

# Una aproximación al estimativo la DBO y la DQO de aguas residuales por medio de la medida del carbono orgánico total

*Horacio Muñoz, Gloria Mejía, Marlene Chaverra, Esmeralda Vásquez \**

## Resumen

La medida de la materia orgánica biodegradable que contienen las aguas y aguas residuales se ha estimado tradicionalmente por medio de los parámetros DBO y DQO. Como el tiempo requerido para la obtención del primero de ellos y la precisión lograda en ambos a menudo representan problemas cuando se trata de cuantificar cargas contaminantes para diferentes propósitos (aplicación de normatividad o diseño de instalaciones de tratamiento), se pretende con este trabajo presentar una alternativa para la estimación de esos parámetros por medio de la medición del carbono orgánico total. Su detección se hace de forma rápida y precisa, y podría significar el acceso a una herramienta con amplias posibilidades en los trabajos de contaminación del agua y en el manejo de plantas de aguas residuales.

----- *Palabras clave:* Aguas residuales, DBO, DBQ, carbono orgánico total, métodos de análisis.

## Abstract

The measurement of the contents of biodegradable organic matter present in both water and wastewaters has been normally done by using parameters like BOD and COD. Since the time required to obtain the first of them is too long for practical purposes plus the fact that precision achieved in analysis results is not too high for both, some troubles are encountered when evaluating pollution loads for different objectives (applying water quality criteria to discharge effluents or designing wastewater treatment facilities) this paper presents the results of a method of estimation of both parameters through the use of the total organic carbon contents of wastewaters. Its detection is quick and accurate and could mean the access to a tool with many possibilities in water pollution assessment and wastewater treatment control.

----- *Key words:* Waste warters, BOD, QOD, total organic carbon, analysis methods.

---

\* Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia.

## 1. Introducción

En la medición del potencial contaminante de las aguas residuales, se han venido utilizando desde años atrás varios parámetros que evalúan de una manera indirecta la presencia de una o más sustancias, por el efecto que causan sobre otra que se encuentre naturalmente en el agua.

El caso típico de este tipo de medida es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) cuyo objetivo no es exactamente determinar la concentración de materia orgánica biodegradable en un agua residual o en una corriente contaminada, sino cuantificar el impacto de esa sustancia en la calidad del agua que la recibe.

Ha sido tan expedita esta forma de evaluación que su uso se ha mantenido en la práctica profesional de la ingeniería sanitaria durante casi todo lo corrido del siglo hasta el presente. Y es probable que su uso continúe porque su permanencia todavía es manifiesta en los métodos analíticos normalmente aceptados para la caracterización de las aguas residuales.

Sin embargo, la medición de la DBO presenta algunas dificultades que hacen su uso rutinario un tanto pesado e impráctico. En primer lugar, es un ensayo de tipo biológico en el que se utilizan microorganismos para lograr la oxidación de la materia orgánica; cuando lo hacen, consumen el oxígeno disuelto en el agua y, por tanto, se usa su abatimiento como un indicativo de que los microorganismos están utilizando esa materia; es decir, el consumo de oxígeno es una medida indirecta de la concentración de materia orgánica.

En segundo lugar, por ese mismo carácter de ensayo biológico, la prueba de la DBO es muy demorada. La duración típica de la prueba o ensayo es cinco días.

Por la misma razón mencionada en el párrafo anterior, la precisión que la prueba arroja normalmente no es muy alta. Adicionalmente, las posibilidades de error son grandes.

Dentro del arsenal de recursos instrumentales en la parte analítica de la química del agua, hace años se cuenta con un aparato que puede medir con gran precisión el carbono orgánico total (COT) en una muestra de agua. La gran ventaja del instrumento es la de que la medición se realiza en unos pocos minutos.

Con la presente investigación, se pretendió encontrar una correlación entre el COT, y la DBO y la DQO de varias aguas residuales.

De existir esa correlación se podría contar con un recurso analítico valioso, pues se lograría estimar la DBO de un agua en un lapso muchísimo menor que el requerido por la prueba estándar (cinco días) con el consiguiente ahorro de tiempo y dinero.

