



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**

*Química*

*Mente*

**NOVIEMBRE 2011**

**FACULTAD REGIONAL RAFAELA**



*Química Mente,*  
es una publicación del Laboratorio de Química.

**Agradecemos sus comentarios, críticas y sugerencias.**

**[laboratorio.quimica@frra.utn.edu.ar](mailto:laboratorio.quimica@frra.utn.edu.ar)**

**Esperamos que disfruten de nuestra propuesta.**

## Editorial

Bienvenido al Boletín de Noviembre de *QUIMICA MENTE*. En este número se continúa desarrollando el tema *Biogás*, el cual se comenzó en la edición anterior.

Se incluye un trabajo de investigación que se está llevando a cabo en el Laboratorio de Química, el cual fue presentado en el II Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables, desarrollado en Villa María en el mes de noviembre.

Como en ediciones anteriores presentamos futuros Congresos y Jornadas, a realizarse en 2011-12, que pueden ser de su interés.

Agradecemos su participación y esperamos sus aportes e inquietudes deseando que disfruten de nuestra propuesta.

Laboratorio de Química – UTN Rafaela



## **Integrantes del Laboratorio de Química**

**Dra. M. Cecilia Panigatti**

**Lic. Rosana Boglione**

**Lic. Carina Griffa**

**Bioq. Fabiana Gentinetta**

### **Becarios**

**M. Celeste Schierano**

**Elena Zanazzi**

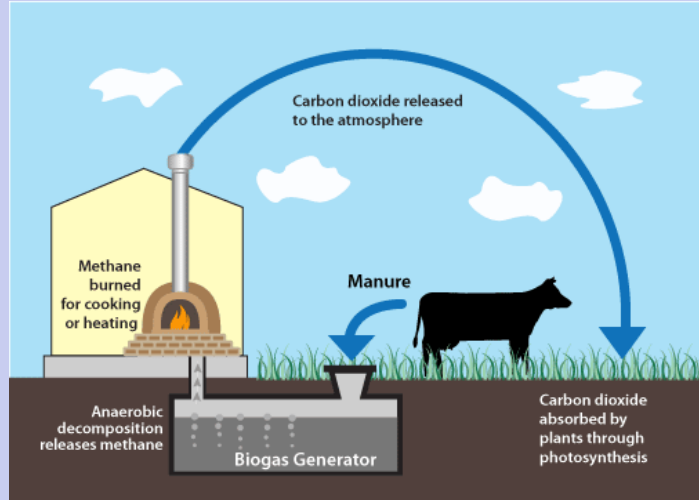
**Nabila Abzug**

**Franco Laorden**



## BIOGÁS

Los biodigestores anaerobios son tanques cerrados donde la materia orgánica y el agua residual se transforman por acción de los microorganismos en biogás (gas metano 60%) y bioabono. Es un sistema completamente carente de oxígeno donde la formación de metano ocurre a través de una fermentación que requiere del metabolismo coordinado y



y combinado de diferentes grupos de microorganismos, principalmente bacterias, que actúan secuencial y simultáneamente.

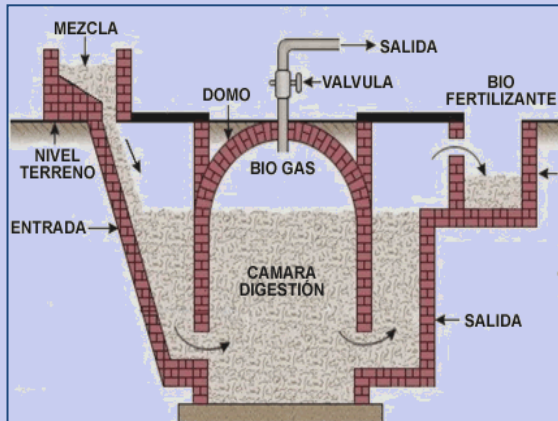
Los biodigestores anaerobios están constituidos por cuatro componentes básicos, los cuales permiten un correcto tratamiento de la materia residual; estos componentes se exponen a continuación:

- El tanque de mezcla: es una especie de depósito de mampostería o concreto donde se realiza la mezcla de la materia orgánica y el agua residual, que luego se introduce en la cámara de digestión; esta última se une por medio de tubos de entrada al tanque de mezcla.
- La cámara de digestión o digestor: es el recinto donde se produce la fermentación anaeróbica. Usualmente se construye en concreto o mampostería de ladrillo, exceptuando las plantas tipo balón, que son plásticas.
- El gasómetro: es la sección donde se almacena el gas. El digestor y el gasómetro pueden constituir un solo cuerpo, o ser dos piezas separadas.
- El tanque de descarga: recibe el material digerido o efluente. En el caso de las plantas de cúpula fija sirve, además, como tanque de compensación de presiones.

Los diseños de las plantas de biogás varían de acuerdo con el fabricante y el tipo y cantidad de residuos que se desean tratar, pero de manera general existen tres diseños básicos, que son el de cúpula fija, el de campana flotante y el de tipo balón.

## FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Como todo proceso biológico, la digestión anaerobia debe ser controlada, ya que existen diversos factores que influyen en la misma. Un desbalance de los mismos, puede provocar la ruptura del equilibrio entre las comunidades microbianas y por consiguiente el mal funcionamiento de la planta, la no producción de biogás y el inadecuado tratamiento del agua residual. A continuación se relacionan los factores de mayor importancia que influyen en este proceso.



La temperatura no afecta la producción absoluta de gas que es dependiente de las características del sustrato, pero sí afecta la actividad biológica. A medida que aumenta la temperatura, también aumenta la actividad de las bacterias, requiriéndose menor tiempo de retención para que se complete el proceso de fermentación.

Los materiales de fermentación están compuestos en su mayor parte por carbono (C) y nitrógeno (N). Si el contenido de este último es muy alto, la reproducción de las bacterias se inhibe debido a la alta alcalinidad. Lo ideal es una relación C/N de 20:1 a 30:1.

Los porcentajes más favorables de sólidos totales en el medio de fermentación interior deben estar entre 5 y 10%, ya que valores mayores de 15% tienden a inhibir el proceso.

Los metales pesados, los antibióticos y los detergentes, son productos que inhiben el proceso de producción de biogás.

No deben existir en el biodigestor condiciones que faciliten la entrada de oxígeno ni presencia de compuestos que se oxiden y liberen oxígeno, como los nitratos; pues las bacterias metanogénicas demandan condiciones de estricta anaerobiosis. Se debe controlar el pH del sistema, pues una disminución del mismo puede traer como resultado la inhibición del crecimiento de las bacterias metanogénicas. Ello hace que disminuya la producción de metano y aumente el contenido de dióxido de carbono y se produzcan olores desagradables por el aumento del contenido de sulfuro de hidrógeno. Se acepta generalmente que los valores óptimos del pH oscilen entre 7,0 y 8,5.

## Trabajo Presentado en II Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables. Villa María, Noviembre 2011.

### “TRATAMIENTO ALTERNATIVO DE EFLUENTES CLOACALES UTILIZANDO LECHO FILTRANTE”

El constante crecimiento demográfico ha producido un aumento de la contaminación ambiental, incluyendo aire, agua y suelo. El incremento de la demanda de agua, hace necesario aplicar métodos de tratamiento de los efluentes domésticos e industriales para evitar la contaminación de los cuerpos de agua a los cuales se vierten. Los sistemas de depuración natural se diseñan para aprovechar estos procesos con objeto de purificar las aguas residuales.

La ciudad de Rafaela cuenta actualmente con alrededor de cien mil habitantes. Las viviendas que no están conectadas a un desagüe cloacal, evacuan los líquidos servidos a pozos negros, los cuales generalmente no poseen una cámara séptica antes del vertido a dicho pozo. Este sistema, simple y de aparente “economía”, tiene múltiples desventajas e inconvenientes, siendo uno de los principales la contaminación del agua subterránea.



En los últimos años, se determinó la contaminación en las aguas subterráneas de la ciudad de Rafaela, siendo una de las causas la influencia de las aguas negras en las napas freáticas. Por lo tanto, se propone diseñar un tratamiento que mitigue la problemática de los “pozos negros”. En los barrios que aún no cuentan con red de desagües cloacales, un sistema alternativo es el constituido por cámara séptica y lecho filtrante.



