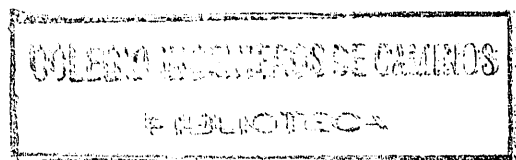


Análisis de la problemática de los sistemas depurativos actuales en la ordenación del territorio del área metropolitana de Madrid. Techos poblacionales y costes (*)



Por FRANCISCO CADARSO GONZALEZ
MIGUEL DURBAN SANCHEZ
CARLOS LOPEZ ASIO

Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Dirección Técnica de Planeamiento
COPLACO (MOPU)

El presente artículo recoge la comunicación presentada en el Congreso sobre Tecnologías de Bajo Costo para la Depuración de Aguas Residuales que se celebró en Madrid los días 18, 19 y 20 de noviembre de 1981 y que fue organizado por la Dirección General del Medio Ambiente del MOPU.

En él se expone un resumen referente a la asignación de las infraestructuras de saneamiento y depuración que dentro del capítulo de las infraestructuras hidráulico-sanitarias se analizan en las Directrices de Planeamiento Territorial Urbanístico del Área Metropolitana de Madrid, recientemente aprobadas por COPLACO. Tras un primer análisis sucinto de la problemática se especifican las Directrices respecto a saneamiento y depuración, que tienen carácter de norma jurídica a la que se han de atener los ayuntamientos en las Revisiones de los Planes Generales de los Municipios del Área Metropolitana de Madrid.

1. INTRODUCCION

El presente artículo recoge la comunicación presentada en el Congreso sobre Tecnologías de Bajo Costo para la Depuración de Aguas Residuales que se celebró en Madrid los días 18, 19 y 20 de noviembre de 1981 y que fue organizada por la Dirección General del Medio Ambiente del MOPU.

Dicha comunicación es una síntesis de los aspectos fundamentales contenidos en el capítulo dedicado a las infraestructuras hidráu-

lico-sanitarias en las Directrices de Planeamiento Territorial Urbanístico para la Revisión del Plan General del Área Metropolitana de Madrid, elaboradas recientemente por COPLACO («Boletín Oficial del Estado» de 8 de diciembre de 1981).

Estas Directrices, redactadas y aprobadas según establecía el Real Decreto-Ley 11/1980 de 26 de septiembre tienen por finalidad establecer el necesario marco de compatibilidad y coherencia que permita un tratamiento global del fenómeno metropolitano madrileño en el momento en que se procede a revisar los Planes Generales Municipales de Ordenación en cada uno de los municipios integrantes del Área Metropolitana de Madrid. Hay que señalar que estas Directrices tienen carácter vinculante tanto para las actuaciones de la Administración Central como para las de la Local.

*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 30 de noviembre de 1982.

NOTA: Los gráficos están tomados de «Directrices de planeamiento territorial urbanístico para la revisión del Plan General del Área Metropolitana de Madrid», COPLACO. 1981.

2. DEFICIENCIA O INEXISTENCIA DE INFRAESTRUCTURA DE SANEAMIENTO Y DEPURACIÓN: VERTIDOS DIRECTOS, SUPERACIÓN DE CAPACIDADES DE AUTODEPURACIÓN Y PELIGRO DE EUTROFIZACIÓN

Al tratar la problemática del saneamiento y depuración hay de nuevo que insistir en la conveniencia de considerar globalmente el ciclo completo del agua, concibiendo conjuntamente las infraestructuras hidráulicas tanto de abastecimiento como de saneamiento, puesto que el agua es recurso y a la vez vehículo portador de los vertidos de aguas residuales; los embalses regulan los regímenes hidrográficos de los ríos y por tanto pueden influir en su capacidad de autodepuración; a su vez los vertidos en lugar, cantidad o calidad inadecuados pueden dañar o inutilizar los recursos hidráulicos.

La situación de la infraestructura de saneamiento y depuración en la provincia y en el Área Metropolitana de Madrid es sin duda la más precaria de todas las infraestructuras básicas. La escasez o inexistencia de depuradoras —sólo se depura aproximadamente 1/3 del caudal total de residuales— así como su frecuentemente inadecuada explotación afectan seriamente a los sistemas hidrográficos.

La proliferación de vertidos directos urbanos e industriales, así como la no consideración de las capacidades reales de autodepuración de los cursos de agua, convertidos muchos de ellos en cloacas, han conducido a una situación inaceptable desde el punto de vista ambiental y sanitario.

Han de considerarse muy graves los problemas planteados por los vertidos aguas arriba de los embalses que pueden provocar fenómenos de eutrofización de dichos embalses a causa de un exceso de nitrógeno y fósforo que provoca el desequilibrio y rompimiento de la cadena trófica de las aguas, pudiendo llegar a inutilizarlas para el consumo humano. De este fenómeno ya se han detectado síntomas en algunos embalses del Canal de Isabel II.

3. CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE CAPACIDAD POBLACIONAL EN FUNCIÓN DE CONDICIONANTES TÉCNICOS DE LA DEPURACIÓN

Dentro de los trabajos realizados por COPLACO para la redacción del PEIB (Plan Especial de Infraestructuras Básicas de la Provincia de Madrid), se llevó a cabo el «Estudio de Autodepuración de la Red Hidrográfica de la Región Central» que aporta un importante conocimiento de la capacidad de absorción de contaminantes en los cauces hidrológicos próximos a Madrid. Basándose en este estudio se han podido fijar de forma objetiva y global los tipos de depuración exigibles a las actividades urbanas e industriales tanto en la actualidad como para el futuro.

