



MÓDULO CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS

TEMA : CONTAMINANTES

DOCUMENTACIÓN ELABORADA POR:

JUAN ANTONIO SAINZ SASTRE

ÍNDICE

1. INTRODUCCION	4
2. CAUDAL DE AGUA	4
3. CLASIFICACION DE LOS CONTAMINANTES	10
4. CONTAMINANTES FISICOS	14
4.1 <i>CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS.....</i>	<i>14</i>
4.1.1 COLOR	14
4.1.2 OLOR	16
4.1.3 SABOR.....	17
4.2 <i>GRASAS Y ACEITES.....</i>	<i>18</i>
4.3 <i>ESPUMAS.....</i>	<i>20</i>
4.4 <i>TEMPERATURA</i>	<i>21</i>
4.5 <i>SOLIDOS</i>	<i>23</i>
4.5.1 MEDIDA	27
5. CONTAMINANTES QUÍMICOS.....	28
5.1 <i>MATERIA ORGANICA</i>	<i>28</i>
5.1.1 BIODEGRADABILIDAD	29
5.1.2 DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	32
5.1.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	33
5.1.4 OTROS SISTEMAS DE EXPRESIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA	34

5.2	pH	35
5.3	NITROGENO Y FOSFORO	36
5.4	TOXICOS	38
6.	TOMA DE MUESTRAS.	40
7.	COMPOSICIÓN TÍPICA DE UN AGUA RESIDUAL URBANA.	42

1. INTRODUCCION

A la hora de abordar el diseño de una instalación de depuración de aguas residuales ya sea urbana o industrial, el conocimiento del volumen de agua a tratar, y la composición de la misma es fundamental, ya que ambas condiciones van a suponer las bases ciertas de partida y cualquier error en las mismas conllevará que la futura instalación no cumpla con las previsiones que se habían previsto inicialmente.

En el caso de que no se conozca ni la composición ni el caudal del agua a depurar en la futura instalación, la primera fase de cualquier proyecto consistirá en el trabajo de campo que permita su cuantificación.

En este capítulo se estudia aquellas características más importantes referentes al caudal de agua a tratar, así como de los contaminantes más frecuentes que se pueden encontrar en las aguas residuales.

2. CAUDAL DE AGUA

Uno de los parámetros fundamentales para el diseño y cálculo de plantas de tratamiento de aguas residuales, es el caudal de agua a tratar, entendiendo por tal el volumen de agua que llega a la depuradora por unidad de tiempo.

Es igualmente importante conocer, la variación del caudal a lo largo del día (valores máximos, medios y los valores punta que en un momento determinado puedan producirse).

De lo indicado anteriormente, los diferentes valores de caudal que se deben tener muy en cuenta a la hora de realizar un diseño son:

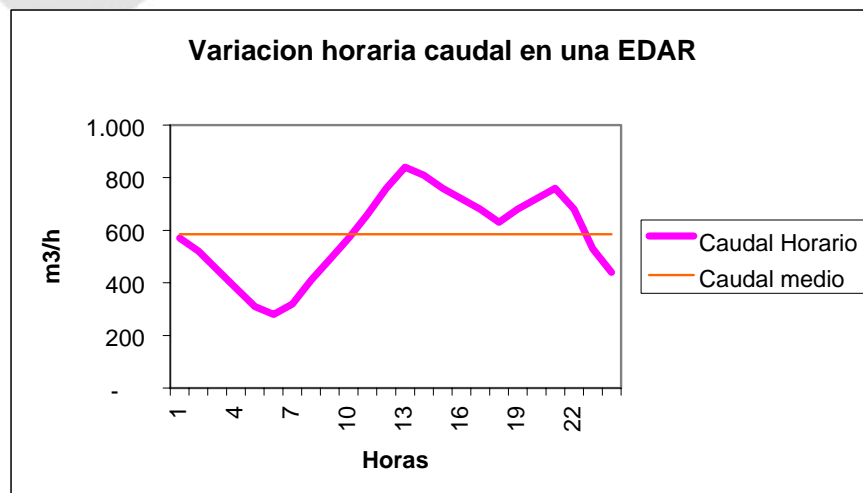
- ☞ Caudal hidráulico o punta, m³/h
- ☞ Caudal máximo (Q_{máx}), m³/h
- ☞ Caudal medio (Q_{med}), m³/h
- ☞ Caudal mínimo (Q_{mín}), m³/h

Los valores, de los caudales mencionados, en el caso de aguas industriales, vendrán dados por los procesos fabriles, producción, horarios de trabajo, etc., debiendo venir establecidos y cuantificados por la industria, o bien determinados "in situ" por personal debidamente cualificado.

En el caso de aguas residuales urbanas, las variaciones entre el caudal máximo y el caudal medio, varían entre:

$$\frac{Q_{\max}}{Q_{\text{med}}} = 1,5 - 2,5$$

En las aguas residuales urbanas se observan unas variaciones muy importantes del caudal a lo largo del día, como la representada en la figura siguiente.



Estas curvas son similares a las de suministro de agua potable, con un defasaje de algunas horas.