Por las anteriores razones, la propuesta de usar la medición del COT como medio para proyectar los valores de la DBO y la DQO de una determinada agua residual, ofrece perspectivas que podrían significar ahorro de tiempo e inversiones en análisis de laboratorio, durante la realización de trabajos de evaluación de la carga contaminante de aguas residuales, o en trabajos rutinarios de operación de plantas de aguas residuales.

## 2. Medición de la materia orgánica en aguas residuales

El potencial contaminante de un desecho puede medirse en términos de la presencia de un compuesto específico que él contenga, en términos de clases de sustancias presentes en el mismo, o con el uso del potencial del desecho para causar efectos indeseables sobre el cuerpo de agua que lo recibe.

Para el caso de la materia orgánica, se puede medir el tipo de sustancia presente en el agua; o en su defecto el carbono orgánico total, COT, que en último término es lo que el desecho aporta al agua que lo recibe, y que podría entrar en el ciclo del carbono para producir un abatimiento del oxígeno en un sistema acuático. Por otro lado,

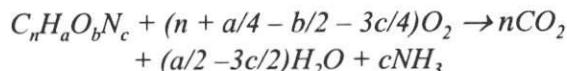
podría medirse directamente el potencial del desecho para consumir el oxígeno del agua a través de la degradación aerobia. Esta última medida se logra con el uso de la demanda bioquímica de oxígeno, DBO.

La demanda química de oxígeno, DQO, es otra medida que normalmente acompaña a la DBO en la evaluación del poder contaminante de un desecho o en la evaluación de la calidad del agua de una corriente o cuerpo de agua.

La DQO es una prueba que conjuga rapidez (tres horas) y precisión pero tiene la desventaja de que la mezcla oxidante utilizada en ella, no es selectiva con respecto a las sustancias orgánicas que oxida. Adicionalmente, puede oxidar algunas sustancias inorgánicas normalmente presentes en las aguas residuales. Por eso, es una prueba generalmente utilizada en caracterización de aguas residuales y en evaluaciones de la contaminación y de la calidad de las aguas, pero usada conjuntamente con los resultados de otros parámetros.

### 2.1 Demanda química de oxígeno

Tal vez la medida más obvia del potencial contaminante de un desecho es la DQO, la cual es la cantidad de oxígeno que estequiométricamente se requiere para oxidar la materia orgánica hasta  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , y  $\text{NH}_3$ . Sawyer y McCarty [7] plantean la siguiente ecuación general:



La oxidación se hace con un reactivo de alto poder oxidante, para posteriormente evaluar la cantidad de oxidante "gastado" en términos del oxígeno requerido para llevar a cabo la reacción mostrada arriba.

### 2.2 Demanda bioquímica de oxígeno

Este ensayo puede considerarse como un procedimiento de oxidación húmeda en el que cierta cantidad de microorganismos vivos sirven como

medio para la oxidación de la materia orgánica presente en el agua.

Por tanto, las reacciones oxidativas se llevan a cabo mediante la actividad biológica. Esa capacidad normalmente se denomina biodegradabilidad.

Desde el punto de vista teórico se requiere de un tiempo infinitamente largo para completar la oxidación; sin embargo, desde el punto de vista práctico la reacción se considera completa a los veinte días. Como ese tiempo es desproporcionadamente alto desde el punto de vista práctico, y debido a que se ha observado que una alta proporción de la demanda se ejerce durante los primeros cinco días, se volvió un procedimiento estándar el reportar la demanda a ese tiempo, por lo que la denominación de ese resultado tiene el subíndice 5.

### 2.3 Carbono orgánico total

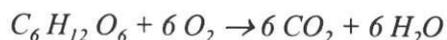
Las dos oxidaciones descritas anteriormente no son otra cosa que dos formas distintas de realizar una combustión, y es esta última la que utiliza el instrumento de medición del COT. El mismo somete a combustión la materia orgánica presente en la muestra de agua que se pretende analizar, para luego medir el  $\text{CO}_2$  resultante de dicha combustión. Obviamente, el instrumento hace la corrección para atender el hecho de que normalmente las aguas contienen cierta cantidad de  $\text{CO}_2$  disuelto en ellas antes de la combustión.