Estos estudios han consistido básicamente en un *modelo de autodepuración que estima la evolución del oxígeno disuelto en los diversos tramos en los que se han dividido los ríos y teniendo en cuenta la desoxigenación producida por los vertidos, se consigue cuantificar el comportamiento reoxigenador de los diversos tramos de éstos.*

Por otra parte, en la provincia de Madrid y sus proximidades están ubicados más de veinte embalses de los que aproximadamente la mitad son utilizados por el Canal de Isabel II para el abastecimiento del Área Metropolitana de Madrid. En este sentido el estudio ha aplicado un modelo de eutrofización de embalses.

Los análisis realizados con los modelos de autodepuración han permitido un conocimiento del poder reoxigenador de los ríos estudiados, a partir del cual pueden estimarse los techos poblacionales, según el tipo de tratamiento que se dé a la depuración de los vertidos.

La capacidad autodepuradora de los ríos viene determinada por las siguientes variables:

- Caudal circulante de los ríos.
- Capacidad de reoxigenación natural, en función del grado de saturación de oxígeno.
- Reoxigenaciones artificiales de los ríos (hoy en día inexistentes de la provincia).
- Velocidad del agua en el río (el aumento de la misma reduce la tasa de desoxigenación).
- Usos previstos para el río.

Los techos de asentamiento se obtienen en habitantes equivalentes, de forma a tener en cuenta las necesidades de depuración debidas al sector secundario; utilizando factores de equivalencia, población equivalente/empleo, variables según el tipo de secundario considerado, se pueden traducir los techos a población real.

Los gráficos adjuntos 1, 2 y 3 reflejan respectivamente los techos poblacionales por cuencas y los niveles de depuración necesarios en la situación actual y para 1990.

Los tipos de tratamiento considerados son los siguientes:

- Tratamiento primario o tratamiento físico: con una simple decantación (reducciones de 50/60 % sólidos y 30/38 % DBO₅).
- Tratamiento secundario biológico: complementando el anterior con adición de oxígeno (fangos activos o lechos bacterianos) y posterior decantación secundaria. (Reducción de un 85 % sólidos en suspensión y 80/90 % DBO₅).
- Tratamiento secundario bioquímico o tratamiento químico: complementando el anterior con la adición de reactivos químicos para la obtención de los rendimientos exigidos a la DBO₅. (Reducciones por encima de un 95 % de la DBO₅).
- Tratamiento terciario trófico: los anteriores con una decantación terciaria y floculación con cal, sulfato de aluminio o polímeros).

Como ejemplo de la adecuación de estas hipótesis, el Plan de Saneamiento Integral de Madrid (PSIM) conseguirá con tratamientos secundarios suficientemente afinados rendimientos en todas las depuradoras del orden del 92/93 %. De hecho, en los actuales concursos para la adjudicación de depuradoras promovidos por la Administración se están exigiendo reducciones superiores al 90 % tanto en DBO₅ como en sólidos en suspensión.

En realidad los rendimientos específicamente terciarios habrían de aplicarse a los que hubiesen de responder a la problemática eutrofizante de los embalses de abastecimiento, es decir, a la eliminación de los nutrientes fósforo y nitrógeno que potencian y aceleran los desarrollos vegetales en los

cauces y embalses donde son vertidos, con posteriores putrefacciones y nuevas contaminaciones por falta de oxígeno para continuar su desarrollo.

Por lo tanto, más que a la denominación del tratamiento, que se presta a diversas interpretaciones según la línea de tratamiento adoptado, *debe atenderse a los rendimientos reductores DBO₅ de 40,85 y 95 %, rendimientos que pueden obtenerse con las actuales tecnologías depurativas.*

Además de la DBO₅ existen otros muchos índices característicos del grado de contaminación de las aguas tanto bacteriológicos como químicos (iones metálicos).

Los tratamientos señalados anteriormente, cuando alcanzan los rendimientos exigidos en DBO₅, también reducen significativamente los demás índices bacteriológicos (todos los tratamientos llevan una cloración u ozonización previa al vertido).

Los índices metálicos no suelen presentarse en aguas residuales domésticas siendo más corriente que se encuentren en los vertidos industriales, por lo que es preciso un control específico de estas aguas para garantizar los rendimientos exigidos.

Como elemento de referencia que ayuda a la toma de decisiones se adjunta el gráfico 4 en el que se indican los costes de implantación y explotación de sistemas de depuración para distintos niveles poblacionales. Son de destacar los muy inferiores costes unitarios para los umbrales poblacionales altos, lo que redundará en la conveniencia de mancomunar intermunicipalmente las depuraciones.

Los gráficos 5 y 6 adjuntos recogen los resultados de los estudios realizados, indicando las limitaciones de población por zonas para todo el ámbito provincial, según que predominen criterios relativos a eutrofización o a autodepuración.

