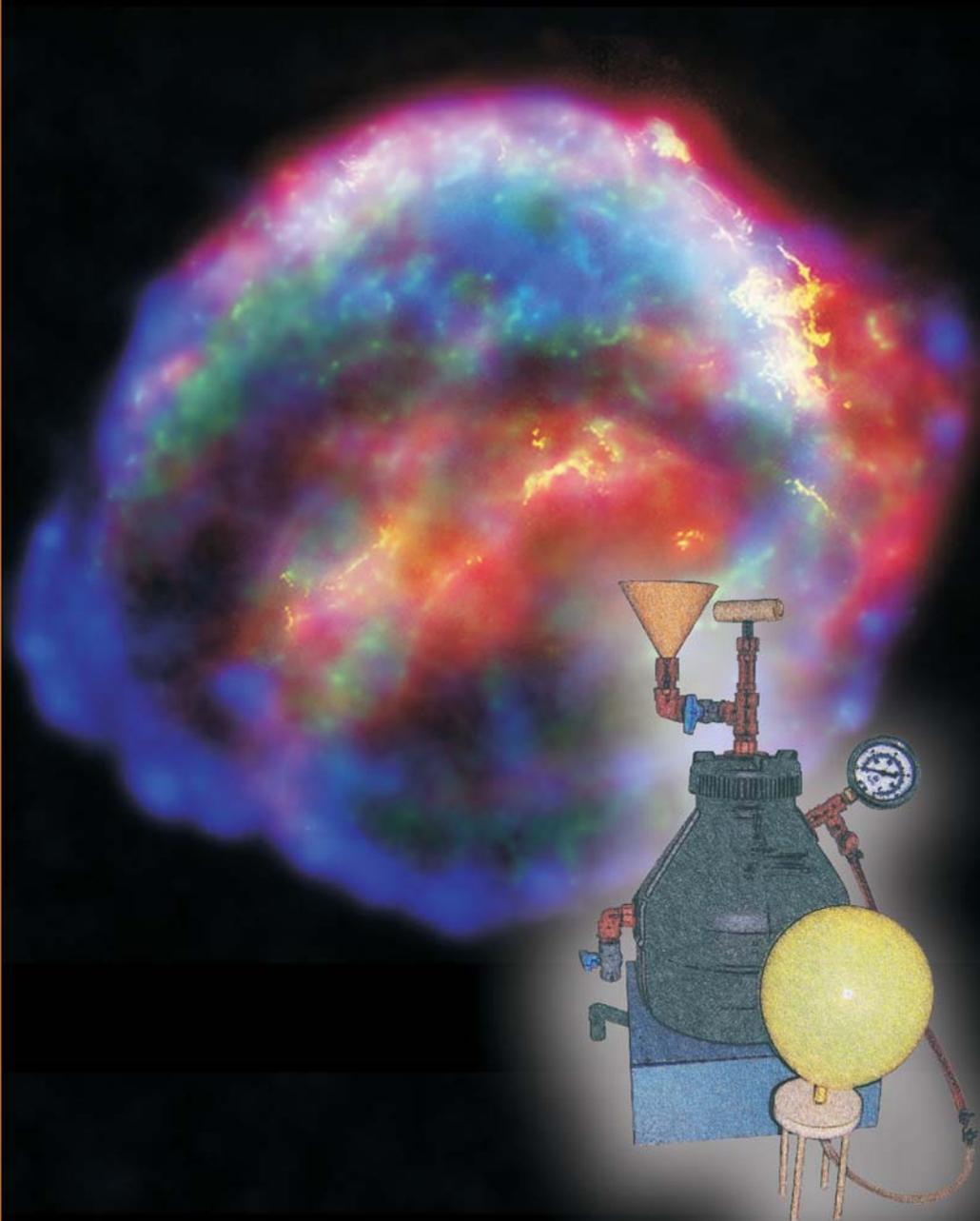




Biodigestor



Serie: Recursos didácticos

Tapa:
Imagen combinada de la Supernova Remnant captada
por el telescopio Hubble - NASA.

a u t o r i d a d e s

PRESIDENTE DE LA NACIÓN

Dr. Néstor Kirchner

MINISTRO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Lic. Daniel Filmus

SECRETARIO DE EDUCACIÓN, CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Prof. Alberto E. Sileoni

DIRECTORA EJECUTIVA DEL INSTITUTO NACIONAL DE
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

Lic. María Rosa Almandoz

DIRECTOR NACIONAL DEL CENTRO NACIONAL DE
EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

Lic. Juan Manuel Kirschenbaum

Biodigestor

Sergio Pizarro

Colección Serie "Recursos didácticos".
Coordinadora general: Haydeé Noceti.

Distribución de carácter gratuito.

Queda hecho el depósito que previene la ley n° 11.723. © Todos los derechos reservados por el Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología - Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

La reproducción total o parcial, en forma idéntica o modificada por cualquier medio mecánico o electrónico incluyendo fotocopia, grabación o cualquier sistema de almacenamiento y recuperación de información no autorizada en forma expresa por el editor, viola derechos reservados.

Industria Argentina.

ISBN 950-00-0519-0

Pizarro, Sergio
Biodigestor / Sergio Pizarro ; coordinado por Juan Manuel Kirschenbaum.
- 1a ed. - Buenos Aires : Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación - Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2005.
152 p.: il.; 22x17 cm. (Recursos Didácticos; 11)

ISBN 950-00-0519-0

1. Gas-Energía. 2. Combustible. 3. Biodigestor.
I. Kirschenbaum, coord. II. Título

CDD 665.7

Fecha de catalogación: 3/11/2005

Impreso en Gráfica Pinter S. A., México 1352 (C1097ABB), Buenos Aires,
en noviembre 2005

Tirada de esta edición: 3.000 ejemplares

Serie: “**Recursos didácticos**”

- 1 Invernadero automatizado
- 2 Probador de inyectores y motores paso a paso
- 3 Quemador de biomasa
- 4 Intercomunicador por fibra óptica
- 5 Transmisor de datos bidireccional por fibra óptica, entre computadoras
- 6 Planta potabilizadora
- 7 Medidor de distancia y de velocidad por ultrasonido
- 8 Estufa de laboratorio
- 9 Equipamiento EMA -Características físicas de los materiales de construcción-
- 10 Dispositivo para evaluar parámetros de líneas
- 11 Biodigestor
- 12 Entrenador en lógica programada
- 13 Entorno de desarrollo para programación de microcontroladores PIC
- 14 Relevador de las características de componentes semiconductores
- 15 Instalación sanitaria de una vivienda
- 16 Equipamiento para el análisis de estructuras de edificios
- 17 Cargador semiautomático para máquinas a CNC de accionamiento electropneumático
- 18 Biorreactor para la producción de alimentos
- 19 Ascensor
- 20 Pila de combustible

LAS METAS, LOS PROGRAMAS Y LAS LÍNEAS DE ACCIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

El Instituto Nacional de Educación Tecnológica -INET- enmarca sus líneas de acción, programas y proyectos, en las metas de:

- Coordinar y promover programas nacionales y federales orientados a fortalecer la educación técnico-profesional, articulados con los distintos niveles y ciclos del sistema educativo nacional.
- Implementar estrategias y acciones de cooperación entre distintas entidades, instituciones y organismos –gubernamentales y no gubernamentales-, que permitan el consenso en torno a las políticas, los lineamientos y el desarrollo de las ofertas educativas, cuyos resultados sean considerados en el Consejo Nacional de Educación-Trabajo –CoNE-T– y en el Consejo Federal de Cultura y Educación.
- Desarrollar estrategias y acciones destinadas a vincular y a articular las áreas de educación técnico-profesional con los sectores del trabajo y la producción, a escala local, regional e interregional.
- Diseñar y ejecutar un plan de asistencia técnica a las jurisdicciones en los aspectos institucionales, pedagógicos, organizativos y de gestión, relativos a la educación técnico-profesional, en el marco de los acuerdos y resoluciones establecidos por el Consejo Federal de Cultura y Educación.
- Diseñar y desarrollar un plan anual de capacitación, con modalidades presenciales, semipresenciales y a distancia, con sede en el Centro Nacional de Educación Tecnológica, y con nodos en los Centros Regionales de Educación Tecnológica y las Unidades de Cultura Tecnológica.
- Coordinar y promover programas de asistencia económica e incentivos fiscales destinados a la actualización y el desarrollo de la educación técnico-profesional; en particular, ejecutar las acciones relativas a la adjudicación y el control de la asignación del Crédito Fiscal –Ley N° 22.317–.
- Desarrollar mecanismos de cooperación internacional y acciones relativas a diferentes procesos de integración educativa; en particular, los relacionados con los países del MERCOSUR, en lo referente a la educación técnico-profesional.

Estas metas se despliegan en distintos programas y líneas de acción de responsabilidad de nuestra institución, para el periodo 2003-2007:

Programa 1. Formación técnica, media y superior no universitaria:

- 1.1. Homologación y validez nacional de títulos.
- 1.2. Registro nacional de instituciones de formación técnica.
- 1.3. Espacios de concertación.
- 1.4. Perfiles profesionales y ofertas formativas.
- 1.5. Fortalecimiento de la gestión institucional; equipamiento de talleres y laboratorios.
- 1.6. Prácticas productivas profesionalizantes: Aprender emprendiendo.

Programa 2. Crédito fiscal:

- 2.1. Difusión y asistencia técnica.
- 2.2. Aplicación del régimen.
- 2.3. Evaluación y auditoría.

Programa 3. Formación profesional para el desarrollo local:

- 3.1. Articulación con las provincias.
- 3.2. Diseño curricular e institucional.
- 3.3. Información, evaluación y certificación.

Programa 4. Educación para el trabajo y la integración social.

Programa 5. Mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Tecnología y de la Ciencia:

- 5.1. Formación continua.
- 5.2. Desarrollo de recursos didácticos.

Programa 6. Desarrollo de sistemas de información y comunicaciones:

- 6.1. Desarrollo de sistemas y redes.
- 6.2. Interactividad de centros.

Programa 7. Secretaría ejecutiva del Consejo Nacional de Educación Trabajo –CoNE-T–.

Programa 8. Cooperación internacional.

Los materiales de capacitación que, en esta ocasión, estamos acercando a la comunidad educativa a través de la serie “Recursos didácticos”, se enmarcan en el Programa 5 del INET, focalizado en el mejoramiento de la enseñanza y del aprendizaje de la Tecnología y de la Ciencia, uno de cuyos propósitos es el de:

- Desarrollar materiales de capacitación destinados, por una parte, a la actualización de los docentes de la educación técnico-profesional, en lo que hace a conocimientos tecnológicos y científicos; y, por otra, a la integración de los recursos didácticos generados a través de ellos, en las aulas y talleres, como equipamiento de apoyo para los procesos de enseñanza y de aprendizaje en el área técnica.

Estos materiales didácticos han sido elaborados por especialistas del Centro Nacional de Educación Tecnológica del INET y por especialistas convocados a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PNUD– desde su línea “Conocimientos científico-tecnológicos para el desarrollo de equipos e instrumentos”, a quienes esta Dirección expresa su profundo reconocimiento por la tarea encarada.

María Rosa Almandoz

Directora Ejecutiva del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.
Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología

LAS ACCIONES DEL CENTRO NACIONAL DE EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

Desde el Centro Nacional de Educación Tecnológica –CeNET– encaramos el diseño, el desarrollo y la implementación de proyectos innovadores para la enseñanza y el aprendizaje en educación técnico-profesional.

El CeNET, así:

- Es un ámbito de desarrollo y evaluación de metodología didáctica, y de actualización de contenidos de la tecnología y de sus sustentos científicos.
- Capacita en el uso de tecnología a docentes, profesionales, técnicos, estudiantes y otras personas de la comunidad.
- Brinda asistencia técnica a autoridades educativas jurisdiccionales y a educadores.
- Articula recursos asociativos, integrando a los actores sociales involucrados con la Educación Tecnológica.

Desde el CeNET venimos trabajando en distintas líneas de acción que convergen en el objetivo de reunir a profesores, a especialistas en Educación Tecnológica y a representantes de la industria y de la empresa, en acciones compartidas que permitan que la educación técnico-profesional se desarrolle en la escuela de un modo sistemático, enriquecedor, profundo... auténticamente formativo, tanto para los alumnos como para los docentes.

Una de nuestras líneas de acción es la de diseñar y llevar adelante un sistema de capaci-

tación continua para profesores de educación técnico-profesional, implementando trayectos de actualización. En el CeNET contamos con quince unidades de gestión de aprendizaje en las que se desarrollan cursos, talleres, pasantías, conferencias, encuentros, destinados a cada educador que desee integrarse en ellos presencialmente o a distancia.

Otra de nuestras líneas de trabajo asume la responsabilidad de generar y participar en redes que vinculan al Centro con organismos e instituciones educativas ocupados en la educación técnico-profesional, y con organismos, instituciones y empresas dedicados a la tecnología en general. Entre estas redes, se encuentra la Red Huitral, que conecta a CeNET con los Centros Regionales de Educación Tecnológica -CeRET- y con las Unidades de Cultura Tecnológica –UCT– instalados en todo el país.

También nos ocupa la tarea de producir materiales de capacitación docente. Desde CeNET hemos desarrollado distintas series de publicaciones –todas ellas disponibles en el espacio web www.inet.edu.ar–:

- *Educación Tecnológica*, que abarca materiales que posibilitan una definición curricular del área de la Tecnología en el ámbito escolar y que incluye marcos teóricos generales, de referencia, acerca del área en su conjunto y de sus contenidos, enfoques, procedimientos y estrategias didácticas más generales.

- *Desarrollo de contenidos*, nuestra segunda serie de publicaciones, que nuclea fascículos de capacitación en los que se profundiza en los campos de problemas y de contenidos de las distintas áreas del conocimiento tecnológico, y que recopila, también, experiencias de capacitación docente desarrolladas en cada una de estas áreas.
- *Educación con tecnologías*, que propicia el uso de tecnologías de la información y de la comunicación como recursos didácticos, en las clases de todas las áreas y espacios curriculares.
- *Educadores en Tecnología*, serie de publicaciones que focaliza el análisis y las propuestas en uno de los constituyentes del proceso didáctico: el profesional que enseña Tecnología, ahondando en los rasgos de su formación, de sus prácticas, de sus procesos de capacitación, de su vinculación con los lineamientos curriculares y con las políticas educativas, de interactividad con sus alumnos, y con sus propios saberes y modos de hacer.
- *Documentos de la escuela técnica*, que difunde los marcos normativos y curriculares que desde el CONET –Consejo Nacional de Educación Técnica– delinearon la educación técnica de nuestro país, entre 1959 y 1995.
- *Ciencias para la Educación Tecnológica*, que presenta contenidos científicos asociados con los distintos campos de la tecnología, los que aportan marcos conceptuales que permiten explicar y fundamentar los problemas de nuestra área.
- *Recursos didácticos*, que presenta contenidos tecnológicos y científicos,

estrategias –curriculares, didácticas y referidas a procedimientos de construcción– que permiten al profesor de la educación técnico-profesional desarrollar, con sus alumnos, un equipamiento específico para integrar en sus clases.

Desde esta última serie de materiales de capacitación, nos proponemos brindar herramientas que permitan a los docentes no sólo integrar y transferir sus saberes y capacidades, sino también, y fundamentalmente, acompañarlos en su búsqueda de soluciones creativas e innovadoras a las problemáticas con las que puedan enfrentarse en el proceso de enseñanza en el área técnica.

En todos los casos, se trata de propuestas de enseñanza basadas en la resolución de problemas, que integran ciencias básicas y tecnología, y que incluyen recursos didácticos apropiados para la educación técnico-profesional.

Los espacios de problemas tecnológicos, las consignas de trabajo, las estrategias de enseñanza, los contenidos involucrados y, finalmente, los recursos didácticos están planteados en la serie de publicaciones que aquí presentamos, como un testimonio de realidad que da cuenta de la potencialidad educativa del modelo de problematización en el campo de la enseñanza y del aprendizaje de la tecnología, que esperamos que resulte de utilidad para los profesores de la educación técnico-profesional de nuestro país.

Juan Manuel Kirschenbaum

Director Nacional del Centro Nacional de Educación Tecnológica.
Instituto Nacional de Educación Tecnológica

LA SERIE “RECURSOS DIDÁCTICOS”

Desde esta serie de publicaciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica, nos proponemos:

- Poner a consideración de los educadores un equipamiento didáctico a integrar en los procesos de enseñanza y de aprendizaje del área técnica que coordinan.
- Contribuir a la actualización de los docentes de la educación técnico-profesional, en lo que hace a conocimientos tecnológicos y científicos.

Inicialmente, hemos previsto el desarrollo de veinte publicaciones con las que intentamos abarcar diferentes contenidos de este campo curricular vastísimo que es el de la educación técnico-profesional.

En cada una de estas publicaciones es posible reconocer una estructura didáctica común:

1 Problemas tecnológicos en el aula. En esta primera parte del material se describen situaciones de enseñanza y de aprendizaje del campo de la educación técnico-profesional centradas en la resolución de problemas tecnológicos, y se presenta una propuesta de equipamiento didáctico, pertinente como recurso para resolver esas situaciones tecnológicas y didácticas planteadas.

2 Encuadre teórico para los problemas. En vinculación con los problemas didácticos y tecnológicos que constituyen el punto de partida, se presentan conceptos

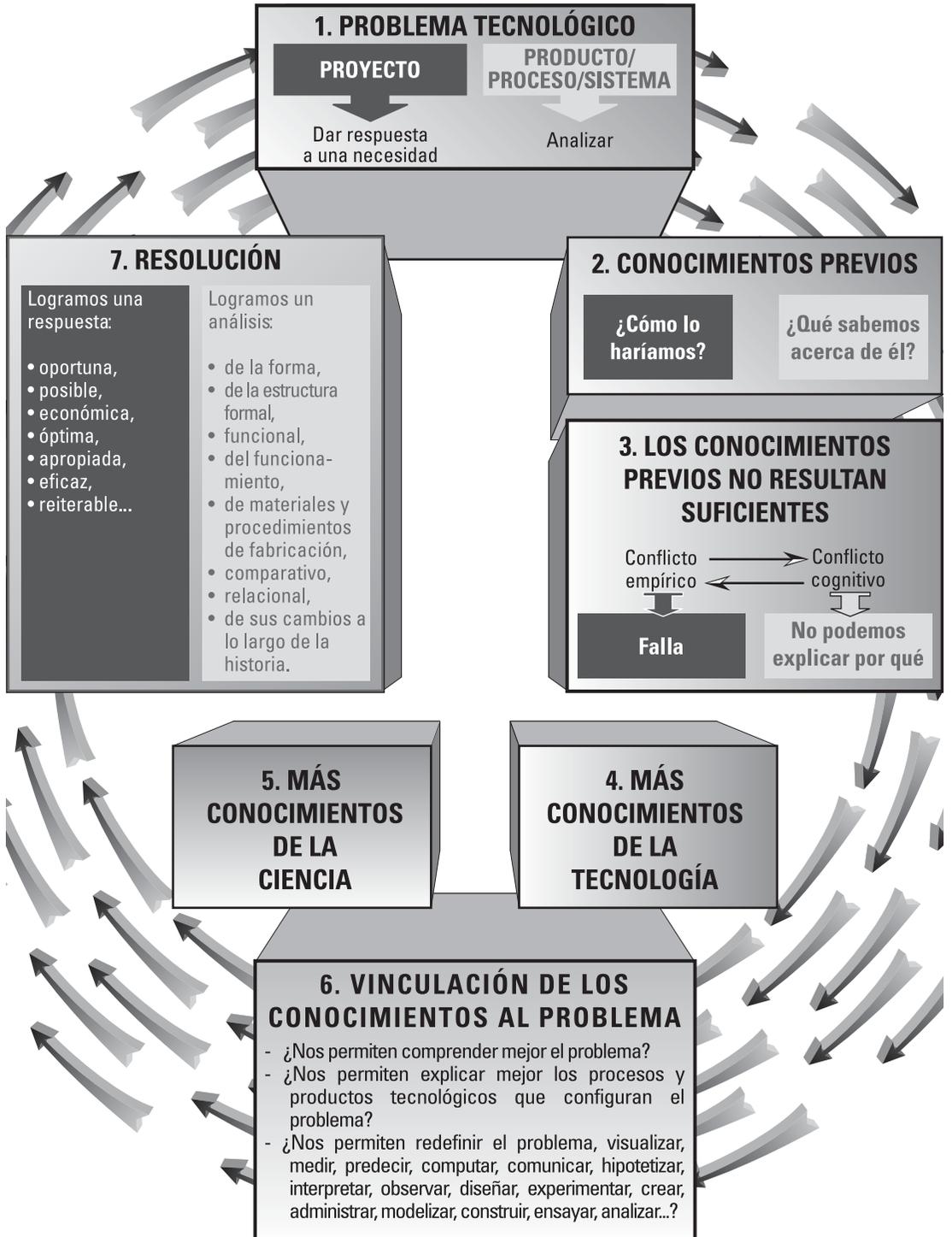
tecnológicos y conceptos científicos asociados.

3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo. Aquí se describe el equipo terminado y se muestra su esquema de funcionamiento; se presentan todas sus partes, y los materiales, herramientas e instrumentos necesarios para su desarrollo; asimismo, se pauta el “paso a paso” de su construcción, armado, ensayo y control.

4 El equipo en el aula. En esta parte del material escrito, se retoman las situaciones problemáticas iniciales, aportando sugerencias para la inclusión del recurso didáctico construido en las tareas que docente y alumnos concretan en el aula.

5 La puesta en práctica. Este tramo de la publicación plantea la evaluación del material didáctico y de la experiencia de puesta en práctica de las estrategias didácticas sugeridas. Implica una retroalimentación –de resolución voluntaria– de los profesores destinatarios hacia el Centro Nacional de Educación Tecnológica, así como el punto de partida para el diseño de nuevos equipos.

Esta secuencia de cuestiones y de momentos didácticos no es azarosa. Intenta replicar –en una producción escrita– las mismas instancias de trabajo que los profesores de Tecnología ponemos en práctica en nuestras clases:



Es a través de este circuito de trabajo (problema-respuestas iniciales-inclusión teórica-respuestas más eficaces) como enseñamos y como aprenden nuestros alumnos en el área:

- La tarea comienza cuando el profesor presenta a sus alumnos una **situación codificada en la que es posible reconocer un problema tecnológico**; para configurar y resolver este problema, es necesario que el grupo ponga en marcha un proyecto tecnológico, y que encare análisis de productos o de procesos desarrollados por distintos grupos sociales para resolver algún problema análogo. Indudablemente, no se trata de cualquier problema sino de uno que ocasiona obstáculos cognitivos a los alumnos respecto de un aspecto del mundo artificial que el profesor –en su marco curricular de decisiones– ha definido como relevante.
- El proceso de enseñanza y de aprendizaje comienza con el planteamiento de esa situación tecnológica seleccionada por el profesor y con la construcción del espacio-problema por parte de los alumnos, y continúa con la búsqueda de **respuestas**.
- Esta detección y construcción de respuestas no se sustenta sólo en los conocimientos que el grupo dispone sino en la **integración de nuevos contenidos**.
- El enriquecimiento de los modos de “ver” y de encarar la resolución de un problema tecnológico –por la adquisición de nuevos conceptos y de nuevas formas técnicas de intervención en la situación

desencadenante– suele estar **distribuida materialmente** –en equipamiento, en materiales, en herramientas–.

No es lo mismo contar con este equipamiento que prescindir de él.

Por esto, lo que intentamos desde nuestra serie de publicaciones es acercar al profesor distintos recursos didácticos que ayuden a sus alumnos en esta tarea de problematización y de intervención –sustentada teórica y técnicamente– en el mundo tecnológico.

Caracterizamos como **recurso didáctico** a todo material o componente informático seleccionado por un educador, quien ha evaluado en aquél posibilidades ciertas para actuar como mediador entre un problema de la realidad, un contenido a enseñar y un grupo de alumnos, facilitando procesos de comprensión, análisis, profundización, integración, síntesis, transferencia, producción o evaluación.

Al seleccionar los recursos didácticos que forman parte de nuestra serie de publicaciones, hemos considerado, en primer término, su potencialidad para posibilitar, a los alumnos de la educación técnico-profesional, configurar y resolver distintos problemas tecnológicos.

Y, en segundo término, nos preocupó que cumplieran con determinados rasgos que les permitieran constituirse en medios eficaces del conocimiento y en buenos estructurantes cognitivos, al ser incluidos en un aula por un profesor que los ha evaluado como perti-

nentes. Las cualidades que consideramos fundamentales en cada equipo que promovemos desde nuestra serie de publicaciones "Recursos didácticos", son:

- Modularidad (puede adaptarse a diversos usos).
- Resistencia (puede ser utilizado por los alumnos, sin peligro de romperse con facilidad).
- Seguridad y durabilidad (integrado por materiales no tóxicos ni peligrosos, y durables).
- Adaptabilidad (puede ser utilizado en el taller, aula o laboratorio).
- Acoplabilidad (puede ser unido o combinado con otros recursos didácticos).
- Compatibilidad (todos los componentes, bloques y sistemas permiten ser integrados entre sí).
- Facilidad de armado y desarmado (posibilita pruebas, correcciones e incorporación de nuevas funciones).
- Pertinencia (los componentes, bloques funcionales y sistemas son adecuados para el trabajo con los contenidos curriculares de la educación técnico-profesional).
- Fiabilidad (se pueden realizar las tareas preestablecidas, de la manera esperada).
- Coherencia (en todos los componentes, bloques funcionales o sistemas se siguen las mismas normas y criterios para el armado y utilización).
- Escalabilidad (es posible utilizarlo en proyectos de diferente nivel de com-

plejidad).

- Reutilización (los diversos componentes, bloques o sistemas pueden ser desmontados para volver al estado original).
- Incrementabilidad (posibilidad de ir agregando piezas o completando el equipo en forma progresiva).

Haydeé Noceti

Coordinadora de la acción "Conocimientos científico-tecnológicos para el desarrollo de equipos e instrumentos".
Centro Nacional de Educación Tecnológica



11. Biodigestor

Este material de capacitación fue desarrollado por:

Sergio Pizarro.

Es diseñador industrial (Universidad Nacional de La Plata). Se desempeñó como docente en una escuela técnica de orientación electromecánica, a cargo de “Dibujo técnico” y de “Elementos de máquinas, instalaciones industriales”, y como maestro de taller responsable de la oficina técnica. Participó de la *Capacitación de Capacitadores en Educación Tecnológica* a cargo del Programa Nacional de Gestión de la Capacitación Docente; esta capacitación le permitió formar parte del grupo de referentes en Educación Tecnológica de la provincia de Río Negro. Paralelamente, se desempeñó como tutor del Programa Prociencia de Capacitación Docente a distancia (Ministerio de Educación de la Nación). Es autor de *Educación tecnológica, empresa y emprendimientos* (INET. 2003. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología). Forma parte de una asociación sin fines de lucro que impulsa las economías sociales regionales, evaluando y formulando nuevos proyectos productivos, y destacando la participación de las personas como individuos sociales en busca de un desarrollo económico genuino.

Coordinación general:

Haydeé Noceti

Diseño didáctico:

Ana Rúa

Administración:

Adriana Perrone

Monitoreo y evaluación:

Laura Irurzun

Diseño gráfico:

Tomás Ahumada

Karina Lacava

Alejandro Carlos Mertel

Diseño de tapa:

Laura Lopresti

Juan Manuel Kirschenbaum

Con la colaboración
del equipo de profesionales
del Centro Nacional
de Educación Tecnológica



Índice

Las metas, los programas y las líneas de acción del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.....	VIII
Las acciones del Centro Nacional de Educación Tecnológica.....	X
La serie “Recursos didácticos”.....	XII

1 Problemas tecnológicos en el aula	4
• El recurso didáctico que proponemos	
2 Encuadre teórico para los problemas	15
• Biogás, una alternativa para los desechos rurales y urbanos	
• ¿Suciedad, basura, residuos, desechos, desperdicios, sobra o qué?	
• Los residuos	
• Residuos líquidos urbanos (RLU)	
• Residuos sólidos urbanos (RSU)	
• Residuos rurales	
• Producción ganadera y gases de efecto invernadero	
• Biodigestores	
3 Hacia una resolución técnica. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo	87
• El producto	
• Los componentes	
• El armado	
• El funcionamiento	
• El ensayo y el control	
4 El equipo en el aula	101
5 La puesta en práctica	112

1. PROBLEMAS TECNOLÓGICOS EN EL AULA



¿Es razonable hablar de biogás en un país en el que el gas natural se encuentra a la vuelta de la esquina?

El **biogás** es un gas generado por seres vivos (bacterias metanogénicas), en ausencia de aire (ambiente anaeróbico); se produce, así, cuando materia orgánica es descompuesta en estas condiciones y en ella actúa ese determinado tipo de bacterias.

Desde este material de capacitación docente damos una respuesta afirmativa a esta cuestión. Pensamos al biogás, en primer lugar, como solución a problemas ambientales y, en segundo, como sustitución del consumo de gas natural no renovable. Y lo hacemos en este orden para poner en evidencia la importancia del costo social por sobre el económico (ya que es común que las alternativas se evalúen sólo desde

variables financieras).

La producción de biogás es renovable, genera empleo, soluciona problemas ambientales, determina independencia (al prescindir de las grandes redes o distribuciones móviles), y se obtiene gracias al trabajo de una bacteria que, para crecer, sólo necesita un ambiente sin oxígeno y del control que nosotros realizamos sobre este sistema. Éstas son las diferencias sustanciales con el gas natural, que tardó muchísimos años en formarse y al que ni los hombres ni la naturaleza podremos darle el tiempo necesario para renovarse.

La del biogás resulta, entonces, una cuestión importante de ser encarada como contenido escolar,

Veamos algunos testimonios:

¿Somos responsables?

El profesor de “Tecnologías de la energía” propone a sus alumnos organizarse en grupos pequeños, leer un artículo, someterlo a

discusiones internas y puestas en común, y presentar una comunicación a los demás integrantes de la clase.

El efecto invernadero antropogénico y sus consecuencias¹

Las actividades humanas, cada vez más demandantes de recursos de todo tipo, han comenzado a comprometer al **recurso clima** en la escala global. Está comprobado que estas actividades están aumentando la concentración de los gases que intensifican el efecto invernadero de la atmósfera.

(...) La temperatura del planeta se ha incrementado, en el último siglo, cerca de 0,5 °C, existiendo un creciente consenso científico de que al menos buena parte de este aumento es atribuible al efecto invernadero de origen antropogénico.

Si el ritmo de crecimiento de las emisiones continúa sin ningún tipo de limitación, se estima que para el año 2025 la temperatura media del planeta se incrementaría en 1 °C y para fines del próximo siglo, en 3 °C. Los incrementos de

la temperatura no serán homogéneos sobre el planeta, pudiendo ser bastante mayores en algunas regiones.

Como consecuencia de ello, todo el sistema climático se vería alterado, modificándose las precipitaciones medias en muchas regiones.

A largo plazo, la Tierra debe liberar al espacio igual cantidad de energía que la recibida por radiación solar (30 % de ésta se refleja al espacio exterior y 70 % se absorbe) para mantener la temperatura.

Ante la acción antrópica sostenida desde el comienzo de la era industrial y el consiguiente efecto invernadero, el sistema climático debe readaptarse al excedente de energía. Cabe acotar que un 2 % de energía en exceso equivale al consumo y quema de 3 millones de toneladas de

petróleo por minuto.

De los gases de efecto invernadero, el CO₂ es el responsable del 60 % del efecto invernadero inducido, el CH₄ del 20 % (tiene un poder de calentamiento 30 a 60 veces mayor que el CO₂, aunque tiene un tiempo de vida media corto en comparación con los otros gases) y N₂O, CFC, HFC, PFC, HCFC, SF₆ del 20 %. Desde 1850 a la fecha, el incremento del CO₂ ha sido de un 30 %, mientras que el del N₂O de un 15 %.

Según cálculos del IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático) y las emisiones de CO₂ se duplicarán para el 2050 con lo cual la temperatura media subirá entre 1 °C y 3,5 °C; el nivel del mar subirá entre 15 y 95 cm (¡La península de Ross en la Antártida es ahora una isla!); los glaciares de montaña desaparecerán (los patagónicos serán los más persistentes); se agudizarán los fenómenos climáticos extremos y las pestes.

Para recordar sólo algunos

¹Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación Argentina. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable: www.medioambiente.gov.ar Opción: Acuerdos internacionales. El cambio climático y su mitigación.

de los casos ocurridos en los últimos dos años, mencionemos el huracán Mitch, que ha azotado a Centroamérica, y el fenómeno El Niño (el más intenso en 150 años), el cual ha propiciado, por una parte, los incendios favorecidos por las sequías, que causaron estragos en Indonesia y la región amazónica, y, por otra, las devastadoras inundaciones en la Argentina y China. La “corriente en chorro” (que regula el clima del planeta) se desplazará hacia el Sur con lo que variará la agricultura mundial. Las mesetas heladas de Canadá y Siberia se descongelarán, con lo cual habrá nuevas tierras de cultivo. Argenti-

na y Estados Unidos deberán cambiar las características genéticas de la producción. China y Europa también deberán hacerlo debido al irregular patrón de lluvias. Australia seguirá más o menos como ahora. Habrá un desfase de las zonas climáticas, corriéndose entre 150-550 km hacia los polos.

Un cambio climático global de la magnitud y velocidad previstas podría provocar alteraciones importantes en la biosfera, conduciendo a migraciones y extinciones de numerosas especies, y a un aumento significativo del nivel del mar.

Estos cambios afectarían

también a las actividades humanas en general y, muy particularmente, a las que son críticamente dependientes del clima, como las agropecuarias y la generación de hidroelectricidad.

El clima de la Argentina ha mostrado una gran susceptibilidad a los cambios globales de la circulación atmosférica en el pasado reciente, siendo incluso muy posible que el este ya esté siendo afectado por el fenómeno del calentamiento global. En consecuencia, dada la estructura productiva del país, los estudios sobre esta problemática adquieren un claro valor estratégico.

A partir de estos datos de realidad, se genera un intenso proceso de análisis de información y de síntesis de propuestas.

Los ítem que guían la tarea a través de esta unidad de trabajo son:

- 1 Valoricen la importancia de lo descrito en el texto. Fundamenten su posición.
- 2 Traten de determinar si alguno de estos aspectos influirá en nuestra región. Traten de describir de qué manera.
- 3 ¿Cuáles son los gases más importantes del efecto invernadero? ¿Qué los provoca?
- 4 ¿Consideran que estamos en condiciones de modificar esta situación? ¿Nos beneficia un cambio?