El instrumento reporta sus resultados en términos de carbono, y no de  $\text{CO}_2$ . Las unidades de concentración se expresan directamente en mg/l [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

### 2.4 Relaciones entre los diferentes parámetros

Para ilustrar las relaciones que existen entre los diferentes parámetros que se describieron anteriormente, se presenta como ejemplo el caso de un compuesto orgánico como la glucosa, la cual fue seleccionada como el desecho sintético que se utilizó como referencia o patrón en todo el trabajo analítico de este proyecto.

La oxidación total de la glucosa, proceso que se espera que ocurra como el destino final de todas las sustancias orgánicas biodegradables presentes en las aguas residuales que se descargan a cuerpos de agua, puede representarse con la siguiente reacción:



A partir de ella se concluye que la demanda de oxígeno de una mole de glucosa (180 g) es de 192 g. O en otras palabras, que la DQO teórica máxima de un agua que contenga una milimole de glucosa por litro es de 192 mg/l. De igual forma se saca como resultado que la oxidación produce 6 moléculas de CO<sub>2</sub> y, por consiguiente, el carbono orgánico total de esa muestra de agua es de 72 mg/l.

Por tanto, haciendo referencia al mismo ejemplo, se puede proyectar la DQO teórica máxima tomando el valor del COT y multiplicándolo por el factor 2,67 (192/72). Así, si se tuviese un agua residual cuyo único contaminante orgánico fuese glucosa, bastaría con determinar el COT para estimar con precisión el valor de la DQO.

Para el caso de la DBO<sub>5</sub> no existe ninguna relación estequiométrica fija por las mismas peculiaridades mencionadas anteriormente sobre este parámetro. La DBO es un ensayo que depende

en gran parte de la calidad del inóculo que se utilice. Lo único que se puede concluir es que por ser una prueba de duración corta comparada con el tiempo efectivamente requerido para la oxidación total de la materia orgánica biodegradable, el valor de la DBO<sub>5</sub> debe ser una fracción alta de la DQO máxima teórica.

En la tabla 1 se muestran el valor estequiométrico del COT y las relaciones entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO; asimismo, contiene la relación entre la DQO teórica y el COT.

Lo que normalmente se presenta en las aguas residuales es que el contenido de materia orgánica se debe a la presencia no de uno sino generalmente de varios componentes de composición química muy variada.

Para poder utilizar relaciones estequiométricas como las que se presentan en la tabla 1 sería necesario conocer exactamente la composición química de los contaminantes y su concentración. La utilización de ese procedimiento es probable que sea tedioso, y que tenga un costo prohibitivo para propósitos prácticos. Es por esa razón que se ha recurrido a medidas indirectas como la DBO y la DQO.

Es probable que en la mayoría de las aguas residuales, y muy especialmente en la mayoría de

**Tabla 1** DBO, DQO y COT teóricas de compuestos orgánicos [8]

<i>Compuesto</i>	<i>Fórmula química</i>	<i>DQO teórica</i>	<i>DBO<sub>5</sub> g/g</i>	<i>DBO<sub>5</sub>/DQO<sub>T</sub> *100</i>	<i>COT g/g</i>
Metano	CH <sub>4</sub>	4,00	3,04	76,2	0,75
Benceno	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	3,08	1,65	53,6	0,92
Metano	CH <sub>4</sub> O	1,50	0,85	56,7	0,38
Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	2,09	1,27	61,0	0,52
Glicerol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	1,22	0,73	59,8	0,39
Ácido acético	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	1,07	0,65	60,7	0,40
Ácido propiónico	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	1,51	0,93	61,6	0,43
Ácido fórmico	CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0,35	0,20	57,1	0,26
α- alanina	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> O <sub>2</sub> N	1,08	0,71	65,7	0,40
Arginina	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub> N <sub>4</sub>	1,01	0,41	40,6	0,41
Triptosan	C <sub>11</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub> N	2,06	0,11	5,30	0,70
Glucosa	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	1,07	0,65	60,7	0,40
Lactosa	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	1,12	0,58	51,8	0,42

las aguas residuales industriales, las sustancias contaminantes se encuentren en concentraciones aproximadamente constantes, obviamente con algunas excepciones. A partir de esa premisa, y con base en la información de la tabla 1 se puede demostrar que, aún en un desecho donde existan varias sustancias contaminantes, se puede encontrar una relación entre el COT y los parámetros de interés en este proyecto como la DBO y la DQO.