4. VERTIDOS INDUSTRIALES

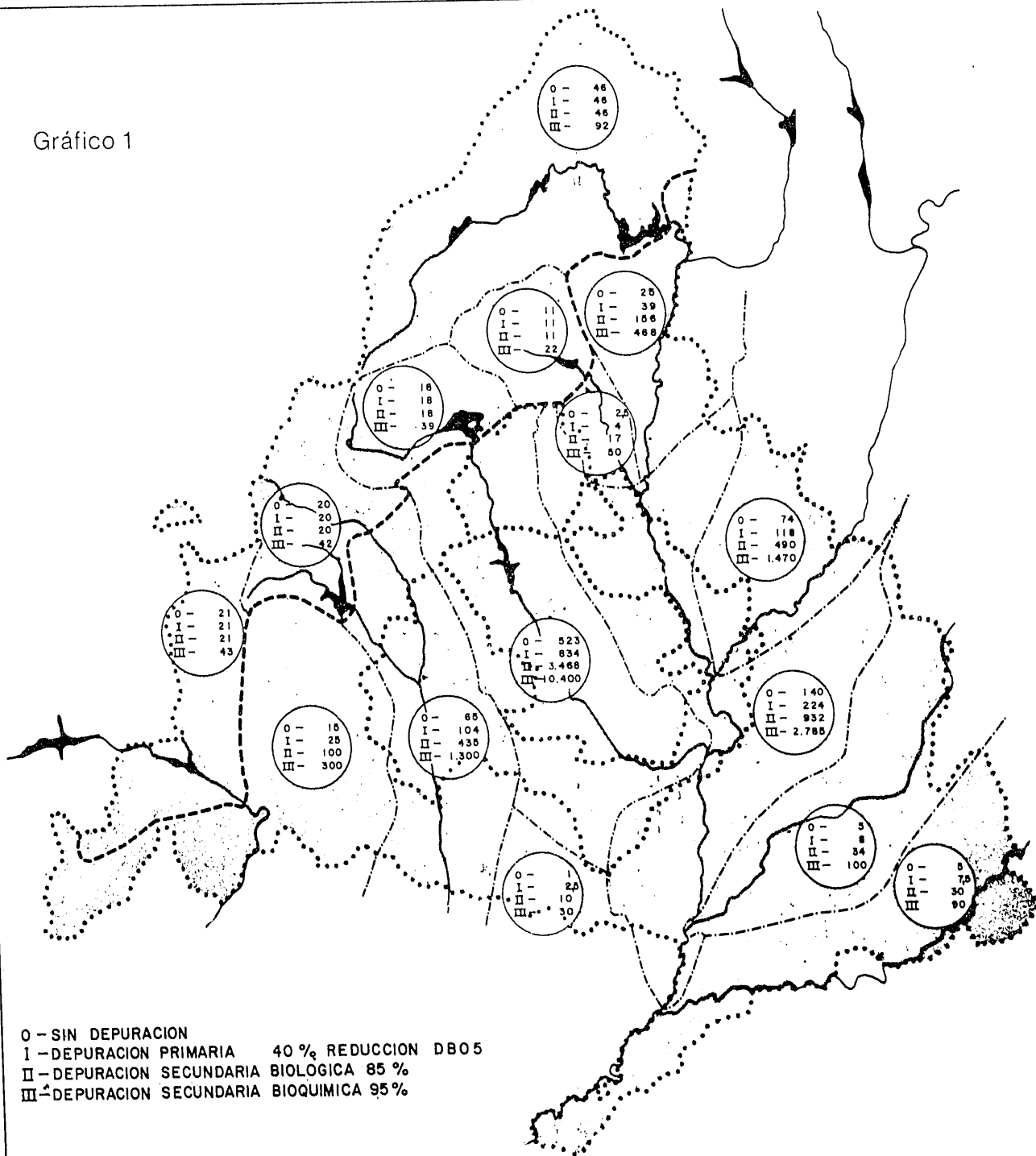
Los vertidos industriales tienen máxima importancia tanto por su volumen (1) como por sus concentraciones contaminantes químicas y biológicas.

(1) Por ejemplo, en el Suroeste hay municipios en los que el vertido industrial representa del orden de tres veces el vertido típicamente urbano.

TECHOS POBLACIONALES POR CUENCAS Y NIVELES DEPURATIVOS ZONIFICADOS EN MILES DE HABITANTES EQUIVALENTES.

En función de la capacidad autodepuradora de los ríos y tomando como condicionante básico la calidad necesaria de las aguas del Tajo, aguas abajo de la línea de embalses en la provincia de Madrid, se han determinado mediante la aplicación del modelo recogido en el P.E.I.B. (Plan Especial de Infraestructuras Básicas) los techos poblacionales máximos admisibles en cada una de las cuencas según sea el nivel de depuración de las aguas residuales vertidas a los cauces. Las zonas, aguas arriba de los embalses de abastecimiento, presentan limitaciones mayores con el fin de evitar la eutrofización de los mismos. Estos techos también se han determinado en función del modelo que para la eutrofización se recoge en el Plan Especial de Infraestructuras Básicas.