El valor de la relación entre el caudal máximo y medio en una depuradora urbana vendrá determinado por los siguientes factores:

- ☞ Tamaño de la población
- ☞ Hábitos de los habitantes.
- ☞ Extensión del área servida
- ☞ Longitud de la red de alcantarillado
- ☞ Presencia, tamaño y tipo de industria

- ↙ Tipo de red de colectores
- ↙ Pluviometría en la zona
- ↙ Climatología
- ↙ Filtraciones / Infiltraciones (que dependerán de la calidad de la red, antigüedad, nivel freático, etc.).
- ↙ Etc.

En el diseño de plantas depuradoras de aguas residuales urbanas de núcleos de población muy pequeños, se utiliza el término de caudal medio diario, que es el caudal diario, suponiendo que se produce en 16 horas.

$$Q \text{ diurno} = Q \text{ diario} / 16$$

Además de esta variación diaria, en las aguas residuales urbanas existen variaciones semanales, mensuales e incluso estacionales.

La estimación del caudal diario de agua residual que llega a una planta depuradora urbana, en la mayoría de las veces y por no disponer de información, se realiza a partir de la dotación y población servida, de tal forma que:

$$Q = \frac{D * P}{1000} \text{ m}^3/\text{d}$$

La dotación es un dato conocido por los servicios municipales, o empresas de suministro de agua local.

El caudal medio (Q_{MED}) vendrá definido:

$$Q_{MED} = \frac{Q}{24} \text{ m}^3/\text{d}$$

y el caudal máximo para aguas residuales urbanas, se puede determinar a partir de una serie de formulas matemáticas de tipo empírico, siendo una de las mas utilizadas, la siguiente:

$$Q_{MAX} = Q_{MED} * \left(1,15 + \frac{2,575}{(Q_{MED})^{0,25}} \right)$$

A título orientativo, la dotación media de agua en los municipios en España, en función del tamaño de la población se recoge, en la tabla 1.

Tabla 1- Dotación en función de la población.

Población (Hab.)	Dotación (l/hab*d)
2.000	150-200
2.000-50.000	200-250
50.000-500.000	250-300
> 500.000	300-350

De todo el agua suministrada a un municipio, entre un 70 a un 80 % llegará a la planta depuradora, perdiéndose el resto, tanto por el uso del agua como por las perdidas a traves de la red de colectores. De todas formas, a efectos de cálculo y como margen de seguridad, se toma como valores de caudal para diseño, los valores de agua suministrada, a falta de medidas reales.

Los valores de la tabla 1, se verán afectados, entre otros, por los siguientes factores:

- ↙ Localización geográfica
- ↙ Climatología
- ↙ Pluviometría de la zona
- ↙ Tamaño y distribución de la población
- ↙ Nivel de vida
- ↙ Grado y tipo de industrialización
- ↙ Etc.

En la tabla 2, se recogen datos orientativos obtenidos de la bibliografía sobre los consumos de agua en diferentes tipos de instalaciones urbanas.

Tabla 2- Caudales medios de agua residual originada en actividades comerciales.

Actividad	Unidad	Caudal (l/Unidad*d)	Caudal (l/Unidad*d)
		Intervalo	Valor típico

Aeropuerto	Pasajero	8-15	10
Estación de servicio	Vehículo servido	30-50	40
	Empleado	35-60	50
Bar	Cliente	5-20	8
	Empleado	40-60	50
Hotel	Huésped	150-220	190
	Empleado	30-50	40
Edificios industriales (excluyendo industria y cafetería)	Empleado	30-60	55
Lavandería	Máquina	1800-2600	2200
	Lavado	180-200	190
Motel	Persona	90-150	120
Motel con cocina	Persona	190-220	200
Oficina	Empleado	30-65	55
Restaurante	Comida	8-15	10
Pensión	Residente	90-190	150
Grandes almacenes	Lavabo	1600-2400	2000
	Empleado	30-50	40
Centro comercial	Plaza de aparcamiento	2-8	4
	Empleado	30-50	40

3. CLASIFICACION DE LOS CONTAMINANTES

Los diferentes tipos de contaminantes que pueden encontrarse en las aguas residuales, tanto de origen industrial como urbanas, pueden clasificarse en los siguientes grupos:

▪ **CONTAMINANTES FÍSICOS**

↺ *Características organolépticas:*

* *Color*

* *Olor*

* *Sabor*

↺ *Grasas y aceites*

↺ *Temperatura*

↺ *Sólidos*

↺ *Espumas*

↺ *Otros*

• **CONTAMINANTES QUÍMICOS**

↺ *Materia orgánica*

↺ *pH*

↺ *Acidez/Basicidad*

- ↵ *Nitrógeno*
- ↵ *Fósforo*
- ↵ *Salinidad*
- ↵ *Compuestos tóxicos e inhibidores*
- ↵ *Gases*
- ↵ *Otros*

• **CONTAMINANTES BIOLÓGICOS**

- ↵ *Microorganismos*
- ↵ *Organismos patógenos*
- ↵ *Coliformes*
- ↵ *Virus*
- ↵ *Otros*

edoi

4. CONTAMINANTES FISICOS

4.1 CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS

4.1.1 COLOR

El color es la capacidad del agua de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. El color de un agua puede ser de origen natural o debido a su contaminación.

Este tipo de contaminación da lugar a mayores conflictos que otros tipos de contaminación.

