, con su menor peso específico, queda flotando en la superficie, creando

la famosa capa de grasa; la cual, por las corrientes de flujo y reflujo, se desplaza a lo largo del litoral (ayudada, sobre todo, por vientos débiles en dirección de la costa, y con una dilución insuficiente aportada) a las regiones balnearias.

Si el vertido se hace a profundidad, se observa también que en los exutorios se forman conos de subida y de expansión en dirección de la superficie, y que bajo los efectos de corrientes extienden más o menos la zona contaminada.

Cierto que estos efectos tienen más o menos importancia según las circunstancias del lugar y tiempo.

En los mares fríos, la temperatura del agua residual, bajo los efectos de las fermentaciones internas, acentúa la diferencia de densidad con el agua del mar. El viento, al enfriar la superficie, provoca un cierto retraso en la subida de agua fría proveniente de los fondos próximos.

La agitación del mar asegura un batido en superficie, más por la acción de las olas que por la de las mareas, favoreciendo así la absorción de oxígeno atmosférico y la mezcla con las aguas residuales.

La evaporación, al aumentar la densidad del agua del mar por enfriamiento y aumento de la salinidad, puede provocar un *streaming* favorable. Recogemos aquí la palabra inglesa por ser un término de los que ya van tomando carta de naturaleza en el moderno lenguaje de la Ingeniería Sanitaria.

Este *streaming* favorece la renovación del agua superficial y la reoxigenación del aire atmosférico.

Es evidente que la forma de la costa juega un papel importante, pues mientras nuestras costas de Levante, y la propia Costa Azul francesa permiten alcanzar una profundidad de unos 20 metros, a distancias medias de un kilómetro, y facilitan por tanto la construcción de un emisario sumergido sobre el fondo arenoso y estable, otras costas, como las del mar del Norte, no permiten esta profundidad ni aun a mayores distancias.

El contenido de materias orgánicas en el agua marina juega también un gran papel en la evolución de las especies microbianas que aportan las aguas residuales.

En las zonas ricas en plankton o en algas, estos elementos encuentran un alimento que los mantiene durante mucho más tiempo. En cambio, la pobreza en este plankton, como ocurre en nuestro Mediterráneo, aumenta el poder bactericida del agua marina.

Hay estudios que atribuyen al fitoplankton un papel preponderante en la depuración de bacilos coliformes, pero los investigadores no están aún de acuerdo sobre el tiempo que exige la desaparición de gérmenes desde su vertido en el mar, ni sobre las condiciones favorables o desfavorables de esta desaparición, según la diversidad de especies.

Una cosa hay evidente, y es que el llamado medio marino no es más que una ficción terminológica que encubre en realidad una gran diversidad de me-

dios cuyos aspectos y caracteres esenciales aparecen con diferencias fundamentales.

Y que así como hay tierras ignotas (cada vez en menor cantidad), existen también "aguas ignotas", y que las investigaciones de técnicos que se vienen realizando estos últimos años en alta mar, tanto en superficie como en profundidad, obligan a revisar ideas antiguas y levantar el velo de un vasto campo de exploración cuyo alcance era inimaginable hasta ahora.

Los países se han preocupado de reglamentar rigurosamente y vigilar los yacimientos litorales de ostras, así como los establecimientos ostrícolas y de coquillaje, señalando perímetros de protección análogos a los impuestos para manantiales o capas subterráneas, en los cuales se vigila rigurosamente los vertidos de aguas residuales.

El peligro evidente que para la salud pública representa el consumo de ostras y coquillaje, justifica estas medidas.

Aún no se ha comenzado a estudiar en serio el problema de los peces marinos, pero la aparición de gérmenes de origen fecal en el intestino de algunos de ellos revela que la contaminación puede existir.

Y esta polución puede ser más peligrosa en los estuarios, en los que se corre el riesgo de perjudicar la subida de los salmones; o en ciertas zonas como los *fiords* escandinavos, algunos de los cuales acusan fuerte contaminación que perturba a las condiciones de la pesca.

Estas aguas residuales no sólo pueden producir la contaminación, sino ciertos efectos secundarios, como son: la aparición de una flora acuática excesiva, especialmente en los meses de verano, y un desarrollo grande de microorganismos integrados principalmente por diatomeas (o sea algas siliciosas) y por algas verdes, que a menudo van acompañadas posteriormente de "notilocos", responsables de la luminiscencia y fosforescencia del mar en algunos lugares.