La función de la cámara séptica es realizar un primer tratamiento para permitir la sedimentación de sólidos y la eliminación de flotantes como materias grasas, actuando también como digestor anaeróbico. El tratamiento final y la evacuación del efluente de la fosa séptica se realizan por adsorción en el terreno mediante lechos de infiltración.

El objetivo del presente trabajo fue construir y estudiar un sistema compuesto por cámara séptica- zanja filtrante con relleno granular como alternativa de mejora respecto a los pozos negros existentes, para el tratamiento de efluentes cloacales domiciliarios. Además, se evaluó la influencia del mismo en el agua subterránea circundante.

Se ha realizado el cálculo y diseño de un sistema de tratamiento de líquidos cloacales para una vivienda habitada por 5 integrantes. Dicho sistema consta de una cámara séptica seguida de lecho filtrante (Figura 1). La cámara séptica consiste en un tanque subterráneo construido en hormigón armado y mampostería de ladrillos comunes como cerramiento lateral. El sistema de infiltración en el terreno consiste en una serie de zanjas estrechas, poco profundas (entre 0,50 m y 1,50 m), rellenas de un medio poroso (grava). El medio poroso se utiliza para: mantener la estructura de la zanja, proporcionar un tratamiento aeróbico del efluente y redistribuir el efluente a las áreas de infiltración.

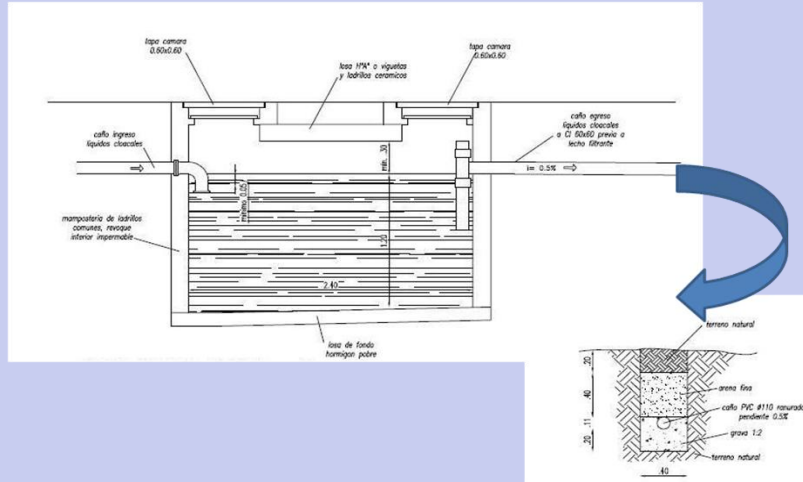


Figura 1: Corte lateral cámara y zanja de drenaje.

Para evaluar la eficiencia de remoción se realizaron tomas de muestras de efluentes a la entrada y salida del tratamiento. A su vez se construyó un pozo de monitoreo de agua subterránea aguas abajo del sistema (Figura 2). En el año 1999, previo a la construcción de la vivienda, es decir antes del funcionamiento del tratamiento, se realizó una toma de muestra de agua y análisis de la misma. Posteriormente, desde el año 2010, con el sistema en marcha, se realizaron muestreos cada 45 días.



Figura 2: Fotografía del sistema y pozo de monitoreo.

El tratamiento que se consigue en estos lechos de infiltración se produce al circular el efluente a través y por encima del medio poroso, al infiltrarse en el terreno y al percolar el líquido a través del mismo. A medida que el efluente fluye por el lecho de infiltración, en las superficies del sistema se desarrolla progresivamente una película biológica. El grosor de la biopelícula crece a medida que los microorganismos metabolizan la materia orgánica presente en el efluente proveniente de la fosa séptica. Al producirse las reacciones de conversión biológica, también se forman precipitados minerales. En función



de las condiciones ambientales, estos precipitados se pueden acumular en la película biológica o eliminarse por lixiviación.