5 ¿En qué consiste este cambio? ¿Con qué herramientas contamos para protagonizarlo?

6 En nuestro entorno, ¿reconocen las actividades que mayor atención deben prestar a esta situación? ¿Estamos incluidos en ellas? ¿Como participantes o como observadores?

7 Detallen algunas estrategias que debemos seguir en la escuela, en el barrio y en la región para mitigar esta situación.

A partir de este diagnóstico inicial, la propuesta es:

– *Los invito a que investiguen más sobre el tema. Porque, desde el área, vamos a generar un producto que ayude a paliar esta situación.*

La cruda realidad

La observación del lugar que hemos elegido para vivir tendría que ser una tarea cotidiana. Nuestra elección es haber aceptado vivir allí con las mejores condiciones de calidad posible, elección que requiere que conozcamos, que queramos y que cuidemos ese espacio.

En este sentido, no hay aprendizaje más rico que aquel que se produce desde la observa-

ción-reflexión o desde el error-reflexión. No perdamos la oportunidad cuando la tengamos cerca.

Para cumplir con esta premisa de vida, la profesora de "Ecología de ambientes urbanos y rurales" alienta a sus alumnos:

– Los invito a leer un artículo.

Diario Clarín. 27 de marzo de 2004²

MEDIO AMBIENTE: el mapa de la contaminación en la Argentina

EL MAL MANEJO DE LOS DESECHOS AFECTA A CASI TODAS LAS CIUDADES

Pareciera que en la Argentina poco importa la salud del ambiente. En las provincias, hay graves problemas de contaminación, especialmente en los ríos, en los lagos y en las napas subterráneas. El descuido es alarmante y la falta de controles, frecuente.

Muchos de los lugares turísticos están afectados. Como el lago San Roque, en Córdoba, que recibe desechos cloacales sin tratamiento, o el dique Cabra Corral, en Salta, donde se depositan toneladas de basura. En otros casos, la

contaminación proviene de la minería, como la sufren los pobladores de las Termas de Río Hondo, de Santiago del Estero, de Amanao en La Rioja o los mapuches de Neuquén.

Ciertas empresas se ensañan con los ríos cercanos, como ocurre con el Riachuelo o el Reconquista. Ríos, lagos y napas son víctimas de un descuido generalizado. Y el aire tampoco está libre de problemas, como en el Dock Sud de Avellaneda, Mendoza o Capital. "Hay más de 2.000 basurales a cielo abierto en el país sin control", según Miguel Rementería, de la Comisión Interdisciplinaria

del Medio Ambiente.

Para Daniel Sabsay, de la Fundación Ambiente y Recursos Naturales, "hay leyes que no se cumplen y otras que no se reglamentan. Se superponen los organismos públicos, lo cual conspira contra un control real".

Según Verónica Odriozola, de Greenpeace Argentina, "los gobiernos no han controlado a las empresas, con el pretexto de que pueden verse reducidas las fuentes de trabajo". "Los ciudadanos deberían tener más participación para que monitoreen a los que contaminan", dijo Javier Corcuera, de Fundación Vida Silvestre.

El Gobierno ya abrió el debate. En Puerto Madryn, hace una semana, presentó la Agenda

²Este artículo de Valeria Román está disponible en <http://old.clarin.com/diario/2004/03/27/s-03801.htm>

Nacional Ambiental. Según el secretario Atilio Savino, “se dieron lineamientos para planificar la política ambiental hasta 2007”. ¿Se cumplirá? (...)

LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO BONAERENSE

(...) Uno de los principales

focos es el polo petroquímico situado en Ensenada, cuyos gases provocan alergias e irritación en los ojos. Similares problemas causan los escapes del polo petroquímico Bahía Blanca. El Río de la Plata, el Luján y el Matanza, que atraviesan partidos donde viven millones de perso-

nas, sufren un alto nivel de contaminación, debido a los efluentes cloacales, desechos líquidos, gaseosos y sólidos vertidos clandestinamente por las grandes industrias. Además, pesticidas y fertilizantes ya afectaron napas y cursos de agua de distritos de la cuenca del Salado. (...)

Luego de la lectura crítica del documento/herramienta sometido a discusión grupal, la profesora propone:

- 1 Tenemos uno de esos 2000 basureros, acá. Ubiquémoslo geográficamente, e indiquemos a qué distancia se encuentra y las vías de comunicación que nos conectan con él.
- 2 Realicemos el recorrido desde el centro de la ciudad hasta el basurero. Observemos cómo su ubicación impacta en el medio.
- 3 Describamos el sistema de recolección de la ciudad: cuáles son los equipos utilizados, con qué frecuencia se realiza, en qué horarios y cómo es la participación ciudadana en este sistema.
- 4 Precisemos el lugar de deposición –el basurero– con el máximo detalle: montañas, quemas, aguas estancadas, etc.
- 5 ¿Por qué la recolección de basura se realiza de noche?
- 6 ¿Existe algún sistema de gestión de residuos? Estudiemos la normativa de nuestro lugar.
- 7 En grupo, tratemos de proponer algún

cambio, sobre la base de la investigación realizada.

Este primer análisis de qué sucede con los residuos sólidos urbanos de la ciudad donde viven, permite a los alumnos comenzar a pensar en algunas soluciones a los posibles problemas encontrados.

Luego de realizado el análisis, los grupos de chicos presentan su informe a sus compañeros.

De esta manera, realizan una puesta en común de lo relevado. Durante este intercambio, su profesora modera una discusión centrada en la gestión de los residuos: qué se hace y qué suponen ellos que se debe hacer.

A través de este intercambio, concluyen que existe la oportunidad de reducir en un 50 % el volumen de basura y que se puede hacer algo con la basura orgánica; por ejemplo, la biodigestión en rellenos sanitarios controlados, para la obtención de biogás.

A modo de reflexión, la profesora agrega un comentario respecto del artículo:

– En nuestro país, la Dirección Nacional de Calidad Ambiental, dependiente del Ministerio de Salud y Ambiente, y de su Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, tiene implementado un Plan Nacional de Valorización de Residuos. A través de él, la Secretaría se compromete a concretar lo enunciado en la Agenda 21, capítulo 21 “Manejo ecológicamente racional de los desechos sólidos”.



Y acerca al grupo:

Agenda 21

21.3. Los desechos sólidos, a los efectos del presente capítulo, comprenden todos los residuos domésticos y los desechos no peligrosos, como los desechos comerciales e institucionales, las basuras de la calle y los escombros de la construcción. En algunos países, el sistema de gestión de los desechos sólidos también se ocupa de los desechos humanos, tales como los excrementos, las cenizas de incineradores, el fango de fosas sépticas y el fango de instalaciones de tratamiento de aguas cloacales. Si esos desechos tienen características peligrosas, deben tratarse como desechos peligrosos.

21.4. La gestión ecológicamente racional de los desechos debe ir más allá de la simple eliminación o del aprovechamiento por métodos seguros de los desechos producidos, y procurar resolver la causa fundamental del problema, intentando cambiar las pautas no sostenibles de producción y consumo. Ello entraña la aplicación del concepto de gestión integrada del ciclo vital, que representa una oportunidad única de conciliar el desarrollo con la protección del medio ambiente.³

Y agrega:

– De los informes de la secretaria se desprende que sólo “mostraron interés” 308 municipios de todo el país; por ejemplo, en la provincia de Buenos Aires, nada más que 55 de un total de 134 municipios. Y, con respecto al país, solamente cuatro provincias tienen planes de gestión de residuos sólidos urbanos.



³Organización de las Naciones Unidas (1992) Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. ONU. Río de Janeiro.

Los alumnos analizan un texto más⁴:

El *Plan Nacional de Valorización de Residuos* se sustenta en el principio básico de enfocar ambientalmente a los residuos a través de las siguientes premisas:

El residuo puede ser reducido o disminuido, en cantidad y/o calidad, mediante procesos y pautas de producción, consumo y/o comercialización que lo minimicen y/o eliminen.

El residuo no es siempre un desecho a destruir o confinar, sino también un posible recurso a potenciar y recuperar.

Valorizar los residuos implica optimizar sus características de forma, materia, energía, mediante procesos, hasta hoy conocidos, de reutilización, recuperación y reciclado.

Durante el análisis posterior, la docente se preocupa por valorizar el lugar de los residuos; en especial, su relación con la obtención de energía.

Durante la investigación realizada, los estudiantes analizan la deposición de basura de la ciudad, el estado del predio elegido para tal fin, el tipo de relleno y el tiempo de realización; estudian, además, la posibilidad de cambiar el sistema por un relleno que per-

mita la obtención de biogás y los modos de recuperar este gas producido.

Uno de los muchachos propone:

– *Podemos asesorarlos para realizar un relleno sanitario en la escuela. Yo puedo empezar a desarrollar un prototipo para simular la misma situación que se da en el relleno sanitario...*

Éste es el camino al biodigestor.

⁴Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación Argentina. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable: www.medioambiente.gov.ar/calidad/programas/asentamientos/pnvr/default.htm

Producción ganadera, cambio climático y biogás

Sabido es que la vaca no tiene un motor a explosión en su interior; pero que sí tiene rumen.

También queda claro que, entre movilizarnos a lomo de vaca o en auto, parece preferible elegir este último medio. Y no sólo porque es más cómodo, sino porque tiene un motor de cuatro tiempos que resulta más ecológico que el vacuno.

Veamos qué conexión existe entre una y otra información...

Una vaca genera desechos que afectan al calentamiento global del planeta, tanto

como un auto, una industria o una ciudad.

Además, la cría de estos animales aumenta día a día, por lo que es muy posible que, muy cerca de nosotros, tengamos una producción vacuna importante y en crecimiento. Pero, claro... en el momento de sacar la carne del asador nos olvidamos de todas las dificultades que una vaca puede provocar en el medio.

En este sentido, la profesora de “Producción animal” y la profesora de “Proyecto tecnológico” invitan a los alumnos a realizar la lectura de un artículo, que dimensiona con más precisión esta definición de una *vaca anti-ecológica*:

Nuevos tiempos, nuevos mercados y nueva crianza

En cada lugar en el que la cría de ganado es una alternativa productiva, se está tratando de ganar eficiencia económica para obtener, de esta manera, que la actividad sea más rentable.

– Vivimos nuevos tiempos, nuevos paisajes.

Aquellos campos que antes veíamos verdes con algunos puntos marrones o negros (las vacas), ahora se presentan marrones o negros con puntitos verdes (los pocos que los lomos de las vacas nos dejan ver).

Como respuesta a nues-

tro gesto de sorpresa, Rodolfo, hombre de experiencia, viejo productor de la zona, mate de por medio, continúa:

– Pero, ¿no vieron el movimiento de camiones jaulas que hay en la ruta? ¿No se dieron cuenta cómo arreglaron el camino hasta el campo San Martín? Por más que llueva 100 milímetros, llegás hasta con un autito. Pero... ¡lo mejor está adentro del campo! Tienen una

obra impresionante. Según me dijeron, es un *feedlot*⁵: corrales con piso de cemento, silos, galpón, tanques para agua, metros y metros de comederos y caminos internos... Una ciudad para vacas.

En el campo San Martín, los camiones van y vienen: camiones jaulas, camiones con granos, camionetas; y transitan un camino impecable que les permite llegar a un *feedlot* para 10.000 cabezas. Este campo fue adquirido en 1988: 3000 hectáreas con 600 cabezas. A partir de allí, los actuales dueños lo desarrollaron y lo poblaron tanto que les quedó chico.

Su estrategia es no vender nunca las hembras; de esta manera, agrandan la cantidad de vientres del rodeo, directamente relaciona-

da con la cantidad de cría a obtener, pauta que les permitió crecer constantemente. Por su parte, la siembra de soja –si bien dejó el campo con poca superficie para seguir con la cría tradicional– proveyó ganancias que permitieron financiar la obra.

Otro de los secretos de esta producción del campo San Martín es que sus propietarios cuentan con superficie para agricultura, en otro terreno. En ella, logran un rinde de maíz de 8000 kilos por hectárea; además, reciben asesoramiento continuo sobre las nuevas tecnologías aplicadas al cultivo, utilizan siembra directa, siembra neumática y realizan una rotación agrícola permanente.

El encargado cuenta:

– Una de las ideas es

darle valor agregado al maíz, convirtiéndolo en carne, en el *feedlot*. Tener maíz propio es una gran ventaja y nos resulta mucho mejor dárselo a los novillos que venderlo. Si quisiéramos engordar con maíz comprado, los números serían distintos y el riesgo, mayor.

La realidad es que, con el *feedlot*, se obtiene una ventaja operativa porque se hace mucho más corto el circuito productivo. En cambio de ir con la hacienda, de un lado para otro, a completar el engorde, ahora sólo la traen desde donde nacen los terneros; un viaje directo al hotel del engorde, en un cinco estrellas, en un jaula de dos pisos, como los micros de pasajeros. Y, pensar que muchas veces se dice:

Viajamos como vacas...

⁵*Feedlot*: El término no tiene una traducción literal en español pero sí una definición: Es un área confinada para el alimento controlado de animales. Para darse una idea plena de este tipo de instalación, le recomendamos analizar la infografía de un *feedlot* incluida en: <http://www.clarin.com.ar/suplementos/rural/2004/02/28/fotos/info12.jpg>

Luego de la lectura, las profesoras preguntan qué ha llamado la atención a los estudiantes.

- A mí me llamó la atención el número de vacas. No me puedo imaginar la pila de... ¿Cómo se dice, profe?
- ¿Estiércol...?
- No puedo pensar la pila de estiércol de las 10.000 vacas que están ahí. ¿Qué hacen con eso? ¿Se lo dan de comer de nuevo al ganado?
- Espero que no, Pablo... Nuestra tarea va a ser investigar y pensar qué podemos hacer con esa pila. El estiércol molesta bastante: por su olor, por las moscas y por otros animales que se acercan a alimentarse de él. Esto genera un impacto muy importante...
- Yo lo junto y lo meto en un pozo.
- Profe... Yo lo dejo secar y lo prendo fuego.
- Paula, Pedro... Si me permiten una opinión, creo que las alternativas que plantean son facilistas: Queremos enfrentar el problema, no hacerlo desaparecer.

Y agrega:

- No les vamos a dar la solución de cómo resolver la cuestión de los desechos; pero, podemos darles una pista: En el aparato digestivo de la vaca tienen muchísima información para el comienzo de un proyecto.

Los profesores no descartamos ninguna estrategia didáctica; tampoco la del desconcierto (para el acierto), como la que han

provocado estas colegas. Una experiencia de campo, un recuerdo, una historia de abuelo; todo nos sirve para comenzar a detallar un problema.

El equipo de profesoras tiene en claro que es el estiércol y su fermentación en un biodigestor, para la obtención de biogás, el producto tecnológico hacia donde se proponen que lleguen los chicos; los caminos para arribar a esta solución son diversos: indagar en los conocimientos previos, aventurar libremente alternativas, dar pequeños golpes de timón para centrar a los alumnos en la tarea.

Ya veremos hacia dónde se dirigen las miradas.

El recurso didáctico que proponemos

Cada una de estas situaciones de enseñanza y de aprendizaje puede conectarse con un biodigestor.

El equipo **biodigestor** es un recurso de simple resolución técnica; su construcción con elementos estándar posibilita disponerlo sin muchas complicaciones.

Está compuesto, básicamente, por un recipiente digestor que tiene una tapa superior de ingreso de la primera carga, y por una serie de conexiones de líquidos de carga diaria, de efluente diario y de vaciado; por otro lado, cuenta con conexiones de salida de gas y de control de presión.

Para su funcionamiento, el biodigestor necesita de la formación y del estudio del sustrato que requiere el reactor. La composición de este sustrato, a su vez, depende de la biomasa disponible y de su adecuación.

La degradación biológica del sustrato se realiza en el interior del recipiente digestor y, como parte de esta degradación, se obtiene biogás. Para que esta producción sea continua, cada día se renueva parte del sustrato.

El proceso de biodigestión requiere controlar algunas variables:

- la composición del sustrato,
- la temperatura de funcionamiento y,
- la completa anaerobia del sistema.

La eficiencia lograda en el control de estas variables permite obtener un biogás de muy buenas características, con un mayor porcentaje de metano y un buen aporte de calorías.



2. ENCUADRE TEÓRICO PARA LOS PROBLEMAS

Biogás, una alternativa para los desechos rurales y urbanos

Para reducir la degradación ambiental, las sociedades deben reconocer que el ambiente es finito. La idea del crecimiento continuado debe abrir paso a un uso más racional de los recursos; pero, esto sólo puede lograrse con un espectacular cambio de actitud por parte de la especie humana⁶.

El tratamiento de residuos es un proceso que debe acompañar, ineludiblemente, a toda actividad productiva sea ésta industrial o agroindustrial, así como al desarrollo y al crecimiento de las ciudades.

Porque, a causa de una mejora en la situación económica, del desarrollo industrial, de las exigencias de los países compradores de nuestros productos y del aumento de la población urbana, el tratamiento toma cada vez más importancia, al crecer la producción de residuos como señal de ese progreso económico y del aumento del consumo. La realidad nos marca que tenemos cada vez más residuos de todo tipo, producto de procesos industriales innovadores y, correlativamente, que el reciclaje no abarca a todos estos residuos. Esta situación plantea una serie de problemas a resolver.

Y, culturalmente, no tenemos incorporada a "la basura" como un problema. Es muy posible que pensemos que, una vez que la sacamos de nuestras casas, el problema es de otro -en el mejor de los casos, de la munici-

palidad, y de un sistema de recolección y de tratado adecuados-. Pero, el "Sacala a la verdad" o "El portero se la lleva" no marca el fin del problema sino el comienzo, ya que un inadecuado tratamiento afecta a la salud pública y a la ambiental.

En esta realidad, necesitamos concebir a la basura como un flujo de materia que atraviesa la sociedad, flujo que nunca nos abandona, ya que retorna en forma de contaminantes subterráneos o aéreos si su circulación no tiene una gestión adecuada.

Una situación de este dramatismo debería impulsarnos a incorporar su tratamiento a una estrategia integrada al desarrollo sostenible, que tenga como prioridad reducirlos, reutilizarlos, reciclarlos y recuperarlos.

⁶ Angulo Barturen, Carmelo (2004) Discurso de apertura del "Primer Encuentro Nacional de Política Ambiental". Puerto Madryn.

<http://www.undp.org.ar/boletines/abril04/notas/nota1.htm>

El ponente es representante residente del PNUD -Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-.

Reducir la cantidad de desechos y consumos que provoca el producto; esto está relacionado con el diseño, la producción, y un consumo racional y consciente por parte de los usuarios.

Reutilizar aquellos productos que, desechados, no han terminado su vida útil e integrarlos en una función análoga -por ejemplo, la botella que, originariamente, servía para contener una bebida para consumo humano, pasa a ser utilizada para contener un líquido no alimenticio (por ejemplo, en la venta de productos de limpieza "Todo suelto")-.

Reciclar material recuperado de los desechos que puede ser utilizado en procesos productivos.

Recuperar energía o beneficios de aquellos materiales que ya no podemos utilizar en ninguna etapa de reciclado y que, indefectiblemente, se deben depositar en un espacio determinado.

Todas estas acciones están enmarcadas en un proceso de **desarrollo limpio** que implica reducir el consumo energético y las emisiones de gases perjudiciales para el medio ambiente, considerando no sólo aquellas emisiones de los procesos productivos y/o de consumos energéticos, sino también los gases de las degradaciones naturales de los residuos biomásicos húmedos.

El término **biomasa**, en su acepción más amplia, incluye toda la materia viva existente en un instante de tiempo en la Tierra. La biomasa energética también se define como el conjunto de la materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial.

La **biomasa residual húmeda** está conformada por los vertidos biodegradables las aguas residuales urbanas e industriales y por los residuos ganaderos (principalmente, purines, deyecciones ganaderas -estiércol-).

¿Suciedad, basura, residuos, desechos, desperdicios, sobra o qué?

Revisemos el significado de algunos términos clave⁷.

Suciedad:

- Polvo, manchas, grasa o cualquier otra cosa que ensucia.
- Inmundicia, porquería.

Basura (Del latín, *versūra*, de *verrere*, barrer):

- Suciedad (cosa que ensucia).
- Residuos desechados y otros desperdicios.
- Lugar donde se tiran esos residuos y desperdicios.
- Estiércol de las caballerías.
- Cosa repugnante o despreciable.

Residuo (Del latín *residuum*):

- Parte o porción que queda de un todo.
- Aquello que resulta de la descomposición o destrucción de algo.
- Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.
- En matemática: Resto de la sustracción y de la división.

Desecho (De *desechar*):

- Aquello que queda después de haber escogido lo mejor y más útil de algo.
- Cosa que, por usada o por cualquier otra razón, no sirve a la persona para quien se hizo.

⁷ Todos corresponden al Diccionario de la Lengua Española (2001; 22° ed. Real Academia Española. Madrid.)
Puede usted acudir a su versión online: www.rae.es

- Residuo, basura.
- Desprecio, vilipendio.
- Lo más vil y despreciable.

Desperdicio (De desperdiciar):

- Derroche de la hacienda o de otra cosa.
- Residuo de lo que no se puede o no es fácil aprovechar o se deja de utilizar por descuido.

Sobra: (De sobrar).

- Demasía y exceso en cualquier cosa sobre su justo ser, peso o valor.
- Restos que quedan de la comida al levantar la mesa.
- Parte que sobra o queda de otras cosas.
- Desperdicios o desechos.

Todo comienza en lo cotidiano, en nuestro día a día, desde el momento en que consideramos que nuestro entorno más inmediato está "sucio" y nos incomoda. ¿Qué hacemos, entonces? Generamos las acciones más pertinentes para lograr un espacio con condiciones adecuadas para desarrollar las tareas de cada día. Para esto, es muy posible que lo primero que decidamos sea ordenar; entonces, ordenamos, seleccionamos y comenzamos a "desechar" las cosas de ayer que ya no nos sirven.

Así, en el infaltable tacho de **basura** -en realidad, en el tacho que contiene la bolsa para la basura- ya hemos colocado **residuos** de la papa pelada la noche anterior y echamos los **desperdicios** del pan (migas), más todos los desechos (envases descartables) que ya no resultan útiles. Finalmente, depositamos la bolsa de basura en el lugar más recóndito de nuestras casas, porque es mejor no verla (A veces... ¡es repugnante!), hasta que el nuevo dueño se hace cargo de ella. Y, aquí, se marca

el comienzo de más problemas.

Pero... Si este proceso, común a todos nosotros, genera problemas, es momento de comenzar a solucionarlos.

Nuestra alternativa implica actuar antes de que la bolsa de basura esté cerrada. Porque, el camino de resolución que proponemos incorpora las prácticas de reducir, reutilizar, reciclar y recuperar, cambio cultural que redundará en una gestión sustentable de la basura y, por supuesto, en la salud de nuestro ambiente y la de todos los que lo habitamos.

No es ésta una tarea fácil; implica un cambio cultural que debemos impulsar y sostener.

Nos han enseñado desde pequeños que los residuos debían ser juntados y guardados, para luego tirar. Generalmente, todos aceptamos este itinerario de "la basura" y, de esta manera, la relacionamos directamente con el "no sirve". Cuántas veces hemos escuchado decir y hemos dicho: *No sirve; tiraló a la basura.*

Desde nuestro módulo lo invitamos a pensar en que sí sirven los residuos domiciliarios, los excrementos animales, las aguas negras de las ciudades, los residuos de algunas industrias, etc.

Los grandes espacios con que cuenta nuestro país nos pueden hacer desestimar la problemática de los residuos. Hay ciudades que arman su "basural" a unos 20 o 30 km de la zona urbana, para que no moleste a los vecinos, aún cuando esta localización impacta sobre la zona rural -pero, como las personas cercanas al basural son menos, se considera que perjudica a menos gente-.

● Reducir

Ampliando la idea que ya le presentábamos- requiere producir menos volumen de basura a través de prácticas relacionadas directamente con el consumo: Porque, como lo determinan las estadísticas: a mayor consumo, mayor es la cantidad de basura producida. Un consumo responsable resulta, entonces, un paliativo.

● Reutilizar

Es un segundo desafío, ya que estamos acostumbrados a desechar. La propuesta es pensar y reflexionar en lo utilizable de cada elemento por descartar, en toda cosa que -por usada o por cualquier otra razón- ya no sirve a la persona para quien se hizo, porque ha dejado de cumplir con las funciones para las cuales se había creado. Lo interesante de este desafío es que: Lo útil devenido inútil, pasa a ser útil en un nuevo tiempo y espacio, con otras funciones.

● Reciclar

Implica que, de "no ser nada" algo vuelve a "ser". Parecido o no, vuelve. Resulta, así, una alternativa que debemos procurar para aquellos materiales que componen elementos no reutilizables. Reciclarlos significa gestionar su vuelta.

● Recuperar

Tiene dos vertientes: Recuperar un residuo (material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación; es decir, lo inútil) y recuperar un desperdicio (residuo de lo que no se puede o no es fácil aprovechar, o se deja de utilizar por descuido). Todo un desafío.

Los residuos

Definamos qué son los residuos. Desde lo personal cotidiano, los podemos definir como todo elemento que deja de cumplir sus funciones o que, por razones higiénicas, consideramos inútiles; esta situación hace que los preparemos en un contenedor o que utilicemos un medio líquido para deshacernos de ellos. Adoptando otra perspectiva, desde la fisiología natural del hombre, un residuo es toda evacuación natural producida diariamente por el ciclo digestivo y por la purificación de la sangre.

Dadas estas situaciones, técnicamente es posible hablar de:

- residuos sólidos urbanos (RSU) y de
- residuos líquidos urbanos (RLU) o efluentes cloacales (EC).

No es común escuchar hablar de los residuos sólidos rurales (RSR) ni de los efluentes rurales (ER), sino sólo en aquellos lugares en donde la producción agrícola y ganadera es intensiva, y en los que su cercanía a una población afecta al entorno.

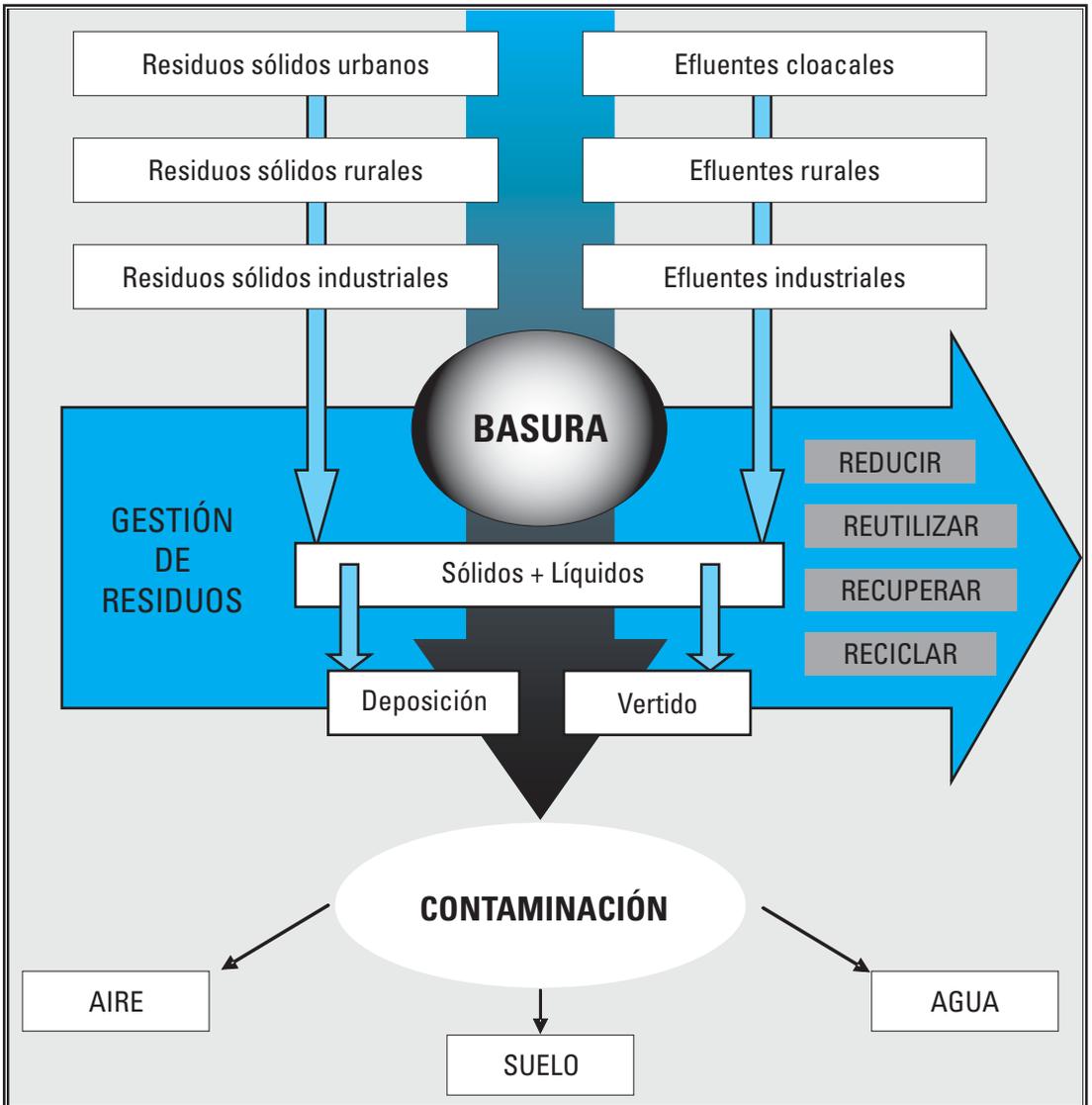
Algo similar sucede con las emisiones de gases, los residuos sólidos industriales (RSI) y los efluentes industriales (EI) que, muchas veces, irresponsablemente, se mezclan con los RSU o con los EC, sin un análisis que lo autorice.

En cuanto a los residuos industriales, están regulados tanto por legislaciones nacionales como por normas internacionales (ISO 14000), normas que, analizadas en función

de la realidad del desarrollo de las zonas urbanas y rurales, son de importantísima ayuda para un cambio de esta realidad.

La deposición y el vertido de la basura, resultan otras etapas importantes en esta problemática. En nuestra descripción de la "bolsa de basura", llegamos a un punto en el

que pensamos que, después de retirarla de nuestra casa, el municipio es totalmente responsable de ella. Pero, resulta que los vecinos de la comunidad *somos el municipio* por lo que, en definitiva, "la basura" sigue siendo nuestra: Si creemos que constituye un problema no resuelto, debemos -junto con los que nos representan- buscar soluciones.



El depósito de los residuos suele denominarse *basurero*, *basural* o *relleno sanitario de la ciudad*. En la mayoría de los casos, está ubicado a cielo abierto; en él, tanto la degradación natural como la quema producen daños irreparables en el medio ambiente.

Pero, los daños no terminan allí; cabe la posibilidad de que, luego de tapada con tierra y transcurrido un tiempo, "la basura" que contienen se transforme en una verdadera bomba a estallar con un simple cigarrillo, si no se tiene la precaución de colocar las salidas de gases correspondientes; o el riesgo de un deslizamiento de sus terrenos, si no están bien consolidados.

En muchos países, la producción de residuos es muy grande. Citemos como ejemplo lo que sucede en las islas de Java y Bali, que están entre las zonas más densamente pobladas del mundo. En ellas⁸, 125 millones de personas que viven en 150.000 km² descargan en el ambiente, aproximadamente, 10 millones de m³ de aguas residuales al día o 3,650 millones de m³ de aguas residuales al año. Según los estándares de la OMS - Organización Mundial de la Salud-, en la mayoría de las ciudades de esta región, el agua entubada y en pozos no cumple con los

¿Recuerda cuando, en la primera parte de nuestro material, le presentábamos el testimonio de un grupo de alumnos analizando el artículo "El mal manejo de los desechos afecta a casi todas las ciudades"? La indiferencia, el dejar pasar el tiempo, el no querer aprender de los errores de los demás, es algo que pagaremos muy caro en el futuro. Más de lo que hoy nos costaría encararlo...

estándares para consumo humano, debido a su contaminación por e.coli. Sólo seis grandes ciudades indonesas tienen plantas centralizadas de tratamiento de aguas residuales; y, sin embargo, el sistema de drenaje da servicio a 10-15 % de la población. Las fosas sépticas -que suelen ser simples perforaciones- son, actualmente, la solución al tratamiento de aguas residuales a escala comunitaria; pero, la mayoría de los sistemas de drenaje in situ no funciona adecuadamente. Como en las megaciudades del sur de Asia, los recursos naturales y el sustento, en especial en asentamientos urbanos pobres, están en creciente amenaza. Los pobladores de escasos recursos viven en condiciones de extrema deficiencia en el suministro de agua y en infraestructura sanitaria; las pocas instalaciones existentes son inadecuadas, e inaceptables en términos de higiene, dignidad y ecología.

La descripción anterior parece de película. La leemos como quien se adentra en un territorio lejano y exótico. Pero...

La provincia de Río Negro tiene una superficie de 203.013 km², 552.822 habitantes y un

Lo invitamos a leer las publicaciones:

- Gestión de residuos sólidos.
- Los recursos hídricos. Una perspectiva global e integral.
- Conceptos básicos sobre medio ambiente y desarrollo sustentable.
- Educar para el ambiente.

Encontrará sus versiones digitales en la página web de INET www.inet.edu.ar, formando parte de la serie de materiales de capacitación "Ciencias para la Educación Tecnológica".

⁸ Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GmbH -GTZ- (2003) Segundo Simposio internacional sobre Saneamiento Ecológico. International Water Association. IWA. Luebeck.

río -con su mismo nombre- que la atraviesa. Este río tiene un caudal variable de entre 600 m³/s y 1600 m³/s, según las erogaciones de las represas ubicadas en sus afluentes. Imagine lo siguiente. Si le prestáramos el Río Negro a los pobladores de las Islas de Java y Bali, veríamos pasar durante casi 5 horas por día sólo sus residuos líquidos y tendríamos un aumento en el caudal de un 15 %, aproximadamente.

La ciudad de Buenos Aires tiene una superficie de 203 km² y 2.776.138 habitantes; su cantidad de habitantes por km² es mucho mayor que la de Bali y Java. Se encuentra a orillas del Río de la Plata, río con un caudal que, en el otoño y en el invierno de 2003, osciló entre 13.200 y 16.100 m³ por segundo -muy por debajo de sus valores típicos- y que, en el verano de 2004 osciló entre 16.200 y 25.400 m³ por segundo. ¡Qué ciudad afortunada! Necesita sólo 16 segundos para evacuar los líquidos residuales que producen sus habitantes en un día -aproximadamente, 250.000 m³-; pero, si tuviera todos los habitantes de Bali y Java, requeriría 11 minutos y generaría, además, una serie de inconvenientes con los países vecinos como Uruguay y Brasil, ya que la corriente del Río de la Plata se orienta a las costas de éstos.