Gráfico 1



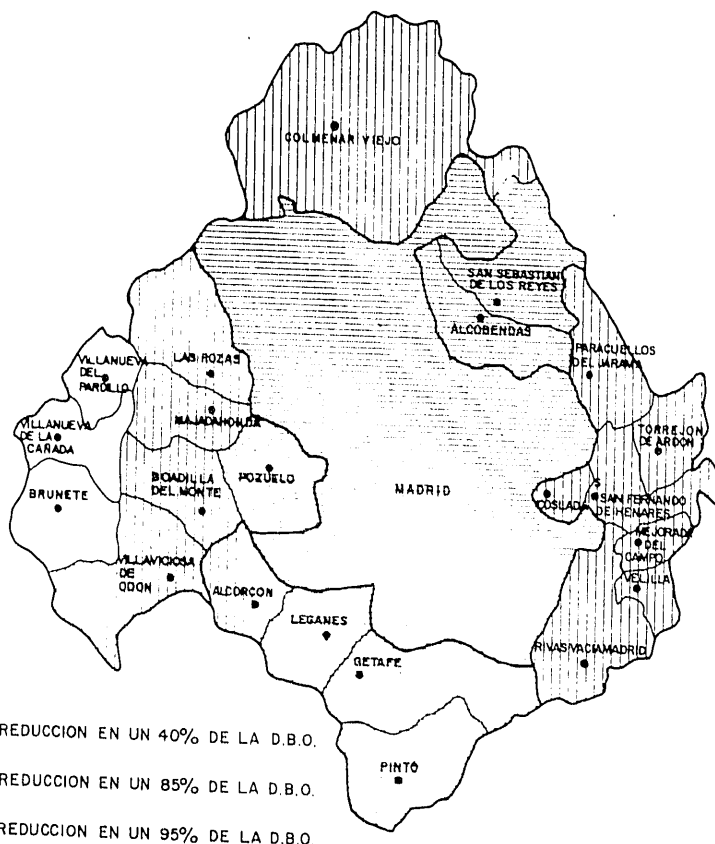
ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE LOS SISTEMAS DEPURATIVOS ACTUALES...

NIVELES DE DEPURACION NECESARIOS EN LA SITUACION ACTUAL PARA REESTABLECER LA CALIDAD NATURAL DE LOS RIOS.

Teniendo en cuenta las limitaciones de población equivalente que se puede asentar en cada cuenca y los asentamientos existentes en el Area Metropolitana, se han definido las necesidades de depuración para cada término municipal. Para la estimación de la población equivalente se ha tenido en cuenta que cada empleo industrial equivale, por lo que se refiere al potencial de contaminación de aguas, a los siguientes habitantes según la zona:

M. de Madrid : 5,8 habitantes.
 Zona Norte : 8,3 "
 " Este : 11,6 "
 " Sur : 13,0 "
 " Oeste : 8,4 "

valores que se han determinado en función del tipo de industria localizada en cada zona.



- REDUCCION EN UN 40% DE LA D.B.O.
- REDUCCION EN UN 85% DE LA D.B.O.
- REDUCCION EN UN 95% DE LA D.B.O.

ZONA	Empleo Industria	Población 1.980	Población Equivalente	POBLACION EQUIVALENTE	
				TECHO DEPURACION	MARGEN DE CRECIMIENTO
MADRID	256	3.188	4.673	6 800	2.127
NORTE	8	124	191	560	369
ESTE	14	163	326	350	24
SUR	22	450	739	1.100	361
OESTE	2	84	101	506	405
TOTAL	302	4.009	6.030	9.316	3.286

(VALORES EN MILES)