Por esa razón, en este trabajo se propuso como objetivo la determinación de las relaciones entre el COT y la DBO<sub>5</sub> y la DQO de tres aguas residuales.

Si se logra demostrar, analíticamente, que es posible que para un agua residual se pueda establecer relación entre su DBO<sub>5</sub> y DQO con el COT, la estimación de los dos primeros podría hacerse en cualquier momento a partir del COT con un grado de precisión parecido al de sus ensayos respectivos. Esta alternativa presenta la ventaja de acortar sensiblemente el tiempo de análisis y reducir los costos del trabajo de laboratorio.

### **3. Métodos de análisis y procedimientos**

#### **3.1 Métodos de análisis**

##### **3.1.1 DQO por el procedimiento de la MicroDQO**

Es la misma prueba de la DQO estándar pero realizada en un recipiente más pequeño con el objetivo de minimizar la utilización del oxidante y el ácido. Se sigue el procedimiento estipulado en los métodos estándar [9] con el código 5220 D.

Consiste en el método de reflujo cerrado con medición de la porción del oxidante no gastado por métodos colorimétricos.

##### **3.1.2 Ensayo de la demanda bioquímica de oxígeno, DBO<sub>5</sub>**

Los ensayos de este tipo se realizaron siguiendo el procedimiento estipulado en los métodos estándar [9] con el código 5210 B.

En esta prueba se utilizó la celda de oxígeno para la determinación del oxígeno disuelto lo cual garantiza precisión y rapidez. El uso de la celda es recomendado en la última versión de los métodos estándar [9], pues en las anteriores se hace referencia a la medida del oxígeno disuelto mediante su fijación con alcaliyoduro y sulfato de manganeso.

##### **3.1.3 Determinación del carbono orgánico total, COT**

Se utilizó el método de combustión infrarroja. El instrumento utilizado en el trabajo de investigación fue un Shimadzu 5000.

El procedimiento seguido está estipulado en los métodos estándar [2] bajo el código 5310 B.

### **3.2. Procedimientos**

El estudio se centró en tres aguas residuales de características diferentes. Una de las seleccionadas fue del tipo de aguas residuales domésticas cuyas características, con las normales diferencias específicas, son casi universales y, por tanto, podrían hacer del presente estudio un referente para diferentes ciudades tanto en el país como en el exterior.

Para la segunda situación se seleccionó una industria cervecera. Sus desechos son primordialmente del tipo orgánico, pero con concentraciones de DBO<sub>5</sub> y DQO varias veces superiores a la de las aguas residuales domésticas, ARD.

Debido a la relativa estabilidad de la composición de los dos desechos, los muestreos para la obtención del volumen de agua residual necesario para los análisis de laboratorio se hacían en la modalidad de muestreo instantáneo.

Como tercera agua residual se adoptó un desecho sintético usando glucosa pura como único constituyente o contaminante orgánico.

Este desecho presenta la ventaja de que por ser de composición conocida, sus concentraciones de COT y DQO teórica máxima pueden ser calculadas estequiométricamente. Los valores de

la DBO<sub>5</sub> no pueden estimarse de igual manera, por lo que con respecto a este último parámetro se tiene algún grado de incertidumbre aun tratándose de un desecho sintético de composición simple como el utilizado en este caso. La única certeza con la que se cuenta en este desecho es la de que, por tratarse de una sustancia fácilmente biodegradable, se puede esperar que el valor de la DBO<sub>5</sub> sea un alto porcentaje de la DQO teórica máxima (mayor del 80%).

Adicionalmente, se quiso utilizar este desecho sintético como un patrón y un sistema de referencia para el trabajo analítico que el proyecto de investigación implicaba. Por lo que se consideró que los resultados obtenidos con este parámetro validaban los procedimientos analíticos que se debían seguir en el trabajo.