En aguas naturales, la presencia de ácidos húmicos naturales da origen a una coloración amarillo-café. La presencia de fitoplacton, da lugar a tonalidades verdosas.

La presencia de sólidos en suspensión coloreados da lugar al denominado color aparente. El color real será el obtenido sobre una muestra filtrada, por la eliminación de sólidos en suspensión, siendo en consecuencia generado por los sólidos disueltos.

Las aguas residuales urbanas, si son frescas, son de tonalidad clara, oscureciéndose a medida que pasa el tiempo hasta convertirse en negras, debido a las descomposiciones de tipo anaeróbico de los compuestos orgánicos presentes.

El color de las aguas industriales, dependerá del tipo de fabricación, materias primas, etc.

Procedencia

Vertidos de origen industrial o núcleos de población

Efectos sobre el medio receptor:

Efectos estéticos perjudiciales.

Afecta a la visión de los peces.

Disminuye la transmisión de la energía solar y en consecuencia, la fotosíntesis.

Las unidades de medida de color generalmente utilizadas son:

- ☞ Comparación de la muestra a analizar frente a una serie de disoluciones de cloroplatinato potásico y cloruro de cobalto, viniendo expresado en ppm de Pt.
- ☞ TAC. Absorbancia de la muestra filtrada. Una unidad de color corresponde a 2 ppm de cloroplatinato potásico.
- ☞ Diluciones sucesivas. La muestra se diluye con agua desmineralizada hasta la no-apreciación de color en la misma.

4.1.2 OLOR

El olor se produce por desprendimiento de gases de la masa del agua residual.

Una característica del olor es que cantidades muy pequeñas de determinados compuestos pueden producir niveles elevados de olor.

Generalmente el olor es producido por compuestos orgánicos.

Las aguas residuales urbanas si son frescas, no tienen olores desagradables ni intensos. A medida que pasa el tiempo aumenta el olor, por desprendimientos de gases como sulfhídrico o compuestos amoniacales por descomposición anaerobia.

En las aguas residuales industriales, el olor va a depender de los productos presentes en los procesos.

Las aguas naturales tienen determinados olores, procedentes de las descomposiciones de productos naturales, desove de peces, etc.

Las plantas depuradoras urbanas o industriales, no deben oler si el diseño y la operación son correctos.

Procedencia

Gases producidos por desprendimiento generalmente de determinados compuestos orgánicos volátiles presentes en el agua residual

Efectos:

Efectos desagradables sobre la población del entorno

La detección del nivel de olor presenta una serie de problemas como son:

- ☞ Aditividad (el valor resultante de la suma de una serie de olores corresponde con la suma de los olores individuales)
- ☞ Sinergismo (El olor resultante de una suma de olores es superior que la suma de los individuales)
- ☞ Antagonismo (el olor resultante es menor que la suma de los individuales).

La forma de cuantificarlo es por determinación del numero de diluciones que hay que realizar para que la muestra alcance un valor mínimo detectable, realizándose el ensayo mediante un panel de personas.

4.1.3 SABOR

El gusto define las sensaciones resultantes de la estimulación química de las papilas de la lengua y del paladar bajo. La problemática originada por

el sabor y olor, están íntimamente relacionadas y las respuestas en numerosas ocasiones son difíciles de diferenciar.

Los cuatro sabores básicos son: ácido, salado, dulce y amargo, siendo el resto de los sabores que se perciben provocados por mezcla de los anteriores.

Este contaminante no va a ser considerado ya que las aguas residuales, así como los vertidos de las plantas depuradoras, no son aptas por motivos obvios para el consumo.

Su importancia radica en la transmisión de sabor a la fauna acuática, o a su utilización aguas abajo.

Su forma de cuantificación, al igual que en el olor es por diluciones sucesivas.

4.2 GRASAS Y ACEITES

Dentro de este grupo se encuentran aquellos compuestos que estén en estado libre, ya sean de origen animal, vegetal o mineral. De estos últimos, destacan por su importancia el petróleo y sus derivados.

La presencia de derivados del petróleo en los colectores, pueden dar lugar a atmósferas explosivas y/o tóxicas, por vaporización.

Una característica de este grupo, es que pequeñas cantidades en el cauce receptor, ocupan grandes superficies, debido a la tensión superficial de muchos de ellos.

En aguas residuales urbanas, sin componente industrial, la presencia de grasas y aceites es muy baja.

Procedencia:

Vertidos con presencia de productos derivados del petróleo, grasas animales o vegetales.

Efectos sobre el medio receptor

Efectos estéticos muy perjudiciales.

Un número importante de derivados del petróleo son tóxicos, impidiendo o interfiriendo la actividad biológica.

Impregnan vegetales y animales, impidiendo la fotosíntesis, respiración y transpiración. Sobre las aves acuáticas, actúan disolviendo la grasa de sus pulmones anulando su flotabilidad.

Debido a que la solubilidad del oxígeno en los aceites y grasas es muy baja y en muchos casos nula, forman una barrera que impide la transferencia de oxígeno desde la atmósfera a la masa de líquido. Este problema se ve agravado porque pequeñas cantidades, ocupan grandes superficies.

Transmiten al pescado, marisco, etc. sabor desagradable, incluso en concentraciones muy bajas.