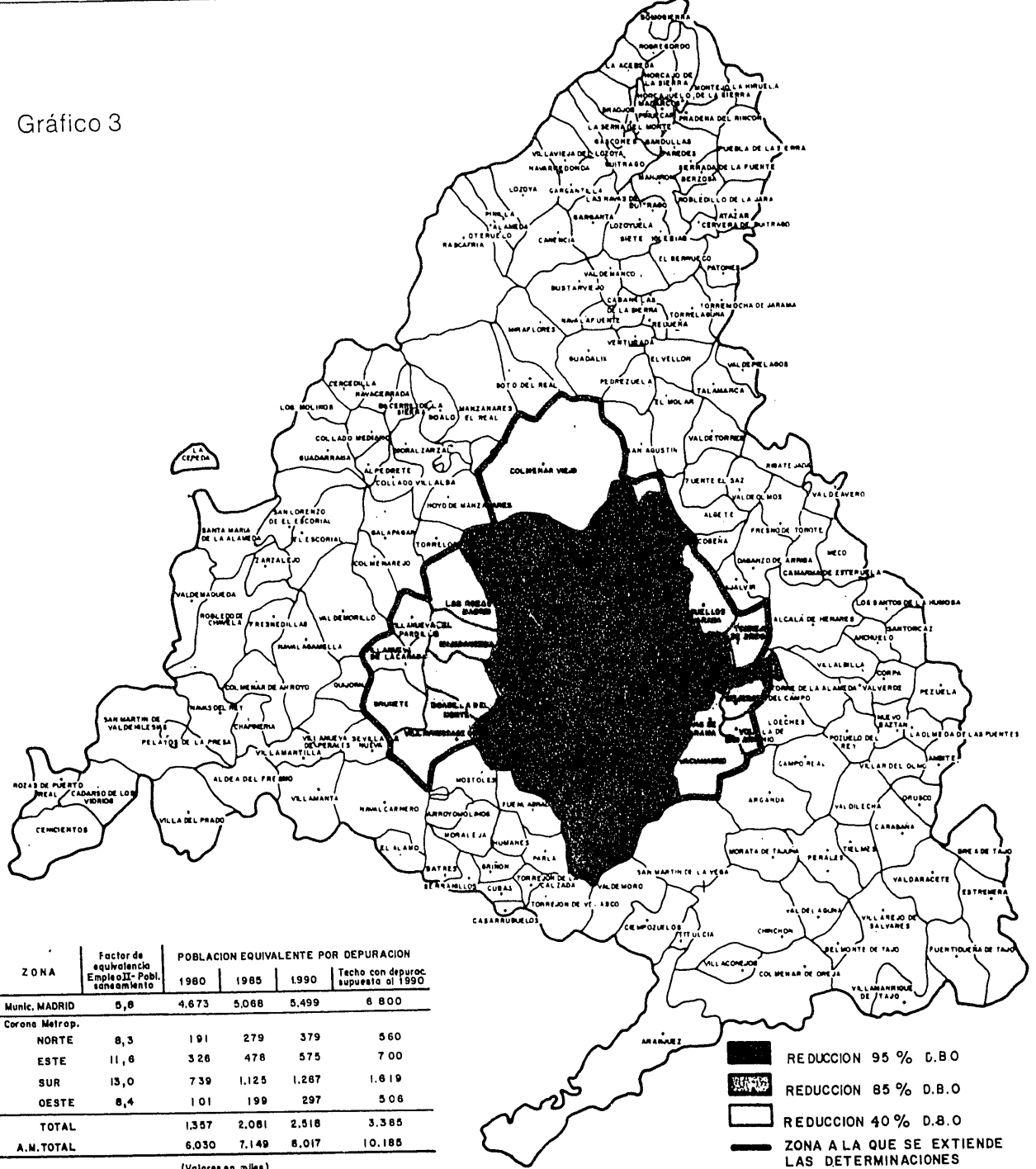
Gráfico 2

ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE LOS SISTEMAS DEPURATIVOS ACTUALES...

NIVELES DE DEPURACION NECESARIA PARA EL AREA METROPOLITANA EN 1990.

En base a las propuestas de población y empleo industrial recogidas en el presente documento para cada zona del Area Metropolitana; se han determinado las poblaciones equivalentes resultantes. En la tabla se recoge la población equivalente máxima admisible en el supuesto de que se establecieran los niveles de depuración indicados para cada municipio. Los valores obtenidos permiten ver cómo para 1990, dichos niveles de depuración municipales se deben considerar como mínimos con el fin de asegurar que posibles desviaciones o mal funcionamiento puntual de las instalaciones no produzcan un deterioro grave de la calidad de las aguas de los ríos.

Gráfico 3



ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE LOS SISTEMAS DEPURATIVOS ACTUALES...

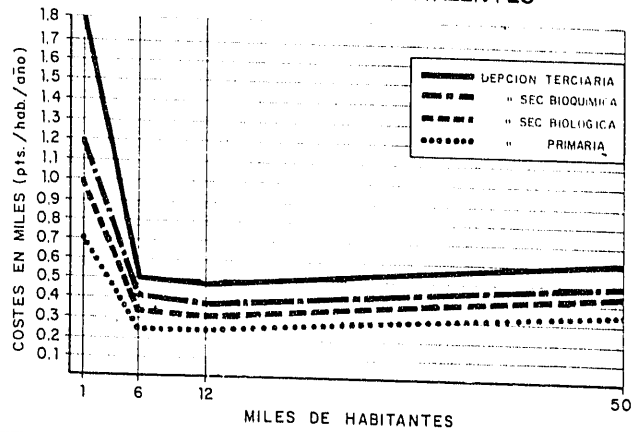
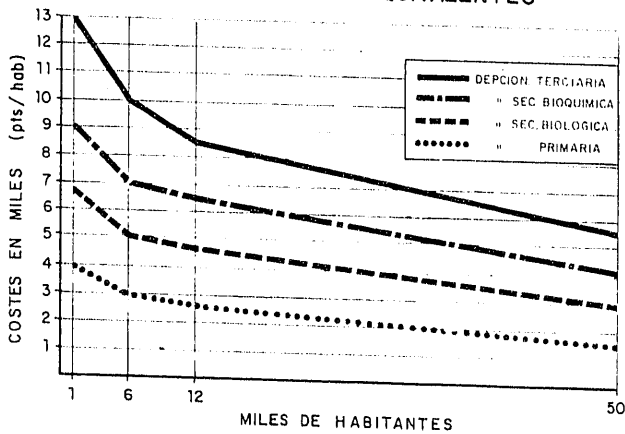
La aplicación de los datos recogidos en el presente esquema da idea de los elevados costes que implica la depuración de aguas residuales. Se puede observar que una población de 100.000 habitantes puede requerir una inversión de depuradoras (sin contar los colectores necesarios para recoger y canalizar las aguas residuales de los asentamientos) de unos 150, 260, 390 ó 500 millones de pesetas, según el nivel de depuración (40%, 85%, 95% de reducción de la DBO, o depuración trófica: 95% reducción de la DBO y reducción del fósforo y del nitrógeno), a lo que habría que añadir -- respectivamente.

COSTES DE IMPLANTACION DEPURADORAS (pts./hab.)