Los residuos líquidos, tanto de los asentamientos urbanos como de las industrias, deben ser tratados. Para este proceso de **tratamiento de efluentes** hay legislaciones que obligan a, por ejemplo, realizarlo en plantas establecidas en la misma industria. En cambio, los efluentes cloacales domiciliarios son tratados, en la mayoría de las ciudades, por empresas privadas.

La ciudad de Buenos Aires cuenta, en este momento, con dos plantas depuradoras; una se encarga de los efluentes de 270.000 habitantes y otra de los líquidos de 540.000 habitan-

tes. Así, son tratados los residuos cloacales de 810.000 habitantes -si contamos sólo la ciudad de Buenos Aires y descartamos los 17 partidos en los que realiza servicios esta misma empresa-; esta suma nos indica que no se procesan los efluentes cloacales de casi 2 millones de habitantes.

Realicemos, ahora, un cálculo: El agua que cada uno de nosotros utiliza en un día es, aproximadamente, 90 litros -abarca el agua de la higiene personal, el agua de renovación en inodoros, el agua de cocina, el agua de lavarropas. ¿Parece mucho? Las estadísticas de Hamburgo nos describen a cada habitante utilizando 120 litros diarios-.

Entonces...

90 litros por 2 millones de habitantes. Esto significa que 180 millones de litros de efluentes domiciliarios diarios no son tratados, considerando sólo la ciudad de Buenos Aires. Algunos van directamente al río y otros a las napas, contaminándolas.

Esta situación se repite en muchas provincias de nuestro país, en las que también faltan plantas depuradoras o en las que las plantas existentes son poco controladas.

Los **efluentes cloacales** incluyen todos los líquidos de los domicilios particulares. Y, por la misma red cloacal, van los líquidos de clínicas, hospitales, talleres, lubricentros, pequeñas empresas, etc.

San Antonio Oeste (ASA). La contaminación por detritos cloacales sigue siendo un grave problema para la ría sanantoniense. La demora en la concreción de la obra de cloacas hace que, día tras día, sigan escurriendo grandes cantidades de residuos líquidos hacia ese brazo de mar que baña por el norte, por el sur y por el este las costas de esta localidad.

Para colmo, la saturación de los eternos pozos ciegos existentes en las casas, hoteles y comercios de la localidad hace que los propietarios busquen nuevas alternativas que, a la postre, agravan la problemática. Y el funcionamiento inadecuado de las piletas de decantación del barrio Soberanía genera que los líquidos afecten a un amplio sector del Canal del Indio.

Días atrás se conoció que algunos propietarios de comercios y hoteles pidieron autorización a la municipalidad -y les fue concedida- para hacer perforaciones hasta las napas, para aliviar las cargas de los pozos ciegos que ya no dan abasto.

"No puedo seguir pagando 100 pesos por día al camión atmosférico, por lo que optamos por hacer

San Antonio Oeste sufre por el sistema cloacal⁹

una perforación de unos 11 metros, aproximadamente, hasta superar las napas", comentó a este medio el propietario de un hotel céntrico de esta ciudad.

- En ese caso, los residuos, ¿no van a la marea, directamente?, preguntó "Río Negro".
- Y, ¿a dónde te creés que va lo de los pozos ciegos?, manifestó con ironía el empresario.

Efectivamente, de una u otra manera, los líquidos escurren a través del subsuelo hacia la ría que, con el transcurrir del tiempo, se carga de nitrógeno, lo que queda evidenciado en la proliferación de las algas verdes que en bajar le dan a la ría una coloración especial, como un gran campo de golf contaminado.

Las piletas de decantación del barrio Soberanía, ubicadas junto al Canal del Indio, en la parte sur de la ciudad, funcionan deficientemente, lo que provoca insoportables olores en el vecindario. Además, los líquidos fluyen hacia el mar. El secretario de Servicios Públicos de la

Municipalidad local, indicó que la responsabilidad en ese tema es de *Aguas Rionegrinas*.

En cuanto a las cloacas para el resto de la ciudad - un proyecto largamente anunciado e iniciado, pero nunca concretado-, el intendente local indicó que el tema incumbe al gobierno provincial; pero, sostuvo que se están gestionando los fondos para desarrollar, en un plazo cercano, la parte más importante de la obra, incluyendo las piletas que se ubicarían en cercanías de la marea, al norte de ésta.

Varios comercios, hoteles y viviendas, en tanto, al no contar con más espacio en sus patios para hacer pozos, han optado por solicitar autorización para realizar perforaciones que hacen que los detritos vayan por las napas hacia la marea.

La polución constante sigue potenciándose sin solución, y los problemas sanitarios y ambientales, según datos biológicos y de Salud Pública, cada vez son más evidentes y preocupantes.

⁹ Accesible en la página web: <http://rionegro.com.ar/arch200409/18/m18j06.php>

Al final, construirán una planta depuradora en Berazategui¹⁰

Era un viejo reclamo vecinal. El acuerdo llegó en una audiencia en la Corte Suprema.

(...) se construirá una planta depuradora de desechos cloacales en esa comuna del sur bonaerense. La obra comenzará el año que viene y estaría lista para 2008. De esta forma, un viejo reclamo de la gente logró imponerse.

(...) se comprometieron a solucionar con esta obra la contaminación por desechos cloacales que sufre la costa de Berazategui, ya que a 2.500 metros dentro del Río de la Plata se vuelcan residuos de cinco millones de habitantes de Capital y del sur del Gran Buenos Aires.

(...) a la salida del canal maestro de desagote se fue formando una gran mancha negra que hoy mide más de 1,5 kilómetro de largo. De acuerdo con el municipio, esto implica un riesgo sanitario para sus vecinos. Según el censo 2001, en el distrito viven 288.000 habitantes.

(...) la obra costará cerca de \$ 300 millones y reducirá en hasta un 50 % los contaminantes de los líquidos que se vuelcan al río.

(...) Al margen de la planta, se construirá un conducto de desagote que llevará los desechos a 7.500 metros aguas adentro. Por eso, la mancha negra en el río tenderá a desaparecer (...)

La nota refiere a una planta que no soluciona completamente el problema, ya que sólo va a permitir eliminar el 50 % de los contaminantes. La mancha, entonces, sería de 750 metros en vez de 1,5 km y estaría más lejos de la costa de Berazategui -de 2500 metros a 7500 metros ("Sacala a la vereda")-; pero, por ayuda de las corrientes marinas, más cerca de los países vecinos. Ahora...la mancha de 1,5 km es producida por los líquidos residuales urbanos actuales; es decir, por una cierta can-

La utilización del agua como medio de evacuación de residuos trae, indefectiblemente, graves problemas. Mitigar esta situación es una tarea importantísima en la cual nosotros, como ciudadanos, también tenemos responsabilidad.

Consideremos dos situaciones cotidianas: una, la de un pintor de obra; otra, la de un profesional de la salud.

Luego de pintar con esmalte sintético una carpintería metálica, el pintor limpia su pincel o su soplete con solvente; y, después, descarta el solvente residual. Si está realizando la tarea en un lugar con tierra, es posible que lo vierta ahí para que el suelo absorba el solvente; su otra alternativa es buscar una rejilla de desagüe que le permita deshacerse del sobrante, ya que lo considera inutilizable.

En los centros sanitarios se utilizan desinfectantes y otros materiales que no son tan comunes -como tampoco son tan comunes los residuos de los tratamientos-; estos establecimientos suelen utilizar la misma red cloacal para evacuar los líquidos residuales.

Esta situación se suma al problema cultural del "Sacala a la vereda", situación que sólo va a mitigarse con educación y con una tecnología de gestión de todos los residuos.

Pero... cuando buscamos datos certeros acerca qué sucede con los residuos, sólo obtenemos resultados negativos.

¹⁰ El artículo completo de Pablo Novillo está disponible en: <http://old.clarin.com/diario/2004/09/23/laciudad/h-04201.htm>

tividad de usuarios del sistema de recolección. La construcción de la planta depuradora, por su tamaño y proyección, va a incorporar más usuarios y, por lo tanto, más líquidos vertidos.

Residuos líquidos urbanos (RLU)

Cada vez que hacemos uso del cuarto de baño "condenamos" una media de 10-20 litros de agua - en la mayoría de los casos, potable- a convertirse en agua residual negra que puede llegar a constituir un problema medioambiental serio, no sólo por el hecho de verter estas

Se denominan **aguas residuales** a las que han sido utilizadas en las viviendas, en la industria, en la agricultura y en los servicios; pueden abarcar, también, las que proceden de la lluvia, y discurren por las calles y espacios libres, por los tejados, patios y azoteas de los edificios.

aguas contaminadas a los cauces de los ríos, sino también por su poco aprovechamiento para otros usos. Esta situación ocasiona una pérdida económica y de energía.

Estas aguas residuales producidas en la vida diaria deben ser transportadas y tratadas adecuadamente; para esto se necesita una infraestructura compuesta de alcantarillas/desagües pluviales y colectores/cloacas, y de plantas depuradoras que, en conjunto, posibiliten la devolución del agua al medio ambiente, en condiciones compatibles con él.

¿Por qué necesitamos de una planta depuradora?

Cuando un vertido de agua residual sin tratar llega a un cauce, produce efectos sobre:

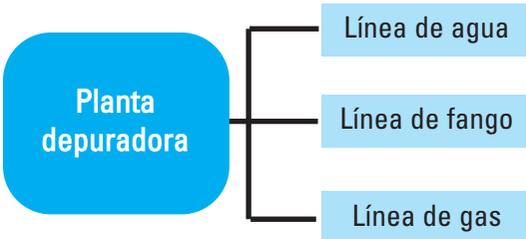
- el tapizado de la vegetación de las riberas con residuos sólidos gruesos que lleva el agua residual, tales como plásticos, utensilios, restos de alimentos, etc.,
- la acumulación de sólidos en suspensión sedimentables en el fondo y en las orillas del cauce, tales como arenas y materia orgánica,
- el consumo del oxígeno disuelto que tiene el cauce, por descomposición de la materia orgánica y compuestos amoniacales del agua residual,
- la formación de malos olores, por agotamiento del oxígeno disuelto del cauce -el que no es capaz de recuperarse-,
- la entrada en el cauce de grandes cantidades de microorganismos, entre los que puede haber elevado número de patógenos,
- la contaminación por compuestos químicos tóxicos o inhibidores de otros seres vivos,
- el aumento posible de la eutrofización, al portar grandes cantidades de fósforo y nitrógeno.

A partir de esta situación, la depuración de las aguas residuales persigue como objetivos:

- Reducir al máximo la contaminación.
- Proteger el medio ambiente.
- Mantener la calidad de vida de los individuos.
- Ahorrar energía.
- Aprovechar los residuos obtenidos.

Las **plantas depuradoras** a las que llegan las aguas negras, poseen tres líneas básicas para

su funcionamiento -en algunos casos, también cuentan con una cuarta línea complementaria, destinada a la eliminación de olores-:



El proceso de **línea de agua** comienza con un tratamiento previo de desbaste, desarenado y desengrasado, seguido por decantación. A continuación, se realiza el tratamiento secundario, de tipo biológico, por fangos activados en balsas de aireación en las que se inyecta aire por medio de turbinas o soplantes. Este proceso es seguido por una posterior decantación secundaria y, en caso necesario, es complementado con un proceso de cloración con el que termina la regeneración del agua residual.

En la **línea de fangos** se trata el resultado de los decantadores primarios y secundarios, el que es espesado y sometido a un proceso biológico de digestión anaerobia;

y, a continuación, pasa por un proceso de acondicionamiento químico con reactivos y a un secado mecánico. El fango, ya acondicionado y seco, queda preparado para su retirada y su posterior

El **compostaje** es el proceso biológico mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable, permitiendo obtener compost, abono excelente para la agricultura.

compostaje, que permite su utilización como abono agrícola.

Durante el proceso de digestión de fangos se produce un gas biológico rico en metano que puede alimentar motogeneradores y producir energía eléctrica. El sistema

para el aprovechamiento de estos gases conforma la **línea de gas** de la planta.

En España, en el año 1996 se produjeron 51 millones de kWh entre todas las plantas depuradoras de Madrid. En la Argentina, en cambio, no se emplea este tipo de tecnología

Las instalaciones de tratamiento biológico de aguas residuales urbanas e industriales, suelen estar formadas por una sucesión de procesos fisicoquímicos y biológicos, tanto aerobios como anaeróbicos, que se complementan entre sí, y que permiten realizar una depuración integral en las mejores condiciones técnicas y económicas.

Este proceso permite:

- Eliminar residuos, aceites, grasas, flotantes o arenas, y evacuar al punto de destino final adecuado.
- Eliminar materias decantables orgánicas y/o inorgánicas.
- Eliminar compuestos amoniacales y que contengan fósforo.
- Transformar los residuos retenidos en fangos estables y permitir que éstos sean correctamente dispuestos.

La eficacia de un proceso de tratamiento se expresa en términos de porcentaje de dis-

minución de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

DBO es una medida de la cantidad de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos para la oxidación de materia orgánica e inorgánica.

Cuanto mayor es el nivel de materiales oxidables orgánicos e inorgánicos, más elevada es la DBO y peor es la calidad del agua. Una planta de tratamiento de aguas residuales que funcione bien, puede eliminar el 95 % o más de la DBO inicial.

Según el grado de complejidad y la tecnología empleada, las plantas depuradoras se clasifican como:

- **Convencionales.** Se emplean en núcleos de población importantes, utilizan tecnologías que consumen energía eléctrica de forma considerable y precisan mano de obra especializada.
- **De tratamientos blandos.** Se emplean en algunas poblaciones pequeñas y alejadas de las redes de saneamiento. Su principal premisa es la de tener bajo costo de mantenimiento e integrar mano de obra no cualificada. Su grado de tecnificación es muy bajo, y necesitan poca o nula energía eléctrica.

Nos centraremos en el primer tipo de plantas, aunque mencionaremos otros procesos alternativos.

En una planta depuradora convencional, los procesos se agrupan en:

Planta depuradora convencional	1. Línea de aguas	1.1. Pretratamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Desbaste - Desarenado - Desengrasado - Aliviadero - Medidor de caudal
		1.2. Tratamiento primario -proceso físico-	<ul style="list-style-type: none"> - Decantación - Flotación con aire
		1.3. Tratamiento secundario -proceso biológico-	<ul style="list-style-type: none"> - Fangos activos - Lechos bacterianos o percoladores
		1.4. Tratamiento terciario -proceso físico-químico-	<ul style="list-style-type: none"> - Adsorción - Cambio iónico - Separación por membranas
	2. Línea de fangos	2.1. Concentración o espesamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Concentración en espesadores - Flotación - Centrifugación
		2.2. Digestión	<ul style="list-style-type: none"> - Anaerobia - Aerobia
		2.3. Acondicionamiento	
		2.4. Secado	<ul style="list-style-type: none"> - Eras de secado - Filtros de banda, filtros prensa y/o centrifugación
		2.5. Incineración o eliminación	
	3. Línea de gas	Producción de metano	

1. Línea de aguas

1.1. Pretratamiento

En toda planta depuradora resulta necesaria la existencia de un tratamiento previo que elimine aquel material contenido en el agua residual que puede obstruir las bombas y canalizaciones, o interferir en el desarrollo de los procesos posteriores.

Con el pretratamiento se elimina la parte de polución más visible: cuerpos voluminosos, trapos, palos, hojas, arenas, grasas y materiales similares, que llegan flotando o en suspensión desde los colectores de entrada.

Esta línea de pretratamiento consta de las etapas de:

- desbaste,
- desarenado y
- desengrasado.

El **desbaste** se lleva a cabo mediante rejas formadas por barras verticales o inclinadas que interceptan el flujo de la corriente de agua residual en un canal de entrada a la estación depuradora. Su misión es retener y separar los sólidos más voluminosos, a fin de evitar las obstrucciones en los equipos mecánicos de la planta y de facilitar la eficacia de los tratamientos posteriores, para lo que disponen de un sistema de limpieza que separa las materias retenidas. Estas rejas pueden ser de dos tipos: de entre 50 y 150 mm de separación de los barros (desbaste grueso), y de entre 10 y 20 mm (desbaste fino).

Las instalaciones de **desarenado** se sitúan en

las plantas después del desbaste y tienen como objetivo el extraer del agua bruta las partículas minerales de tamaño superior al previsto en el diseño -generalmente, de 200 micras-. El funcionamiento técnico del desarenado reside en hacer circular el agua en una cámara, de forma tal que la velocidad quede controlada para permitir el depósito de arena en el fondo. Normalmente, esta arena sedimentada resulta desprovista de materia orgánica casi en su totalidad y es evacuada, mediante bombas, al clasificador de arenas y, posteriormente, a un contenedor.

La fase de **desengrasado** tiene por objeto eliminar las grasas, aceites y, en general, los flotantes, antes del pasaje del agua a las fases posteriores del tratamiento. El procedimiento utilizado para esta operación es el de inyectar aire, a fin de provocar la desemeulsión de las grasas y su ascenso a la superficie, de donde son extraídas con un dispositivo de recogida superficial -normalmente, rasquetas-, para acabar en contenedores.

En muchas plantas, las fases de desarenado y desengrasado se concretan en la misma cámara, en una instalación combinada.

Otros elementos del pretratamiento son el **aliviadero** y el **medidor de caudal**. El primero permite que la planta funcione siempre según el caudal del proyecto y, conjuntamente con el medidor del caudal, posibilita controlar la cantidad de agua que entra en la planta.

1.2. Tratamiento primario

Se entiende por tratamiento primario a aquel proceso o conjunto de procesos que tienen

como misión la separación por medios físicos de las partículas en suspensión no retenidas en el pretratamiento.

El proceso principal del tratamiento primario es la **decantación**, provocada por la fuerza de gravedad que hace que las partículas suspendidas más pesadas que el agua se separen, sedimentándose. Normalmente, si se trata de decantadores dinámicos, los fangos son arrastrados periódicamente hasta su purga mediante unos puentes móviles con unas raquetas que recorren el fondo; en los decantadores circulares inmensos, en cambio, el agua entra por el centro y sale por la periferia, mientras que los fangos son arrastrados hacia un pozo de bombeo de donde son eliminados por purgas periódicas.

Otros procesos de tratamiento primario incluyen el mecanismo de **flotación con aire** que permite eliminar sólidos en suspensión con una densidad próxima a la del agua, así como aceites y grasas, produciendo unas burbujas de aire muy finas que arrastran las partículas a la superficie para su posterior eliminación.

El tratamiento primario permite eliminar, aproximadamente, el 90 % de las materias decantables y el 65 % de las materias en suspensión, en un agua residual urbana. Se consigue, también, una disminución de la DBO de alrededor del 35 %.

1.3. Tratamiento secundario

Su finalidad es la reducción de la materia orgánica presente en las aguas residuales, una vez superadas las fases de pretratamiento

y de tratamiento primario.

El tratamiento secundario más comúnmente empleado para las aguas residuales urbanas consiste en un proceso biológico aerobio seguido por una decantación.

El proceso biológico puede llevarse a cabo por distintos procedimientos. Los más usuales son el proceso de fangos activos, y el de lechos bacterianos o percoladores.

Existen otros procesos de depuración aerobia de aguas residuales que son empleados principalmente en pequeñas poblaciones: sistema de lagunaje, filtros verdes, lechos de turba o contractores biológicos rotativos.

Tratamiento secundario por fangos (lodos) activos. Es un proceso continuo en el que el agua residual se estabiliza biológicamente en tanques o balsas de activación, en las que se mantienen condiciones aerobias. El efluente de los decantadores primarios pasa a estas balsas de fangos activos que necesitan un aporte de oxígeno para la acción metabólica de los microorganismos (que, más adelante, describiremos). Este aporte se efectúa mediante turbinas o bien a través de difusores dispuestos en el interior de la balsa. En este último caso, el suministro del aire se realiza mediante turbocompresores.

El sistema consiste en desarrollar un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculo alimentado con el agua a depurar. La agitación evita sedimentos y homogeniza la mezcla de los flóculos bacterianos y el agua residual (licor de mezcla). Después de un tiempo de contacto suficiente de unas 5-10 horas, el licor de mezcla se envía a un clarificador

(decantador secundario) destinado a separar el agua depurada de los fangos. Un porcentaje de estos últimos se recircula al depósito de aireación, para mantener en él una concentración suficiente de biomasa activa. En este proceso, es necesario garantizar los nutrientes necesarios para que el sistema funcione correctamente; éstos son, principalmente, el nitrógeno y el fósforo.

Una vez que han transitado por estos tanques de aireación y de digestión bacteriana, los efluentes pasan por los decantadores secundarios. Estos decantadores constituyen el último escalón en la consecución de un efluente bien clarificado, estable, de bajo contenido en DBO y con sólidos en suspensión de menos del 10 %, en comparación con el afluente.

Aunque el tratamiento biológico disminuye la DBO del agua efluente en un 75-90 %, la del fango se reduce en mucha menor medida, por lo que suele ser necesario su posterior tratamiento.

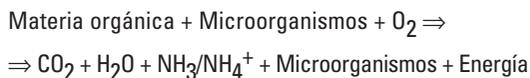
Para que se verifique el proceso, debe haber un equilibrio entre los microorganismos que se mantienen en el reactor y el alimento contenido en el agua residual, por lo que es necesario regular el caudal de fangos que se introduce en la balsa de activación, en función de la cantidad de alimento que entra con el agua residual.

Tratamiento secundario por lechos bacterianos o percoladores. Este sistema requiere tanques circulares rellenos de piedras o materiales sintéticos que forman un filtro con un gran volumen de huecos, destinado a degradar biológicamente la materia orgánica del agua residual.

El agua a tratar se rocía sobre el lecho filtrante, mediante un brazo giratorio provisto de surtidores, lo que da lugar a la formación de una película que recubre los materiales filtrantes, y que está formada por bacterias, protozoos y hongos alimentados por la materia orgánica del agua residual. Al fluir el agua residual sobre la película, la materia orgánica y el oxígeno disuelto son extraídos. El oxígeno disuelto en el líquido se aporta por la absorción del aire que se encuentra entre los huecos del lecho. El material del lecho, entonces, debe tener una gran superficie específica y una elevada porosidad, por lo que suelen emplearse piedras calizas, gravas, escorias o bien materiales plásticos artificiales de diversas formas.

Este sistema de depuración se suele emplear en pequeñas poblaciones y tiene una ventaja respecto de los fangos activos: No necesita aporte alguno de energía.

El mecanismo general del sistema de fangos activos puede representarse por la siguiente reacción biológica:



La biodegradación (oxidación de la materia orgánica disuelta en el agua) es llevada a cabo por los microorganismos presentes en la balsa de activación que forman el flóculo.

El **flóculo** individual es la unidad ecológica y estructural del fango activo, y constituye el núcleo alrededor del cual se desarrolla el proceso de depuración biológica. El tamaño medio del flóculo oscila entre las 100 y 500 micras. A medida que aumenta el tamaño del

flóculo, el oxígeno en su interior disminuye y se forman zonas de anoxia donde es posible que crezcan bacterias anaerobias meta-nogénicas que inician el proceso de digestión anaerobia de fangos.

En el flóculo de fangos activos existen dos componentes denominados biológico y no biológico. El componente biológico principal está constituido por una amplia variedad de microorganismos.

Bacterias. Es el componente principal y fundamental del flóculo. Básicamente, son heterótrofas: Bacilos Gram negativos del grupo de las *Pseudomonas* como *Zoogloea* (principalmente, la especie *ramigera*), *Pseudomonas* o *Comamonas*, bacterias filamentosas sin septos como *Flavobacterium-Cytophaga* o proteobacterias oxidantes del hidrógeno como *Alcaligenes* (con capacidad desnitrificante). Entre las bacterias Gram positivas se pueden encontrar: *Arthrobacter* (corineformes con morfogénesis coco-bacilo, muy abundantes en el suelo) y *Bacillus* (Bacilo esporógeno aerobio). Por otra parte, un flóculo "ideal" contiene una serie de bacterias filamentosas que se desarrollan en equilibrio con el resto de las bacterias. Estas bacterias constituyen la "estructura básica" del flóculo del fango activo. No obstante, se puede encontrar un gran número de bacterias autótrofas, las que suelen ser nitrificantes Gram negativas, como los géneros *Nitrosomonas* o *Nitrobacter*, o bacterias rojas no del azufre como el género *Rhodospirillum* o *Rhodobacter*.

Hongos. Los fangos activados no suelen favorecer el crecimiento de hongos, aunque algunos filamentosos sí pueden, ocasionalmente, ser observados en los flóculos de los

fangos activos, como los géneros *Geotrichum*, *Penicillium* o *Cephalosporium*.

Protozoos. Los principales microorganismos eucariotas presentes en los fangos activos son los protozoos ciliados libres (*Paramecium*), fijos (*Vorticella*) o reptantes (*Aspidisca*, *Euplotes*), los que se encuentran en altas densidades y desempeñan un importante papel en el proceso de depuración y en la regulación del resto de la comunidad biótica. Mejoran la calidad del efluente y regulan la biomasa bacteriana al preñar las bacterias dispersas del licor de mezcla. Otros protozoos presentes son los flagelados *Bodo* o *Pleuromonas* y, dentro del grupo sarcodina, el género *Amoeba*.

Metazoos. Aunque, en las balsas de activación, pueden encontrarse organismos multicelulares tales como Nemátodos, Anélidos, Crustáceos o Ácaros, los organismos multicelulares más comunes son los Rotíferos (*Lecane*, *Philodina* o *Notommata*). Éstos eliminan bacterias libres y posibles patógenas (Salmonelas, bacterias fecales, etc.) y producen un mucus que mantiene el flóculo junto con el exopolisacárido producido por la bacteria *Zoogloea ramigera*.

La presencia de los diferentes organismos determina el grado de DBO presente, puesto que cada uno de los grupos requiere condiciones de oxígeno determinadas.

El componente no biológico del flóculo contiene partículas orgánicas e inorgánicas que provienen del agua residual, junto con polímeros extracelulares (principalmente, polisacáridos producidos por algunos de los microorganismos señalados) que tienen un importante papel en la biofloculación del fango activo.

Algas microscópicas. Si bien no suelen formar parte del flóculo, pueden aparecer en aquellas aguas residuales con gran cantidad de materia orgánica. Entre las más comunes se encuentran *Cosmarium* y *Pediastrum* (chlorophyta), *Euglena* (Euglenophyta) y *Pinnularia* (Chrysophyta).

Microorganismos filamentosos del fango activo. Prácticamente, en todos los fangos activos existen microorganismos filamentosos, los que forman una especie de red denominada macroestructura flocular. Por tanto, se puede afirmar que éstos son componentes normales de la población del fango si bien -y en condiciones específicas- pueden entrar en competencia con las bacterias formadoras de flóculo, originando una serie de efectos sobre la estructura flocular.

Por un lado, su ausencia puede dar lugar a flóculos pequeños y sin cohesión, y a un efluente final turbio; por otra parte, si la cantidad de filamentos es alta, podemos encontrar dos tipos de problemas biológicos:

- **Espojamiento filamentosos -bulking-**. El fango activo sólo sedimenta lentamente; no se compacta o lo hace pobremente, debido a que en él se ha producido un hinchamiento o esponjamiento provocado por una excesiva proliferación de bacterias filamentosas. Es un fallo de la macroestructura flocular.
- **Espumamiento biológico o -foaming-**. Los microorganismos filamentosos producen una espesa espuma coloreada (en colores del blanco al marrón) y, en muchos casos, abundantes flotantes en decantación secundaria.

Los tipos de microorganismos filamentosos identificados habitualmente en las plantas depuradoras de todo el mundo son una treintena, de los que sólo unos pocos son muy frecuentes. Entre ellos se encuentran los siguientes:

- **Quimiolitótrofos oxidantes del azufre:** *Beggiatoa*, *Thiotrix*.
- **Bacterias Gram negativas con vaina:** *Sphaerotilus*.
- **Cianobacterias:** Células del Grupo IV que producen heterocistos tales como *Anabaena* o *Nostoc*.
- **Bacterias Gram positivas:** Bacilos esporógenos (*Bacillus*), cocos que forman filamentos (*Streptococcus*) y bacterias del grupo de las micobacterias que forman filamentos cortos (*Nocardia*).

1.4. Tratamiento terciario

El tratamiento terciario es el procedimiento más completo para tratar el contenido de las aguas residuales; pero, no ha sido ampliamente adoptado porque es muy caro. Este tratamiento consiste en un proceso físico-químico que utiliza la precipitación, la filtración y/o la cloración para reducir drásticamente los niveles de nutrientes inorgánicos, especialmente los fosfatos y nitratos, del efluente final. El agua residual que recibe un tratamiento terciario adecuado no permite un desarrollo microbiano considerable.

Algunos de estos tratamientos:

- **Adsorción**, basado en la propiedad de

algunos materiales de fijar en su superficie moléculas orgánicas extraídas de la fase líquida en la que se encuentran.

- **Cambio iónico**, que consiste en la sustitución de uno o varios iones presentes en el agua a tratar, por otros que forman parte de una fase sólida finamente dividida (cambiador; existen cambiadores de cationes y de aniones), sin alterar su estructura física. Para este cambio, suelen utilizarse resinas. Debido a su alto precio, el proceso de intercambio iónico se utiliza únicamente en aquellos casos en los que la eliminación del contaminante es imprescindible a raíz de su toxicidad o en los que se recupere un producto de alto valor (eliminación de isótopos radiactivos, descontaminación de aguas con mercurio, eliminación de cromatos y cianuros, recuperación de oro, etc.).
- **Separación por membranas**, integrando tanto membranas semipermeables (procesos de ultrafiltración y ósmosis inversa) como membranas de electrodiálisis.

De todas formas, en la mayoría de los casos, el tratamiento terciario de aguas residuales urbanas queda limitado a una desinfección para eliminar patógenos, normalmente mediante la adición de cloro gas, en las grandes instalaciones, e hipoclorito, en las de menor tamaño. La cloración sólo se utiliza si hay peligro de infección.

Cada vez más se está utilizando la desinfección con **ozono**, que evita la formación de organoclorados que pueden ser cancerígenos.

En los últimos años ha crecido notablemente

el interés por la eliminación del N (nitrógeno) y, también, pero con menor intensidad, del S (azufre) y del P (fósforo). Porque estos compuestos pueden provocar un crecimiento anormal de algas, plantas acuáticas y microorganismos de diferentes clases que ejerce una fuerte demanda de oxígeno, la que afecta la vida de los peces y tiene un negativo impacto en el uso de ese agua eutrofización del agua.

El origen del N en las aguas residuales puede ser muy diverso, predominando el que proviene de la mineralización de la materia orgánica a amoníaco o a amonio:

Proteína \Rightarrow Aminoácidos \Rightarrow Amonio

$\text{NH}_4^+ \Rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}^+$ (a pH básico, la reacción se desplaza a la derecha)

También, a través de la enzima ureasa, la urea puede degradarse en amoníaco y dióxido de carbono:

$\text{O}=\text{C}-(\text{NH}_2)_2 + \text{H}_2\text{O} (+ \text{ureasa}) \Rightarrow$
 $\Rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CO}_2$

Estas fuentes de nitrógeno presentes en el agua residual deben ser eliminadas antes de verter los efluentes a los cauces finales.

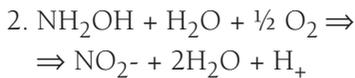
En las plantas depuradoras se pueden utilizar procesos biológicos antagonistas para evitar la eutrofización:

- nitrificación y
- desnitrificación bacteriana.

La **nitrificación** consiste en la conversión del amonio a nitrato mediante la acción micro-

biana. Este proceso es llevado a cabo por las bacterias nitrificantes, quimiolitótrofas aerobias estrictas, Gram negativas capaces de oxidar el amoníaco. El proceso tiene lugar en dos fases: Por una parte, las bacterias pertenecientes al género *Nitrosomonas* (básicamente, bacilos con sistemas de membrana periféricos) oxidan el amoníaco a nitrito. Posteriormente, éste es oxidado a nitrato por las bacterias oxidadoras de nitrito del género *Nitrobacter* (bacilos cortos que se reproducen por gemación y con sistemas de membranas organizados como una capa polar). El proceso final se realiza en tres etapas (dos para la oxidación a nitrito mediante un paso intermedio de hidroxilamina y una para nitrato).

Bacterias nitrosificantes (*Nitrosomonas*):



$\Delta G^0 = -287 \text{ KJ/reacción}$ (enzima: monooxigenada)

Bacterias nitrificantes (*Nitrobacter*):

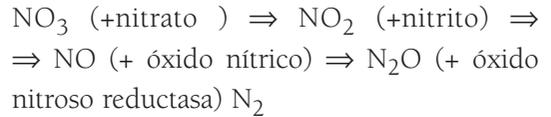


$\Delta G^0 = -76 \text{ KJ/reacción}$
(enzima: nitrito oxidada)

La **desnitrificación bacteriana** es el proceso mediante el cual los NO_3^- y NO_2^- producidos en la primera fase son reducidos a las formas gaseosas N_2 u óxido nitroso (N_2O). Este último puede constituirse como un fuerte contaminante del aire. La mayor parte de las bacterias que utilizan el NO_3^- como aceptor de electrones son heterótrofas anaerobias facultativas o anaerobias aerotolerantes pertenecientes a una gran variedad de géneros tanto Gram negativos (*Pseudomonas*, *Spiri-*

llum, *Rhizobium*, *Cytophaga*, *Thiobacillus* o *Alcaligenes*) como Gram positivos (*Bacillus*, *Propionibacterium* o *Corynebacterium*).

La secuencia que conlleva la desnitrificación es la siguiente:



En algunos casos, se puede adaptar un proceso de lechos bacterianos para llevar a cabo la desnitrificación durante unas 6-10 horas. Una vez tratados estos efluentes, con proceso terciario o sin él, son vertidos al cauce fluvial.

Se considera bien depurado, o regenerado, aquel efluente que no tiene más de 20-30 mg/l (ppm) DBO5 y alrededor de la misma cantidad de sólidos en suspensión.

2. Línea de fangos

En un tratamiento biológico de aguas residuales se obtienen volúmenes considerables de fangos, a los que es necesario someter a determinados procesos que reduzcan su facultad de fermentación y su volumen.

Las características de los fangos son consecuencia del uso que se les haya dado a las aguas. Los fangos de depuración se producen por sedimentación en los decantadores de los distintos procesos de tratamiento. Por un lado, las partículas sólidas más gruesas se depositan en el fondo del decantador primario y forman los fangos primarios; las partículas más finas y disueltas, por su parte,

se fijan y metabolizan por las bacterias que se multiplican en presencia de oxígeno durante la operación de aireación.