Su determinación puede ser realizada gravimétricamente mediante extracción con disolventes o bien de forma instrumental mediante infrarrojos. Hay que tener muy en cuenta que no siempre las dos vías analíticas indicadas obtienen los mismos valores.

4.3 ESPUMAS

La aparición de espumas en un cauce receptor, es un efecto producido por la presencia de otros contaminantes, que producen una disminución de la tensión superficial.

En las aguas residuales urbanas, la espumación es debida a la presencia de proteínas y detergentes. En las aguas de procedencia industrial por tensoactivos, partículas sólidas muy finas, alcalinidad o salinidad elevada, entre otros factores

La temperatura del agua, afecta de forma importante al tiempo de persistencia de la misma. A mayor temperatura menor persistencia.

Procedencia:

Vertidos con presencia de compuestos tensoactivos (detergentes) u otros compuestos

Efectos sobre el medio receptor

Efectos estéticos muy perjudiciales.

Dificulta la transferencia de oxígeno desde la atmósfera, así como disminuye la energía solar que llega a la masa de líquido.

Si la formación de espuma es producida por tensoactivos, emulsiona y/o solubiliza grasas y aceites, lo que lleva consigo un incremento de contaminación por materia orgánica disuelta.

Causa graves problemas en las plantas depuradoras de aguas al actuar negativamente sobre los procesos biológicos, interfiriendo igualmente en los sistemas de coagulación-floculación, así como en decantación.

4.4 TEMPERATURA

Las variaciones naturales de temperatura de los cauces forman parte del régimen climático de los mismos, existiendo cambios entre temporadas, noche/día, etc.

Las aguas residuales de forma generalizada, son más calientes que las aguas de aportación.

Las aguas residuales urbanas se encuentran entre 10 y 20°C, siendo 15°C un valor medio normal para diseño.

La temperatura de las aguas residuales industriales dependerá del tipo de procesos utilizados (fríos - calientes), así como del volumen de agua utilizado en los sistemas de refrigeración.

Procedencia:

Vertidos de agua de refrigeración o proceso industrial.

Efectos sobre el medio receptor

Variación de algunas de las características físicas del agua, como densidad, viscosidad, etc.

Aumentos de temperatura suponen incrementos en la evaporación del agua.

Disminuye la solubilidad de los gases, y en consecuencia, la del oxígeno. Concentraciones menores de 3-4 ppm de este elemento, van a crear problemas de supervivencia a determinadas especies, llegando a producir su desaparición.

Aumenta la velocidad de las reacciones químicas y biológicas.

Aumento/Disminución de la solubilidad de las sales.

Variación de la flora y fauna del medio (incrementos de temperatura, aumenta la población de hongos), alterando a las comunidades acuáticas existentes.

Determinadas especies se reproducen de acuerdo con la temperatura del agua.

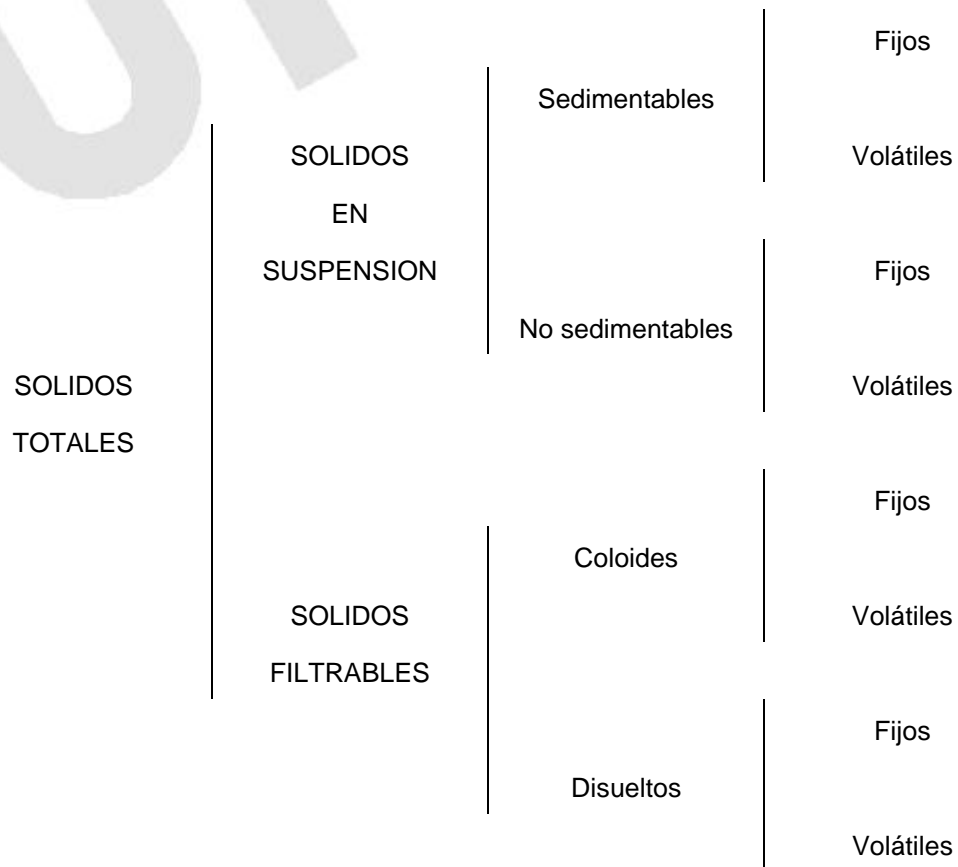
Estratificación del agua en lagos o embalses, dificultando la mezcla vertical del agua y como consecuencia disminuyendo la transferencia de oxígeno desde la atmósfera a las capas mas profundas.