Las muertes masivas de organismos causan un olor fétido que es perceptible claramente en la orilla, y que aunque no es peligroso desde el punto de vista higiénico, no es nada atractivo ni agradable en las playas y balnearios.

Entre los elementos contaminadores, especialmente en los puertos o en las radas, es indudable que están: de un lado, la acumulación de navíos, y de otro, las instalaciones comerciales industriales ligadas a actividades locales.

Por mucha que sea la disciplina militar o mercante, y las medidas severas que se dicten para prohibir todo lanzamiento al mar desde los navíos, es evidente que no se puede conseguir debidamente; y si la contaminación en los puertos es peligrosa, mucho más resulta cuando existen orillas con pequeñas lagunas saladas como las de la costa francesa del Languedoc, o mares interiores como nuestro Mar Menor, o como el estanque de Berre en Francia, rodeado

este último además, como es sabido, de grandes refinerías de productos petrolíferos.

En este caso es evidente que han de exigirse instalación de depuración de los efluentes hasta un grado tal que, haciendo éstos imputrescibles, puedan ser lanzados a los medios marinos sin ningún inconveniente desde el punto de vista higiénico, para que sus transformaciones continúen hasta el último estado de la mineralización.

Però también es evidente que mientras la polución de medios naturales en las proximidades de una aglomeración no llega a un grado intolerable, todas las colectividades de todos los países (y mucho más el nuestro, tan confiado en la acción bactericida de los rayos solares y en los "quites" de la Providencia), tienden a esquivar la carga de una depuración o de un tratamiento cuya necesidad no les parece imperiosa.

Por otra parte, es evidente que siendo tan necesario invertir grandes sumas en depuraciones en lugares absolutamente precisos, parece lógico que, fuera de los lugares de parques de moluscos, sería poco acertado económicamente exigir un tratamiento sin antes saber que es indispensable.

Por ello, en casi todos los países los Reglamentos de los organismos sanitarios superiores son un poco elásticos, y casi todos permiten que el tratamiento pueda variar según las circunstancias locales, desde la simple retención de ciertos residuos sólidos, hasta la estabilización más completa de los efluentes. Y que casi la única regla que se impone es que el efluente no debe aumentar el grado de polución de las aguas que lo reciben, ni alterar su estado de forma incompatible con las exigencias de la higiene.

Pero esta misma vaguedad, especialmente en nuestros países latinos, tan poco aficionados a extremar la nota de cumplimiento de lo dispuesto, hace que, hasta ahora, se haya descuidado el problema de los vertidos de aguas residuales en nuestras costas.

De todos los modos, en casi todos los países se exige, cuando de momento no se impone la depuración de las aguas residuales, que los terrenos necesarios para un tratamiento a instalar (incluida la transformación de fangos) sean adquiridos por la colectividad y no puedan ser afectados a ningún otro uso.

Indicaremos, finalmente, que hay dos vertidos que no pueden incluirse realmente en el concepto de aguas residuales que conviene reglamentar y tratar individualmente.

Uno es el de los residuos petrolíferos, que al caminar indefinidamente en superficie o entre dos aguas; o llegan bajo la acción de olas y mareas a las playas, o bien forman una película superficial que, extendiéndose sobre superficies más o menos grandes, establecen una solución de continuidad entre la atmósfera y el medio marino, con el efecto de parali-

zar la autodepuración en las zonas que reciben los residuos urbanos orgánicos.

Otro es el de ciertos efluentes de origen industrial, cargados de sales minerales, que, si en los cursos de agua pueden causar grandes preocupaciones porque esos residuos no son transformables orgánicamente por autodepuración, en el mar no producirán más que un aumento momentáneo de la salinidad para acabar por diluirse en la inmensidad del medio marino bajo los efectos de sus movimientos internos.

Hay casos, sobre todo cuando el vertido de aguas residuales se realiza en estuarios o rías sometidas a la influencia de la marea, que la evacuación puede facilitarse acumulando las aguas en mareas altas, en depósitos o estanques de capacidad apropiada, y aprovechando el flujo descendente para su alojamiento.

Claro está que en estos casos debe de estudiarse cuidadosamente la conveniencia o no de estos depósitos de acumulación, pues dependen mucho de las circunstancias locales; ya que además de la exigencia del depósito, que siempre es caro, hay que contar con la brevedad relativa de la corriente franca del flujo descendente y con la regularidad de movimientos de la masa líquida, que alteran los datos de temperatura, densidad, salinidad, etc.