Esta biomasa bacteriana se separa en el decantador secundario para producir los fangos secundarios. Una parte de esta biomasa se recircula al depósito de aireación; la otra se extrae, constituyendo los fangos biológicos en exceso. Ambos tipos de fangos se pueden mezclar formando los fangos mixtos.

El tratamiento de los fangos depende de su composición y del tipo de agua residual del que provienen. Las fases más usuales en un proceso de tratamiento y evacuación de fangos son:

- concentración o espesamiento,
- digestión,
- acondicionamiento,
- secado,
- incineración y/o eliminación.

El tratamiento de los fangos se realiza en función de las disponibilidades económicas, del destino final previsto, de la existencia de espacio, etc.

2.1. Concentración o espesamiento

La misión del espesamiento de los fangos es concentrarlos para hacerlos más densos, para reducir su volumen global y facilitar su manejo, y para abaratar los costos de las instalaciones posteriores.

Existen varios tratamientos posibles:

- **Concentración en espesadores:** Un espesador es un depósito cilíndrico terminado en forma cónica; suele tener un cono de descarga de gran pendiente. La concentración que cabe esperar es de hasta un 5-10 %. Normalmente, el fango que llega a estos espesadores es de tipo mixto.
- **Flotación:** Es una alternativa al espesamiento propiamente dicho; consiste en inyectar aire a presión al fango a tratar, formando un manto en la superficie que, mediante una rasqueta superficial, es barrido hacia una arqueta. Este tipo de espesamiento se utiliza para fangos muy ligeros con gran cantidad de bacterias filamentosas.
- **Centrifugación:** Se utiliza tanto para concentración como para deshidratación.

2.2. Digestión

El proceso de digestión de fangos puede llevarse a cabo por vía anaerobia (la principal) o por vía aerobia. Ambas soluciones tienen sus ventajas e inconvenientes -si bien puede decirse que, en instalaciones importantes, resulta más conveniente la primera, reservándose la vía aerobia para estaciones de menor importancia-.

La digestión anaerobia puede hacerse en una o dos etapas. Generalmente, el hacerlo en dos etapas (digestores primarios y secundarios) produce mejores resultados. En los primarios, el fango se mezcla constantemente con el propio gas producido, para favorecer la digestión; en los secundarios, simplemente se deja sedimentar el fango antes de extraerlo.



La **digestión anaerobia** consiste en una serie de procesos microbiológicos que convierten la materia orgánica en metano, en ausencia de oxígeno. La producción de metano es un fenómeno relativamente común en la naturaleza, ya que puede formarse desde en glaciares hasta en el sistema digestivo de rumiantes. Este proceso, al contrario de la digestión aerobia, es producido casi únicamente por bacterias.

El proceso se lleva a cabo en unos depósitos cerrados (de hasta 30 m de diámetro y casi 20 m de altura) denominados **digestores**, que permiten la realización de las reacciones correspondientes y la decantación de los fangos digeridos en su parte baja, de forma cónica. En el proceso se produce un gas, denominado gas biológico (mezcla de metano y CO₂, principalmente) que se evacua del recinto.

El fango introducido en el digestor se agita, con el fin de mantener una homogeneidad, mediante un sistema mecánico, o bien por medio de la difusión del propio gas de la mezcla.

Para facilitar el proceso de digestión y reducir su duración, los fangos se calientan a temperaturas de alrededor de 30-37° C, siendo conveniente que este calor se aporte utilizando como combustible el propio gas de la digestión.



El proceso completo dura aproximadamente 30 días (20 en el digestor primario y 10 en el secundario).

Las ventajas de la digestión anaerobia con respecto a la digestión aerobia son las siguientes:

- El aceptor final de electrones suele ser CO₂, por lo que no hace falta la constante adición de oxígeno, lo que abarata el proceso.
- Produce menor cantidad final de lodos, pues el desarrollo de estas bacterias es más lento y la mayor parte de la energía se deriva hacia el producto final, metano.

Sólo un 5 % del carbono orgánico se convierte en biomasa, en contraste con hasta el 50 % de las condiciones aerobias.

- El metano tiene un valor calorífico de aproximadamente 9000 kcal/m³ y se puede utilizar para producir calor para la digestión o como fuente de energía eléctrica mediante motogeneradores.
- La energía requerida para el tratamiento de las aguas residuales es muy baja.
- Se puede adaptar a cualquier tipo de residuo industrial.
- Es posible cargar los digestores con grandes cantidades de materia.

Sus desventajas:

- Es un proceso más lento que el aerobio.
- Es más sensible a tóxicos inhibidores.
- La puesta a punto del sistema requiere, también, un largo periodo de pruebas.
- En muchos casos, se requiere mayor cantidad de producto a degradar para el buen funcionamiento.

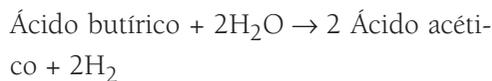
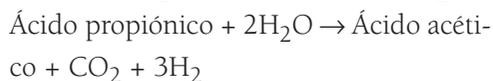
Existe una organización sinérgica entre las diferentes bacterias implicadas en la metanogénesis. La reacción general es:



Entre las bacterias que forman parte de los digestores anaerobios se pueden encontrar anaerobias estrictas o facultativas, tanto Gram negativas (*Bacteroides*), como Gram positivas (*Clostridium*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*).

Existen cuatro grupos o categorías de bacterias que participan en los pasos de conversión de la materia hasta moléculas sencillas como metano o dióxido de carbono, y que van cooperando de forma sinérgica:

1. **Bacterias hidrolíticas.** Son un grupo de bacterias (*Clostridium*, *Proteus*, *Bacteroides*, *Bacillus*, *Vibrio*, *Acetovibrio*, *Staphylococcus*) que rompen los enlaces complejos de las proteínas, celulosa, lignina o lípidos en monómeros o moléculas como aminoácidos, glucosa, ácidos grasos y glicerol. Estos monómeros pasan al siguiente grupo de bacterias.
2. **Bacterias fermentativas acidogénicas.** (*Clostridium*, *Lactobacillus*, *Escherichia*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Desulfovibrio*, *Sarcina*). Convierten azúcares, aminoácidos y lípidos en ácidos orgánicos (propiónico, fórmico, láctico, butírico o succínico), alcoholes y cetonas (etanol, metanol, glicerol, acetona), acetato, CO₂ y H₂.
3. **Bacterias acetogénicas.** Son bacterias sintrotóficas (literalmente, "que comen juntas"); es decir, sólo se desarrollan como productoras de H₂ junto a otras bacterias consumidoras de esta molécula. *Syntrophobacter wolinii* especializada en la oxidación de propionato, y *Syntrophomonas wolfei*, que oxida ácidos grasos que tienen de 4 a 8 átomos de carbono, convierten el propiónico, butírico y algunos alcoholes en acetato, hidrógeno y dióxido de carbono que se utiliza en la metanogénesis.



4. **Metanógenas.** La digestión anaerobia de la materia orgánica en la naturaleza, libera a la atmósfera de 500 a 800 millones de toneladas de metano por año; esto se produce en la profundidad de sedimentos o en el rumen de los herbívoros. Existen tanto bacterias Gram positivas como negativas. Estos microorganismos crecen muy despacio, con tiempo de generación que va desde los 3 días a 35 °C hasta los 50 días a 10 °C. Estas bacterias se dividen en dos subgrupos:

- Metanógenos hidrogenotróficos (bacterias → quimiolitótrofas que utilizan hidrógeno): $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- Metanógenas acetotróficas:
Acético → $\text{CH}_4 + \text{CO}_2$

Sólo dos géneros, *Methanosarcina* (cocos grandes e irregulares en paquetes, Gram positivos) y *Methanotrix* (bacilos alargados, Gram negativos) tienen especies acetotróficas -aun cuando las primeras pueden utilizar también CO₂ + H₂ como sustrato-. Todas las bacterias metanogénicas se incluyen en el dominio *Archaea*.

El otro procedimiento alternativo de digestión de fangos que, como se ha indicado, suele aplicarse solamente en pequeñas instalaciones es la **digestión aerobia**. Ésta consiste en estabilizar el fango por aireación, destruyendo así los sólidos volátiles. El tiempo de aireación suele oscilar entre 10 y 20 días, según la temperatura.

2.3. Acondicionamiento

Los fangos urbanos y muchos industriales tienen una estructura coloidal que los hace poco filtrables en el secado posterior a la digestión, por lo que el sistema de filtración consigue un bajo rendimiento.

Para evitar este inconveniente, se añade a los fangos reactivos floculantes que rompen la estructura coloidal y le confieren otra de carácter granular de mayor filtrabilidad.

Los reactivos más utilizados son las sales de hierro (Cl_3Fe), sales de aluminio, cal (CaO) y/o polielectrolito.

2.4. Secado

Su objetivo es eliminar agua del fango para convertirlo en una pasta sólida fácilmente manejable y transportable. El sistema depende de la cantidad de fango y del terreno disponible.

El primer sistema utilizado, por su simplicidad y bajo costo, fue el de **eras de secado**. El procedimiento consiste en la disposición de los fangos a secar sobre una superficie al aire libre, dotada de un buen drenaje.

Una **era de secado** es una laguna o tanque donde se deshidratan los fangos por drenaje y evaporación. Los fangos se depositan sobre un lecho de arena, de unos 20 cm de espesor, que está provisto de un sistema de drenaje. Parte del agua se elimina por drenaje en el lecho de arena. La evaporación se encarga, seguidamente, a una placa fácilmente retirable.

www.tecnologiambiental.com

La altura de la capa extendida varía según las características del fango; para fangos urbanos digeridos se disponen capas de 20 a 30 cm.

La superficie de las eras varía en función del clima de la zona.

La "torta" de fangos se suele secar cuando su humedad desciende por debajo del 40 %. Un puente rascador que se mueve sobre unos carriles puede emplearse en la extracción de la torta de fango.

Para plantas depuradoras de poblaciones amplias y con problemas de grandes espacios, existen otros mecanismos de secado como son los **filtros de banda, filtros prensa y/o centrifugación**. En estos casos, la torta producida suele tener alrededor del 25 % de material seco, es recogida mediante una cinta transportadora y enviada a la tolva para su retirada.

2.5. Incineración o eliminación

Una vez seco el fango, puede ser transportado a un vertedero e incinerado (cuando se trata de aguas urbanas con aporte industrial), o utilizado como corrector de suelos (cuando se trata de aguas exclusivamente urbanas).

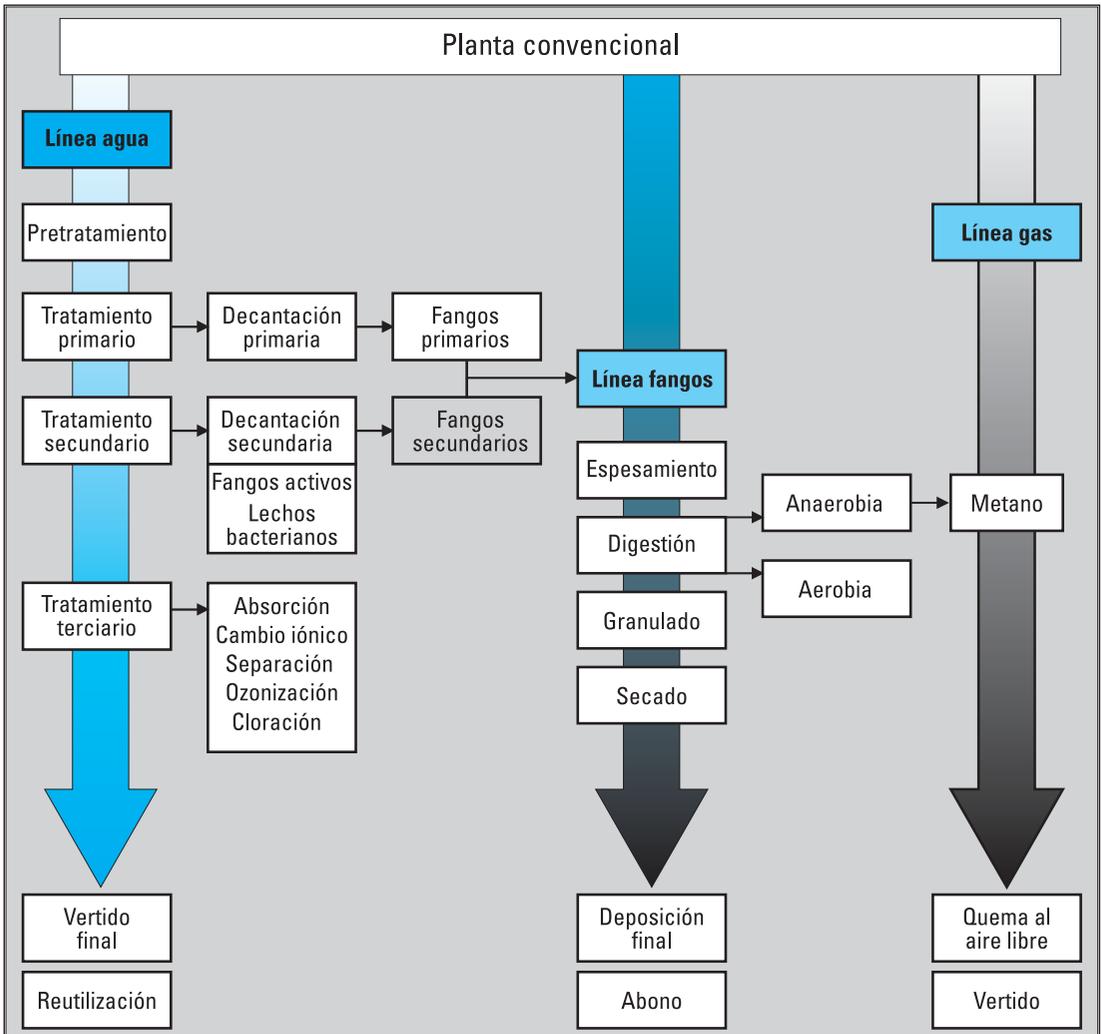
3. Línea de gas

Cuando el proceso de digestión de fangos se efectúa por anaerobia, como consecuencia de sus reacciones bioquímicas se produce un gas denominado **gas biológico** o **biogás**, que tiene un contenido de metano de alrededor

del 65-70 % -el resto de su composición está formada por gases inertes; la mayor parte, dióxido de carbono-

El biogás puede reutilizarse, convirtiéndose en un valioso subproducto a través del cual, en algunos casos, se suministra una gran parte de la energía que las plantas depuradoras necesitan para su funcionamiento (hasta un 60 % del total de la energía empleada); así se evita desaprovecharlo por una quema al aire libre.

Las aplicaciones de este gas de digestión son, por un lado, las de su uso como calefacción tanto de edificios como de los propios fangos de digestión; y, por otro lado, en instalaciones importantes, las de su empleo como combustible para producción de energía. En este último caso, se dota a la planta depuradora de motores que se alimentan con el biogás, acoplándoseles generadores cuya energía eléctrica sirve para abastecer las distintas partes de la estación.



Residuos sólidos urbanos (RSU)

La composición de los residuos varía según diferencias económicas, culturales, climáticas y geográficas. En los países menos desarrollados, los desechos sólidos contienen una mayor proporción de material orgánico biodegradable con un alto contenido de humedad y densidad, comparados con los producidos en países más avanzados. Esta característica es importante para considerar algunos métodos de reducción de volúmenes, tales como la compactación de desechos la que, normalmente, no es apropiada en el caso de residuos con un alto contenido orgánico y humedad, o cuando se considera la alternativa de compostaje.

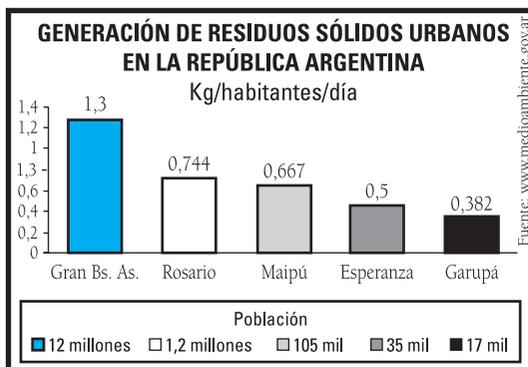
Residuo sólido es todo producto, materia o sustancia, resultante de la actividad humana o de la naturaleza, que ya no tiene más función para la actividad que lo generó. Puede clasificarse de acuerdo con su origen (domiciliario, industrial, comercial, institucional, público), con su composición (materia orgánica, inorgánica, vidrio, metal, papel, plásticos, cenizas, polvos, inerte) o de acuerdo con su peligrosidad (tóxico, reactivo, corrosivo, radioactivo, inflamable, infeccioso).

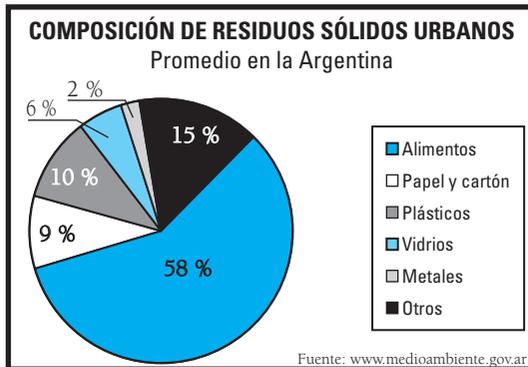
El tipo de residuo condiciona su almacenamiento, recolección, transporte y disposición final. Si se trata de **residuos municipales** (domésticos, comerciales, hospitalarios, de la construcción y demolición, barridos de calles, industriales) el procedimiento es diferente de si se trata del manejo de **residuos peligrosos** (que plantean un riesgo sustancial, real o potencial, a la salud humana y/o al medio ambiente) junto con municipales.

Las características físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos permiten orientar la selección de alternativas técnicas:

Son características físicas:

- la composición gravimétrica (porcentaje de cada componente presente en una muestra),
- el peso específico (peso de una muestra en función al volumen que ella ocupa, expresado en t/m^3 o kg/cm^3),
- la humedad (proporción de agua de la muestra en relación con su volumen seco, expresado en %),
- la compresibilidad (grado de compactación, reducción de volumen que una masa puede sufrir cuando es sometida a una presión de 4 kg/cm^2),
- la generación *per cápita* (cantidad de residuos producida por persona en una unidad de tiempo, la cual es variable según el poder adquisitivo, la educación y los hábitos de las comunidades, y varía desde 0,4 kg hasta más de 1,5 kg,
- características visuales que interfieren en la estética de los ambientes.





Sus características químicas:

- el poder calorífico (la capacidad potencial de cada material en desprender calor cuando se quema, kcal/l),
- el pH -potencial de hidrógeno (indicador de acidez),
- el contenido de ceniza, materia orgánica, carbono, nitrógeno, potasio, calcio, metales pesados, residuos minerales y grasas solubles.

Las características biológicas son:

- los agentes microbianos (virus, bacterias y protozoarios) presentes en la basura; éstos, en determinadas condiciones, se tornan patógenos y originan enfermedades tales como hepatitis, fiebre tifoidea, malaria, fiebre amarilla y cólera; y encuentran en la basura condiciones ideales para proliferar. Se transmiten a las personas y animales a través de vectores como insectos y roedores.

Los residuos sólidos tienen un ciclo: generación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y destino final. En cualquiera de sus etapas, un manejo inco-

recto puede generar impactos en los medios físico, biológico y antrópico.

Algunas clasificaciones de los impactos socioambientales los presentan como negativos o positivos, directos o indirectos, temporarios o permanentes, reversibles o no.

El manejo inadecuado de los residuos sólidos puede generar impactos negativos para la salud humana. Los residuos son una fuente de transmisión de enfermedades, ya sea por vía hídrica, o por los alimentos contaminados por moscas y otros vectores. Si bien algunas enfermedades no pueden ser atribuidas a la exposición de los seres humanos a los residuos sólidos, un inadecuado manejo puede crear condiciones que aumentan la susceptibilidad a contraer dichas enfermedades.

A esta situación se suma la existencia de pocos sitios adecuados para el procesamiento y la disposición de residuos tóxicos.

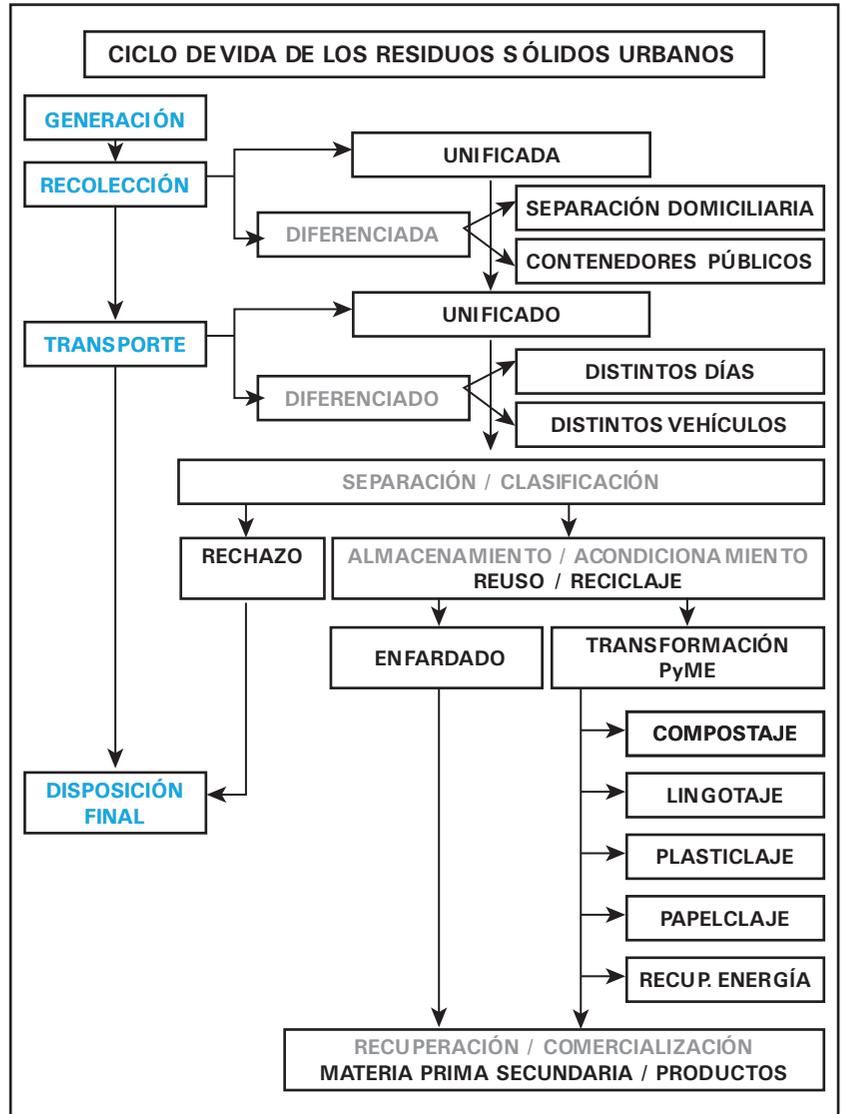
Los contaminantes biológicos y químicos de los residuos son transportados por el aire, agua, suelos, y pueden contaminar viviendas y alimentos (por ejemplo: carne de cerdo criado en basurales, que transmite cisticercosis).

Las poblaciones más susceptibles de ser afectadas están compuestas por las personas que viven en los asentamientos pobres de las áreas marginales urbanas y que no disponen de un sistema adecuado de recolección domiciliar regular. Otro grupo de riesgo es el de las personas que viven en áreas contiguas a basurales clandestinos o a vertederos abiertos. También, el formado por recolectores y segregadores (cirujas, cartoneros, etc.)

que tienen contacto directo con los residuos, muchas veces sin la protección adecuada, y el de las personas que consumen restos de alimentos extraídos de la basura. Las personas segregadoras y sus familias -que suelen vivir en la proximidad de los vaciaderos- pueden ser, a su vez, propagadoras de enfermedades, al entrar en contacto con otras personas.

La disposición final de residuos en un basurero a cielo abierto constituye una amenaza para la salud pública; principalmente, por la proliferación de vectores. En estos basureros a cielo abierto es común la presencia de animales que se alimentan con los residuos descartados; y, con ellos conviven las personas segregadoras. Por otra parte, el polvo transportado por el viento desde un basural a cielo abierto puede portar patógenos y materiales peligrosos.

En estos sitios, durante la biodegradación o quema de la materia orgánica se generan gases orgánicos volátiles, tóxicos y algunos



potencialmente carcinógenos (por ejemplo, bencina y cloruro vinílico), así como subproductos típicos de la biodegradación (metano, sulfuro de hidrógeno y bióxido de carbono). El humo producido por la quema de basura en vertederos abiertos constituye un importante irritante respiratorio e influye en que las poblaciones expuestas sean mucho más susceptibles a las enfermedades respiratorias.

Los residuos sólidos pueden contener sustancias orgánicas e inorgánicas perjudiciales a la salud humana y al ambiente natural. Un número alto de enfermedades de origen biológico se origina por contacto directo con estos desechos o, indirectamente, a través de vectores.

Respecto de esta situación, en la mayoría de las ciudades no existe una recolección segura para los desechos tóxicos y peligrosos, lo que aumenta los riesgos a la salud de los trabajadores de recolección que, además de carecer de protección especial, no suelen tomar las precauciones necesarias para el manejo de esos desechos.

Es común que los residuos hospitalarios e industriales sean descargados, junto con la basura doméstica, en los puntos de disposición final municipal, sin ninguna medida especial para proteger a los trabajadores formales e informales.

La exposición humana a los residuos peligrosos puede ocurrir:

- en los sitios de su producción (exposición ocupacional o exposición durante accidentes),
- durante el transporte de residuos, en el caso de accidentes,
- en los sitios donde se almacenan o se depositan para su tratamiento.

Los trabajadores formales e informales se encuentran expuestos a diversos factores de riesgo generados por las tareas de manipulación y transporte de los residuos sólidos. La falta de medidas de prevención y control de riesgos -especialmente en su recolección

manual y debido a las condiciones poco seguras del manejo de la basura, falta de hábitos y condiciones de higiene entre los trabajadores- aumenta la incidencia de accidentes y enfermedades asociadas, tales como las heridas por materiales punzocortantes, las infecciones y otras enfermedades asociadas a la exposición a productos peligrosos.

Los impactos ambientales asociados a los residuos sólidos dependen, particularmente, de la localización, la geomorfología, las características de los medios físico, biótico y antrópico, así como de las características de los materiales desechados. De una manera general, el manejo de los residuos sólidos puede producir impactos sobre las aguas, el aire, el suelo, la flora y la fauna y los ecosistemas:

Contaminación de los recursos hídricos. El arrojar residuos sólidos sin tratamiento puede contaminar las aguas superficiales o subterráneas usadas para el abastecimiento público y para los cultivos, además de ocasionar inundaciones por obstrucción de desagües pluviales o de drenajes de cultivos. En forma directa, las aguas superficiales manifiestan presencia de residuos incrementando, de esta forma, la carga orgánica, con la consiguiente disminución del oxígeno disuelto, la incorporación de nutrientes y la presencia de elementos físicos que imposibilitan usos ulteriores del recurso hídrico en cultivos, consumo urbano y turístico. En forma indirecta, los percolados y lixiviados de los sitios de disposición final de residuos sin tratamiento (basurales), se filtran en las aguas superficiales, como los acuíferos (ayudados por lluvias), arrastrando los principales contaminantes, caracterizados por altas concentraciones de materia orgánica y sus-

tancias tóxicas. La contaminación de los cursos de agua puede significar la pérdida del recurso para consumo humano o para recreación, ocasionar la muerte de la fauna acuática y el deterioro del paisaje.

Contaminación atmosférica. Está directamente relacionada con la basura y puede transmitirse a los sitios de disposición final. El problema es la generación de gases asociados a la digestión bacteriana de la materia orgánica y a la quema; la quema al aire libre de los residuos o su incineración sin equipos de control adecuados, genera gases tales como furanos, dioxinas y derivados organoclorados, problemas que se acentúan debido a la composición heterogénea de residuos con mayores tenores de plásticos.

Contaminación del suelo. La descarga y la acumulación de residuos en sitios periféricos, urbanos (clandestinos) o rurales producen impactos que pueden percibirse como estéticos, malos olores, polvos irritantes, etc. El volcado de residuos en sitios frágiles o inestables y en depresiones causadas por erosión, puede ocasionar derrumbes de franjas de lomas y viviendas construidas en áreas de riesgo o suelos con pendiente. Además, el suelo que subyace los desechos sólidos depositados en un basural a cielo abierto o en un relleno sanitario se contamina con microorganismos patógenos, metales pesados, sustancias tóxicas e hidrocarburos clorados que están presentes en el lixiviado de los desechos, flujo contaminante que no percibimos.

Amenazas a flora y fauna. Los impactos ambientales directos sobre la flora y fauna se encuentran asociados, en general, a la remoción de especímenes de la flora y a la pertur-

bación de la fauna nativa durante la fase de construcción, y a la operación inadecuada de un sistema de disposición final de residuos.

Residuos sólidos urbanos Composición porcentual¹¹		
	Nivel alto	Nivel bajo
Papel	16,10 %	9,23 %
Cartón	4,21 %	3,91 %
Plástico blando	5,05 %	5,70 %
Plástico duro	3,10 %	3,45 %
Vidrio	8,11 %	3,21 %
Metales ferrosos	3,41 %	2,11 %
Metales no ferrosos	0,55 %	0,45 %
	Nivel alto	Nivel bajo
Pañales	3,01 %	6,29 %
Tara pañales	0,12 %	0,29 %
Textil	2,01 %	3,15 %
Otros	1,11 %	2,31 %
Orgánicos	53,22 %	59,90 %

Alteraciones del medio antrópico. El aspecto sociocultural tiene un papel crítico en el manejo de los residuos. Recordemos que el "*Sacala a la vereda*" tiene sus bases en la falta de conciencia colectiva y en inconducta sanitaria por parte de la población para disponer sus residuos; así, encontramos a éstos abandonados en calles, áreas verdes, márgenes de los ríos, playas, deteriorando las condiciones del medio y las de todos los seres vivos, malogrando el paisaje existente y, por último, afectando la estética del lugar. Por otro lado, la degradación ambiental conlleva costos sociales y económicos tales como la salud de los trabajadores, la devaluación de propiedades, la pérdida de turismo y otros costos asociados. ¿Impactos positivos? Pueden ser la generación de empleos, el desarrollo de téc-

¹¹ Atilio Armando Savino. "Diagnóstico de la situación del manejo de los residuos sólidos municipales y peligrosos en Argentina". Representación Argentina de la Organización Panamericana de la Salud. Buenos Aires.

nicas autóctonas, de mercados para reciclables y materiales de reuso.

Si a las responsabilidades compartidas entre gobiernos y comunidades, y a la regulación del sector, les sumamos capacidad técnica y administrativa, es posible obtener resultados positivos en la **gestión de los residuos sólidos**, que requiere la participación de todos los sectores, incluyendo el educativo.

Resultan imperiosas acciones formativas tales como la prevención de la generación de desechos por la optimización o modificación de procesos productivos, el reciclaje, el almacenamiento, el tratamiento (incluyendo la incineración), la disposición final en relleno sanitario, y el monitoreo para detectar la estabilización de un relleno y/o la operación de un sistema.

La gestión de los desechos sólidos consume una porción significativa del presupuesto municipal, lo que significa que, para contar con un sistema eficiente y efectivo de recolección y eliminación de residuos, es necesario garantizar suficiente autoridad y competencia para cumplir con esas responsabilidades.

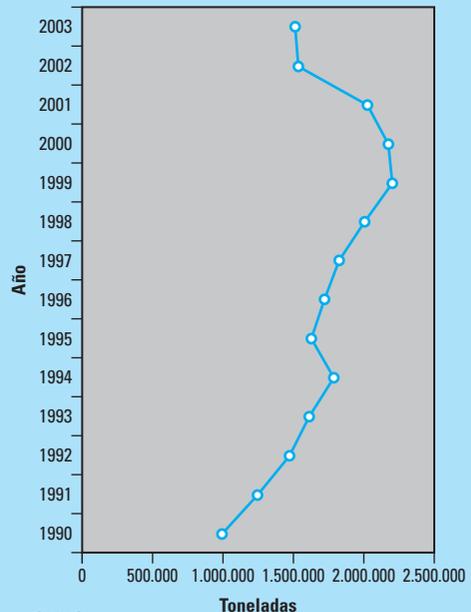
Además, es necesario implementar programas de participación comunitaria, de sistemas de monitoreo de los servicios y reglamentos técnicos.

El apoyo de todos los sectores es fundamental para permitir a las autoridades locales administrar, coordinar y promover el manejo de residuos sólidos en función de las prioridades ambientales y comunitarias, y, además, promover las opciones técnicas adecuadas.

Cuando comenzamos a transitar la idea de una gestión responsable de los residuos sólidos, son muchas las variables con las cuales debemos trabajar; una de ellas es la cantidad producida y la otra es su composición.

La composición porcentual de la basura producida nos da un dato muy alentador. Tomando los datos del CEAMSE - Coordinación Ecológica Área Metropolitana. Sociedad del Estado-, todo hace suponer que en el año 2005 recibirá 1.400.000 toneladas de basura proveniente de Capital Federal. El dato alentador es que prácticamente el 50 % es orgánico y, por lo tanto, biodegradable; si esas 700.000 toneladas tuvieran una gestión y la aplicación de tecnologías adecuadas, sería necesario hacer una deposición final de sólo un 50 % de basura, sin descontar lo recuperable y lo reciclable de ésta.

Toneladas de residuos recibidos por la CEAMSE provenientes de la Ciudad de Buenos Aires



Fuente: CEAMSE

Residuos rurales

Los residuos animales contienen agentes patógenos que causan enfermedades, como la Salmonella, E. coli, Cryptosporidium, y coniformes fecales, que pueden estar de diez a cien veces más concentrados que en las heces humanas. Más de cuarenta enfermedades pueden ser transferidas a los seres humanos a través del estiércol.

Natural Resources Defense Council¹²

Es muy común confundir un ambiente natural con un ambiente rural productivo.

Nuestro país posee zonas densamente explotadas en este tipo de producciones y fácilmente identificables.

Un ambiente rural productivo es aquel que el hombre ha transformado con la intención de producir cereales, vegetales, frutas o animales a escala industrial, para conseguir una rentabilidad que le permita desarrollarse económicamente.

Sólo con tomar el auto o un micro, y alejarnos unos kilómetros de la ciudad, comenzamos a transitar campos de un color verde increíble y a ver muchos animales comiendo allí, lo que nos hace exclamar: ¡Esto sí es aire! ¡Esto sí es naturaleza!