COSTES DE EXPLOTACION DEPURADORAS (pts./hab./año)

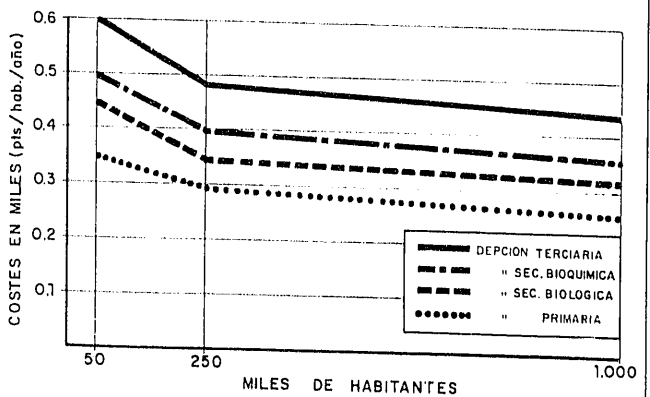
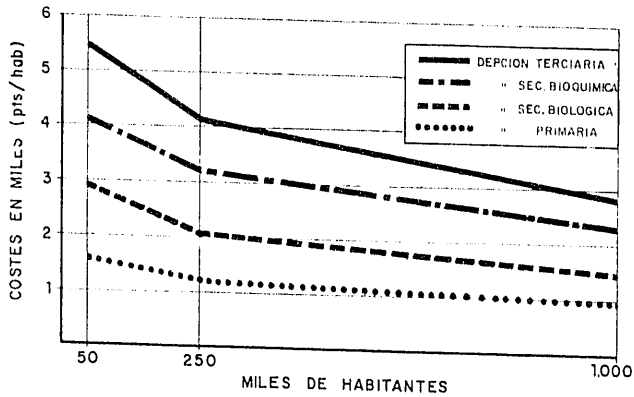
HASTA 50.000 HAB. EQUIVALENTES

HASTA 50.000 HAB. EQUIVALENTES



DE 50.000 A 1.000.000 HAB. EQUIVALENTES

DE 50.000 A 1.000.000 HAB. EQUIVALENTES



NIVEL (miles hab.)	DEPURACION PRIMARIA (40% REDUC DBO)	DEPURACION SECUNDARIA BIOLÓGICA (85% REDUC. DBO)	DEPURACION SECUNDARIA BIOQUÍMICA (95% REDUC. DBO)	DEPURACION TERCIARIA (90-95% REDUC. P.) (50-60% REDUC. N.) (95% REDUC. DBO)
1	4.000	6.700	9.000	13.000
6	3.000	5.200	7.000	10.000
12	2.700	4.700	6.500	8.500
50	1.600	2.800	4.200	5.500
250	1.300	2.200	3.300	4.200
1.000	900	1.500	2.300	2.800

NIVEL (miles hab.)	DEPURACION PRIMARIA (40% REDUC DBO)	DEPURACION SECUNDARIA BIOLÓGICA (85% REDUC. DBO)	DEPURACION SECUNDARIA BIOQUÍMICA (95% REDUC. DBO)	DEPURACION TERCIARIA (90-95% REDUC. P.) (50-60% REDUC. N.) (95% REDUC. DBO)
1	750 (1)	1.000 (3)	1.200 (3)	1.800 (3)
6	250 (1)	350 (3)	400 (3)	500 (3)
12	230 (1)	330 (3)	380 (3)	480 (3)
50	350 (2)	450 (4)	500 (4)	600 (4)
250	290 (2)	350 (5)	400 (5)	480 (5)
1.000	260 (2)	320 (5)	360 (5)	440 (5)

- (1) SECADO FANGOS EN INTEMPERIE, EXPLOTACION MANCOMUNADA.
- (2) SECADO MECANICO FANGOS.
- (3) AIREACION PROLONGADA, EXPLOTACION MANCOMUNADA.
- (4) FANGOS ACTIVOS, DIGESTION AEROBIA.
- (5) FANGOS ACTIVOS, DIGESTION ANAEROBIA.