## 4. Resultados

### 4.1 Número de muestras

Como los resultados de los análisis estadísticos son más confiables a medida que el conjunto de datos por manipular sea más grande, se planearon veintiséis muestreos pero efectivamente se ejecutaron veinte.

Los criterios utilizados para descartar información fueron en general las incompatibilidades encontradas entre parámetros que tienen por naturaleza una relación muy definida. Por ejemplo, no es posible que para una muestra dada el valor de la DBO<sub>5</sub> supere el de la DQO; o que el valor de los sólidos suspendidos volátiles supere el de la COT.

Dado que la dotación original del instrumento para medir el COT no permite el procesamiento de muestras con sólidos en suspensión, se hizo necesario filtrar las muestras recolectadas en el proyecto para evitar causar daños al equipo. Por eso en las tablas de datos se tiene que, tanto en el caso de la DBO como en el de la DQO, aparecen dos columnas de datos para cada uno de los parámetros; un valor de la DBO o DQO total, y otro para el de la DBO o DQO filtrada.

Con esta situación es claro, entonces, que los valores de COT obtenidos son los resultados de las corridas usando el filtrado de todas las muestras. Así, era dable suponer que, de existir una correlación entre los parámetros seleccionados y el COT, los mejores valores se obtendrían con respecto a la DBO y la DQO filtradas.

Como esto no puede interpretarse sino como una limitante a los alcances del proyecto, se incluyó adicionalmente la medición de los sólidos suspendidos volátiles. Se trataba de explicar, con este parámetro, la porción de la DBO y la DQO suspendida, buscando una relación como la que se presenta a continuación que se esperaba lograr con un análisis multivariable.

$$DBO_T = A + k_1 * COT + k_2 * SSV y$$

$$DBO_F = B + k_3 * COT$$

Ecuaciones en las cuales:

DBO<sub>T</sub> = DBO<sub>5</sub> total, mg/l

DBO<sub>F</sub> = DBO<sub>5</sub> filtrada, mg/l

SSV = sólidos suspendidos volátiles

A, B, k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub> = los coeficientes de la correlación buscada

Los valores obtenidos para los SSV fueron muy erráticos. Por esta razón, no se incluyeron en los análisis estadísticos para correlacionarlos con los valores que se conocen como la DQO total y la DBO<sub>5</sub> total; es decir, los valores obtenidos con la DBO<sub>5</sub> y la DQO de las muestras originales sin ninguna manipulación adicional.

Como puede verse en el procesamiento estadístico de los resultados, se establecieron correlaciones entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO filtradas con el valor del COT. Y adicionalmente, no obstante lo explicado arriba, también se procedió a buscar correlaciones entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO totales con el COT.

### 4.2 Resultados

Los resultados obtenidos se presentan en las tablas 2, 3 y 4.

**Tabla 2** Parámetros DQO, DBO y COT para un agua residual (glucosa)

Fecha	Muestra	DQO (mg/l)	DBO (mg/l)	COT (mg/l)
27/01/99	1	552	371	202
3/02/99	2	474	366	198
5/02/99	3	433	322	201
10/02/99	4	484	294	181
19/02/99	5	453	308	200
25/02/99	6	453	390	201
10/03/99	7	474	352	198
12/03/99	8	423	300	198
18/03/99	9	393	332	186
19/03/99	10	495	300	192
16/04/99	11	433	241	171

**Tabla 3** Parámetros: DQO, DBO y COT para un tipo de agua residual (descarga doméstica)

Fecha	Muestra	DQO <sub>T</sub> (mg/l)	DQO <sub>F</sub> (mg/l)	DBO <sub>T</sub> (mg/l)	DBO <sub>F</sub> (mg/l)	COT (mg/l)
27/01/99	1	649	118	510	157	95
5/02/99	2	453	94	182	55	74
10/02/99	3	393	142	150	47	64
17/02/99	4	423	184	306	155	90
19/02/99	5	474	181	250	91	79
10/03/99	6	474	126	387	105	86
12/03/99	7	393	126	276	108	82
9/04/99	8	433	172	205	65	81
16/04/99	9	453	110	235	69	65
23/04/99	10	474	151	279	109	72