Pero, hoy por hoy las zonas rurales densamente explotadas no son sinónimo de naturaleza; precisamente, porque muchas de las tecnologías utilizadas en la producción la atentan sin ningún reparo.

Los cambios en los sistemas de producción agropecuarios han tenido y tienen una clara incidencia en el medio ambiente. El paso de la ganadería extensiva a la ganadería intensiva, así como la intensificación de la actividad agrícola han significado, junto a unos indudables y deseables logros socioeconómicos, la producción de mayores volúmenes de residuos por unidad de superficie. En consecuencia, resulta necesario afrontar el grave problema ambiental que supone la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas implicadas en actividades agropecuarias.

Pensemos en una situación hipotética:

Vivimos en una localidad ribereña; en su valle ya existe una producción frutihortícola importante. Se anuncia que se instalará un frigorífico para cerdos, con lo cual la colonia de productores de cerdo aumentará considerablemente.

Para la localidad es un anuncio importante; tan importante que muchos habitantes están viendo la posibilidad de comenzar con la producción. Y se han empadronado 50 productores con 50 madres para la producción y 5 sementales cada uno. Esto hace un total de 2.500 madres y 250 sementales.

¹² *Natural Resources Defense Council* es la organización más reconocida de EE.UU., en cuanto a la defensa de los recursos naturales. Su tarea se basa en la legislación, en la ciencia y en la ayuda de más de un millón de miembros y de activistas para proteger la fauna y los lugares salvajes del planeta. <http://www.nrdc.org/>

Teniendo en cuenta los datos de residuos que estos animales generan por día, podemos decir que durante el año van a ser 4.050.587 kg de orina y materia fecal - y no hemos contabilizado a todos, ya que su número depende de la cantidad de pariciones y del tiempo de vida transcurrido al momento de ser faenados; tomando sólo una parición, a un promedio de 10 lechones por madre tenemos, entonces, 25.000 lechones; esto es, 26.000 kg de orina y materia fecal por día; si suponemos un piso de dos meses de vida para ser faenados, cada tanda de lechones genera 1.560.000 kg de residuos-.

El asentamiento urbano está muy cerca de la zona rural; es más, se confunde con ésta y con el río que nos circunda.

Ahora bien, si queremos que la producción sea respetuosa para el ambiente, debemos conocer y agotar todos los medios para gestionar los 5.610.587 kg de residuos que genera la producción.

Animal	Peso -kg-	Deyecciones diarias -kg-
Lechón	15	1.04
Cerda	125	4.03
Padrillo	160	4.09

Este elevado cúmulo de residuos en forma de purines y estiércoles debido a las deyecciones de los animales, contiene una elevada cantidad de materia orgánica, y de compuestos de nitrógeno y fósforo que, en el mejor de los ca-

sos, puede emplearse de manera moderada en la agricultura como fertilizante y, en el peor de los casos, ocasionar la contaminación de suelos y aguas, o ser abandonado en una

pila sin ningún control, transformándose en agente de un sinnúmero de enfermedades - entre ellas, la salmonella, que puede permanecer activa seis meses, en este tipo de residuos-.

Es importante recordar que, en nuestro país, toda región ribereña o de características productivas como las de un valle, tiene otra actividad económica asociada, el turismo, que permite desarrollar pesca y recreación en sus aguas.

Lo ideal, lo posible, es contar con normas y establecer las practicas para el desarrollo de una agricultura compatible con el medio ambiente, en consonancia con una utilización racional de los fertilizantes nitrogenados. Debemos iniciar el camino de soluciones al problema de los residuos ganaderos y al problema de la contaminación de las aguas subterráneas por los nitratos agrícolas. Generar normas y legislarlas resulta esencial para las zonas más vulnerables y, en ese proceso, es fundamental la participación de los propios titulares de las explotaciones ganaderas, y, también, de los agricultores y de los propietarios forestales, ya que la solución más adecuada técnica y económicamente llega con el acuerdo de todas las partes interesadas, evaluando las posibilidades del compostaje o de uso energético.

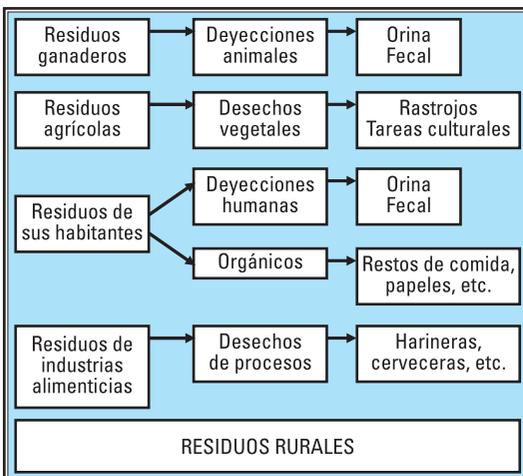
Por qué la calificamos de "moderada"? Los diferentes cultivos tienen una capacidad determinada de absorción, según la especie; todo el porcentaje que no es absorbido se acumula en la tierra, contaminándola.

Por lo tanto, es imprescindible realizar un importante esfuerzo de información y sensibilización, tanto sobre la necesidad de la correcta eliminación de los residuos ganaderos, como de las técnicas y concentraciones adecuadas para el empleo de estos residuos como fertilizante orgánico o como parte de una energía renovable.

Por otra parte, la intensificación de la actividad agrícola-ganadera provoca un aumento del uso de medicamentos y plaguicidas, entre otros productos

Los **residuos zoonosarios** son aquellos que provienen, sobre todo, de los envases de estos productos, cuya eliminación debe seguir el proceso de un residuo peligroso, ya que suponen un riesgo ambiental y sanitario.

No debemos olvidarnos de que los habitantes de las zonas rurales también generan los mismos residuos que en las ciudades. Pero, con una gran diferencia: la mayoría de ellos debe realizar su deposición; son muy pocas las zonas rurales que, conjuntamente con el municipio vecino, posean una gestión en común de los residuos.



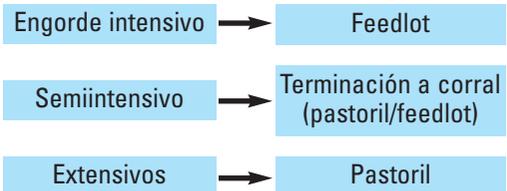
El engorde tecnológico: *Feedlot*

Para producir carne vacuna se utilizan medios pastoriles que se basan en la capacidad de los rumiantes para aprovechar los forrajes fibrosos y transformarlos en carne. De esta manera, se consigue un alimento "carne", a partir de materiales que no podemos consumir directamente.

El producto "carne" se obtiene por medio de dos procesos productivos:

- los **sistemas extensivos**, netamente pastoriles, que cuentan con forraje de crecimiento en el campo que el vacuno come directamente, y
- los **sistemas intensivos** de producción, en los que el alimento consumido es suministrado diariamente por el hombre. Este engorde intensivo o engorde a corral es una tecnología de producción de carne con los animales en confinamiento, basado en dietas de alta concentración energética y de alta digestibilidad.

Entre los dos sistemas encontramos el semi-intensivo:



El objetivo del *feedlot* es obtener una alta producción de carne por animal, basándose en:

Eficiencia de conversión \rightarrow kilos de alimento / kilo de carne



Perspectiva de los corrales

Algunas de las funciones del *feedlot*:

- "Terminar" novillos que, como mínimo, tengan entre 330 y 350 kg de peso, para llevarlos a peso final de 420-450 kg; esto otorga mayor valor comercial a los animales para faena y, de esta manera, se obtienen rentas mayores.
- Permitir a los frigoríficos poseer un stock vivo "gordo" para atender eventuales épocas de falta de animales para faena.
- Mantener una calidad uniforme de la carne en la góndola de supermercados, debido a la exigencia de los consumidores.

La **terminación a corral**, combinación pastoreo/*feedlot*:

- Da valor agregado al cereal -de producción propia o no-, transformándolo en carne.
- Libera campo para otras actividades o categorías con mayor rentabilidad por hectárea; aporta superficie destinada a pastoreo.

- Constituye una oportunidad de engorde. Como el precio de la hacienda es alto, en la actualidad, y el de los cereales es bajo, conviene terminar el ganado sobre la base de concentrados de cereal.
- Acorta la duración del ciclo de invernada (engorde), incrementando el ritmo de aumento de peso.
- Permite una mejor terminación de los animales, porque el engorde final basado en granos es más rápido, parejo y de mejor rendimiento a la faena.
- Transforma categorías de menor valor en categorías de mayor valor; por ejemplo, novillos livianos en novillos pesados.
- Aprovecha la estacionalidad de los precios de la hacienda; permite contar con animales gordos en momentos de escasez de hacienda, ya que la independencia de los factores climáticos lo permite.
- Integra ciertos tipos de residuos o subproductos industriales, transformando en carne algún subproducto de menor precio que el grano -afrechillo de trigo, semilla de algodón, cama de pollo, cáscara de arroz, pulpa de citrus, etc.-.

Este sistema se viene desarrollando en nuestro país desde hace un poco más de una década.

Ambos sistemas de producción de carne, extensivo e intensivo, tienen efectos sobre el medio ambiente. Uno de ellos es el "efecto invernadero", en el que participan cuatro gases distintos, de los cuales tres pueden provenir de las actividades ganaderas: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido

nitroso (N_2O), y el cuarto, clorofluorocarbonos (CFC), de la actividad industrial (refrigerantes, conservación de la carne).

- El CO_2 proviene de la deforestación para liberar superficie de cultivos y utilizarla, luego, en la alimentación de ganado, para pastoreo directo o procesado para *feedlot*; la disminución del número de árboles disminuye el consumo de CO_2 por fotosíntesis. También se elimina durante el uso de combustible para la maquinaria agrícola.
- El CH_4 proviene de la fermentación en el rumen (estómago de los rumiantes), a través del eructo, y de la fermentación anaeróbica del estiércol.
- El N_2O proviene del uso de fertilizantes químicos con nitrógeno en cultivos para forrajes, de los cereales para la dieta de los animales en engorde y en cantidades mucho más pequeñas, del estiércol.

¿Cuál es el sistema que permite el aumento de peso y la producción de carne? El proceso destinado al engorde comienza, básicamente, con la tropa de vacunos (terneros destetados o vaquillonas) entrando al corral; en éste reciben, diariamente, una ración balanceada para cubrir sus requerimientos de mantenimiento y de producción (máxima ganancia diaria de peso), hasta que logran un peso vivo determinado con el grado de engrasamiento que pide el mercado. En este punto, la tropa está a punto para ser enviada a faena.

Así se genera una serie de interacciones entre

los tipos de alimento y la fisiología digestiva del rumiante, las cuales influyen en la cantidad y calidad de excretas producidas, y en el volumen de gases de fermentación, desde el rumen y desde el estiércol.



Silos



Comederos

A medida que aumenta el peso vivo del animal, hay mayor consumo de alimento para cubrir los requerimientos de mantenimiento. Además, se suma la exigencia de obtener altas ganancias diarias de peso (g/d); por lo tanto, el alimento debe tener alta concentración de energía (alta digestibilidad) y las dietas de forraje pasan a un segundo plano (porque tienen menor cantidad de energía metabolizable -EM- que las dietas concentradas, con alta proporción de granos).

Al poseer más EM, obtenemos una conversión de kilos de alimento / kilo de carne producida, económicamente más rentable. En este proceso, la digestión ruminal juega un papel importante; en el rumen habita una microflora (bacterias) y microfauna

En la práctica, esto implica que un ternero de 150 kg entra al feedlot para obtener un peso de venta de 250 kg.

Para lograrlo, se estima:

- una duración de engorde de 75 a 85 días,
- una conversión alimenticia de 5-6 kg de ración/ 1 kg de carne,
- un aumento de peso diario de 1,2 kg.

(protozoos) que produce la fermentación y la digestión de gran parte de los alimentos que ingresan (fermentación anaeróbica). Según cambia la dieta, varía la composición de este ecosistema ruminal para producir nutrientes absorbibles (proteína, glucosa, ácidos grasos volátiles, principalmente).

Los componentes mínimos de la explotación en feedlot son:

- corrales para albergar a los vacunos,
- bebederos/ comederos,
- tinglado para sombra,
- aguada donde se almacena el agua de consumo/ planta control de afluentes,
- complejo de manga (en él, el animal entra justo, en fila india con los demás, y no puede volver hacia atrás),
- corrales y balanza para realizar tratamientos sanitarios,
- planta de alimentos que contiene los silos de almacenaje de granos, tolva de

recepción, celdas para acopio de alimento molido, insumos embolsados (núcleos minerales, proteicos),

- maquinarias para conformar la ración completa (*mixer* o mezclador), moledores. tractores, carros distribuidores.



¿Cuáles son las entradas a este sistema?

- **Animal a engorde.** El tamaño del animal influye en la cantidad total de alimento que consume, lo cual está en relación directa con la cantidad total de producción de excretas.
- **Agua.** La capacidad debe satisfacer el consumo de agua de, por lo menos, tres días. Hay que considerar que el bovino consume entre 5 y 10 litros por kilo de materia seca de alimento (40 a 80 litros/-cabeza/día). La cantidad total de sales disueltas debe ser menor a 3000 mg/l y

tener menos de 10.000 ufc/l (unidades formadoras de colonias por litro) de coliformes con renovación constante, para que siempre esté fresca y limpia.

- **Alimentos.** A mayor volumen consumido por cada animal, mayor volumen de estiércol producido. El volumen es menor a medida que aumenta la proporción de grano con relación al forraje (heno, silaje) en la ración.
- **Medicamentos.** Drogas antiparasitarias; principalmente, las avermectinas con efecto sobre parásitos internos del aparato digestivo, respiratorio y parásitos externos como sarna, garrapata. En general, son compuestos lipofílicos escasamente hidrosolubles. La droga madre y los metabolitos que se originan de la degradación del compuesto en el organismo animal, tienen como vía de eliminación principal a la materia fecal y, accesoriamente, a la orina. De esta manera, pasan a formar parte del estiércol y efluentes, con posibilidad de llegar a los cursos de agua superficiales y de tener efecto negativo sobre el ecosistema, al nivel de organismos vivos.
- **Mano de obra.** Profesionales, técnicos, especialistas y mano de obra no calificada.
- **Energía.** Uso de tractores, carros auto-transportados, autos, camionetas, etc.



Alimento balanceado

Y, las salidas del sistema:

- **Vacuno terminado para faena.** Vacuno con el peso deseado.
- **Fermentación entérica.** El principal gas es el metano, que depende del volumen de alimento consumido y de la composición de la ración. El volumen que puede producir un bovino varía entre 120 m³ por año, en una vaca productora de carne, y 60 a 80 m³ por año en un novillo en engorde. A mayor proporción de alimento de alta energía en la dieta (almidón), menor volumen consumido; así, cambia el tipo de fermentación con la consiguiente menor producción diaria de metano.
- **Excretas.** La materia fecal y la orina forman un solo tipo de residuo -en el que no se pueden separar componentes- que se denomina estiércol. Un vacuno excreta, por día, alrededor del 5 al 6 % de su peso vivo; en un novillo de 400 kg de peso vivo, el estiércol es de alrededor de 20 a 25 kg diarios. Por su contenido de materia orgánica y humedad, el estiércol es un sustrato sumamente propicio para la proliferación de moscas -especialmente, en zonas húmedas-.
- **Efluentes líquidos.** Originados en los desagües a raíz de las precipitaciones y a las excretas de los animales en y fuera de los corrales, estos residuos orgánicos que consumen oxígeno, aportan nitrógeno y fósforo, además de patógenos, que vehiculizados por el agua pueden producir enfermedades en las personas. Potencialmente, contaminan el suelo, cursos de agua superficiales y

subterráneos, y la baja atmósfera, por el gas amoníaco, lo que contribuye al proceso de eutrofización de los ecosistemas acuáticos. Llegando al agua sin ningún tratamiento, aumentan la cantidad de nutrientes para los organismos productores (algas), con lo cual crece su biomasa. En los momentos de oscuridad, por su actividad metabólica, consumen oxígeno disuelto en agua, disminuyendo la disponibilidad del oxígeno para la vida acuática.

- **CO₂**. Emisión de dióxido de carbono por combustión de derivados del petróleo (combustibles) de maquinarias utilizadas en los cultivos, en el funcionamiento diario del *feedlot*.
- **NO₂**. Producción de óxido nitroso desde el estiércol, a partir de reacciones con oxígeno, y también por combustión de derivados del petróleo.
- **Amoníaco**. El contenido de urea del estiércol es hidrolizado por las enzimas *-ureasas-* de microorganismos del suelo y del mismo estiércol, produciendo amoníaco -que se volatiliza-. Este gas, además, ocasiona un *olor desagradable*. Este amoníaco puede volver a precipitar en el suelo o en la superficie de cuerpos de agua (acidificación), incrementando su contenido de nitrógeno.
- **Polvo**. El estiércol seco en los corrales en zonas semiáridas o en épocas de escasas precipitaciones y viento, puede ocasionar contaminación de la baja atmósfera. Una de las formas de control es a través de la superficie destinada a cada animal: Al disminuir los metros cuadrados destinados a cada uno, aumenta la superficie húmeda. Se considera que un 25 % de superficie

húmeda puede ser el espacio óptimo para controlar la emisión del polvo.

- **Moscas**. Si bien no es una contaminación, hay un cambio en el medio local por su incremento y por el traslado de agentes patógenos.

En esta oportunidad, no detallaremos los impactos de las instalaciones de los diferentes componentes del sistema porque es sabido que todo desarrollo productivo los genera. Lo que más nos importa es dar una solución tecnológica a una de las salidas.



Sumidero del efluente

Como la evaluación de impactos es anterior a la instalación de los componentes necesarios para el desarrollo, se debe tener una serie de consideraciones particulares en momentos de decidir la ubicación: el clima, el suelo (drenaje y pendientes), la provisión de insumos, la provisión de agua, el acceso a la explotación, el dimensionamiento de los corrales -con un promedio 20 a 30 m²/cabeza-, la ubicación de comederos, bebederos y calles, y los elementos para el tratamiento del estiércol. También es necesario prever el impacto producido por la alimentación que, muchas veces, no es en el mismo lugar sino de lugares más alejados de donde se trajo el alimento, produciendo una transferencia de nutrientes y, por lo tanto, una degradación del suelo, como también un aumento en el consumo de combustibles fósiles. Puede resultar el uso de subproductos industriales como alimento, contando con éste cerca del *feedlot*.

El estiércol y los efluentes, tal vez, son los

que más impacto causan. Entre las alternativas tecnológicas posibles para minimizar su impacto, podemos citar:

- **compostado** (montículos en el suelo o reactores o estabilizadores cerrados con aireación, para que la materia orgánica se degrade a compuestos simples, lo que permite minimizar la producción de metano),
- **esparcido en tierras de cultivo** (cumpliendo ciertos requisitos, para evitar la contaminación del suelo y la metanogénesis),
- **fermentación anaeróbica en reactores**, para la producción de metano para consumo energético.

Los efluentes, por su parte, se pueden tratar en lagunas de estabilización. En ellas, el agua contaminada de los desagües y de los drenajes de la explotación se colecta en estanques de poca profundidad, para que la materia orgánica se degrade a elementos más simples por la actividad bacteriana. Los efluentes tratados pueden utilizarse, así, para fertilizar tierras para siembra, ya que contienen nitrógeno y fósforo.

De todas maneras en la actualidad se están desarrollando estrategias para disminuir la contaminación por estiércol, diseñando nuevas fórmulas de alimentos y dietas, variando la cantidad (menos consumo, menos fermentación entérica), los nutrientes, la calidad del agua, etc.

Con relación a la fermentación entérica, se trata de seleccionar los vacunos por sus características, en relación con su eficiencia

de alimentación (producción de igual cantidad de carne con un menor consumo de alimento), como por su fisiología y microbiología ruminal, que hacen que tengan una tasa de pasaje del alimento más rápida. También se estudia la posibilidad de modificar la biología del rumen por medio de aditivos, de manera de disminuir la formación de metano en él; por ejemplo, mediante adición de grasas o aceites -de coco o de colza- a la dieta, en un 7 % o más; estos agregados, además de incorporar energía, tienen efecto tóxico sobre las bacterias metanogénicas.

Por último, debemos tener en cuenta que esta tecnología importa al sistema *feedlot* muchos insumos que utilizaron energía fósil para ser obtenidos (granos, fertilizantes, maquinarias, combustibles, etc.). Por lo tanto, es una fuente importante de contaminación ambiental por gases de combustión y, puntualmente, es una fuente de contaminación de suelo y agua.

El estiércol y la producción ganadera

La ganadería es una de las industrias de más crecimiento en nuestro país; existen zonas que nunca habían sido explotadas y que hoy comienzan a serlo.

Según las estadísticas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la República Argentina - SAGPyA- (Censo

Consideremos que los residuos de industrias alimenticias están siendo tratados de acuerdo con las legislaciones actuales correspondientes a cada industria, y que las prácticas tradicionalmente conocidas de la ganadería y la agricultura no tienen una regulación específica.

del año 2002), encontramos que en el territorio argentino existen:

- 48.539.411 vacunos, de los cuales 10.674.293 son terneros y 1.495.551 vacas de tambo en producción,
- 12.558.904 ovinos (sin discriminar),
- 4.061.402 caprinos (sin discriminar),
- 2.184.804 porcinos, de los cuales 344.056 son cerdas, 43.980 padrillos, 744.201 lechones (2 meses), 344.998 de 4 meses, 80.491 de más de 4 meses, 43.750 de más de 2 meses, 335.889 capones y hembras a terminación, 247.439 sin discriminar,
- 1.517.143 equinos,
- 161.402 camélidos.

Con estos datos y con la siguiente información de las deyecciones diarias de cada especie, vamos a cuantificar el volumen de estiércol que esta industria produce en nuestro país.

Animal	Edad -meses-	Deyecciones diarias -kg-
Ternero	3-6	7
Vaca	24+	28
Vaca lechera	24+	45

Un dato a tener en cuenta en referencia al estiércol de la vaca lechera es que el 20 % producido diariamente es depositado en los corrales de espera en los tambos, lo cual facilita su recolección.

Animal	Edad -meses-	Deyecciones diarias -kg-
Cabra/Ovino	24+	1,1

Por otro lado, según las estadísticas 2002 de la SAGPyA, el país cuenta con 1.233.589 habitantes en zonas rurales.

Realicemos algunas cuentas¹³:

Tipo	Cantidad	kg estiércol/día	Toneladas al año
Vacas lecheras	1.495.551	67.299.795	24.564.425,175
Terneros	10.674.293	74.720.051	27.272.818,615
Sin discriminar	36.369.567	1.018.347.876	371.696.974,74
Total			423.534.218,53

Tipo	Cantidad	kg estiércol/día	Toneladas al año
Ovinos	12.558.904	13.814.794,4	5.042.399,95
Caprinos	4.061.402	4.467.542,2	4.467,54
Total			5.046.867,49

¹³ Los datos referentes a la cantidad de animales fueron obtenidos de los censos agropecuarios del Instituto Nacional de Estadística y Censos -INDEC- del 2002; en ellos no se encontraron datos sobre la cantidad de animales de granja en producción, como los conejos y las aves.

Tipo	Cantidad	kg estiércol/día	Toneladas al año
Lechón	1.213.440	1.261.977,6	460.621,8
Cerda	344.056	1.386.545,6	506.089,2
Padrillo	43.980	179.878,2	65.655,5
A terminación ¹⁴	335.889	1.007.667	367.798,4
Sin discriminar	247.439	742.317	270.945,7
Total			1.671.110,6

Tipo	Cantidad	kg estiércol/día	Toneladas al año
Equinos ¹⁵	1.517.143	30.967.922,91	30967,92
Total			30967,92

En cuanto a los conejos, la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la República Argentina, estima una faena de 420.000 conejos en frigoríficos autorizados, finalizando el 2003; este dato nos sirve para establecer el número de animales estables para la producción, conociendo su ciclo productivo y el promedio de animales nacidos vivos. Tomemos -para nuestro interés- dos ciclos productivos (una madre con dos reproducciones anuales) y un promedio de siete nacimientos. Entonces, para obtener el número de madres, dividimos el número de cabezas faenadas por dos: 210.000 conejos; y, luego, por siete, lo nos da 30.000 madres. Por cada 10 madres, hay un conejo macho; entonces, tenemos 3.000 machos. En cuanto a nuestro interés de la producción de estiér-

col de esta especie, no encontramos datos de buena fuente para incluirlos en este documento (kg/día, en producción industrial de conejos para faena); debemos sumar, además, el crecimiento acelerado de la producción, lo cual hablar de 30.000 madres no es la realidad actual de la producción.

Con relación a las aves, en el "Inventario de gases de efecto invernadero 1997, agricultura y animales domésticos", encontramos de fuentes varias la existencia de 60.000.000 de aves; por otro lado, según la SAGPyA, la faena de pollos en el 2004 fue de 304.000.000 de cabezas (Vale aclarar que el pollo para faena vive un promedio de 60 días en los que logra el peso requerido). Basándonos en estos datos, podemos estimar la cantidad de desecho producido en la cría de aves suponiendo, además, que los 60 mi-

¹⁴ Se calcula sobre la base de 3 kg de desechos por día.

¹⁵ Estiércol caballo kg/día: 20,412.

llones de aves censadas en el 1997 corresponden a ponedoras y otras aves, las cuales se mantienen estables.

Animal	Peso -kg-	Deyecciones diarias -kg-
Ponedora	1.8	0.10
Parrillero	0.9	0.06

Tipo	Cantidad	kg estiércol/día	Toneladas al año
Ave ponedora	60.000.000	6.000.000	2.190.000
Pollo parrillero	340.000.000	20.400.000 ¹⁶	1.081.200
Total			3.271.200

En el siguiente cuadro indicamos los totales anuales de estiércol por especie, la cantidad de nitrógeno que contienen y la cantidad de nitrógeno disponible en toneladas todos los años, como resultado de la producción industrial de animales:

Especie	Toneladas de estiércol por año	% de nitrógeno	Toneladas de nitrógeno por año
Bovino	423.534.218,53	1,67	7.073.021,44
Ovino	5.046.867,49	3,81	192.285,60
Porcino	1.671.110,60	3,73	62.332,40
Equino	30967,92	2,31	715,35
Aves	3.271.200,00	6,11	199.870,32
Total			7.528.225,11

Resulta imprescindible saber la cantidad de nitrógeno del estiércol animal, ya que éste se deja o se aplica en los suelos cultivables, sin determinar la cantidad de nitrógeno ya existente. Y, el exceso de nitrógeno termina

dañando el suelo, ya que los cultivos sólo absorben una parte.

Según la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos de la

Republica Argentina, el país cuenta con 250.000 km² de tierra cultivable. Supongamos que todo el estiércol producido es aplicado como abono orgánico sobre dicha superficie; esto es: 7.528.225.110 kg de N en 25.000.000 de hectáreas.

Esto significa que estaríamos volcando sobre el suelo considerado fértil para cultivo unos 301,12 kg. Y, ¿qué sucede con ellos?

“El nitrógeno (N) es el macronutriente esencial que requiere la mayor atención en términos de la reducción de sus pérdidas del sistema suelo-planta. La reducida retención por parte de las arcillas predominantes de la Región Pampeana (illitas) hace que los nitratos sean susceptibles de ser transportados a través del agua de drenaje del suelo, incrementando el riesgo de lixiviación fuera de la zona de aprovechamiento radical de los cultivos. El transporte de estos aniones fuera del sistema suelo-planta puede, eventualmente,

La Comunidad Europea ha determinado para sus países integrantes la autorización de aplicar 170 kg. de nitrógeno por hectárea, sancionando las leyes correspondientes.

¹⁶ Se considera que el pollo parrillero logra los 900 gramos de peso en el día 25. A partir de ese momento defeca 0,06 g por día, por cada 900 g de pollo. Se supone que, en el día 42, ya pesa 1800 g; esto implica que durante los 18 días restantes hasta su faena, defeca 0,12 g por día. Descartando las defecaciones de los primeros 25 días, del 25 al 42 día son 17 días, $340.000.000 \times 0,06 \times 17 = 346.800.000$; y, luego del día 42 al 60, son 18 días, $340.000.000 \times 0,12 \times 18 = 734.400.000$. Durante la cría de pollos se producen, entonces, en el año, 1.081.200 toneladas de estiércol.

Composición química de estiércoles¹⁷

Animal	Humedad (%)	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)
Vaca	83,2	1,67	1,08	0,56
Caballo	74,0	2,31	1,15	1,30
Oveja	64,0	3,81	1,63	1,25
Llama	62,0	3,93	1,32	1,34
Vicuña	65,0	3,62	2,00	1,31
Alpaca	63,0	3,60	1,12	1,29
Cerdo	80,0	3,73	4,52	2,89
Gallina	53,0	6,11	5,21	3,20

contaminar acuíferos y otros cuerpos de agua. La lixiviación de nitratos puede adquirir relevancia en situaciones en donde se combinan suelos de texturas gruesas con uso de riego o en donde se presentan eventos de precipitación intensas (mayores a 30 mm/h).

Asimismo, existen otros factores que inciden sobre esta vía de pérdida: tipo de cultivo (profundidad efectiva radical), dosis de fertilización y propiedades físicas del suelo.

Cuando se efectúan sobrefertilizaciones nitrogenadas, el N no aprovechado por el cultivo se acumula en el perfil y queda disponible para ser transportado por el agua percolante.

Otro mecanismo de pérdida asociada al agua

¹⁷ Orgánicos T y C (fertilizantes orgánicos): <http://www.viarural.com.ar/>

del suelo es la desnitrificación. Se presenta en suelos anegados, en donde las condiciones de déficit de oxígeno promueven la reducción microbiana de nitratos a formas reducidas de N (NO, N₂O) e inclusive a N elemental (N₂), que se elimina a la atmósfera. Los óxidos reducidos de N son los más importantes en cuanto a su efecto ambiental negativo, ya que sería deseable que se produjera el proceso completo, con liberación de N₂ a la atmósfera, para que se cierre el ciclo del nitrógeno.

En cuanto a la volatilización del amoníaco, el proceso tiene lugar en suelos con pH elevados o en suelos agrícolas en donde se fertiliza con urea o fuentes que poseen este compuesto. Dentro de los factores que afectan el proceso, la temperatura del suelo es el principal factor a tener en consideración.¹⁸

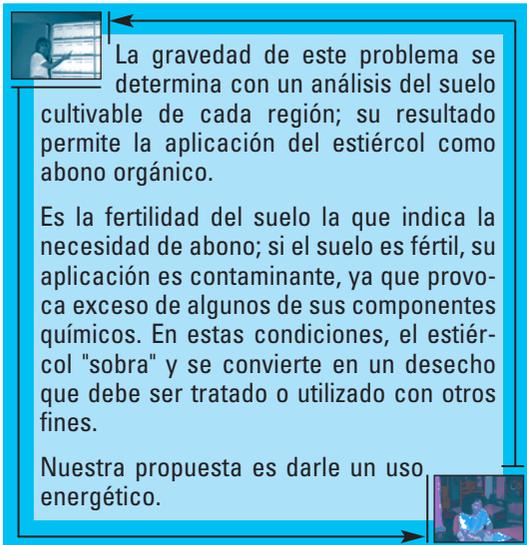
"La incorporación a los ensayos de fertilización de animales, si bien genera mayor complejidad y podría generar mayores costos, posee la gran ventaja de que los resultados obtenidos se acercan más al verdadero funcionamiento del sistema suelo-planta-animal, en comparación con los ensayos tradicionales de corte. El aporte de N proveniente del reciclado que realizan los animales puede ser importante en suelos de baja fertilidad. En suelos con mejor provisión de N, y aún con dosis reducidas de fertilizante nitrogenado, se pueden subestimar las respuestas al agregado de N si no se considera el aporte vía deyecciones (heces y orina). Asimismo, en

¹⁸ Fertilizar (2002) "Fertilizar eficientemente para reducir el riesgo ambiental: nitrógeno". www.fertilizar.org
Fertilizar es un grupo de empresas que apoya al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria -INTA- para difundir información técnica sobre fertilizantes.

planteos en donde se aplican altas dosis de N, son esperables daños por quemado.

La reducida eficiencia de retención de N por parte de los animales, determina que gran parte del N acumulado en las plantas forrajeras vuelva al suelo vía reciclado por orina y heces, provocando daño en las plantas y una merma en la productividad forrajera.

Una menor eficiencia global en sistemas bajo pastoreo rotativo posee un efecto ambiental potencialmente negativo, debido a que el N acumulado en el perfil del suelo queda expuesto a eventuales procesos de pérdida fuera del sistema, los que podrían ocasionar problemas de contaminación de napas y otros cuerpos de agua.¹⁹



La gravedad de este problema se determina con un análisis del suelo cultivable de cada región; su resultado permite la aplicación del estiércol como abono orgánico.

Es la fertilidad del suelo la que indica la necesidad de abono; si el suelo es fértil, su aplicación es contaminante, ya que provoca exceso de algunos de sus componentes químicos. En estas condiciones, el estiércol "sobra" y se convierte en un desecho que debe ser tratado o utilizado con otros fines.

Nuestra propuesta es darle un uso energético.

Debemos aprender de la situación de la Unión Europea que restringe la cantidad de nitrógeno porque sus suelos están excedidos de este componente. En Europa, los suelos se

explotaron exageradamente hasta llegar al punto en que están; y hoy deben tomarse medidas importantísimas con costos elevados, no sólo económicos, sino ambientales.

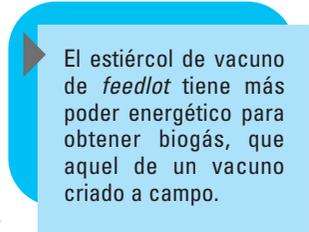
En nuestro país es posible que estemos pasando por ese momento de explotación, sin tener en cuenta esta variable de preservación del recurso suelo, motor de la industria de la agricultura y ganadería; sin suelo no hay economía.

Producción ganadera y gases de efecto invernadero

La industria ganadera no queda al margen en la producción de gases de efecto invernadero.

Siempre ligamos el efecto invernadero con chimeneas de grandes industrias emanando mucho humo, y con caños

de escapes de autos y colectivos. A esa conexión debemos incorporar una vaca pastando, un chiquero, un montón de maleza en estado de descomposición en el fondo de una chacra.