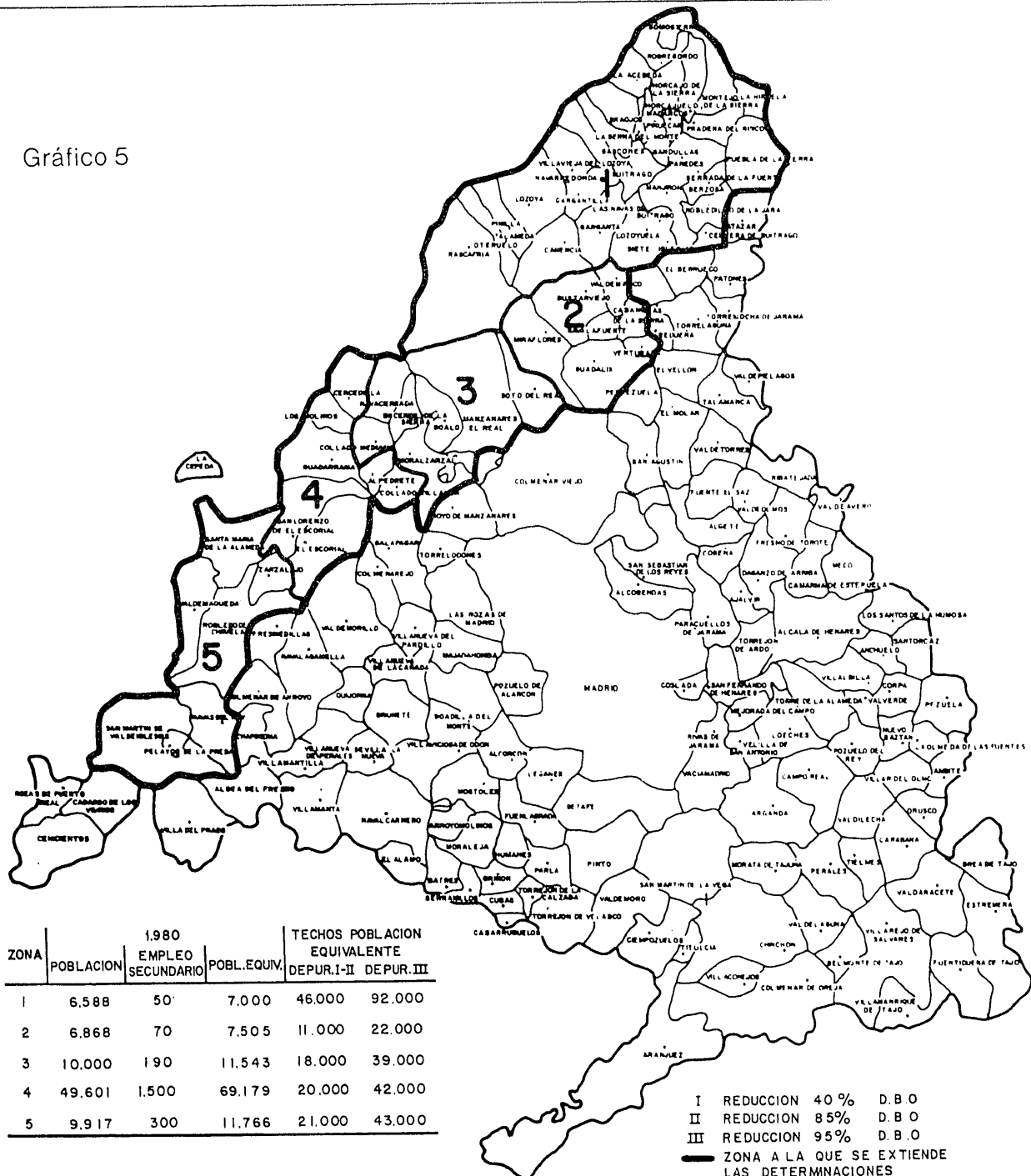
Gráfico 4

ANALISIS DE LA PROBLEMATICA DE LOS SISTEMAS DEPURATIVOS ACTUALES...

ZONAS DE CONTROL POR EUTROFIZACION DE EMBALSES.

Para asegurar que los embalses existentes no lleguen a eutrofizarse, hay que imponer unos techos máximos de asentamiento de población y empleo industrial en las cinco zonas recogidas en el gráfico. Conviene resaltar que en la zona 4 ya se ha superado el techo máximo admisible a pesar de que impusiera una depuración óptima y técnicamente posible de las aguas residuales. Ello obligará sin duda al establecimiento de colectores que lleven las aguas residuales a depuradoras con vertido a los puntos más adecuados de los cauces, aguas abajo de los embalses existentes, además de exigir un nivel de depuración adecuado de los vertidos industriales.