En resumidas cuentas, que son tantas las cosas a considerar en el agua del mar y en los residuos que en ella se vierten, que cabe recordar el célebre apóstrofe de Hamlet: "Hay más cosas, Horacio, que las que sueña tu filosofía".

De todos los modos, es evidente que para una nación como España, de cuyos 490.000 Km.² casi el 20 por 100 pueden ser considerados como correspondientes a zonas costeras; y que tiene un desarrollo global de su litoral de 2685 Km., el problema es serio, pues a los seis millones largos de habitantes de dicho litoral, hay que agregar en las épocas veraniegas una enorme afluencia de público del interior; y debemos considerar que, salvo una ordenanza de Gobernación de 30 de marzo de 1953 para la protección de establecimientos ostréícolas y parques de coquillaje (que es de suponer se cumpla), no existe ninguna reglamentación ni en cuanto al saneamiento de las aglomeraciones, ni en cuanto al del litoral.

Una vista de conjunto a todos los países europeos, un poco excesiva para nuestro trabajo, nos haría ver las medidas que se están adoptando para proteger las costas.

Es evidente que las condiciones del vertido en el litoral dependen de los caracteres propios de las aguas, de las poblaciones servidas, de la naturaleza e importancia de los volúmenes aportados y de las características del medio marino.

La multiplicidad o dispersión de los puntos de vertido, que parece que podía favorecer las posibilidades de autodepuración, presenta el inconveniente de multiplicar los puntos críticos, es decir, aquellos en que las corrientes marinas favorecen en ciertas cir-

cunstancias el retorno de las contaminaciones hacia la tierra, y, por tanto, la mayor influencia de la polución en las zonas próximas.

Claro está que hay lugares de costas inaccesibles o muy poco frecuentadas en que esta dispersión puede ser conveniente.

Lo primero, pues, que se impone son estudios sobre la dirección de las corrientes marinas, su orientación en relación a la costa según la variedad de circunstancias atmosféricas, especialmente la dirección de los vientos, y su velocidad en relación con las auto-depuración.

Conocemos un caso muy reciente de una preciosa playa catalana, maravillosa de urbanización, de clima, de elegancia y de confort, y en la que recientemente una alta personalidad sanitaria irlandesa, ha expresado a la Dirección General de Sanidad su más calurosa admiración por las circunstancias físicas, climáticas y folklóricas, pero... agregando que había temido que acortar su estancia y marchar rápidamente porque no estaba muy acostumbrado a ingerir agua residual en sus baños al sol.

Desde el momento en que de los estudios que se realizan se llega a la conclusión de que no puede admitirse: ni el saneamiento individual con filtración en las arenas litorales, ni el vertido directo en el mar por múltiples puntos de vertido, hay que resolverse a admitir las imposiciones técnicas y financieras que implican el recurso, por una parte, a establecer debidamente las redes de recogida y de evacuación, y, por otra, a prever un tratamiento más o menos intenso antes del vertido de la red en el mar.

Desde el punto de vista de la recogida, habrá que pensar si en muchos casos no conviene adoptar el sistema separativo o pseudo-separativo, dejando que las aguas de escorrentía superficial ganen el mar por trayectos naturales, habida cuenta de que estas aguas normalmente tienen una polución moderada y además se producen en períodos lluviosos, que no son favorables ni al baño ni a la pesca.

En el caso de que se pueda hacer vertido directo, hay que contar forzosamente con obras de canalización y evacuación a distancia, con trazados más o menos paralelos a las costas; y que, en su vertido submarino deben de prolongarse suficientemente para que su desembocadura alcance zonas relativamente profundas y recorridas por corrientes de arrastre hacia el interior.

En cuanto a los sitios en que se imponga el tratamiento, convendrá no establecer éste más que en la medida en que las disposiciones anteriores se revelen insuficientes para el alejamiento: sea constante, sea en ciertas circunstancias, de los peligros de polución de zonas vulnerables o susceptibles de serlo.

El procedimiento más sencillo (y ya empleado en muchos lugares) de la dilaceración, tendrá una gran aplicación en muchos casos, siempre que con ella se

asegure una verdadera trituración de las materias de cierta dimensión.

Con ello se permitirá, a menudo, mejorar la auto-depuración que es capaz de realizar naturalmente la costa sin que se impongan pesadas condiciones, sobre todo si el efluente debe ser evacuado mediante bombeo para su alejamiento en el vertido.