4.5 SOLIDOS

Se podría definir la denominación genérica de "sólidos", como todos aquellos elementos o compuestos presentes en un agua residual y que no son agua.

Las aguas naturales presentan sólidos en su composición, por disolución, abrasión o arrastre de los terrenos por donde circula.

Los sólidos totales que se encuentran en las aguas se clasifican en:



Sólidos totales: Es el residuo que se obtiene al evaporar la muestra bruta hasta peso constante.

Sólidos en suspensión: Son aquellos que quedan retenidos en un filtro con un tamaño de poro determinado.

Sólidos filtrables: son aquellos que no son retenidos en un filtro con un tamaño de poro determinado.

Sólidos sedimentables: Fracción de los sólidos en suspensión que se depositan en el fondo de un recipiente (cono Imhoff), al dejarlos en reposo durante un periodo de tiempo determinado.

Sólidos no sedimentables: Fracción de sólidos en suspensión que no sedimentan.

Sólidos fijos: sinónimo de sólidos inorgánicos.

Sólidos volátiles: Sinónimo de sólidos de naturaleza orgánica.

La presencia de sólidos en suspensión y/o coloides incrementa la turbidez y color aparente del agua, y la de los sólidos disueltos, la salinidad del medio y en consecuencia la conductividad del mismo.

La correlación entre sólidos en suspensión y turbidez va a venir afectada por el tamaño, forma y naturaleza de los sólidos en suspensión presentes en el agua.

En este punto, la contaminación por sólidos no contempla los efectos que dichos compuestos pueden transmitir al agua por su naturaleza, como toxicidad, inhibición, DBO, DQO, etc.

Procedencia:

Vertidos de agua de origen industrial o urbano.

Efectos sobre el medio hídrico

Sólidos en suspensión:

Producen el color aparente de las aguas.

Disminuyen el paso de la energía solar, lo que lleva consigo una disminución de la fotosíntesis.

Depósitos sobre plantas lo que supone una disminución de la función clorofílica y branquias de los peces pudiendo llegar a provocar asfixia por colmatación de las mismas.

Depósitos por sedimentación, sobre el fondo de los cauces receptores, favoreciendo la aparición de condiciones anaerobias si los sólidos son materia orgánica biodegradable y dificultando la alimentación de determinadas especies ictícolas, etc.

Interfiere en los usos recreativos del agua, generando efectos estéticos desagradables

Interfiere en la visión de los peces.

Sólidos disueltos:

Aumento de la salinidad, lo que lleva consigo incrementos de la presión osmótica.

Variación en la solubilidad del oxígeno en el medio

Aunque no sean tóxicos, pueden inducir la toxicidad de determinados compuestos.

La deterioran e incluso la puede llegar a inutilizar para el suministro de agua a poblaciones ubicadas aguas abajo, y si la salinidad es elevada incluso para actividades industriales y usos agrícolas. Hasta 2.000 ppm un agua puede considerarse dulce, entre 5.000 y 10.000 salobre y por encima de este último valor salada.

4.5.1 MEDIDA

- ☞ Sólidos totales: Evaporación del agua de la muestra a 104 °C, hasta peso constante.
- ☞ Sedimentables: Sedimentación de la muestra en conos Imhoff, durante un período de tiempo determinado.
- ☞ Sólidos fijos: Residuo permanente de calcinación de la muestra a 800-1.000 °C, hasta peso constante. Son exclusivamente inorgánicos

- ↙ Sólidos volátiles: Diferencia entre los sólidos determinados y los fijos. Corresponden con compuestos orgánicos.
- ↙ Sólidos filtrables: Residuo permanente de evaporación del agua de la muestra a 104°C, hasta peso constante, previamente filtrada sobre membrana de tamaño de paso próximo a 0,45 micras.
- ↙ Sólidos suspensión: Diferencia entre los sólidos totales y los sólidos filtrables.

5. CONTAMINANTES QUÍMICOS

5.1 MATERIA ORGANICA

Todos los compuestos orgánicos se caracterizan porque en su composición interviene siempre el carbono.

Clasificación:

La materia orgánica puede clasificarse desde el punto de vista de contaminación del medio hídrico en biodegradable y no biodegradable en función de su capacidad para ser degradada por microorganismos.

Procedencia:

Vertido de aguas residuales, tanto urbanas como industriales. Mientras que las primeras se caracterizan por su elevada biodegradabilidad, las segundas dependerán de la composición de la materia orgánica.

Forma de expresión

Demanda biológica de oxígeno: Cantidad de oxígeno que precisan los microorganismos para la degradación de la materia orgánica biodegradable existente en agua.

Demanda química de oxígeno: Cantidad de oxígeno que se precisa para la oxidación total de la materia orgánica por medio de reactivos químicos.