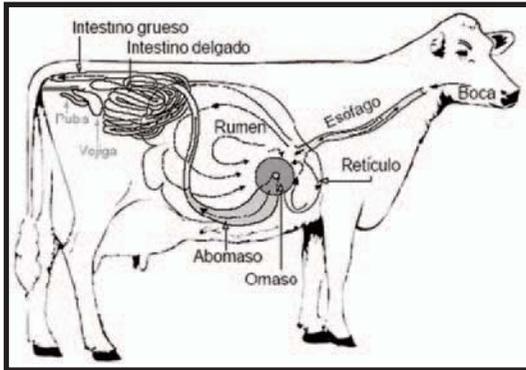


El estiércol de vacuno de *feedlot* tiene más poder energético para obtener biogás, que aquel de un vacuno criado a campo.

La contaminación de los residuos ganaderos viene determinada por la materia orgánica, el nitrógeno, el fósforo, el potasio y los metales pesados, en especial el cobre. Pero, destacamos la materia orgánica porque es extremadamente elevada la contaminación que, potencialmente, puede producir.

¹⁹Fertilizar (2002) "Fertilización y reciclado de nitrógeno: Nuevos criterios a tener en cuenta para recomendaciones bajo pastoreo".

Por otra parte, los residuos ganaderos son portadores de poblaciones microbianas -bacterias, virus y hongos- que inciden negativamente en la salud humana y animal, constituyendo un riesgo que debe ser conocido. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Unidad de Cambio Climático, "hay una estrecha relación entre la dieta humana y las emisiones de metano de la ganadería. Al crecer o disminuir el consumo de carne de res, también aumentará o se reducirá el número de cabezas, y las emisiones de metano relacionadas. América Latina registra las mayores emisiones de metano per cápita, atribuibles principalmente a las grandes poblaciones de ganado vacuno de los países exportadores de carne, como Brasil y Argentina."²⁰



Como ya hemos afirmado, este animal es uno de los mayores productores de estiércol en nuestro país, con todas las consecuencias que esto provoca.

La vaca es un herbívoro rumiante;

Hemos dejado pasar por alto la posibilidad de que parte de este estiércol produzca metano en condiciones anaeróbicas "naturales"; esto es, las fermentaciones que se producen a las orillas de aguadas o bebederos, situaciones difíciles de evaluar, pero que suceden y no debemos olvidar.

se llama así porque mastica mucho tiempo la comida, aún cuando no la está ingiriendo, por la particularidad de su estómago -dividido en cuatro cavidades: retículo, omaso, obo-maso y rumen-. La acción de masticar es llamada rumia y es parte del proceso que le ayuda a obtener más energía de los vegetales.

Cuando rumia, la vaca destruye los vegetales y produce saliva; de esta manera, reduce el tamaño de las partículas de fibra y expone a los azúcares a la fermentación microbiana. Produce de 160 a 180 litros de saliva cuando mastica 6 a 8 horas por día; pero, menos de 30 a 50 litros, si el rumen no se estimula (demasiado alimento concentrado en la dieta). Los amortiguadores en la saliva (bicarbonato y fosfato) neutralizan los ácidos producidos por la fermentación microbiana, manteniendo una acidez neutral que favorece la digestión de fibra y el crecimiento de microbios en el rumen.

Los herbívoros se clasifican en: fermentadores pregástricos, ruminantes o pseudoruminantes; y fermentadores posgástricos, cuyo ciego ha evolucionado para funcionar de modo semejante, hasta cierto punto, como la panza. Las vacas, las ovejas, las cabras y los venados son ruminantes; los caballos y los conejos son miembros del segundo grupo.

En el retículo y el rumen (primeros preestómagos), el contenido del retículo se mezcla con el del rumen una vez por minuto, compartiendo una población densa de microorganismos (bacterias, protozoos y fungi), ya que el rumen es un vaso de fermentación grande que, en la vaca, puede contener hasta 100-120 kg de materia en digestión (vegetales muy triturados), 6 litros en una oveja, que se encuentra a una temperatura y acidez cons-

²⁰ <http://www.nodo50.org/worldwatch/ww/pdf/Carnes.pdf>

tantes (39 °C, pH 6,5). La mezcla permanece en el rumen de 20 a 48 horas porque la fermentación bacteriana es un proceso lento. Este proceso fermentativo microbiano es conocido también como **fermentación entérica**.

Es importante la función del retículo, que se asemeja a una intersección de caminos donde las partículas que entran o salen del rumen se separan y van hacia el tercer estómago, según su tamaño. Sólo las partículas de un tamaño pequeño (<1-2 mm) o que son densas (>1.2 g/ml) pueden seguir al tercer estómago. Las más largas se mantienen en el rumen para estimular la rumia.

Entonces, el ambiente del rumen -lleno de alimentos y con ausencia de aire (oxígeno)- provoca el crecimiento y la reproducción de los microbios, como algunas bacterias muy especiales, entre ellas las que pueden digerir las paredes de las células de plantas (celulosa) para producir azúcares sencillos (glucosa). Los microbios fermentan glucosa para obtener la energía para crecer y producen ácidos grasos volátiles (AGV) como productos finales de fermentación.

Los AGV cruzan las paredes del rumen y sirven como fuente de energía para la vaca. También se producen aminoácidos que sintetizan las proteínas; éstas se digieren en el intestino delgado y constituyen la fuente principal de aminoácidos para la vaca. En este ambiente tan particular, se genera una serie de gases: metano, dióxido de carbono, hidrogeno y nitrógeno, eliminado por la vaca a través del eructo -unos 1000 litros diarios-.

La acción de las bacterias que encontramos en el rumen, los productos de fermentación

y el sustrato forman, principalmente, los ácidos acético, propiónico y butírico, dióxido de carbono y metano.

Los ácidos grasos atraviesan la pared del rumen y pasan a la sangre. Desde allí van a los tejidos, donde son utilizados como la principal fuente de energía. Además, los microorganismos del rumen sintetizan aminoácidos y vitaminas esenciales para el animal.

El H₂ producido en el rumen durante los procesos fermentativos nunca se acumula, ya que es utilizado rápidamente por los metanógenos (*Methanobrevibacter*, *Methanomicrobium*) para reducir CO₂ a CH₄. Otra fuente de H₂ y CO₂ es el formiato. La composición media de los gases acumulados en el rumen es de, aproximadamente, 65 % de CO₂ y 35 % de CH₄, los que se expulsan al exterior. El acetato no llega a convertirse en metano dentro del rumen debido a que el tiempo de retención es demasiado corto como para que puedan desarrollarse los organismos acetotróficos; además, las bacterias sintróficas degradadoras de ácidos grasos no abundan. Los ácidos grasos atraviesan la pared del rumen hacia la sangre del animal.

La formación de metano se considera como una forma de disipación de energía. Un alto contenido de metano puede llevar al

El empaste, timpanismo o meteorismo espumoso es una disfunción digestiva de los rumiantes que se origina cuando los gases liberados por la fermentación microbiana de alimentos en el rumen quedan atrapados en minúsculas burbujas en la masa de la ingesta y no pueden ser eliminados. Los problemas de empaste se asocian a forrajes de alta digestibilidad y de alto contenido en proteínas solubles como la alfalfa, y los tréboles blanco y rojo.
www.agroconnection.com.ar

Bacterias del rumen, los productos de fermentación y el sustrato

Organismo	Morfología	Movilidad	Productos de fermentación	DNA (mol % C+G)	Sustrato
Fibrobacter succinogenes	Bacilo	-	Succinato, acetato, formiato	45-51	Celulosa
Butyrivibrio fibrisolvens	Bacilo curvado	+	Acetato, formiato, lactato, butirato, H ₂ y CO ₂	41	Celulosa
Ruminococcus albus	Coco	-	Acetato, formiato, H ₂ y CO ₂	43-46	Celulosa
Clostridium lochheadii	Bacilo (espora)	+	Acetato, formiato, butirato H ₂ y CO ₂	-	Celulosa
Ruminococcus Flavefaciens	Coco		Acetato, succinato y H ₂	39-44	Celulosa
Clostridium polysaccharolyticum	Bacilo (espora)		Acetato, formiato, butirato y H ₂	-	Celulosa y almidón
Bacteroides ruminicola	Bacilo	-	Formiato, acetato y succinato	40-42	Almidón
Ruminobacter amylophilus	Bacilo	-	Formiato, acetato y succinato	49	Almidón
Selenomonas ruminantium	Bacilo curvado	+	Acetato, propionato y lactato	49	Almidón
Succinomas amylolytica	Ovalado	+	Acetato, propionato y succinato	-	Almidón
Streptococcus bovis	Coco	-	Lactato	37-39	Almidón
Selenomonas lactilytica	Bacilo curvado	+	Acetato y succinato	50	Lactato
Megasphaera elsdenii	Coco	-	Acetato, propionato, butirato, valerato, coproato, H ₂ y CO ₂	54	Lactato
Viellonella parvula	Coco	+	Acetato, propionato y H ₂	38-41	Lactato
Lachnospira multiparus	Bacilo curvado		Acetato, formiato, lactato, H ₂ y CO ₂	-	Pectina
Anaerobivrio lipolytica	Bacilo		Acetato, propionato y succinato	-	Lipolítico
Eubacterium ruminantium	Bacilo		Formiato, butirato, lactosa y CO ₂	-	Xilano
Lactobacillus ruminis	Bacilo		Lactosa	44-47	Azúcares
Lactobacillus vitulinus	Bacilo		Lactosa	34-37	Azúcares
Methanobrevibacter ruminantium	Bacilo	-	CH ₄ (de H ₂ + CO ₂ o formiato)	31	Metanógenos
Methanomicrobium mobile	Bacilo	+	CH ₄ (de H ₂ + CO ₂ o formiato)	49	Metanógenos
Eubacterium oxidoreducens	Bacilo		Lactosa y H ₂	36	Aromáticos

meteorismo o timpanismo, que se produce cuando se lleva a un animal muy hambreado al pastoreo y, allí, se alimenta en exceso en poco tiempo con pasturas muy tiernas, lo que le puede provocar la muerte si no se lo trata con un punzamiento del abdomen y con la colo-

cación de una especie de válvula para que evacue los gases que no son eliminados por eructo.

Recordemos... En el país tenemos 49 millones de vacunos, de los cuales 10 millones son terneros. Tomemos sólo 39 millones de animales

adultos. Si cada uno eructa 1000 litros = 1 m³, tenemos entonces 39 millones de m³ de gases que los vacunos emiten en el eructo: 13.650.000 m³ de metano y 25.350.000 m³ de CO₂ por día, dos gases de efecto invernadero -GEI-.

Emisiones totales de gases de efecto invernadero, para cada uno de los Inventarios realizados, en millones de toneladas de carbono equivalente ²¹			
	1990	1994	1997
CO₂			
Quema de combustibles fósiles	24,78	29,34	32,42
Venteo de gas natural	1,26	1,56	1,20
Manufactura de calizas y dolomitas	0,49	0,81	1,14
Manufactura de carburo de calcio	0,02	0,04	0,02
Industrias siderúrgicas	1,15	0,87	1,20
Cambio de uso del suelo y forestación	-9,52	-9,52	-13,12
Total	18,19	23,11	22,86
Total, sin cambio de uso del suelo y forestación	27,71	36,62	35,98
CH₄			
Fuentes estacionarias	0,01	0,01	0,02
Fuentes móviles	0,05	0,16	0,20
Minería de carbón	0,05	0,03	0,05
Sistemas de gas y petróleo	2,62	3,17	3,82
Petroquímica	0,01	0,01	0,02
Fermentación entérica	14,97	15,71	14,76
Manejo del estiércol	0,59	0,68	0,57
Cultivo del arroz	0,11	0,22	0,26
Quema de cultivos agrícolas	0,05	0,04	0,04
Cambio de uso del suelo y forestación	0,15	0,15	0,32
Rellenos sanitarios	1,81	3,29	3,53
Tratamiento de aguas cloacales	0,46	0,51	0,64
Total	20,89	23,98	24,21
Total, sin cambio de uso del suelo y forestación	20,69	23,83	23,90
N₂O			
Fuentes estacionarias	0,31	0,30	0,35
Fuentes móviles	0,07	0,09	0,12
Ácido nítrico	0,05	0,05	0,05
Manejo del estiércol	0,04	0,04	0,07
Manejo de suelos agrícolas	14,80	14,20	15,71
Quema de residuos agrícolas	0,01	0,01	0,01
Cloacas	0,21	0,24	0,27
Total	14,89	15,53	16,58
HFC, PFC, SF₆			
Sustitución de sustancias depresoras del O ₃	NE	EN	0,17
Producción de aluminio	NE	EN	0,07
Consumo de halocarbonados y SF ₆	NE	EN	0,07
	0	0	0,31
Emisiones totales netas	53,97	62,61	63,96
Emisiones totales sin cambio de uso del suelo y forestación	63,48	71,98	76,77

²¹ Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental (1997) "Inventario de gases de efecto invernadero de la República Argentina". Buenos Aires.

De la lectura de los datos del cuadro anterior podemos realizar algunas comparaciones; por ejemplo, nos preocupamos por la basura en nuestras ciudades porque los residuos urbanos generan muchos conflictos pero, comparativamente con los rurales, perjudican muchísimo menos al calentamiento global:

- Los residuos urbanos, en general, en nuestro país, tienen un PCG de 4,44 millones de toneladas de carbono equivalente.
- Los residuos rurales tienen un potencial de calentamiento global de 31,74 millones de toneladas de carbono equivalente; esto es, el 41 % del total.

Los gases de efecto invernadero tienen diferente **potencial de calentamiento global -PCG-**, basado en su impacto radiactivo y su duración en la atmósfera.

El gas de referencia tomado como unidad es el CO₂, por lo que el potencial de calentamiento global se expresa en millones de toneladas de carbono equivalente -MTCE-.

Dado que el dióxido de carbono contiene una fracción de 12/44 de carbono en su peso, los teragramos (Tg) de un gas deben ser convertidos según la siguiente fórmula:

$$MTCE = Tg \text{ de gas} \cdot PCG \cdot 12/44$$

Otra comparación: La quema de combustibles fósiles tiene un PCG de 32,42 MTCE, tradicionalmente considerada como la mayor fuente de gases de efecto invernadero; pero, en nuestro país, es una fuente similar a los residuos rurales.

Este dato es para reflexionar... Principalmente, por la sustentabilidad de nuestra produc-

ción agrícola-ganadera, base de nuestra economía actual.

Sabemos que el sector agrícola tiene un PCG de 31,74 MTCE, de los cuales 14,76 MTCE son de fermentación entérica, producidos naturalmente por la vaca en su digestión. Estos números tienden a crecer, si no se produce un

cambio en nuestra alimentación y si no se trata de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de las 17 MTCE provenientes de otras fuentes rurales.

Potenciales de calentamiento de los distintos gases de efecto invernadero

Gas	Potencial de calentamiento
Dióxido de carbono	1
Metano	21
Óxido nítrico	310
HFC - 23	11700
HFC - 125	2800
HFC - 134 a	1300
HFC - 143 a	3800
HFC - 152 a	140
HFC - 227 ea	2900
HFC - 236 fa	6300
HFC - 4310 mee	1300
CF4	6500
C2F6	9200
C4F10	7000
C6F14	7400
SF	23900



Lo más oportuno es comenzar a pensar en un plan de gestión de residuos orgánicos rurales que tenga como objetivo convertir los residuos en recursos con valor agronómico o energético:

- El valor agronómico se refiere a que pueda ser aplicado al suelo como enmienda o abono orgánico, o que sea adecuado para la formulación de sustratos de cultivo -por ejemplo, de champiñón-.
- La valoración energética, que es la que nos ocupa en esta publicación del Instituto Nacional de Educación Tecnológica.



Y, si ninguna alternativa resulta viable, se procederá a programar su aislamiento final en vertederos controlados.

Un documento publicado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de España con el nombre "Aprovechamiento energético de la biomasa", con fecha 3/1/05, afirma que las reservas energéticas mundiales están ubicadas en países con dificultades sociopolíticas, estimando que:

- las existencias de petróleo son para 75-100 años,
- el gas natural para 50-75 años,
- el carbón para 250-300 años.

En Europa, entonces, se registra un crecimiento progresivo del biogás:

El biogás en Europa (Miles de Tep -toneladas de petróleo-)			
País	Producción 2001	Producción 2002	Crecimiento
Reino Unido	904	952	5,3 %
Alemania	600	659	9,8 %
Francia	276	310	12,3 %
España	134	168	25,4 %
Italia	153	155	1,3 %
Holanda	161	134	-16,8 %
Suecia	112	115	2,7 %
Dinamarca	73	62	-15,1 %
Austria	56	59	5,4 %
Finlandia	18	18	0,0 %
Total	2596	2762	6,4 %

Dadas las circunstancias, en la Unión Europea se ha elaborado una serie de recomendaciones para el desarrollo de formas y usos convencionales de la energía para que sean más eficientes y aceptables medioambientalmente, además de para aumentar el ahorro y la eficiencia energética, acompañada de un fomento de las energías renovables y de las tecnologías emergentes.

Específicamente, sobre el biogás se propone una gestión integrada de residuos orgánicos, el desarrollo de la codigestión de dos o más sustancias, el uso de biorreactores anaerobios versátiles de alto rendimiento y la optimización de la geometría de los nichos de los reactores para favorecer la alimentación de los microorganismos específicos. Por otro lado, se impulsa el desarrollo de nuevas tecnologías de digestores.

Éstas son señales claras de que se está trabajando sobre un objetivo apoyado cada vez más en energías renovables.

Biodigestores

Hablar de un biodigestor es hablar de biogás. Según se sabe, los primeros indicios de la existencia de este gas fueron obtenidos por Shirley en 1667, al observar la presencia de burbujas que emanaban del fondo de los pantanos; así, llamó a este gas, "gas de los pantanos".

Alejandro Volta fue el primero en relacionar el gas con la descomposición vegetal en los pantanos.

Hacia 1808, Sir Humprey Davy colectó gas de los pantanos y realizó una serie de experimentos con fines agrícolas.

Entre 1883 y 1884, Pasteur y su asistente Gayon, desarrollaron experiencias con fermentación de estiércol en ausencia de aire; detectaron, así, que ésta generaba un gas muy combustible, y recomendaron su uso para calefacción e iluminación.

Fue recién en 1896, en una pequeña ciudad de Inglaterra, Exeter, que el biogás encontró una aplicación pública, causando conmoción general: permitió iluminar una de sus principales calles, eliminando -de esta manera- la utilización del aceite obtenido de la grasa animal que se empleaba en esas épocas.

Hoy sabemos que la resolución técnica de un biodigestor puede tener dos objetivos:

- en los países industrializados, el tratamiento de los residuos es un asunto apremiante debido a una creciente toma de conciencia por parte de sus habitantes de las consecuencias de la sobrecarga del suelo y de las aguas por los desechos orgánicos no tratados y vertidos en cualquier lugar;
- en países donde los combustibles no son suficientes, esta tecnología aparece como una alternativa posible para la producción de energía para diferentes usos.

La definición de estos dos objetivos determina la función del biodigestor, ya que existe la posibilidad de que sólo se lo utilice para transformar los residuos orgánicos en un

material útil para la agricultura, e inocuo para el ambiente en escalas adecuadas. En cambio, colectar el gas producido en el biodigestor para su utilización energética, es considerada una situación superior a la cual todos deberíamos encaminarnos como un aporte para recomponer nuestro futuro.

Los biodigestores pueden estar integrados por:

- **un solo componente, en el que sustrato y gas comparten el mismo volumen;**
- **dos componentes: el recipiente fermentativo en el que la degradación se produce por ausencia de aire y el recipiente que funciona como colector de gas.**

En cuanto a la fermentación, todos los investigadores de este tema coinciden en que hay diferentes grupos tróficos de bacterias en los digestores anaerobios -ya se los presentamos-; desde un punto de vista tecnológico, estas bacterias son nuestro plantel funcional para que el equipo nos otorgue lo que pretendemos. Pero -como en todo producto tecnológico-, para que la producción de biogás suceda, hay una intervención muy importante del hombre.

Nuestro plantel funcional (las bacterias) necesita de un ambiente adecuado para realizar mejor su trabajo. Es que la degradación de la materia orgánica para producir metano depende de la interacción de las bacterias, y una operación estable del digestor requiere que estos grupos de bacterias se encuentren en un equilibrio dinámico y armónico. Los cambios en las condiciones ambientales afectan este equilibrio y ocasionan un aumento de microorganismos que puede perjudicar el proceso.

¿Qué factores influyen en el proceso de digestión?

El proceso de digestión está muy relacionado con la gestión de la biomasa que se utiliza en el biodigestor.

No debemos pasar por alto, por ejemplo, que cuanto más fresco es el estiércol vacuno que se va a utilizar en el biodigestor, mejores son las posibilidades de aumentar la producción de gas, como así también el compostaje de la biomasa de origen vegetal.

EN EL DISEÑO DE UN BIODIGESTOR DEBEMOS PRESTAR ATENCIÓN A LAS SIGUIENTES VARIABLES

- a. tipo de carga
- b. temperatura
- c. tiempo de retención
- d. nutrientes
- e. pH
- f. otras sustancias
- g. agitación o mezcla del sustrato

a. Tipo de carga

El tipo de carga determina el funcionamiento del biodigestor. Ya sabemos que los elementos orgánicos son digeribles; pero, según su estado al momento de introducirlos al biodigestor, pueden intervenir más o menos rápidamente en los procesos biológicos que se dan allí dentro.

En este sentido, es más común escuchar

hablar de la digestión anaeróbica de estiércoles de animales -precisamente, de vacas- ya que, como parte de su proceso digestivo, éstos tienen una fermentación anaeróbica de los pastos que la vaca utiliza como alimento.

Por supuesto, no se descarta la posibilidad de utilizar materia orgánica de origen vegetal; pero, ésta va a necesitar un tratamiento previo según su origen y el estado en que se encuentra.

Por ejemplo, si utilizamos estiércol de vaca como carga, debemos conocer la materia seca total, sólidos totales o materia orgánica seca (ST o MOS) que posee la mezcla que vamos a introducir. Esta mezcla debe tener entre 4 y 10 % de sólidos totales como máximo, para que se produzcan todos los procesos bacteriológicos. Estadísticamente, el estiércol fresco de vaca tiene 16,80 % de ST, por lo que exige el agregado de agua para obtener la mezcla justa.

La eficiencia de la producción de biogás se determina, generalmente, expresando el volumen de biogás obtenido por unidad de peso de materia seca o sólidos volátiles. La fermentación requiere de un cierto rango de concentración; la concentración óptima **g** depende de la temperatura. En China por ejemplo la concentración óptima es del 6 % en el verano a temperaturas entre 25-27 °C, y entre 10 y 12 % en la primavera a temperaturas de 18-23 °C.

El **sustrato** es un preparado para ser digerido biológicamente en el biodigestor. Está compuesto, principalmente, por agua, hasta un 90 %, según la biomasa que se incorpore a la mezcla.

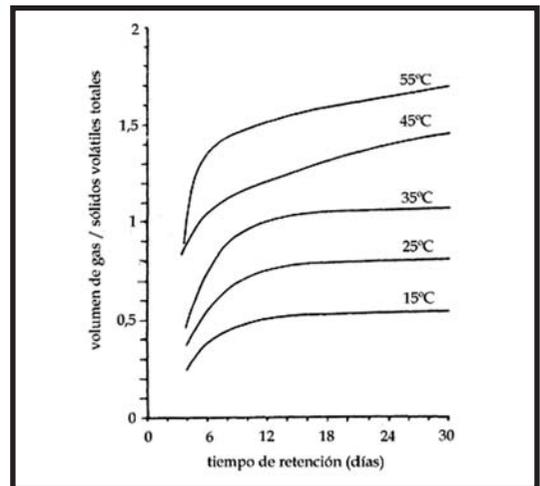
b. Temperatura

Es importante la temperatura media del lugar de emplazamiento del biodigestor. Este dato es relevante, tal como lo indican los estudios realizados por Taiganides²² en el año 1980.

En el gráfico se ven las relaciones típicas que existen entre la producción de gas y la temperatura, con diferentes tiempos de retención. Por ejemplo, en un digestor donde los residuos permanecen 12 días, la producción de gas por unidad de sólidos volátiles totales añadidos a 45 °C es de 1,2 m³, mientras que a 35 °C es de 1 m³: un 20 % menos.

Los niveles de reacción química y biológica, normalmente, aumentan con el incremento de la temperatura, siempre que los microorganismos intervinientes toleren este aumento. Porque, también existe la posibilidad de que las altas temperaturas causen una declinación del metabolismo, debido a la degradación de las enzimas; y esto es crítico para

la vida de las células. Los microorganismos tienen un nivel óptimo de crecimiento y metabolismo dentro de un rango de temperatura bien definido.



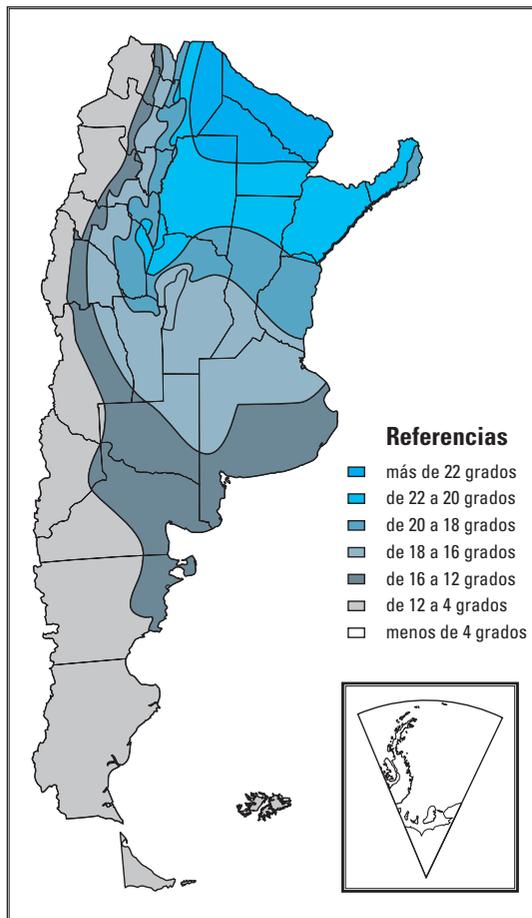
Las bacterias anogénicas son más sensibles a los cambios de temperatura que otros organismos ubicados en el digestor. Esto se debe a que los demás grupos crecen más rápido -como las acetogénicas-, incluso a bajas temperaturas.

Temperaturas medias mensuales, por estación meteorológica - Año 2002 ²³													
Estación	Temperaturas medias -grados centígrados ²⁴												
	Total	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Buenos Aires	18,0	24,5	23,0	21,8	17,1	16,3	10,7	11,0	13,9	14,6	19,3	21,3	22,7
Córdoba	17,4	22,5	21,7	21,4	16,5	15,1	9,2	10,5	13,4	15,3	19,7	21,9	21,9
Mendoza	17,2	24,8	23,3	21,4	16,0	12,9	7,1	8,9	11,7	15,1	19,6	22,6	23,4
Posadas	22,2	26,7	26,1	27,1	22,9	20,5	16,4	15,7	19,4	19,0	23,0	24,1	26,0
Trelew	13,0	21,0	20,3	16,0	13,5	8,1	3,3	6,1	7,5	10,0	14,3	15,9	20,0
Ushuaia	5,4	9,5	10,0	6,2	6,5	1,7	0,4	1,6	3,0	4,7	4,5	6,4	10,0

²²Taiganides E. P. (1980) "Biogás: recuperación de energía de los excrementos animales". En *Zootecnia*, N° 35.

²³Fuerza Aérea Argentina. Comando de Regiones Aéreas. Servicio Meteorológico Nacional. <http://www.indec.mecon.ar/nuevaweb/cuadros/l/p010204.xls>

²⁴La temperatura del aire se mide en la casilla meteorológica a una altura de 1,50 m sobre el suelo. Los registros se efectúan, en general, a las 9, 15 y 21 horas. Sobre la base de los promedios de estas horas, se calculan los promedios mensuales y anuales de la temperatura.



Pero, a medida que se aumenta la temperatura, las bacterias son más sensibles a los cambios; principalmente, cuando la temperatura disminuye. Por lo tanto, es imperioso mantenerla estable en el biodigestor lo que, en muchos casos, encarece las posibilidades técnicas.

Contar con las temperaturas medias de la región nos permite conocer cuáles son las pautas de desarrollo del proyecto de biodigestor en rangos de temperatura aceptables. Resulta importante recabar este dato en la estación meteorológica oficial más cercana.

Usted y sus alumnos pueden acceder al sitio web

www.meteonet.com.ar

Allí van a encontrar un mapa interactivo con las ciudades del país y sus correspondientes temperaturas medias.

Acceder a los servicios provinciales, puede resultar más certero; por esto, es aconsejable ponerse en contacto con servicios meteorológicos.

Existen tres rangos de temperatura para la digestión anaeróbica de residuos:

- el psicrófilico ocurre entre 10 y 25 °C,
- el mesófilico (de 25 a 40 °C),
- el termófilico (por encima de 40 °C).

La ventaja de la digestión termofílica es que la producción de biogás es, aproximadamente, un 60 % más que la mesofílica. Los biodigestores termofílicos, entonces, pueden ser más pequeños que los mesofílicos, manteniendo su eficiencia.

c. Tiempo de retención

En **digestores discontinuos** -como en el que estamos trabajando a través de nuestro recurso didáctico-, el tiempo de retención (Tr) coincide con el tiempo de permanencia del sustrato en el digestor. En los **digestores continuos o semicontinuos**, en cambio, el tiempo de retención se define como el cociente entre el volumen del digestor y el volumen de carga diaria.

Es importante tener en cuenta, de todas maneras, que el tiempo de retención puede variar considerablemente según el diseño del bio-

digestor, según cómo se realice la mezcla del sustrato y según cómo salgan los efluentes.

Producir biogás es trabajoso si la tarea no se proyecta adecuadamente. Se debe prestar atención a la cercanía de los elementos necesarios para su funcionamiento -en especial del estiércol y el agua-, así como a la forma de mezcla que se realiza.

Por lo tanto, se deben considerar los T_r ya que, si son más largos, alivian el trabajo del encargado de la planta. Plantas de biogás con tiempos cortos de retención consumen más mano de obra, ya que los volúmenes de carga son mayores.

Debido a estos factores, el T_r también se ve influido por el tipo de sustrato y la temperatura a la que podemos mantenerlo en el biodigestor. A mayor temperatura, los tiempos de retención se acortan; por lo tanto, son menores los volúmenes del biodigestor para digerir un determinado volumen de sustrato.

Para lograr que el T_r se acorte al aumentar la temperatura y disminuir el volumen del digestor, se debe optimizar técnicamente todo el sistema; sobre todo, el control y la calefacción eficiente, que influyen directamente en los aspectos económicos de realización, según el ámbito en el que se instale el equipo.

El sustrato, el estiércol, el pasto, los desechos de frutas o verduras, por ser orgánicos, están compuestos por carbono. Aquellos con mayor proporción de carbono -como la celulosa- demandan T_r mayores para ser totalmente digeridos. Esta digestión lenta tiene,

como contrapartida, la producción de biogás por más tiempo.

El tiempo mínimo para la retención es determinado por el crecimiento o la reproducción de las bacterias metanogénicas, las que se ven disminuidas cada vez que realizamos una carga

-ya que, previamente, debimos dejar salir un volumen de efluente igual al de la carga, junto con el que se retira determinada cantidad de bacterias que se encuentran en el líquido-. Esta extracción debe ser compensada por la multiplicación de las bacterias que permanecen dentro del biodigestor.

Entre más largo es el tiempo de retención, más concentración de metano tiene el biogás, con lo que aumenta su poder calorífico.

Con tiempos de retención cortos, el contenido de metano puede disminuir hasta en un 50 % debajo de ese límite y puede dejar de ser inflamable.

$$\text{Volumen de carga diaria (m}^3\text{/día)} = \text{Volumen del digestor (m}^3\text{)}/T_r \text{ (días)}$$

Conociendo el T_r y el volumen del digestor, podemos determinar el volumen de sustrato que debe alimentar al digestor diariamente: Esto quiere decir que, para un T_r de 30 días, cada día debe cargarse 1/30 del total del volumen del digestor, permaneciendo la materia orgánica un promedio de 30 días dentro del digestor.

²⁵ Sustrato	T_r (temperatura mesofílica: 25 a 40 °C)
Estiércol vacuno líquido	20-30 días
Estiércol porcino líquido	15-25 días
Estiércol aviar líquido	20-40 días

²⁵Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. *Manual para la producción de biogás*. INTA Castelar.

d. Nutrientes

Hemos afirmado que una fuente principal para el crecimiento de las bacterias es el carbono; pero, además de una fuente de carbono orgánico, los microorganismos requieren de nitrógeno, fósforo y otros factores de crecimiento que tienen efectos complejos.

Estos nutrientes deben abundar en la concentración, ya que las metanobacterias se inhiben severamente por su ausencia. Es importante tener en cuenta que los alimentos concentrados utilizados para la alimentación de animales cuentan con cantidades suficientes de nutrientes.

En el momento de decidir cómo está formado el sustrato, es importante tener en cuenta las relaciones carbono/nitrógeno de los materiales, porque existe una relación directa entre la cantidad de carbono, el tiempo y la cantidad de biogás obtenido.

Por ejemplo, en los cerdos es de 9 a 3; en vacunos, de 10 a 20; en gallinas, de 5 a 8; para humanos es de 8 y para residuos vegetales es de 35. La relación óptima se considera en un rango de 30:1 hasta 10:1.

e. PH

El rango de pH óptimo es de 6.6 a 7.6 (prácticamente neutro). Precisamente, los ácidos grasos volátiles (AGV) y el acetato que se forman en el proceso tienden a disminuir el pH del sustrato (aumenta la acidez y la producción de CO_2 , disminuye la producción de metano). Esto sucede si las bacterias metano-

génicas no alcanzan a convertir rápidamente los AGV a medida que éste es producido por las bacterias acetogénicas; entonces, éstos se acumulan y disminuye el pH en el digestor.

Sin embargo, el equilibrio CO_2 -bicarbonato opone resistencia al cambio de pH.

Si el pH disminuye, se debe parar la alimentación del digestor y dejar que las bacterias metanogénicas asimilen los AGV; de esta forma, aumenta el pH hasta un nivel aceptable. Deteniendo la alimentación, se disminuye la actividad de las bacterias fermentativas y se reduce la producción de los AGV. Una vez que se ha restablecido el pH, se puede continuar la alimentación del digestor pero en pocas cantidades; después, se puede ir aumentando gradualmente para evitar nuevos descensos. Este proceso de estabilización puede llevar 30 días.

Otro método consiste en adicionar sustancias *buffer* para aumentar el pH; por ejemplo, el agua con cal (lechada de cal).

Las cenizas de soda (carbonato de sodio) constituyen una variante más costosa; pero, previenen la precipitación del carbonato de calcio.