En algunas situaciones será forzoso recurrir a la esterilización, generalmente por cloro, como tratamiento más cómodo, sea con carácter principal único, sea con carácter complementario.

Esta esterilización cabrá imponerla especialmente en aquellos lugares en que existan exigencias estacionarias u ocasionales, ya que los gastos de explotación por el consumo de cloro o de otros esterilizantes son relativamente importantes, pero no han de entrar en juego más que durante una fracción limitada del año.

Es muy posible que en muchos casos estos gastos temporales se encuentren compensados por la débil importancia de los gastos de primer establecimiento de las instalaciones.

En estos casos es conveniente, casi imprescindible, aligerar sensiblemente la carga de la autodepuración por medio de una decantación. Ello exige, naturalmente, que exista la posibilidad de disponer de terrenos necesarios y de poder dar un tratamiento racional a los fangos, de preferencia por un sistema que permita la recuperación de los elementos fertilizantes que dichos fangos contienen.

El transporte de estos fangos en alta mar mediante barcos especiales, que todavía practican muchas ciudades inglesas y algunas europeas, podrá aún considerarse; pero al exigir pesadas inmovilizaciones de material, la tendencia es a una regresión en su aplicación.

Cuando las exigencias de las aglomeraciones y las instalaciones balnearias y parques de coquillaje no permitan un vertido directo, no hay más remedio que recurrir a una verdadera depuración biológica en aquel lugar que venga impuesto y sea más conveniente por las circunstancias locales.

Pero aun en estos casos habrá que tender a limitar los gastos de primer establecimiento a aquellos indispensables para las necesidades de la población permanente, con el fin de no recargar exageradamente las cargas de interés y amortización de las instalaciones. El resto del efluente para la población no permanente podrá esterilizarse temporalmente.

Y si la población va creciendo, como suele ser el caso de muchas de nuestras ciudades costeras, siempre se está a tiempo de emplear el tratamiento biológico propiamente dicho, sin más precaución que dejar previstas las instalaciones comunes, con espacio suficiente para construirlas en su día, multiplicando el número de elementos con un criterio juicioso de armonía de este número con su capacidad.

De esta manera la esterilización permitirá en ciertas épocas: bien de epidemias, bien de contaminaciones accidentales, o bien de estados psicológicos que a veces se producen en el ambiente urbano, efectuar una depuración masiva que asegure la higiene de las playas frecuentadas, de los parques de ostras, de los bancos de coquillaje, y, sobre todo, que dé la seguridad y tranquilidad al vecindario de que allí no existe una causa de contaminación para su salud.

Se hace, pues, necesario ir pensando en la fijación de unas normas cualitativas a imponer a los vertidos de aguas residuales en las costas, pero es evidente que de momento no puede pensarse en llegar a la rigidez y exigencias de los Estados Unidos, de los cuales 21 Estados litorales tienen sus propias reglas.

La mayor parte de estas reglas en las zonas de criaderos de moluscos están basadas en Reglamentos de la Administración de la Salud Pública, y las de protección de playas y balnearios lo están con arreglo a las recomendaciones de la Comisión de las Piscinas regida por la American Public Health Association.

Dentro de los Estados, el de California es el que más ha estudiado con detalle dichas normas, provocando entre los técnicos y administradores una viva oposición, ya que alegan (y con razón) que no pueden darse normas generales, sino que es preciso tener en cuenta las circunstancias y condiciones locales.

Bacteriológicamente se exige que la dosis máxima en zonas de criaderos de moluscos no pase de 70 coliformes por 100 ml., deducida de un número medio de pruebas representativas de la zona, marea y estación.

Cuando la dosis llega a 700 por 100 ml., las aguas se consideran ya muy polucionadas y se prohíbe la recogida de moluscos.

No obstante, entre esos dos valores intermedios las aguas se consideran moderadamente poluadas y pueden ser admitidas las extracciones de moluscos, siempre que se trasladen a aguas dulces, donde deben permanecer treinta días antes de la venta en el mercado.

Para las aguas balnearias se hacen cuatro clasificaciones, quedando a la discreción de las autoridades sanitarias el señalar cuáles de ellas han de aplicarse a la zona en cuestión. Estas son:

CLASE	A	B	C	D
N.º de coliformes por 100 ml. . .	50	51-500	501-100	+ de 1000
Calificación	buena	dudosa	mediana	mala

Claro está que esta distinción, que se aplica tanto a aguas salinas como a dulces, está basada sobre la incidencia relativa de las enfermedades enteriformes en la cuenca de vertido y en los resultados de las encuestas sanitarias, así como la apreciación ha de

descansar también sobre la duración de la estación balnearia, que guarda relación con el peligro relativo de las posibilidades de infección.