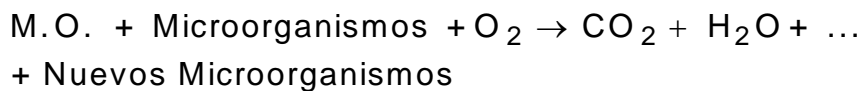
En las aguas residuales urbanas, se estima que el 75% de los sólidos en suspensión y el 40% de los disueltos son de naturaleza orgánica y dentro de estos, entre el 40 y 60% son proteínas (fundamentalmente de origen animal y en menor proporción de origen vegetal). En su composición existe cerca de un 15% de nitrógeno, entre un 25 y 40% hidratos de carbono (fundamentalmente de origen vegetal y formados por azúcares, celulosas, etc.), un 10% lípidos (grasa de origen animal y vegetal, aceites, etc.) y el resto otros tipos de compuestos orgánicos.

5.1.1 BIODEGRADABILIDAD

Definiendo la biodegradabilidad como la característica de determinados compuestos, para poder ser utilizados por microorganismos como fuente de alimentación y, consecuentemente, como sustrato en procesos de

oxidación para obtener la energía precisa para la vida, o bien en procesos de síntesis, mediante la elaboración a partir de la mencionada materia orgánica de productos mucho más complejos (aminoácidos, proteínas, etc.), que acabarán dando lugar por reproducción a nuevos microorganismos.

La reacción bioquímica que tiene lugar es la siguiente:



Entre los factores más importantes que afectan o alteran a la biodegradabilidad de un agua residual, se encuentran:

☞ Naturaleza de la estructura de la materia orgánica, siendo en principio difícil indicar si un producto se va a biodegradar con facilidad, si no se llevan a cabo los ensayos de laboratorio pertinentes.

Las aguas residuales de origen urbano presentan una buena biodegradabilidad.

En plantas industriales va a depender del tipo de materia orgánica presente, así de forma general la industria agroalimentaria genera unas aguas fácilmente biodegradables.

☞ Presencia y tipo de microorganismos presentes.

☞ Temperatura del agua residual.

↵ Concentración de nutrientes y oligoelementos

En las reacciones de síntesis, para la formación de aminoácidos, proteínas, etc., se requieren además de los componentes usuales de la materia orgánica (carbono, oxígeno e hidrógeno), otros elementos denominados nutrientes (nitrógeno y fósforo), así como oligoelementos (magnesio, calcio, hierro, cobalto, molibdeno, níquel, etc.)

↵ pH

Debido a que los microorganismos sólo pueden vivir en un determinado rango de valores de pH, relativamente estrecho y crítico, valores fuera del mencionado rango producirán la inhibición de las reacciones bioquímicas, por desnaturalización de las proteínas de los seres vivos y en consecuencia su muerte.

↵ Salinidad

Posee efectos sobre los microorganismos por variación de la presión osmótica. Igualmente la presencia de salinidad, puede potenciar los efectos tóxicos de otros compuestos.

↵ Tiempo de reacción

Las reacciones biológicas se caracterizan por su lentitud, y su duración es de días.

↵ Presencia de inhibidores y/o tóxicos.

5.1.2 DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO

La demanda biológica de oxígeno (DBO) de un agua residual, se puede definir como la cantidad de oxígeno que precisan los microorganismos, para la eliminación de la materia orgánica biodegradable existente en el agua residual, a través de procesos bioquímicos, en las siguientes condiciones de reacción:

- ☞ Temperatura: 20°C.
- ☞ Tiempo de reacción: 5 días. Como se ha indicado anteriormente las reacciones biológicas son muy lentas, así por ejemplo, en un agua urbana se calcula que en cinco días se ha producido la biodegradación del 70 % de la materia orgánica biodegradable presente.

La utilización de cinco días no genera la oxidación del nitrógeno amoniacal presente en las aguas urbanas producido por la descomposición de la urea y material proteínico, que comienza en las condiciones del ensayo aproximadamente el día séptimo.

- ☞ Oscuridad: Para evitar que la presencia de algas microscópicas produzcan oxígeno por fotosíntesis y adulteren el resultado.
- ☞ Dilución de la muestra a la concentración adecuada. La solubilidad del oxígeno a 20°C es de 9,17 ppm.
- ☞ En el caso de aguas industriales, siembra de la muestra a analizar con microorganismos.
- ☞ Valor de pH entre 7 y 7,5.

↵ Presencia de nutrientes y oligoelementos.

En la bibliografía y fundamentalmente en trabajos de tipo científico o experimental, pueden encontrarse en términos como DBO_f (Demanda biológica de oxígeno final), DBO_{21} (Demanda biológica de oxígeno en 21 días), que para un agua urbana supone la eliminación entre el 95 y 98% de la materia orgánica biodegradable presente, etc.

La DBO de un agua residual urbana esta comprendida entre 300 y 400 ppm, mientras que en los cauces no contaminados suele encontrarse entre 5 y 10 ppm.

5.1.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) de un agua residual, se puede definir como la cantidad de oxígeno que se precisaría para la oxidación de la materia orgánica por medio de reactivos químicos.

El método utilizado para la determinación de DQO es por oxidación con dicromato potásico ($K_2Cr_2O_7$) en medio ácido y a 180 °C de temperatura, durante dos horas y en presencia de determinadas sales para evitar interferencias y como catalizadores.