**Tabla 4** Parámetros: DQO, DBO y COT para un tipo de agua residual (cervecería)

Fecha	Muestra	DQO <sub>T</sub> (mg/l)	DQO (mg/l)	DBO <sub>T</sub> (mg/l)	DBO <sub>F</sub> (mg/l)	COT (mg/l)
27/01/99	1	2.164	1.585	1.641	1.576	741
3/02/99	2	5.099	3.792		3.261	1.270
10/02/99	3	4.329	3.078	1.645	1.220	864
25/02/99	4	2.804	2.446	2.480	2.395	1.315
10/03/99	5	2.184	1.926	2.171	2.021	926
12/03/99	6	2.235	1.691	1.541	1.401	660
9/04/99	7	1.506	1.179	608	886	622
16/04/99	8	2.011	2.358	2.046	1.631	924

### 4.3 Análisis estadístico de los resultados

El análisis estadístico de los resultados obtenidos consistió en buscar las correlaciones entre los parámetros DBO y DQO (tanto totales como filtradas) con el COT. No se manipularon estadísticamente los resultados del análisis de sólidos en suspensión por las razones anotadas anteriormente.

La herramienta utilizada para el análisis fue el paquete de estadística Statgraph. El resumen de los resultados del análisis estadístico de los datos se muestra en la tabla 5.

### 4.4 Discusión de los resultados

#### 4.4.1 Glucosa

Contrario a lo esperado, para este desecho no se obtuvieron resultados completamente satisfactorios para las relaciones entre los parámetros objeto del estudio.

El valor obtenido para el coeficiente de correlación permite concluir que la correlación entre la DBO y el COT es buena; no así para la relación DQO y COT. La varianza de los datos resultó ser no significativa y la correlación pobre para este segundo parámetro.

**Tabla 5** Resumen de resultados

<i>Relación</i>	<i>Calidad de correlación</i>	<i>Varianza</i>
<b>Glucosa</b>		
DQO/COT	Relativamente débil $r = 0,281$ $r^2 = 7,89$	No significativa
DBO/COT	Moderadamente fuerte $r = 0,744$ $r^2 = 55,33$	Significativa
<b>Agua residual doméstica</b>		
DQO <sub>T</sub> /COT	Moderadamente fuerte $r = 0,526$ $r^2 = 27,71$	No significativa
DQO <sub>F</sub> /COT	Relativamente débil $r = 0,211$ $r^2 = 4,45$	No significativa
DBO <sub>T</sub> /COT	Moderadamente fuerte $r = 0,789$ $r^2 = 62,26$	Significativa
DBO <sub>F</sub> /COT	Moderadamente fuerte $r = 0,817$ $r^2 = 66,76$	Significativa
<b>Residual de cervecería</b>		
DQO <sub>T</sub> /COT	Moderadamente fuerte $r = 0,597$ $r^2 = 35,69$	No significativa
DQO <sub>F</sub> /COT	Moderadamente fuerte $r = 0,743$ $r^2 = 55,25$	No significativa
DBO <sub>T</sub> /COT	Moderadamente fuerte $r = 0,839$ $r^2 = 70,45$	No significativa
DBO <sub>F</sub> /COT	Moderadamente fuerte $r = 0,878$ $r^2 = 77,07$	Significativa

#### 4.4.2 Agua residual doméstica, ARD

Para este tipo de agua residual se esperaba que los valores de la DBO<sub>5</sub> y la DQO solubles tuvieran alta probabilidad de lograr buena correlación con el COT. Los resultados, sin embargo, muestran buena correlación entre la DBO (tanto total como filtrada) y el COT.

El análisis de varianza de los datos con respecto a la DQO indicó probabilidad no significativa de la relación de sus valores con el COT.

#### 4.4.3 Aguas residuales de cervecería

En este caso el único resultado que indica una correlación confiable se presenta para la DBO filtrada con respecto al COT.

Por ser el COT un ensayo que se realiza sobre el filtrado de las muestras de aguas residuales, era

de esperarse que la posibilidad de correlación se presentase con los ensayos sobre muestras filtradas.

Con los valores de la DQO en cualquiera de sus formas (total y soluble) no se logró detectar ninguna correlación.