El contenido de la cámara séptica se debe extraer de forma periódica, para evitar la reducción de la capacidad volumétrica efectiva provocada por la acumulación de espumas y barros a largo plazo. Esta tarea puede ser realizada por camiones atmosféricos de la misma manera que se realiza en pozos negros, pero siendo el volumen a extraer de la cámara séptica sensiblemente menor y el período de tiempo entre limpiezas es notablemente más largo.

En el estudio realizado, los valores de pH del efluente oscilaron entre 7,3 y 8,1 en todos los muestreos, antes y después del tratamiento. Estos valores son los adecuados para el desarrollo biológico. En la Figura 3, se presentan las concentraciones promedio de DQO y DBO<sub>5</sub> del efluente a la entrada y salida del sistema. Se observa una importante disminución de las concentraciones de dichos parámetros, evidenciando el buen funcionamiento del tratamiento.

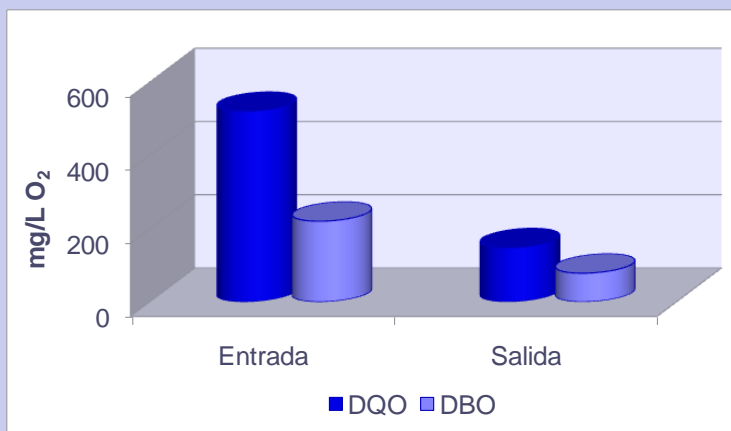


Figura 3: Concentraciones promedio de DQO y DBO<sub>5</sub> a la entrada y salida del sistema.

Las concentraciones de nitrógeno total, si bien fueron variables a lo largo de toda la experiencia, no hubo diferencias significativas a la salida del tratamiento respecto de la entrada. Con respecto a los valores promedio de amonio se observó un aumento importante de los mismos a la salida del sistema, como consecuencia de la actividad bacteriológica. Las concentraciones de fósforo total fueron variables disminuyendo a la salida ( $2,2 \pm 0,5$  mg/L P) respecto de la entrada ( $8,1 \pm 1,0$  mg/L P), esto condice con el diseño del sistema y puede estar relacionado con la actividad microbiana. En cuanto al recuento total bacteriano se obtuvo un valor promedio de  $4 \times 10^7$  UFC/ml a la salida del tratamiento. Las bacterias coliformes totales y fecales tuvieron un desarrollo variable, pero a la salida del sistema se observó una disminución de las mismas, atribuyendo estos resultados al cambio de condiciones ambientales (aeróbico – anaeróbico). En todos los casos, se ha encontrado presencia de *Escherichia coli* (género de coliformes más representativo de las fuentes de contaminación fecal) y *Pseudomonas aeruginosa*.

Los valores promedio de los parámetros fisicoquímicos analizados en el agua subterránea se encuentran muy por debajo de los límites establecidos por el Código Alimentario Argentino (C.A.A.) para consumo humano, excepto en el caso del arsénico (Tabla 1). El arsénico es un contaminante natural presente en las aguas subterráneas de la Provincia de Santa Fe. En el presente estudio, las concentraciones encontradas fueron variables y superiores al límite establecido por el CAA. Esto coincide con estudios anteriores realizados en la ciudad de Rafaela, donde los valores de arsénico hallados, oscilaban entre 0,05 y 0,12 mg/L.

En cuanto a los cationes (calcio, magnesio) y aniones (sulfatos, cloruros, bicarbonato) analizados, no hubo variaciones importantes a lo largo del tiempo de estudio.

Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos analizados en el pozo de monitoreo de agua.