Buffer es una solución que tiene la propiedad de variar poco en el valor de pH, con cambios en su composición química; también se la llama amortiguadora.

Las causas fundamentales que hacen que se altere el pH pueden ser:

- aumento repentino de la carga,
- aumento súbito de la temperatura,
- presencia de sustancias tóxicas en la carga.

f. Otras sustancias

Los compuestos tóxicos, incluso en bajas concentraciones, afectan la digestión y disminuyen los niveles de metabolismo.

Un nutriente esencial también puede ser tóxico si su concentración es muy alta. En el caso del nitrógeno, mantener un nivel óptimo para garantizar un buen funcionamiento sin efectos tóxicos es particularmente importante. Por ejemplo, en alimentos de alto contenido de proteína para el ganado, un desbalance por altos contenidos de nitrógeno y bajas disponibilidades energéticas, causa toxicidad por generación de amoníaco.

Se debe tener precaución para evitar la entrada al digestor de sales, bactericidas y sustancias químicas sintéticas. Algunos investigadores han reportado, incluso, la reducción de gas cuando es utilizado estiércol de animales tratados con antibióticos.

g. Agitación o mezcla del sustrato

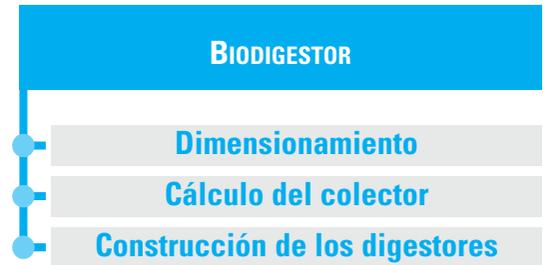
En digestores que operan a nivel mesofílico, prácticamente no se requiere agitación; es suficiente la turbulencia que se provoca al alimentar con la carga diaria. De todas maneras, si se quiere optimizar la salida del gas del seno del sustrato es conveniente su agitación.

Cuando se trata de digestores de nivel termofílico, éstos sí requieren una buena agitación, a fin de asegurar un contacto entre bacterias y sustratos obteniendo, de esta manera, una temperatura más uniforme.

Otra función importante de la agitación es

abrir la "espuma de fermentación" por encima del sustrato que, en aquellos con una proporción alta de fibras poco digeribles, no permite la salida del gas desde la biomasa.

Dimensionamiento del biodigestor



Según determinemos su utilidad, un biodigestor anaeróbico de desechos orgánicos puede transformarse en una planta productora de biogás o de tratamiento de residuos -su función principal es la producción de biofertilizante-.

La elección que se tome según la necesidad a resolver, determina diferentes caminos:

- uno posible es definiendo, desde el comienzo, el volumen de gas a obtener diariamente para consumo, lo que acota la cantidad de desechos orgánicos a utilizar;
- otro -precisamente el contrario- responde a la necesidad de utilizar todo el desecho orgánico disponible cerca del sector donde se va a instalar el biodigestor, para resolver el impacto ambiental de los residuos.

Si en ambos casos la idea es obtener biogás, se debe controlar la cantidad de humedad de los desechos orgánicos y su tipo. Recordemos que los vegetales deben ser compostados un poco, de manera tal que pierdan celulosa y, de esta manera, dejen de ser impermeables.

Para esto se pican y se dejan al aire libre -proceso aerobio-.

Para los cálculos, como vemos, los inicios son totalmente opuestos. Para el primer camino, comenzamos determinando los m³ necesarios por día para consumo en una casa o actividad agroindustrial; para el segundo camino, contamos con los kilogramos de desechos disponibles para formar un sustrato que, luego de digerido, permite obtener biogás y abono.

Cuando la intención es obtener gas para consumo, la producción de fertilizante orgánico pasa a segundo plano y es muy posible que los desechos no sean completamente degradados. Este rasgo está directamente relacionado con el tiempo de retención del sustrato en el biodigestor; en tiempos cortos, se degrada muy poco, pero la producción de gas es muy buena; en tiempos más largos, la producción de gas no es tan buena pero la calidad del fertilizante es mucho mejor, así como la higiene del efluente, ya que cuenta con menos agentes patógenos. Ahora, cuando la intención es dual, se busca un equilibrio entre la producción de gas, los tiempos de retención y la producción de biofertilizantes de calidad (esta situación, tal vez, va a demandar biodigestores más grandes).

Ambos caminos de proyecto poseen un elemento en común, la necesidad de contar con un biodigestor en condiciones de anaerobia

para la degradación de biomasa; pero, resuelven problemas diferentes.



Para que el desarrollo del biodigestor se convierta en un auténtico proyecto tecnológico, la primera pregunta que su grupo de alumnos debe encarar es:

- ¿Qué problema nos disponemos resolver?
- ¿Proveer de biogás a una familia?
 - ¿Proveer de biogás y realizar el tratamiento completo de los residuos orgánicos?
 - ¿Resolver el impacto ambiental que producen los residuos orgánicos, en el ámbito que sea?
 - ¿Producir biogás para toda una comunidad?

Porque, proyectar una planta para el procesamiento de biomasa húmeda puede implicar la necesidad técnica de resolver un volumen para contener y fermentar el sustrato, y de otro donde debemos almacenar el gas producido.

Pero, el problema puede no requerir este segundo volumen; el biodigestor sería, entonces, un mechero que estaría quemando al aire libre el gas metano, transformándolo en CO₂ y otros gases que, en definitiva, son menos contaminantes que el metano -unas 20 veces menos-.



Supongamos que una familia necesita, básicamente, 13,4 m³ de biogás diariamente para:

- el funcionamiento de una heladera (2,4 m³ por día),
- el funcionamiento de un termotanque de 110 litros (8 m³),
- realizar 3 comidas para 4 personas (1 m³),
- mantener encendidas 6 lámparas x 4 horas (2 m³),

Las incógnitas son:

- cantidad de sustrato a fermentar (5-10 % MOS + agua),

- producción específica de m^3 de gas por kg MOS disponible (P_{ge}),
- volumen del digestor,
- volumen colector de biogás.

Las variables:

- temperatura del sistema,
- tiempo de retención del sustrato,
- presión del biogás,
- gestión del sistema.

El primer paso es conocer la P_{ge} . Esto nos permite, rápidamente, calcular los kilogramos de MOS que se requieren por día para obtener los $13,4 m^3$ de gas necesarios - G_n -.

Pero este cálculo no es tan sencillo, ya que depende de qué tipo de MOS se trate (estiércoles, residuos cloacales, vegetales o residuos orgánicos domiciliarios), de la temperatura de trabajo del biodigestor y del tiempo de retención del sustrato.

La mayoría de los estudios que se disponen del tema se han desarrollado basándose en los estiércoles de animales -ya que otro tipo de residuo debe tener algún tipo de procesamiento y dificulta la gestión del sistema-; pero, si la idea es reducir el impacto ambient-



El equipo biodigestor que usted y sus alumnos diseñen juega un papel fundamental en esta toma de decisiones; realizando en él los ensayos de los sustratos posibles, se puede contar con datos ciertos de P_{ge} que respondan a la realidad de la región.

Este paso permite superar la transferencia de tecnología.



tal, el procesamiento es parte de la gestión.

Basemos nuestros cálculos en los estudios realizados por Taiganides.

Del cuadro Tr (tiempo de retención)- m^3 por SVT, podemos extraer que:

- si nuestro digestor funciona a una temperatura promedio de 20 grados centígrados, la P_{ge} es de $0,7 m^3$ por kg de MOS.

La siguiente fórmula nos permite calcular el volumen del biodigestor:

$$V_d = \left(\frac{G_n \cdot R \cdot (1+D)}{P_{ge} \cdot d} \right) \cdot Tr$$

Donde:

- V_d = Volumen del biodigestor.
- G_n = Gas necesario = $13,4 m^3$ / día.
- P_{ge} = Producción específica de m^3 de gas por kg MOS disponible = $0,7 m^3$ / kg SVT -sólidos volátiles totales-.
- d = Densidad del sustrato = $1100 kg/m^3$.
- Tr = Tiempo de retención = 30 días.
- R = Relación estiércol fresco/ estiércol seco. El estiércol fresco de vaca se compone de un 83,2 % de humedad. Supongamos que, sobre una base de 10 kg, 1,68 kg corresponden a sólidos totales secos (16,8 % del estiércol); entonces:

$$R = 10 \text{ kg} / 1,68 \text{ kg}$$

$$R = 5,95 \quad 26$$
- D = Peso de agua añadida a cada unidad de peso de estiércol fresco necesario -

²⁶Es constante en el estiércol vacuno; puede variar si el porcentaje de humedad cambia en el estiércol -fundamentalmente, como consecuencia de la alimentación del animal-.

Efn-. Para conocer este dato, primero debemos definir el % de SVT que deseamos que el sustrato posea. Sabemos que es óptimo entre 5 y 10 %; en este caso, elegimos un 8 %. ¿Por qué un valor intermedio? Porque, cuanto más alto es el porcentaje, más estiércol fresco debemos disponer.

Continuemos con la base de 10 kg de estiércol fresco -Ef- para hallar la relación.

Sabemos que los SVT que contiene son de 1,68 kg, el 8 % del sustrato total -St (estiércol fresco + agua añadida)-.

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} 0,08 \cdot St &= 1,68 \text{ kg} \\ St &= 1,68 \text{ kg} / 0,08 \\ St &= 21 \text{ kg} \end{aligned}$$

En definitiva, el agua añadida

$$\begin{aligned} Aa &= St - Ef \\ Aa &= 21 - 10 \\ Aa &= 11 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= Aa / Ef \\ D &= 11 \text{ kg} / 10 \text{ kg} \\ D &= 1,1 \end{aligned}$$

Reemplazamos en la fórmula:

$$Vd = \frac{13,4 \text{ m}^3 / \text{día} \cdot 5,95 \cdot 2,1}{0,7 \text{ m}^3 \text{ día} / \text{kg} \cdot 1100 \text{ kg} / \text{m}^3} \cdot 30 \text{ días}$$

$$Vd = \frac{167,43 \text{ m}^3 / \text{día}}{0,7 \text{ m}^3 \text{ día} / \text{kg} \cdot 1100 \text{ kg} / \text{m}^3} \cdot 30 \text{ días}$$

$$Vd = 6,52 \text{ m}^3$$

Los términos indicados en la resolución de la fórmula, son las únicas variables con las cuales se puede trabajar con la intención de reducir el volumen del biodigestor.

Estiércol fresco -Ef-. Es el recién evacuado por un animal. Resulta importante tener en cuenta sobre qué tipo de superficie yace y el tiempo transcurrido al ser recolectado, ya que es muy distinto que el Ef esté sobre cemento (impermeable) o sobre tierra (absorbente). El tiempo transcurrido, las condiciones ambientales y el hecho de estar sobre tierra pueden provocar una pérdida muy grande de humedad.

Supongamos que logramos aumentar la temperatura a 35 °C, lo que corresponde a una $Pge = 1 \text{ m}^3 / \text{kg}$. En este caso, $Vd = 4,56 \text{ m}^3$, sólo modificando esta variable.

Otra variable. Si reducimos los días de fermentación y nos decidimos por 20 días de Tr , esto implica aumentar la carga diaria. De esta manera, $Vd = 4,34 \text{ m}^3$.

¿Qué sucede si podemos modificar estos dos factores a la vez -aumentar en 15 °C y disminuir los días de retención-? El Vd es $3,04 \text{ m}^3$ y reduciríamos en un 50 % el volumen calculado, factor que influye en los aspectos económicos de construcción (pero, antes de tomar esta decisión, es muy importante evaluar si es posible lograr esos parámetros de funcionamiento).

No es correcto considerar que el Vd sea igual al del sustrato obtenido ya que, cuando comienza el proceso anaeróbico, el volumen crece debido a dos motivos principales: las burbujas de gas que se forman en el sustrato y la capa sobrenadante del sustrato (fibra celulosa poco digerida por los animales). Debido a estos motivos, debemos sumar 40 %

más de volumen, para no tener problemas en el diseño.

Por lo tanto, el biodigestor tiene un volumen real:

$$V_{dr} = 1,4 \cdot V_d$$

$$V_{dr} = 1,4 \cdot 6,52 \text{ m}^3$$

$$V_{dr} = 9,128 \text{ m}^3$$

Este volumen de $9,2 \text{ m}^3$ equivale a un cilindro de 1 m de radio por 2,9 m de alto.

Cálculo del colector

Sabemos que el gas producido por día es de $13,4 \text{ m}^3$; esto es, que se produce a razón de $0,56 \text{ m}^3$ por hora. Sobre la base de este dato y de los requerimientos de consumo que pueda tener la familia durante el día, determinamos el volumen del colector de gas:

- La heladera funciona todo el día; entonces, consume: $2,4 \text{ m}^3 / 24 \text{ h} = 0,1 \text{ m}^3/\text{h}$
El termotanque consume:
 $8 \text{ m}^3 / 24 \text{ h} = 0,33 \text{ m}^3/\text{h}$
Cada hora, heladera y termotanque consumen: **$0,43 \text{ m}^3$**
- Gas necesario para comidas (3) 1 m^3 .
Tiempo total de cocción 5 h.
Por lo tanto, se necesita **$0,2 \text{ m}^3$** por hora de cocina.
Los horarios de comida son de 6 a 7 de la mañana (se consume $0,2 \text{ m}^3$), de 11 a 13 h (se consume $0,4 \text{ m}^3$), de 19 a 21 (se consume $0,4 \text{ m}^3$).
- Gas necesario para la luz 2 m^3 . Tiempo de utilización 4 h. Por lo tanto, se necesita **$0,5 \text{ m}^3$** por hora de luz.
Los horarios de uso de luz, 3 h de 19 a 22 (se consume $1,5 \text{ m}^3$) y una hora de 6 a 7 h (se consume $0,5 \text{ m}^3$).

Cuadro de producción y consumos en el día

Horario	Producción m^3/h	Disponibles m^3	Consumos m^3	Acumulados m^3
22 a 06	$0,56 \cdot 8 = 4,48$	4,48	$0,43 \cdot 8 = 3,44$	1,04
06 a 07	0,56	$0,56 + 1,04 = 1,60$	$0,43 + 0,2 + 0,5 = 1,13$	0,47
07 a 11	$0,56 \cdot 4 = 2,24$	$2,24 + 0,47 = 2,71$	$0,43 \cdot 4 = 1,72$	0,99
11 a 13	$0,56 \cdot 2 = 1,12$	$1,12 + 0,99 = 2,11$	$(0,43 + 0,2) \cdot 2 = 1,26$	0,85
13 a 19	$0,56 \cdot 6 = 3,36$	$3,36 + 0,85 = 4,21$	$0,43 \cdot 6 = 2,58$	1,63
19 a 21	$0,56 \cdot 2 = 1,12$	$1,12 + 1,63 = 2,75$	$(0,43 + 0,2 + 0,5) \cdot 2 = 2,26$	0,49
21 a 22	0,56	$0,56 + 0,49 = 1,05$	$0,43 + 0,5 = 0,93$	0,12

Realizar este cuadro nos permite divisar en qué momento del día se acumula la mayor cantidad de gas; precisamente, para saber cuál es el volumen mayor que debe contener nuestro colector en ese momento.

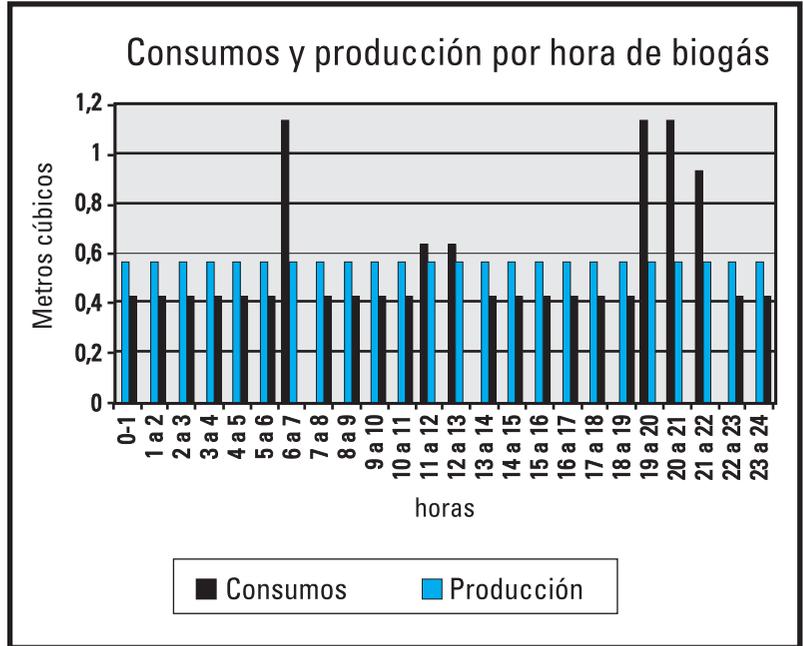
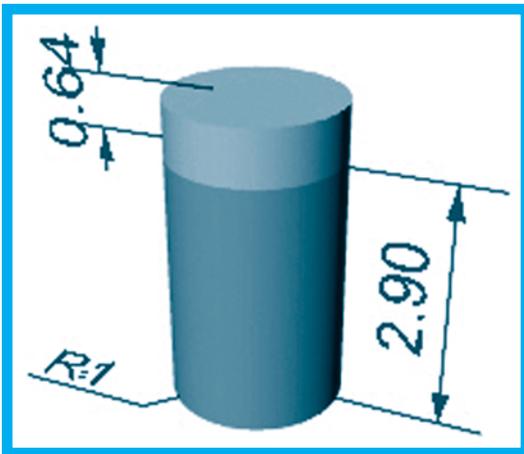
Este volumen mayor determina el volumen del colector; pero, con un coeficiente de seguridad de 1,25, debido a las fluctuaciones que puedan suceder en la producción de gas -una de ellas, debida a cambios de temperatura-

Por lo tanto, el volumen del colector:

$$V_c = 1,63 \text{ m}^3 \cdot 1,25$$

$$V_c = 2,03 \text{ m}^3$$

Este volumen de $2,03 \text{ m}^3$ equivale a un cilindro de $R = 1 \text{ m}$ por $0,64 \text{ m}$ de alto.



Construcción de los digestores

La forma que puede tener un digestor es muy variada: rectangular, cilíndrica, ovalada y esférica, dependiendo en muchos de los casos de la pericia técnica del constructor. Estos digestores pueden colocarse en forma vertical u horizontal, bajo tierra o encima del terreno seleccionado para su funcionamiento.

Respecto del material de construcción, la imaginación es ilimitada: puede ser de cemento, ladrillo, madera, plástico, fibra de vidrio, etc.

No obstante esto, se debe tener presente que el rendimiento de un digestor no depende tanto del material con que está hecho sino del control y del cuidado que se tengan durante el proceso.

Los digestores no sólo se diferencian por el

tipo de construcción sino por los sistemas utilizados para su funcionamiento.

Según estos sistemas, podemos encontrar distintos tipos de biodigestores.



Biodigestor batch. Consiste en cargas de una vez -en forma total- o por intervalos -durante varios días- y de descargas que se efectúan cuando ha dejado de producir gas combustible; es aplicable cuando se presentan problemas de manejo o cuando la materia orgánica está disponible en forma intermitente. Cualquier tipo de construcción y todos los materiales de fermentación son aptos para una planta Batch.

Para un abastecimiento continuo de gas con plantas Batch, se requiere un gran depósito de gas o varios digestores a la vez -cuando uno deja de emitir gas, se conecta otro al sistema-.

Biodigestor continuo. Este tipo de digestor se desarrolla, principalmente, para el tratamiento de aguas negras aún cuando, en la actua-

lidad, su uso se ha extendido al manejo de otros sustratos. Consiste en una planta de gran tamaño en la que se emplean equipos mecánicos para alimentar, agitar y realizar los controles. La carga y la descarga se realizan en forma periódica; por lo general, todos los días. La construcción no requiere muchas exigencias; pero, el material de fermentación debe ser fluido y uniforme.

Las plantas continuas con presión constante -por ejemplo, las de campana flotante que analizaremos en unas páginas más- se descargan automáticamente por rebose. En cambio, plantas continuas con presión alterna -por ejemplo, las de depósito de gas con cúpula fija- tienen que ser llenadas y vaciadas.

Las plantas continuas son más apropiadas para viviendas rurales, ya que las labores necesarias se pueden integrar más fácilmente en las tareas diarias. La producción de gas es uniforme y es un poco mayor que en las plantas Batch.

Si se va a fermentar, a la vez, paja y estiércol de animales, se puede transformar una planta continua en una de modalidad semibatch. La paja, que es un material que se degrada lentamente, es introducida a la planta como material Batch unas dos veces al año; el estiércol, en cambio, es cargado y descargado con regularidad. Cuando agregamos paja, la modalidad empleada es de una planta batch; luego, la carga del estiércol es de modalidad continua. Esto beneficia a la generación de gas, ya que aumenta la relación C/N del sustrato.

Biodigestor semicontinuo. Una vez por día se carga por gravedad, con volúmenes de mez-

cla que dependen del tiempo de fermentación; así, produce una cantidad de gas constante al día y se descarga totalmente una o dos veces por año (en especial, en zonas rurales) momento que, generalmente, coincide con el período de siembra para aprovechar el poder fertilizante de los residuos de la digestión y de los lodos fermentados; parte de éstos se reserva para un nuevo arranque.

El tiempo de permanencia de la biomasa dentro del digestor está dado por el cociente entre el volumen de la cámara de digestión y el de la carga diaria. Dicho valor no es exacto, debido a que la parte del material introducido puede salir en un período más corto, lo que se trata de minimizar mediante un adecuado diseño de la cámara. Es el biodigestor más difundido.

Biodigestor completamente mezclado. Es aplicado a residuos con alto porcentaje de sólidos totales; por esto, se busca que el sustrato en fermentación se mezcle en forma total, a fin de lograr un mayor contacto entre la biomasa microbiana y el sustrato en cuestión. Cuando el biodigestor es calefaccionado de esta manera, se distribuye la temperatura en todo el volumen. La mezcla (agitación) se logra mediante bombas internas o externas al digestor, reinyección de biogás dentro de la cámara -que produce burbujeo-, paletas internas o, en los digestores con movimiento circular, a través de un eje central.

Es necesario prestar especial atención a esta agitación, ya que su intensidad y la periodicidad de su agitación pueden afectar el equilibrio bacteriano.

El tiempo destinado a la mezcla es variable,

dependiendo del tipo de sustrato que se utilice para la fermentación.

Biodigestor parcialmente mezclado. La mayoría de los pequeños digestores rurales entra en esta categoría. En ella, los métodos de agitación son muy precarios técnicamente; se realizan en forma manual o por rotación de la campana de gas, y, en el peor de los casos, se utiliza un palo que se introduce por la abertura de la carga. Se intenta, principalmente, evitar la formación de la costra sobrenadante, que impide que el gas abandone el sustrato.

En otros casos -como en los digestores del tipo horizontal-, la mezcla se puede mejorar aprovechando la carga que se realiza; ésta provoca una circulación del sustrato dentro de la cámara de digestión y, como está provista de una serie de tabiques, modifica la circulación, provocando una agitación leve.

En el caso de biodigestores verticales, también se trabaja con esta situación, beneficiada por el flujo ascendente o descendente -que depende de la ubicación de las cañerías de entrada y salida del sustrato-.

Biodigestor en dos etapas. Este tipo de biodigestor se basa en que los grupos de bacterias involucradas en el proceso de descomposición de la materia orgánica requieren, para su óptimo crecimiento, de diferentes condiciones de pH y de tiempo de retención. Dispone, entonces, de dos diferentes reactores: en el primer reactor ocurre la hidrólisis y la acidogénesis de la materia orgánica compleja, en el segundo se lleva a cabo la acetogénesis y metanogénesis del material.

Estos sistemas de doble etapa no se han

difundido demasiado, ya que todavía se encuentran en una fase experimental; su principal desventaja radica en sus largos tiempos de retención y en una eficiencia menor que la de otros sistemas.

Una ventaja a tener en cuenta es el mejoramiento de las condiciones de desarrollo de cada tipo de bacterias y la extracción de los sólidos indigeribles antes de que pasen a la segunda etapa.

Biodigestor con anaerobia seca. Este tipo de biodigestor permite un proceso de degradación de residuos orgánicos con concentraciones de sólidos totales del orden del 20 % o superiores. Son ventajas de este sistema: el bajo consumo de agua -se requiere una mínima cantidad de agua para llevar a cabo el proceso-, el volumen relativamente pequeño del reactor debido a la alta densidad de materia orgánica utilizada y, por último, los pocos requerimientos energéticos para mantener una temperatura controlada del sistema (producción endógena).

Una versión de este tipo está constituida por los llamados rellenos sanitarios, con una cámara de digestión de un tamaño especialmente grande en relación con el volumen que debe contener. Comúnmente, se trata de excavaciones rellenas con residuos urbanos orgánicos; de estos residuos no se obtiene ningún efluente tratado -al contrario, se obtienen lixiviados, una porción de sólidos que no se pudo degradar y el biogás, que puede o no recolectarse-. Si se desea recolectar el biogás, se deben instalar cañerías agujereadas en los lechos de piedras, dispuestas de manera tal que puedan coleccionar el gas generado. Este sistema es muy utilizado en

Europa en el saneamiento de ciudades.

En cualquiera de los procesos implementados, es importante retener la mayor cantidad de bacterias activas dentro de la cámara de digestión, a fin de evitar el tiempo necesario para el arranque (la formación de bacterias) y, con ello, lograr menores tiempos de retención y, en consecuencia, menores volúmenes de digestor para tratar la misma cantidad de biomasa.

Para esto, en la salida de estos digestores podemos encontrar algo tan sencillo como una pileta de sedimentación que da la posibilidad a las bacterias -que han salido con el efluente- de asentarse y de decantar para, luego, ser reintroducidas con la carga, pasando a ser el inóculo necesario para comenzar la propagación de la bacteria en el nuevo sustrato.

Los **inóculos** son gérmenes de toda naturaleza, disponibles para una contaminación.

Además de estas simples piletas, existen otros dos tipos de tecnología para lograr retener las bacterias activas:

- un **sedimentador externo en el cual las partículas más pesadas son recirculadas,**
- un **separador de membranas que filtra las bacterias, proceso que se realiza mediante un bombeo externo del lodo de la parte inferior hacia la superior.**

Los biodigestores más conocidos -no por su existencia en nuestro país sino por el desarrollo en otros países-, son los utilizados en la agricultura, de régimen semicontinuo.

CONSTRUCCIÓN DE BIODIGESTORES DE RÉGIMEN SEMICONTINUO

- **Balón, tubular o de *plug flow***
- **Con cúpula fija**
- **De campana flotante**
- **De campana flexible**

Biodigestor balón, tubular o *plug flow*. En este modelo de biodigestor, la planta balón está compuesta por una bolsa de plástico o de caucho; el gas es almacenado en la parte superior de la bolsa de fermentación; la entrada y la salida, por su parte, están sujetas, directamente, a las paredes de la bolsa. El sustrato no ocupa todo el volumen de la bolsa, ya que debe dejar espacio para el gas.

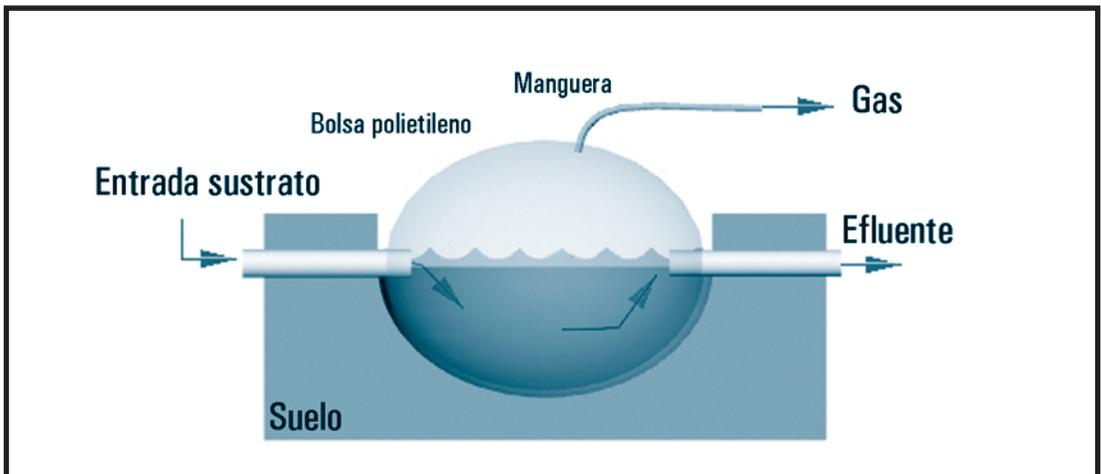
La bolsa se hincha, y la cámara de gas se va formando y llenando. Produciendo unos leves movimientos sobre las paredes del balón de fermentación, éste se agita levemente, favoreciendo el proceso de fermentación.

El material del balón es resistente a los rayos ultravioleta o integra otra protección -por ejemplo, una tela media sombra-.

Entre sus ventajas podemos marcar su bajo costo, su fácil transporte, las altas temperaturas del digestor, su limpieza, su descarga y mantenimiento simples. Entre sus desventajas está su corta vida útil (cerca de 5 años), su sensibilidad a daños y que no crea fuentes de trabajo en el lugar.

Una planta balón se puede recomendar para todos aquellos sitios donde no hay peligro de que se dañe la pared de la bolsa, y en los que predominen temperaturas altas y constantes.

Biodigestor con cúpula fija. Es un digestor cerrado con cámara de gas inmóvil y fija; el gas es almacenado en su parte superior. Durante la producción de gas, el sustrato de fermentación es desplazado hacia el tanque de compensación (cámara de hidropresión, salida); la presión del gas aumenta según la cantidad de gas almacenado. Si se encuentra poco gas en el depósito, la presión del gas también es baja.



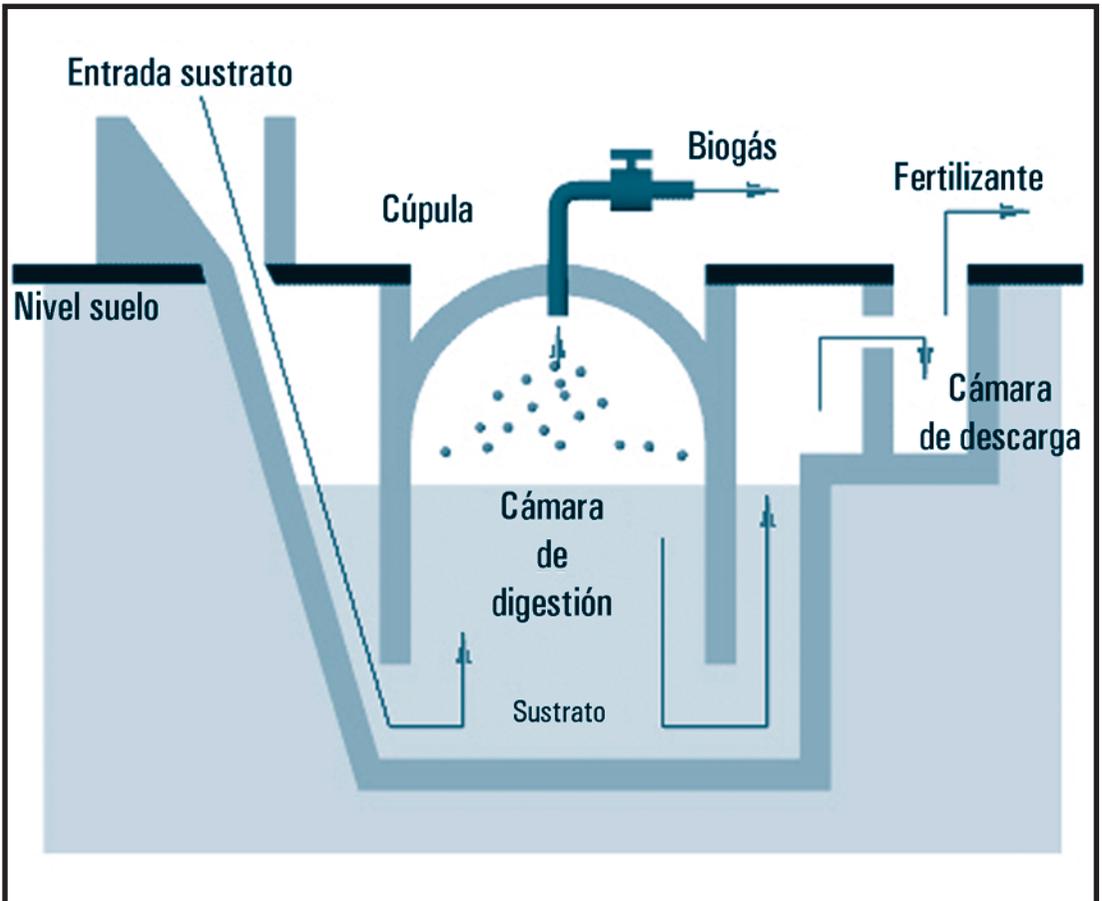
Es importante tener una presión constante para poder utilizar el gas; por lo tanto, se debe regular la presión o adicionarle un depósito de gas flotante.

Entre sus ventajas podemos decir que es de bajo costo de construcción, no posee partes metálicas que se puedan oxidar y, por lo tanto, tiene una larga vida útil (20 años o más); como permite una construcción subterránea, se protege contra bajas temperaturas en el invierno y ayuda a ahorrar espacio.

Entre sus desventajas está la dificultad para

lograr hermeticidad; como su construcción se realiza con ladrillos y cemento (mampostería), la porosidad se debe evitar con todos los medios posibles. La aparición de grietas que se producen por las fuertes oscilaciones de temperatura y, en muchos casos, por una presión de gas muy alta, perjudican notablemente a la planta. Otra dificultad es que no tiene rebalse automático, por lo que se dificulta su manejo. Además, debe ser cargado y descargado con regularidad; de lo contrario, la planta no funciona.

Como, generalmente, se realiza bajo tierra,



las temperaturas de fermentación son las que pautan las condiciones climatológicas.

En Tailandia se ha diseñado este tipo de biodigestor pero con anillos de bambú, mientras los coreanos desarrollaron uno de bajo costo que consiste en un tanque de ladrillos y cemento cubierto con lona de PVC.

Estos digestores se cargan en forma semicontinua, realizándose una primera carga con material celulósico y estiércol, además del inóculo correspondiente (lodo de un biodigestor en funcionamiento) hasta un 70 % de la capacidad; luego, se sigue cargando como un digestor continuo. A los 120 a 180 días, se descarga en forma total y se reinicia el ciclo. Fuera de China, estos digestores suelen manejarse en forma continua.