## 5. Conclusiones

Se presentaron algunos resultados alentadores en el intento de tratar de utilizar el COT en aguas residuales como referencia para pronosticar las concentraciones de la DBO<sub>5</sub> y la DQO de tales aguas.

Se detectó una limitante en el uso del instrumento para medir el COT. Se requiere una dotación especial para que el instrumento quede habilitado para procesar aguas residuales que conten-

gan sólidos en suspensión. El equipo estándar sólo permite al instrumento aguas desprovistas de sólidos, por lo que el COT en estos casos sólo se podría referenciar teóricamente con la DBO y la DQO solubles. Aunque estos parámetros son de común utilización, también lo es que siempre acompañen los valores de la DBO y DQO totales.

Como se esperaba, las correlaciones de mejor calidad se presentaron con la DBO soluble de las tres aguas residuales, con respecto al COT. Sin embargo, el resultado se presentó dentro de las expectativas, pues como se señala arriba el COT sólo se midió en las muestras de agua filtradas.

La única correlación significativa que se presentó en el estudio para la muestra sin filtración es la de la DBO del ARD. La explicación a este hecho puede ser la uniformidad de composición de ese tipo de agua pues tal resultado indica que el porcentaje de la fracción soluble del agua residual se mantuvo relativamente constante en las muestras analizadas estadísticamente.

Las expresiones encontradas para relacionar la DBO con la medida del COT son las siguientes:

Para la glucosa:

$$DBO_5 = - 289 + 3,17 * COT$$

Para el ARD:

$$DBO filtrada = - 147,7 + 3,1 * COT$$

Con respecto a las aguas residuales de cervecería, el análisis de los resultados mostró que se tiene una buena correlación entre la DBO filtrada y el COT. Aunque no se esperaba, tampoco es sorprendente que los datos no mostraran ninguna correlación entre la DQO (tanto la total como la filtrada) y el COT. Para la única correlación encontrada se obtuvo la siguiente ecuación para el agua residual de cervecería:

$$DBO filtrada = - 529,6 + 2,54 * COT$$

Los resultados obtenidos no señalan de manera contundente la utilidad del parámetro COT como

herramienta analítica en la caracterización de aguas residuales crudas aunque el presente estudio arrojó algunos resultados positivos. Se estima que sí puede serlo en la determinación, principalmente, de la calidad de aguas residuales tratadas porque las mismas tienen generalmente bajas concentraciones de sólidos en suspensión.

También se considera que la adaptación del instrumento del COT con el dispositivo que le confiera la posibilidad de manejar aguas residuales con sólidos en suspensión, mejoraría sustancialmente el potencial de ese parámetro para los fines perseguidos en el presente proyecto de investigación.

## Referencias

1. Ates, E., Orham, D., Tunay; "Characterization of tannery wastewater for pretreatment. Selected case studies. COD fractionation, soluble COD/TOC, BOD/COD", *Water Science and Technology*, 36, 217. 1997.
2. Dempster, Helen, Sherwood, L, Feenstra, S; "Tracing organic contaminants in groundwater: a new methodology using compound specific isotopic analysis", *Environmental Science Technology*, 31, 3.193-97, 1997.
3. Hewitt, A. D., "Comparison of sample preparation methods for the analysis of volatile organic compounds in soil samples: solvent extraction vs. vapor partitioning", *Environmental Science Technology*, 32.143-149, 1998.
4. Lee, S. E., Suh, Y. S., "Biochemical characterization of wastewater by electrolytic respirometer", *Water Science Technology*, 31, 91-100, 1995.
5. Richard, M. E., Welch, E, Chistman, R., "The total organic analyzer and its application to water research", *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 43, 1.834-1.844, 1971.
6. Sherrard, J. H., Fnedman, A. A., Rand, M. C., "BOD, are there alternatives?", *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 51, 1.799-1.804, 1972.
7. Sawyer, C. N., Mccarty, P. *Chemistry for Sanitary Engineers*. 2ª. ed. McGraw-Hill. 1967.
8. Pavel, Pitter And Jan Chudova, *Biodegradability of Organic Substances in the Aquatic Environment*, CRC Press. 1990.
9. Apha, Awwa, Wef. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19ª. ed. 1995.