Como la DQO oxida toda la materia orgánica, mientras que la DBO sólo la biodegradable, la relación DBO/DQO será siempre menor que la unidad.

La relación DBO/DQO es un buen indicador de la biodegradabilidad de un agua residual, de tal forma que valores inferiores a 0,2 se consideran que

no se pueden utilizar procesos de tratamiento vía biológica. Para agua residuales urbanas esta relación toma un valor próximo a 0,75.

Debe tenerse en cuenta que algunos compuestos inorgánicos pueden dar DQO, como sulfuros, nitritos, etc.

5.1.4 OTROS SISTEMAS DE EXPRESIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA

- ☞ Carbono orgánico total (COT)
- ☞ Demanda total de oxígeno (DTO)
- ☞ Demanda teórica de oxígeno (DThO)

Efectos sobre el medio

- La presencia de materia orgánica biodegradable en un vertido y a través de las reacciones biológicas que en el cauce se van a producir de forma natural, va a suponer un consumo del oxígeno disponible con toda la problemática que sobre el ecosistema ello conlleva.

En caso de un vertido importante, se podría llegar al consumo de todo el oxígeno disponible, con la desaparición de toda forma de vida aerobia en el receptor.

- La materia orgánica no biodegradable, al no poder ser eliminada por la naturaleza, va a generar una contaminación de tipo permanente, con todos los efectos que para el futuro va a generar.

5.2 pH

El valor del pH es un parámetro de gran importancia para determinar la calidad de un agua residual, debido a que el rango en el cual se desarrollan los procesos biológicos corresponde a un intervalo estrecho y crítico (5,5-9,5), no existiendo vida en valores fuera del mismo, por desnaturalización de las proteínas, como ya se ha comentado, aunque determinados microorganismos pueden vivir a valores más extremos de los indicados.

Debe tenerse muy presente que la toxicidad de determinados productos químicos se ve muy afectada por el pH del agua, como ocurre con el amoníaco.

Igualmente, a pH ácidos, el agua ataca a elementos metálicos, como estructuras, que puedan estar presentes en el cauce receptor.

Las aguas residuales urbanas, generalmente son ligeramente alcalinas 7,5-8,0, siendo un rango óptimo para el desarrollo de los procesos biológicos.

El pH de las aguas naturales se encuentra entre 7,2 y 7,6, aunque en zonas volcánicas este valor puede ser inferior.

En las aguas de procedencia industrial, el pH depende de los productos fabricados, materias primas, etc.

Procedencia:

Vertido de aguas residuales de origen industrial

Efecto sobre el medio

A pH menores a 5,5 o mayores de 9,5 se produce la desnaturalización de las proteínas inhibiéndose los procesos biológicos, teniendo lugar la desaparición de los seres vivos.

5.3 NITROGENO Y FOSFORO

Ambos elementos, en forma de diferentes sales, son esenciales para la vida, debido a que forman parte de la estructura química de las proteínas, siendo en consecuencia necesaria su presencia en los procesos biológicos.

En las aguas residuales urbanas ambos elementos son abundantes, en forma de fosfatos, nitratos, amonio y formando compuestos orgánicos más o menos complejos como pueden ser proteínas. Si las aguas residuales son frescas, el nitrógeno se encuentra en forma de urea y compuestos proteínicos, pasando posteriormente a forma amoniacal por descomposición bacteriana. A medida que el agua se estabiliza, por oxidación se obtendrán nitritos y posteriormente nitratos, siendo un indicio

de agua ya estabilizada el que la mayor parte del nitrógeno se encuentre en forma de nitratos.

En las aguas urbanas el nitrógeno amoniacal varia entre 40 y 60 ppm y las sales de fósforo expresadas como fósforo total entre 15 y 20 ppm.

En las aguas urbanas los compuestos de nitrógeno y fósforo proceden de los desechos humanos, y en el caso del compuestos de fósforo, además por gran utilización de detergentes.

Procedencia:

Vertidos tanto urbanos como algunos industriales.

Efectos sobre el Medio

La presencia en el vertido de derivados de nitrógeno y fósforo, produce la eutrofización del cauce, o lo que es lo mismo, un crecimiento desmesurado de algas macroscópicas sobre todo cuando la masa de agua se remansa por ejemplo en presas.

La eutrofización del cauce, lleva consigo una disminución del oxígeno disuelto en el agua, debido a la gran demanda de este elemento que suponen las algas muertas y depositadas en el fondo, así como la oscuridad y opacidad que producen en el agua en profundidad, y que supone una disminución de la energía solar disponible.

Igualmente en la zona superficial va a originar unos cambios bruscos día-noche de la concentración del oxígeno presente, que va a ocasionar un efecto perturbador en la fauna.

La presencia de nitrógeno amoniacal, presenta toxicidad para los peces, estando muy influida por el pH del cauce y la temperatura.

5.4 TOXICOS

Determinados compuestos químicos, presentan un cierto grado de toxicidad, de gran importancia por las implicaciones que su presencia en el vertido ocasionan, produciendo distintos grados de efectos: inmediatos o agudos, crónicos o a largo plazo, subcrónicos, latentes, etc.