Se ha observado que las aguas saladas poseen un elemento protector intrínseco, que no es otro que la mayor dificultad del bañista de tragar agua, lo que hace que los índices de enfermedades sean más bajos; pues mientras en las zonas marítimas no pasan de 5,3 a 6,2 casos de enfermedad por 100 personas/días, en las aguas dulces llegan de 7,1 a 8,3.

Esa quizá sea la razón también de que las enfermedades otorrinolaringeas y las intestinales sean menos frecuentes entre los bañistas de agua salada que entre los de agua dulce.

Las reglas aplicadas por el Estado de Nueva York pueden servir un poco de orientación para algunos de nuestros casos.

Las de la clase SA han de responder a las siguientes características:

ELEMENTOS.	NORMAS.
1. Sólidos flotantes y sedimentables, productos petrolíferos y depósitos de fangos.	Ninguna que pueda provenir de aguas residuales, de residuos industriales o de cualquier clase.
2. Basuras, cenizas, escorias, aceites, fangos y otros detritus.	Ninguna en las aguas de la zona marítima definida por la legislación protectora del Estado.
3. Aguas residuales o efluentes de alcantarillas.	Ninguna si no están eficazmente desinfectadas.
4. Oxígeno disuelto.	No menos de 5 p.p.m.
5. Residuos tóxicos, sustancias deletéreas, restos coloreados y líquidos calientes.	Ninguno, aislados o en combinación con otras sustancias o residuos, de modo que por su cantidad o por sus temperaturas sean susceptibles de perjudicar a los peces o coquillajes comestibles, a su cultivo o propagación, o puedan alterar el gusto, color, olor o estado sanitario.
6. Organismos coliformes.	Dosis máxima: 700 organismos por 100 ml.

Estas normas son las aplicadas a las aguas de criaderos de moluscos.

La clase SB, aplicada a baños o cualquier otro uso (salvo el coquillaje), y las de la clase SC, aplicables a la pesca y otros usos (salvo baños y coquillaje), tienen las mismas normas, salvo la eliminación del límite de elementos coliformes.

Finalmente, las de la clase SD son iguales, sin más que reducir a 3 p.p.m. el oxígeno disuelto mínimo, o sea que admiten una mayor concentración.

La aplicación de estas normas conduce a que en las de la categoría "A" se exijan tratamientos previos tendentes a obtener:

a) Eliminación de todos los sólidos flotantes y un mínimo de 60 por 100 en suspensión.

b) Reducción del número de organismos del grupo *B. coli* (bacilos intestinales) hasta un 50 por 100 por centímetro cúbico de las muestras de efluentes antes de los vertidos. Estas normas se aplican también a las zonas balnearias durante la estación de los baños.

c) Reducción de la demanda de oxígeno del efluente, de forma a mantener las aguas litorales del sector (en las inmediaciones del punto de evacuación) a una profundidad de 1,50, de forma que la dosis mínima de oxígeno disuelto no sea inferior al 50 por 100 de la de saturación en cualquier época del año.

En la categoría "B" las condiciones se reducen a lo siguiente:

a) Eliminación de todos los sólidos flotantes y el 10 por 100 como mínimo de los en suspensión, para evitar la formación de depósitos de fangos.

b) Reducción suficiente de la demanda de oxígeno del efluente vertido, para que la dosis de oxígeno disuelto en las aguas litorales en las proximidades del punto de evacuación, y en muestras tomadas a la profundidad de 1,50, no sea inferior al 30 por 100 del de saturación.

Además, en América se ha desarrollado grandemente la colocación de exutorios o emisarios submarinos en los estuarios y en mar abierta.

Generalmente consisten en salidas simples o múltiples para descargar las aguas verticalmente, horizontalmente o en ángulo intermedio.

En las salidas, que tienen formas diversas, se emplean; o simples bocas planas o construcciones especiales llamadas difusores, que fuerzan a las aguas residuales a verterse en forma diversa, especialmente en cinta en espiral.

La distancia del vertido de estos emisarios submarinos a la orilla varía de: una centena hasta alrededor de un millar de metros.