Gráfico 5

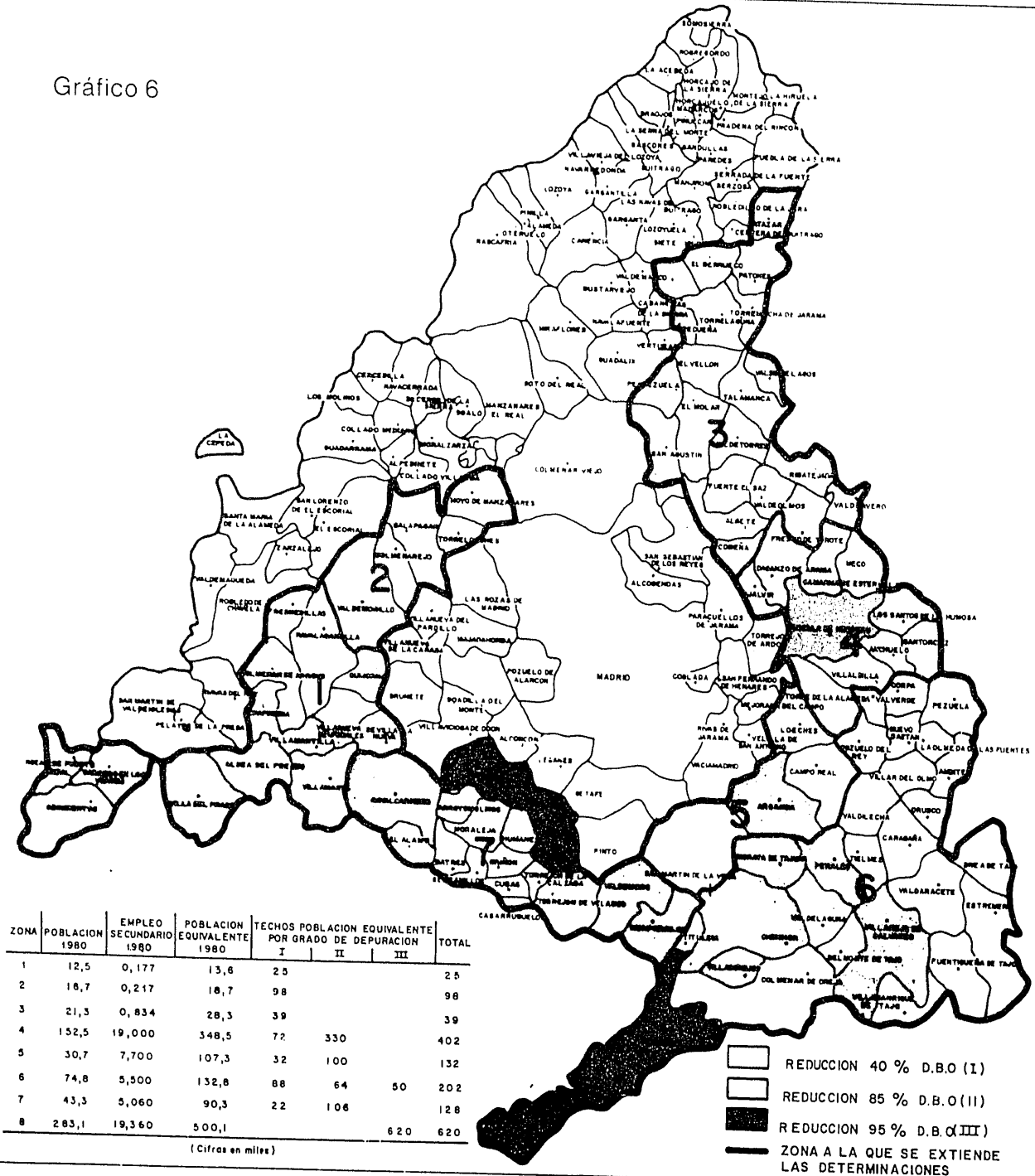


ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA DE LOS SISTEMAS DEPURATIVOS ACTUALES...

LIMITACIONES POR CRITERIOS DE DEPURACION EN EL RESTO DE LA PROVINCIA.

El resto de la provincia, no comprendido en el Area Metropolitana, y en base al establecimiento de los niveles de depuración municipales indicados en la figura, se obtienen los techos de población equivalente para cada una de las grandes zonas indicadas. Comparando estos techos con la población equivalente en 1980 se puede ver que hay zonas que admitirían un crecimiento de población y empleo industrial mayor que en otras con los supuestos de depuración establecidos para cada municipio. Destacan las zonas 3 y 7 (Suroeste) como zonas con menor margen de crecimiento posible. Los techos totales obtenidos integran por zonas los distintos techos parciales para los grados de depuración considerados en cada municipio.

Gráfico 6



Mataderos, centrales lecheras y queseras, industrias químicas y farmacéuticas, fábricas de cerveza y alcoholes, etc., son algunas de las tipologías industriales cuyas cargas contaminantes inciden de forma muy importante en el deterioro de la calidad de la red hidrográfica.

Será preciso controlar estrictamente los efluentes industriales con objeto de exigir sus adecuados tratamientos, tanto para el vertido a los cauces como para su inclusión en las redes municipales. Para ello sería útil contar con los correspondientes reglamentos de vertidos industriales, en los que se contemple tanto las características de los efluentes y sus necesidades de tratamiento como las concentraciones máximas admisibles para su vertido a las redes municipales o a los cauces públicos.

Los distintos tipos de industrias deberían adecuar su tipo específico de tratamiento de vertido al carácter del propio proceso industrial recurriendo a tratamientos específicos (absorción por carbón, precipitación química, intercambio iónico, etc.). El nivel de tratamiento exigible sería función de la posibilidad de vertido a la red municipal de saneamiento o a la red hidrográfica.

El grado de depuración exigible sería asimismo función de las posibles reutilizaciones alternativas (usos municipales, riegos agrícolas y forestales, usos industriales, usos recreativos, recarga de acuíferos, etc.).

5. DIRECTRICES PRINCIPALES EN RELACION CON LA PROBLEMATICA DE LA DEPURACION DE AGUAS RESIDUALES

- Es fundamental tratar de forma integral el ciclo completo del agua considerando ésta como recurso natural que se utiliza y devuelve a la naturaleza para ser de nuevo utilizado.

Por tanto la planificación, ejecución, gestión, explotación y control de las infraestructuras hidráulico-sanitarias, tanto relativas al abastecimiento como al saneamiento y depuración, ha de hacerse de forma conjunta y coordinada.

- Tanto los recursos de agua como las posibilidades de autodepuración de los cursos de agua y el peligro de eutrofización de los embalses, suponen la existencia de techos que han de condicionar ineludiblemente las determinaciones de planeamiento del Area Metropolitana y de la provincia de Madrid.

Todos los Planes Generales de Ordenación Urbana deberán considerar estos condicionantes y justificar la racionalidad y compatibilidad de sus determinaciones al respecto.

El tratamiento de las aguas residuales abarcará cuantas acciones sean necesarias para acondicionar dichas aguas a la capacidad autodepuradora del cauce receptor y a las calidades exigibles a dichas aguas en función de los usos que tengan asegurados, reinstaurando un adecuado habitat acuicola en toda la red hidrográfica.

- Los planes generales establecerán la obligatoriedad de que las redes de saneamiento definidas en las correspondientes figuras de planeamiento que desarrollen el plan, se proyecten teniendo en cuenta la afección de las restantes áreas urbanizables, existentes o programadas, que puedan influir en los aspectos acumulativos de los caudales a evacuar, con objeto de evitar la progresiva sobresaturación de las redes y los inconvenientes causados por modificaciones no consideradas en las esorrentías.

Asimismo el planeamiento deberá considerar la conveniencia de unificar puntos de vertido procurando la convergencia de las redes, así como tener en cuenta las particularidades topográficas de forma que se permita el desagüe de todas las áreas.

- Los planes generales, en sus propias determinaciones o entre las obligaciones que impongan al planeamiento que los desarrolle, impondrán medidas específicas para los efluentes industriales de forma que las redes y elementos depuradores colectivos no se vean afectados por los vertidos industriales tanto por volumen como por sus concentraciones contaminantes químicas o biológicas.