Parámetros Fisicoquímicos	Límite C.A.A.	Previo Inicio (1999)	Promedio (2010-2011)
pH	6,5-8,5	7,55	7,57 ± 0,12
Sólidos totales (mg/L)	1500	1469	1238,9 ± 72,7
Dureza Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	400	66,2	75,6 ± 15,1
Calcio (mg/L Ca <sup>+2</sup> )	-	13,3	16,5 ± 6,8
Magnesio (mg/L Mg <sup>+2</sup> )	-	8,1	8,5 ± 3,5
Cloruro (mg/L Cl <sup>-</sup> )	350	105	96,3 ± 7,3
Sulfato (mg/l SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	400	205,9	127,1 ± 31,5
Arsénico (mg/L As)	0,01	0,05	0,16 ± 0,07
Nitrito (mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0,10	ND (0,05)	ND (0,05)
Nitrato (mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	45	5,0	9,2 ± 3,9
Amonio (mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	0,20	ND (0,05)	ND (0,05)

En ninguna de las muestras analizadas se encontraron concentraciones de amonio y nitrito detectables por el método de análisis. Cabe aclarar, que la presencia de nitritos indicaría una contaminación de origen orgánico tal como la generada por los pozos cloacales. Las concentraciones de nitrato variaron a lo largo de los muestreos, pero los valores encontrados no fueron elevados, los que están indicando que no existe una contaminación importante. En casos estudiados en sectores de la ciudad de Rafaela que poseen pozos negros, se han encontrado valores de nitritos y nitratos promedios superiores al límite establecido por el CAA.

Con respecto a los resultados obtenidos en los análisis bacteriológicos, es importante destacar que los valores de coliformes fecales fueron inferiores al límite de detección, como así también ausencia de *Escherichia coli*. De acuerdo a estos resultados, podemos inferir que el sistema de tratamiento en estudio no contaminaría las napas freáticas. Si bien hay presencia de *Pseudomona aeruginosa* en la mayoría de las muestras, y suelen estar presentes en grandes cantidades en el agua residual, su presencia no puede atribuirse a fuentes de contaminación fecal cercanas.

El efluente cloacal tratado mediante un sistema cámara séptica-lecho filtrante, recibe un tratamiento natural antes de infiltrarse en el terreno, situación que no sucede en un pozo negro. Se ha evidenciado una importante disminución de las concentraciones de DQO y DBO<sub>5</sub> del efluente a la salida del sistema diseñado, demostrando el buen funcionamiento del tratamiento. Las distintas mediciones realizadas en las aguas subterráneas cercanas al sistema, ponen de manifiesto las ventajas del tratamiento, ya que no se ha detectado contaminación por nitratos, nitritos, amonio y bacterias por infiltración. Se continuará trabajando en la mejora del tratamiento, con el objeto de optimizar los resultados obtenidos.

## Próximos Eventos

Argentina Ambiental 2012

Mar del Plata, 28 de mayo al 01 de junio de 2012

<http://www.argentina-ambiental.com.ar/esp/>



XXXIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental

Salvador, Brasil. 03 al 06 de junio de 2012



<http://www.abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyPortal/Site/XP-PortalPaginaShow.php?id=645&min=0>



XXIX Congreso Argentino de Química

3 al 5 de octubre de 2012, Mar del Plata

<http://aqa.org.ar/joomla>



IV Congreso Argentino de la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC, Capítulo Argentino)

Buenos Aires, 16 al 19 de octubre de 2012

[http://www.setac.org/sites/default/files/argentina\\_spanish.pdf](http://www.setac.org/sites/default/files/argentina_spanish.pdf)



## Un poco de Humor . . .



Gracias por su tiempo

Nos encontramos en la próxima edición. . .

Para recibir *Química Mente* por correo electrónico puede suscribirse enviando un mail a:

[laboratorio.quimica@frra.utn.edu.ar](mailto:laboratorio.quimica@frra.utn.edu.ar)

**Contacto:**

**Acuña 49**

**(2300) Rafaela – Santa Fe – Argentina.**

**T.E. 03492 43-2702 Int: 106**