Los estudios realizados en Los Angeles en numerosos emisarios submarinos han permitido a los técnicos Rawn y Palmer proponer la ecuación logarítmica fundamental siguiente:

$$(S_0 - 1) Q^{0,61} = 0,5 (L + 3)^{2,35}$$

En esta fórmula las representaciones son las siguientes:

S_0 es igual al coeficiente de dilución en el vértice del chorro montante de agua dulce o de agua residual; Q , igual al gasto en galones por minuto; L , longitud de la línea media del chorro montante.

Las observaciones han hecho constatar que el diámetro del chorro montante en la proximidad de la

superficie era de $L/3$, y el espesor de la masa de agua residual, $L/12$.

También se ha comprobado que para que la concentración bacteriana no pase de 10 coliformes por ml. en la periferia de la masa de agua residual, haría falta un coeficiente de dilución de $S = 200$ a 250.

De estos estudios se llega a dos conclusiones generales, que son:

1.^a Los chorros horizontales recorren un camino más largo y presentan una dilución inicial más fuerte que los verticales en una misma profundidad de agua.

2.^a Los chorros múltiples de gasto equivalente tienen una dilución inicial más fuerte y una dispersión de la masa de agua residual en menor superficie que la de los chorros simples.

Finalmente, queda por prever, en la protección de las costas, el problema de la evacuación de los fangos residuales de las estaciones depuradoras, si es que en alguna localidad se practica.

En América se evacúan estos fangos: ya sean brutos, parcialmente digeridos, digeridos o parcialmente deshidratados, por vertido en el mar mediante barcos especiales.

Si el vertido se hace en puntos de aguas profundas donde no pueden ser conducidos a las playas por las corrientes, el sistema es aceptable.

De todos modos, si no se aprovechan estos fangos (que es lo racional y lo lógico, desde el punto de vista de la economía nacional, para no perder productos fertilizantes contenidos en los mismos) o si se evacúan por emisarios sumergidos mezclados con el efluente primario, se ha llegado a la conclusión, según los ensayos en Los Angeles por los especialistas Rawn y Bowerman, que es indispensable la digestión de los fangos, y aun así esta mezcla antes citada aumenta la D.B.O. en un 2 por 100; la cantidad de sólidos sedimentables, en 1,5 m. por litro aproximadamente, y la cantidad total de materias gruesas en forma de grasas mezclables y emulsionables, en un 20 por 100, así como la demanda de cloro, en un 5 por 100.

Igualmente se ha observado una ligera disminución de la concentración de los coliformes.

Por ello, se pronuncian por la evacuación en canalizaciones separadas, con el fin de evitar la formación de bancos de fangos: bien por insuficiencia de las corrientes próximas a la orilla, con la posibilidad de perjudicar a los organismos vivos del fondo, o por causa de profundidades demasiado débiles que no permitan una dilución y dispersión convenientes; y, sobre todo, por evitar la posibilidad de aumentar la turbiedad de las aguas litorales, perjudicando así a la flora y fauna marinas.

BIBLIOGRAFIA

1. GOTHAAS, H. B. y SEWAGE WORKS, F.: 21, 818 (1949).
 2. ORLOB, G. T.: *Sewage and Ind. Wastes*, 28, 1147 (1956).
 3. RAWN, A. M., and PALMER, H. K.: *Trans. Am. Soc. Civil Engrs.*, 94, 1036 (1930).
 4. *U. S. Public Health Service Publication*, núm. 33, 1950.
 5. *American Public Health Association*, 1949.
 6. *California State Water Pollution Control Board. Water Quality Criteria*, 1952.
 7. THOMAS, H. A., JR.: *Sewage and Ind. Wastes*, 27, 212 (1955).
 8. STEVENSON, A. H.: *Am. Jour. Pub. Health*, 43, 529 (1953).
 9. *New York State, Rules and Classifications and Standards of Quality and Purity for Waters in New York State*, 1950.
 10. KETCHUM, B. H., J., *Boston, Soc. Civil Engrs.*, 37, 198 (1950).
 11. KETCHUM, B. H.: *Sewage and Ind. Wastes*, 23, 198 (1951).
 12. STOMMEL, Henry: *Sewage and Ind. Wastes*, 25, 1065 (1953).
 13. BURT, W. W., and L. D. MARRIAGE: *Sewage and Ind. Wastes*, 29, 1385 (1957).
 14. *California Water Pollution Control Board, An Investigation of the Efficacy of Submarine Outfall Disposal of Sewage and Sludge*, 53-71 (1956).
 15. RAWN, A. M., and F. R. BOWERMAN: *Sewage and Ind. Wastes*, 26, 1309 (1954).
-