La toxicidad de un determinado compuesto va a depender de su naturaleza, concentración, solubilidad en el agua, presencia de otros compuestos así como del tiempo de exposición y de las características físicas y químicas del receptor como temperatura, pH, salinidad, etc.

Con referencia a los organismo afectados hay que tener en cuenta que varia de forma importante de unos a otros e incluso dentro de los de una misma especie del estado de desarrollo del individuo, afectando de forma más importante a los mas jóvenes.

Dentro de los cationes, los más importantes son los metales pesados, debido a los procesos de bioacumulación que presentan. Dentro de éstos se encuentran; plomo, cobre, mercurio, cromo, arsénico, cadmio, níquel, etc.

Entre los aniones de una toxicidad elevada se encuentran los cianuros, cromatos, fluoruros, sulfuros, etc.

Igualmente, plaguicidas, fungicidas, bactericidas, derivados clorados, etc., presentan una toxicidad elevada, siendo de gran importancia su cuantificación.

Los compuestos indicados anteriormente son típicos de algunas aguas residuales industriales, creando graves problemas en las depuradoras urbanas, cuando los vertidos se realizan sin tratar a los colectores municipales.

Procedencia:

Vertidos industriales en cuyos procesos industriales intervienen metales pesados, pesticidas, cianuros, derivados clorados, etc.

De forma difusa por la utilización de productos fitosanitarios de forma inadecuada en la agricultura.

Efecto sobre el medio:

Efectos sobre la fauna y flora incluidos los microorganismos en función de la concentración y el tipo de contaminante.

Al ser alguno de ellos bioacumulativos a lo largo de la cadena alimentaria, pueden llegar a crear grandes problemas al género humano.

La evaluación ecotoxicológica pretende determinar los riesgos asociados a determinados tóxicos en el agua, fijando los niveles que no deben ser superados. Se trata de identificar los efectos que una sustancia o mezclas de ellas produce sobre determinados microorganismos vivos, después de su incorporación al medio.

En los ensayos de ecotoxicidad aguda se determina la concentración de un tóxico que produce efectos sobre un grupo de microorganismos durante un tiempo determinado de exposición y bajo condiciones controladas, cuantificándose por medio de LC50 (concentración media de un contaminante que es letal para el 50% de una población determinada), después de un cierto tiempo de exposición, entre 24 y 96 horas.

Hasta hace poco tiempo las poblaciones de ensayo eran de crustáceos o peces. En la actualidad se emplean bacteria específicas bioluminiscentes medibles y que son sensibles a una concentración de tóxicos conocidos, requiriendo unos tiempos de contacto muy inferiores, así como al utilizar unas poblaciones de organismos muy elevadas el cálculo de probabilidades se hace mas preciso.

Cuando la respuesta de los organismos se genera al cabo de largos periodos de exposición continua se produce toxicidad crónica

6. TOMA DE MUESTRAS.

Para la realización de la analítica de un agua residual, previamente debe tomarse la muestra correspondiente, que debe cumplir con las siguientes características básicas:

- ↗ Ser representativa
- ↗ No modifique las características del agua.
- ↗ Realizar la preservación adecuada al parámetro a analizar, sobre todo de aquellos parámetros que pueda variar su composición o estado con el paso del tiempo.
- ↗ Mínimo tiempo entre la toma de la muestra y su recepción y análisis en el laboratorio.

Los tipos de muestra que se pueden tomar, son los siguientes:

- ↗ Simples o puntuales. Tomadas en un punto fijo y en un momento determinado.
- ↗ Compuestas. Mezcla de muestras simples tomadas en un punto fijo en diferentes momentos.
- ↗ Proporcionales. Muestra compuesta en el que el volumen de cada una de las muestras simples es proporcional al caudal de la corriente a analizar.
- ↗ Integradas. Muestra compuesta tomada en diferentes puntos en el mismo momento.

De la buena práctica en la toma de la muestra, va a depender la representatividad del análisis posterior, que por otra parte es la base de diseño cierta de la futura planta de tratamiento.

El número de muestras a realizar será variable en cada caso, pero siempre en número suficiente que garantice la composición del agua a tratar. No debe olvidarse que la composición en el vertido de un agua residual ya sea de origen urbano o industrial, varía a lo largo del día dentro de unos amplios márgenes, por lo que las muestras puntuales y únicas tienen muy poca representatividad.

7. COMPOSICIÓN TÍPICA DE UN AGUA RESIDUAL URBANA.

La composición típica de un agua residual urbana es la siguiente:

SOLIDOS EN SUSPENSION	300-400 ppm
DBO	250-350 ppm
DQO	400-750 ppm

N-TOTAL

30-60 ppm

P-TOTAL

10-20 ppm

GRASAS Y ACEITES

70-120 ppm

SÍMBOLOGIA DE CAPÍTULO

D = Dotación l/habitante * día

DBO= Demanda biológica de oxígeno, ppm O₂

DQO= Demanda química de oxígeno, ppm O₂

P = Población

LC₅₀: Concentración letal para el 50% de una población de microorganismo determinado

Q = Caudal diario, m³/d

Q_{MED}= Caudal medio, m³/h

Q_{MAX}= Caudal máximo, m³/h

M.O.= Materia orgánica