Biodigestor de campana flotante. Se compone de un digestor y de un depósito de gas móvil (campana).

El depósito de gas flota, ya sea directamente en el sustrato de fermentación o en el anillo de agua propia que se forma; el gas se acumula en la campana, haciéndola subir. Cuando se extrae gas, ésta vuelve a bajar, guiada por un bastidor para evitar que se incline.

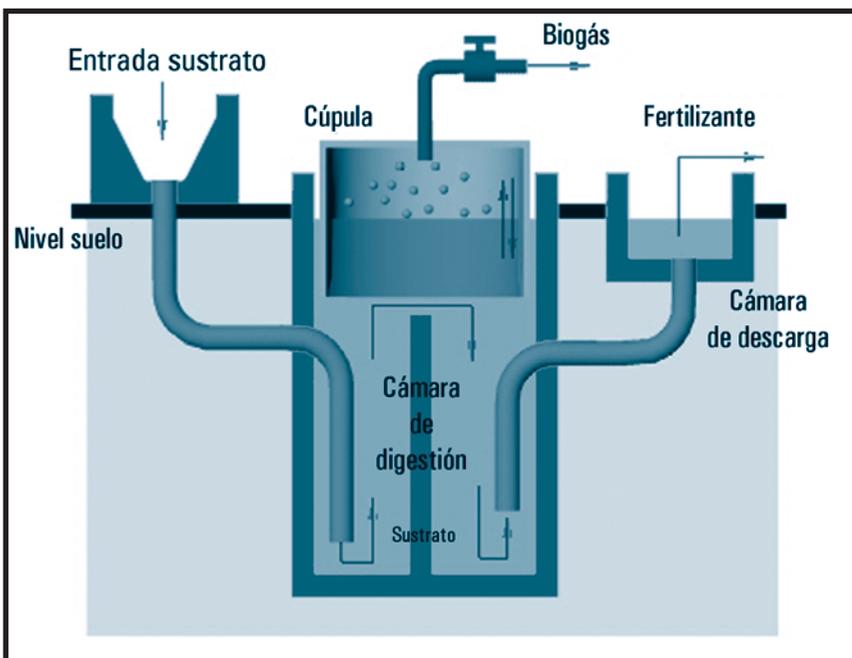
Sus ventajas consisten en que es de

manejo fácil, se consigue una presión de gas constante y es de fácil construcción.

Sus desventajas radican en los altos costos de construcción de la campana y en la inclusión de muchas piezas metálicas que se corroen con facilidad -las que se deben evitar, ya que acortan su tiempo de utilidad a, aproximadamente, 5 años-.

Aún con estas desventajas, siempre es recomendable la planta con campana flotante. En caso de crisis en cuanto a poder controlar el estado del sistema -por ejemplo, en un caso de sobrepresión-, el gas se fuga por el espacio entre la campana y el líquido donde flota.

Campanas flotantes de fibra de vidrio o polietileno compacto han dado un buen resultado, aún con altos costos de construcción; en cambio, campanas hechas de PVC no son convenientes, al no resistir a los rayos ultra-



violetas.

En reemplazo de una campana flotante, es posible extender un material flexible o semi-flexible en la boca del cilindro del digester; de esta manera, se evita la campana y se reducen costos de construcción. El único recaudo que este cambio implica es que exige un ajuste óptimo del material con el borde del digester.

En cuanto a su uso, puede ser individual, industrial o comunal.

Biodigestor de campana flexible. Los elementos principales de éste son: una cubierta flexible del tipo globo para colectar el gas y una aislación flotante de poliuretano expandido (PU) ubicada por encima del nivel del líquido.

Si la cubierta no es resistente, puede protegerse de la lluvia, el granizo o desperfectos mecánicos por un techo rígido y liviano. Estos digestores son mezclados por bombeo, tienen alimentación discontinua y frecuente vaciado parcial.



Digestor campana flexible
www.aqualimpia.com

Además de los presentados, existe un segundo grupo de biodigestores.

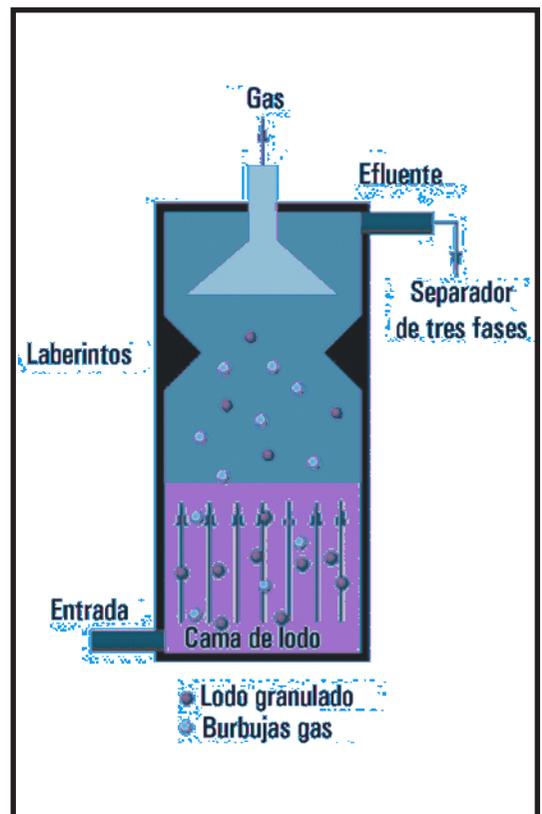
BIODIGESTORES DE SEGUNDA GENERACIÓN

UASB

EGSB

Con filtro anaeróbico

Biodigestor UASB -*Upflow Anaerobic Sludge Bed*; anaerobia de flujo ascendente en cama de lodo granular-. Permite un alto rendimiento para el tratamiento anaerobio de aguas residuales, a partir de un flujo ascendente con mantos de lodos, en un reactor anaerobio.



Un reactor de UASB se parece a un tanque vacío. Las aguas residuales se distribuyen en el tanque en las entradas apropiadamente espaciadas y pasan a través de una cama de lodo anaerobio donde los microorganismos del lodo entran en contacto con el agua residual -sustrato-. La cama de lodo está compuesta por microorganismos que, naturalmente, forman unos gránulos de 0.5 a 2 mm de diámetro que tienen una velocidad alta de sedimentación y que resisten la pérdida de microorganismos en cargas hidráulicas altas. El proceso de degradación anaerobio resultante produce biogás.

El movimiento ascendente del gas soltado, causa turbulencia en el interior del reactor, produciendo una mezcla sin mecanismos. En la cima del reactor, la fase de agua está separada de los sólidos del lodo y del gas con un separador de tres fases (también conocido como separador de gas-líquido-sólidos). El separador, normalmente, es una gorra de gas con un colector situado sobre él. Debajo de la apertura de la gorra de gas, se usan unos derivadores para desviar el gas a la llave válvula.

El concepto de UASB se basa en que un material de apoyo inerte forma una atadura de la biomasa, reteniéndola en un gránulo de lodo. De esta manera, evita retener niveles altos de lodo activo en el reactor (sólidos totales); en cambio, confía en los niveles altos de retención de la biomasa a través de la formación de los gránulos de lodo.

Este desarrollo tecnológico propicia la acumulación de lodo granular y disminuye la acumulación de lodo disperso en el reactor.

Para lograr el desarrollo de lodo granular se

mantiene un régimen de flujo ascendente en el reactor, seleccionando los microorganismos agregados y, secundariamente, manteniendo la separación adecuada de sólidos, líquido y gas, previniendo la aglomeración de gránulos de lodo.

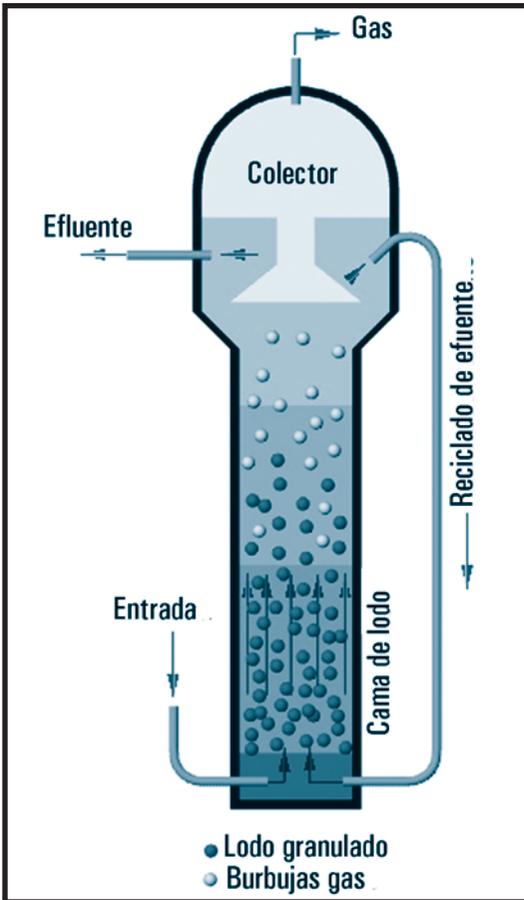
Biodigestor EGSB -*Expanded Granular Sludge Bed*; anerobia de flujo ascendente en cama de lodo granular extendida-. Consiste, básicamente, en una cama de lodo granular extendida, como variante del biodigestor UASB; pero, diferenciándose de éste ya que permite una más rápida velocidad del flujo ascendente del agua residual (aguas negras) que atraviesa la cama de lodo. Fue diseñado por Lettinga, en los Países Bajos, en 1970.

El aumento del flujo permite la expansión parcial de la cama de lodo granular, mejorando el contacto del agua residual -lodo-, así como la segregación de las partículas suspendidas inactivas de la cama de lodo.

La velocidad de flujo se aumenta utilizando reactores altos, incorporando un reciclado de efluente o implementando ambos procesos.

A escala mundial, el 72 % de las plantas industriales existentes se ha basado en el UASB o EGSB, para el tratamiento de efluentes industriales.

Este biodigestor se ha aplicado en cervecerías e industrias de la bebida, en destilerías e industrias de la fermentación, en industrias de la comida, y en industrias de celulosa y papel. Juntos, estos cuatro sectores industriales, responden de 87 % de las aplicaciones. Sin embargo, los usos de esta tecnología también se han extendido al tratamiento químico



co de los efluentes de la industria petroquímica, a los residuos líquidos de la industria textil y a conversiones en el ciclo de azufre.

En nuestro país, se llevan a cabo investigaciones para su aplicación y, también, en Canadá -a temperaturas medias más bajas-, en busca de una implementación doméstica.

Biodigestor con filtro anaeróbico. Tiene la particularidad de ser alargado (relación alto/diámetro mayor a 1). Aún cuando, últimamente, se está experimentando con filtros horizontales, los verticales siguen siendo

más eficientes.

La particularidad de los biodigestores de filtro anaeróbico es que, en su interior, poseen un medio fijo -por ejemplo, cañerías reticuladas, piedra caliza, formas plásticas de gran relación superficie/volumen, etc.- y, sobre estos materiales no modificables, se adhieren las bacterias, lo que evita su pérdida en el efluente y, de esta manera, se disminuyen notablemente los tiempos de retención.

La constitución de estos elementos filtrantes ubicados en el interior de la cámara de digestión, no admite líquidos con material insoluble en suspensión -dichos sólidos bloquearían el pasaje del sustrato-.

Este digestor admite tiempos de retención muy bajos (0,5 a 3 días) con muy altos niveles de eficiencia (se han llegado a valores de producción de biogás de 7 veces el volumen del reactor por día). El flujo puede ser ascendente o descendente.

¿Qué pasa con las plantas de biogás en regiones frías? La realidad de nuestro país en lo que respecta a clima nos indica que, en la mayoría de los casos que se quiera proyectar un biodigestor para producir biogás, se debe considerar la posibilidad de calefaccionarlo, Es necesario, por lo tanto, evaluar todos los beneficios, no sólo los económicos sino los sociales, en su puesta en funcionamiento. Porque, en Europa, por ejemplo, las plantas grandes consumen un 20-30 % del gas que producen en calefacción. En plantas sencillas, se debe pensar en utilizar otro tipo de energía renovable para lograr la temperatura

de funcionamiento del digester.

- En el caso de las campanas flotantes, éstas tienen las mayores pérdidas de calor durante la noche, ya que durante el día captan energía solar por su superficie expuesta -en muchos casos, de color negro-.
- Las plantas subterráneas con cúpula fija, por su parte, pueden mantener temperaturas más uniformes pero, por lo general, más bajas.
- Las plantas con cúpula fija y depósito flotante pueden ser apropiadas para regiones frías, aún teniendo costos más elevados.

Durante las heladas, el tanque de mezcla y de carga debe tener una estructura de manera que no se congele; por otra parte, el transporte

del material de fermentación se dificulta en muchos lugares con la nieve; por lo tanto, antes de empezar a proyectar, se debe pensar bien, en cómo se va a mantener funcionando la planta y, en especial, en estudiar cuál va a ser la temperatura de funcionamiento.

En la parte norte de China, las plantas de biogás son paradas por completo en invierno, de modo que funcionan sólo entre 6 y 8 meses al año.

3. HACIA UNA RESOLUCIÓN TÉCNICA

Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del equipo

El producto

El equipo biodigestor que proponemos combina las tecnologías de campana fija y de colector flexible.

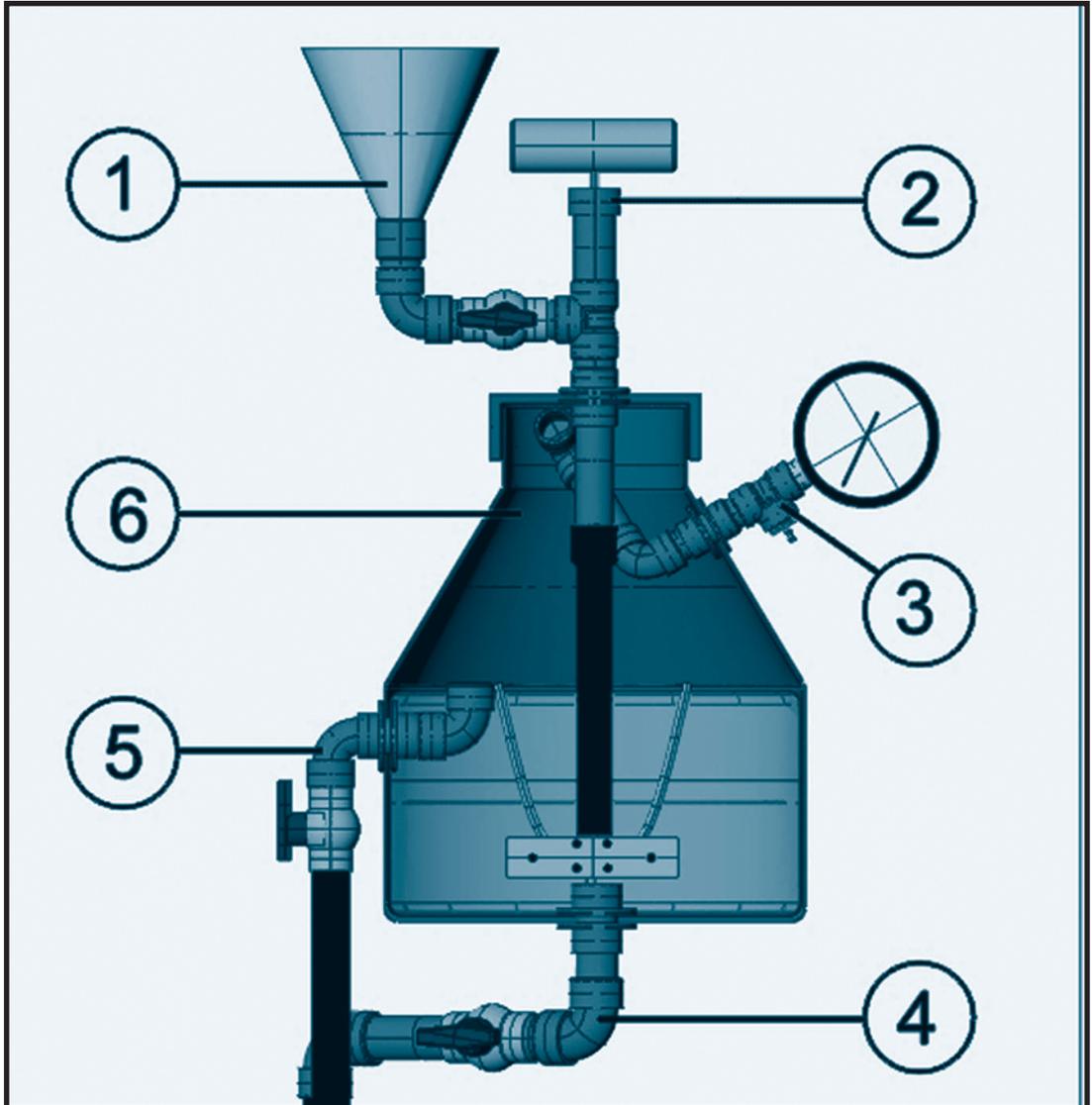
Para su construcción, utilizamos elementos estándar disponibles en el mercado que, además, no son muy costosos.



Los componentes

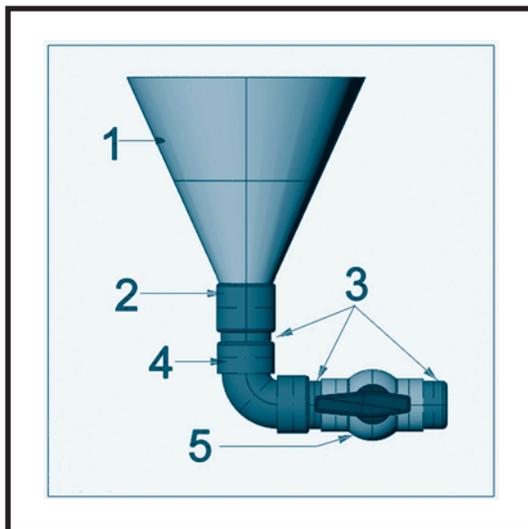
El biodigestor está integrado por:

1. Línea de carga diaria.
2. Conducto carga diaria, agitador.
3. Línea de gas y de control de presión.
4. Conducto de vaciado completo.
5. Línea de efluente diario.
6. Recipiente reactor.



Todas las uniones se completan con sellador siliconado que permite el desarmado del equipo ante cualquier eventualidad.

1. Línea de carga diaria



1. Embudo.
2. Cupla $\frac{3}{4}$ " polipropileno.
3. Rosca con tuerca $\frac{3}{4}$ " polipropileno.
4. Codo 90° $\frac{3}{4}$ " polipropileno.
5. Válvula de paso.

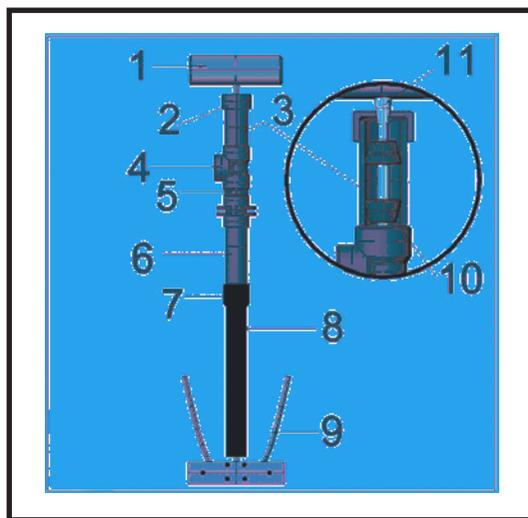
2. Conducto carga diaria, agitador

Para agitar, debemos conectar el exterior con el interior del biodigestor, interior que, en determinados momentos, tiene una determinada presión. Por esto, la varilla eje del agitador debe rotar sobre determinados orificios por los cuales no se debe escapar el gas que se encuentra a presión.

Para que este mecanismo resulte eficaz, utilizamos una válvula de acero de motor a explo-

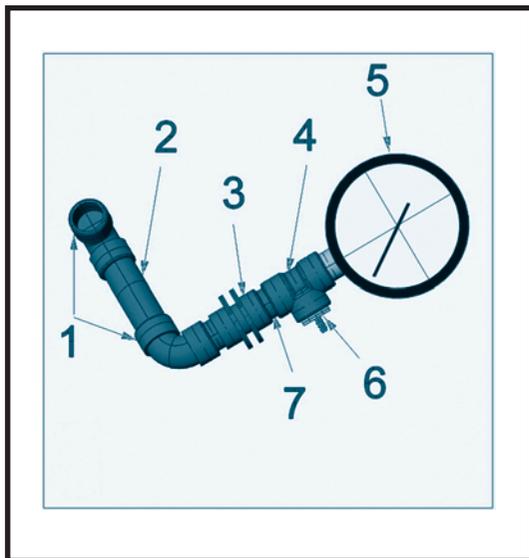
sión que se desliza sobre dos retenes introducidos en el niple 3. La combinación del vástago pulido, los retenes y unas gotas de aceite pesado entre ellos, no permite la fuga de gas.

Para completar el agitador, es decir para llegar al fondo del biodigestor, enchufamos a presión, en el extremo de la válvula, una manguera cristalina de 8 mm. Para darle rigidez a este tramo de manguera (que va por el interior de las piezas 4, 5, 6, 7 y 8), le introducimos en su interior una varilla de madera de 6 mm de diámetro; esto nos permitirá adaptar el agitador en el extremo.



1. Mango madera.
2. Tapa $\frac{3}{4}$ " polipropileno.
3. Niple 8 cm.
4. Tee.
5. Rosca con tuerca.
6. Adaptador tanque.
7. Enchufe rosca hembra 1".
8. Manguera negra polietileno.
9. Extremo agitador.
10. Retenes de válvulas.
11. Válvula.

3. Línea de gas y de control de presión



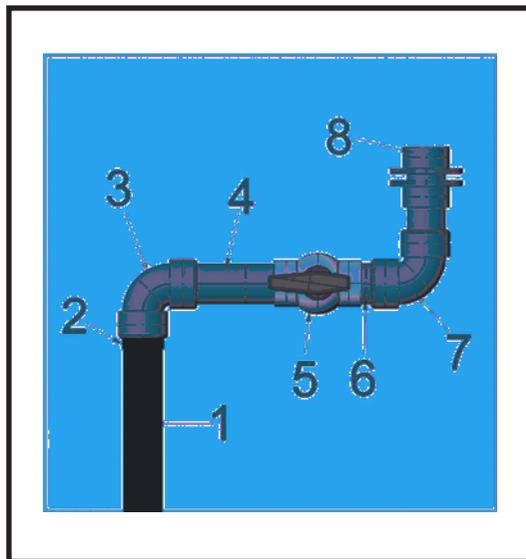
1. Codo 90°.
2. Niple 8 cm.
3. Adaptador tanque.
4. Tee.
5. Manómetro 0-1 kg/cm².
6. Enchufe rosca macho.
7. Rosca con tuerca.

El material usado es polipropileno de media pulgada.

Esta línea está ubicada en lo más alto del recipiente. En este caso en especial, la prolongamos con un niple para que el orificio resulte lo más cercano a la tapa.

Además, le agregamos un codo, de manera que el orificio no quede hacia arriba ni permita ingresar algo del sustrato de la primera carga, lo que podría obstruir el conducto.

4. Conducto de vaciado completo



1. Manguera negra polietileno.
2. Enchufe rosca macho 1".
3. Codo 90°.
4. Niple 10 cm.
5. Válvula de paso.
6. Rosca con tuerca.
7. Codo 90°.
8. Adaptador tanque.

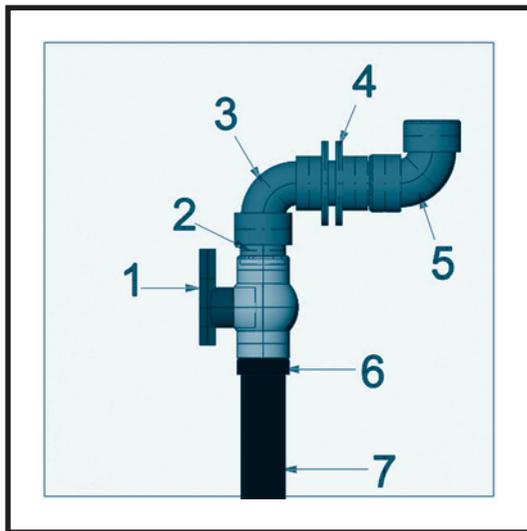
Cortamos la manguera de un largo tal que le permite llegar hasta el balde que se utiliza en la tarea de vaciado completo.

Es posible que este vaciado resulte dificultoso debido a la densidad del sustrato. Recordemos que los vaciados se realizan en periodos que van de 6 meses a un año en biodigestores de uso rural; en un uso didáctico, es posible que debamos cambiar de sustrato antes de lograr una degradación completa de una experiencia. Esto significa, por ejemplo, que las fibras vegetales existentes en

estiércol vacuno (si se cría a campo) tengan casi el tamaño igual al primer día de introducidas al biodigestor. Por este motivo, le recomendamos seleccionar, por ejemplo, estiércoles de animales alimentados con alimentos balanceados, que tienen la fibra ya molida. En el caso de vegetales, podemos licuarlos.

Recomendamos no vaciar completamente el biodigestor. Si sus alumnos y usted continúan con otra experiencia, dejen un 20 % del sustrato de la experiencia anterior; esto facilita el crecimiento de las bacterias necesarias para el proceso y este volumen oficia de inóculo.

5. Línea de efluente diario



1. Válvula de paso.
2. Rosca con tuerca.
3. Codo 90°.
4. Adaptador tanque.
5. Codo 90°.

Recordemos que la línea de efluente diario nos permite retirar el mismo volumen que ingresamos como carga diaria, manteniendo el volumen constante del reactor.

6. Recipiente reactor

El recipiente elegido como reactor es de, aproximadamente, 20 litros y cuenta con una boca amplia no menor de 130 mm; este recaudo es importante, ya que facilita la carga del primer sustrato.

Como se observa en el dibujo de corte de la figura, el recipiente debe permitir perforaciones que posibiliten las diferentes conexiones.



Todos los elementos utilizados son plásticos e incluidos, usualmente, en sistemas de agua. Una de las razones de la selección de este material es que los componentes corrosivos del biogás dañan los metales. Para el funcionamiento del equipo, los componentes de plástico, en cambio, se comportan adecuadamente, ya que la presión del sistema no es tan elevada.

Puede tratarse de un bidón de boca ancha - en nuestro diseño, de 134 mm- o de un tacho de pintura de 20 litros en desuso; en este último caso, la tapa debe estar en condiciones y contar con la junta de estanqueidad de goma -oring- que sella a presión el tacho y la tapa; además, es preferible que no se hayan cortado exageradamente las ranuras que permiten realizar la apertura inicial del envase (De todas maneras, es imprescindible sellarlas con siliconas).

No descartemos otro tipo de envase más grande y tampoco uno metálico; pero, cuando se trate de uno de metal, es necesario que controlemos su estado periódicamente o que cada año de uso como herramienta didáctica, sistemáticamente, lo cambiemos.

Para contar con todos los componentes, hemos recurrido a un corralón de materiales de construcción, una casa de venta de artículos de plástico y a una casa especializada en instrumentos de medición (por el manómetro).

Esta última puede resultar difícil; de todas maneras, podemos suplantar el manómetro (medidor de presión) por un barómetro de columna de agua.



El armado



Tomada la decisión del recipiente a utilizar, consideramos que sus $\frac{3}{4}$ partes van a ser ocupadas por el sustrato y que el resto oficiará de colector fijo del gas; por lo tanto, un recipiente de 20 litros va a tener 15 litros de sustrato y 5 libras para acumulación de gas.

Para establecer el nivel de sustrato, tenemos varias opciones:

- si el recipiente es cilíndrico, lo dividimos en 4 y marcamos la tercera división como nivel del sustrato;
- si el volumen es irregular, por combinaciones geométricas de volúmenes, debemos calcular matemáticamente la capacidad de cada uno de ellos;
- la más práctica de todas es tomar un envase cuya capacidad conocemos fehacientemente y, con él, llenar el recipiente que se utilice como biodigestor hasta el volumen requerido, como $\frac{3}{4}$ partes del total del recipiente.



Conocer el nivel del sustrato, nos facilita la ubicación de la perforación a realizar para instalar el "efluente diario", ya que su centro se encuentra 35 mm por debajo del nivel establecido.

De esta manera, logramos que, cada vez que agregamos la carga diaria, el sustrato del interior cambie el nivel y rebose por la línea de efluente diario.

Realizadas las perforaciones con las sierras de copa, comprobamos si los adaptadores a tanque pasan por los orificios sin dificultad y si permiten su fijación.

Luego de verificar esto, pintamos la superficie externa del recipiente con pintura sintética mate color negro.



Una vez seca la pintura, procedemos al armado definitivo del biodigestor, utilizando los componentes que construimos, y el sellador siliconado de roscas y juntas.

Dejamos secar 24 horas y realizamos una prueba de fuga de gas y una hídrica:

De gas:

- por el pico de salida de biogás, conectamos la manguera de aire de un compresor,
- elevamos la presión del biodigestor a 1 kg/cm²;
- si la presión del biodigestor baja (usamos, para esto, el manómetro), estamos frente a una fuga;
- entonces, controlamos todas las uniones con espuma de detergente, tal como se registra en una instalación de gas domiciliaria.

Hídrica:

- por la línea de carga diaria, incorporamos agua hasta el nivel de sustrato,
- comprobamos si no hay perdidas en el adaptador a tanque de la línea de vaciado completo y en el adaptador a tanque de la línea de efluente diario.

Superadas estas pruebas, estamos en condiciones de utilizar el biodigestor; hemos logrado la hermeticidad, tanto hídrica como gaseosa, necesarias para lograr la anaerobia.



El funcionamiento

a. La primera carga

Una vez construido el biodigestor, lo alimentamos con la primera carga. Este paso es muy importante; el cuidado con el que lo desarrollemos va a permitirnos contar con biomasa que genere un alto rendimiento en biogás.

La primera carga del prototipo es de 15 litros. Según hemos planteado en nuestro encuadre teórico, la concentración de materia orgánica seca debe estar presente entre un 5 y 10 % en el sustrato, lo que equivale a entre 0,750 kg y 1,5 kg de MOS.

Para esta primera carga, mezclamos estiércol animal con desechos vegetales, a fin de contar con una relación carbono-nitrógeno de 30:1 que asegure una buena fermentación y un porcentaje de sólidos de, aproximadamente, el 9 %.

Seleccionados los desechos (pasto de jardín), los sometemos a una fermentación al aire libre para eliminar la capa cerosa que cubre a los residuos agrícolas. Si no tomamos este recaudo, el proceso de fermentación va a ser demasiado lento y, en la parte superior de la cámara, va a aparecer una espuma que impedirá la formación y la acumulación del biogás.

Luego de esta fermentación aeróbica de unos 7 días, colocamos la biomasa de origen vegetal en un balde y la mezclamos con agua, estiércol de origen animal o líquidos cloa-

cales; homogeneizamos un poco la mezcla, utilizando un elemento que podamos descartar (una madera de cajón de verdulería, por ejemplo).

Para prevenir inconvenientes, eliminamos las impurezas que puedan obstruir la línea de vaciado, evitando la presencia de elementos muy grandes en la carga -aún cuando éstos quepan por la boca del recipiente-.

Resueltas estas tareas, trasvasamos el sustrato preparado a nuestro recipiente reactor.

Colocamos una línea abundante de sellador en la tapa que cierra nuestro reactor, en la zona de contacto entre recipiente y tapa para que, cuando lo cerremos, no tengamos pérdidas de gas.

Una vez que el sustrato está en condiciones, es posible que surjan dudas sobre la cantidad de MOS.

Para despejarlas:

- tomamos un recipiente donde sea posible medir volumen,
- colocamos un litro de sustrato y, después,
- lo pesamos; su peso debe rondar entre 1080 y 1100 g; esto es, entonces, una densidad de entre 1080 y 1100 g/l.
- No nos olvidamos de descontar la tara del recipiente utilizado.

Algunas combinaciones aconsejadas para la primera carga

	Estiércol de vacuno -g-	Chala de maíz -g-	Pajas de arroz -g-	Paja de cebada -g-	Paja de trigo -g-	Pasto y hojas secas -g-
1	2166	387				
2	2275		333			
3	2038			383		
4	2610				257	
5	1714					842
De equino						
6	1312		631			
7	1204			525		
8	1712				387	
De porcino						
9	1977	204				
10	2530		170			
11	1916			205		
12	2206				122	

b. La carga diaria

La carga diaria es la porción de sustrato que debemos agregar sistemáticamente si queremos realizar un proceso continuo de obtención de biogás.

La realizaremos por la línea de carga diaria que posee el equipo. En una situación a escala real, esta línea se compone de un tubo de PVC de no menos de 110 mm de diámetro, como puede suceder en un biodigestor de uso rural.

En el caso de uso rural, por este tubo se puede introducir una pala larga que sirve para agitar, si es que no previmos algún mecanismo que realice esta tarea. Este agitado es suave, se prolonga durante unos minutos y recorre el volumen del digestor; porque, si se agita demasiado, puede entorpecerse el proceso biológico de las bacterias. Esto mismo ocurre una vez por día con el sistema de agitación que posee nuestro equipo didáctico.

La carga diaria en el equipo toma importancia si es nuestra intención que esté produciendo biogás continuamente.

El volumen de esta carga periódica está en relación con los tiempos de retención que hemos previsto: Si $Tr = 60$ días, estamos agregando 250 cm^3 de sustrato todos los días

(siempre considerando nuestro biodigestor de 15 litros de sustrato). Para esto:

- Cerramos la llave de control de gas en la salida superior del biodigestor.
- Efectuamos la carga de los 250 cm^3 de sustrato.
- Descargamos el efluente diario, en la misma cantidad que la carga que alimentamos.
- Agitamos la mezcla del biodigestor.
- Abrimos la llave de control para que pase el biogás al colector flexible.

Si queremos evitar el uso de estiércoles, podemos licuar biomasa de origen vegetal y agua, y utilizarla como carga diaria.

c. El efluente diario

Por la línea de efluente diario parte del sustrato fermentado abandona el digestor.

La utilización de un colector flexible -un globo- nos permite generar una situación de asombro, muy significativa para el proceso de enseñanza y de aprendizaje. Porque, durante su inflado con el biogás producido en el reactor, sintetizamos conceptualmente que en el recipiente cerrado estático se está desarrollando un proceso de fermentación y que, en el otro recipiente, un volumen crece por acumulación de biogás.

Este pequeño colector representa a los colectores que acumulan biogás en las plantas, hasta las horas de consumo.

Su rasgo básico de diseño es a prueba de

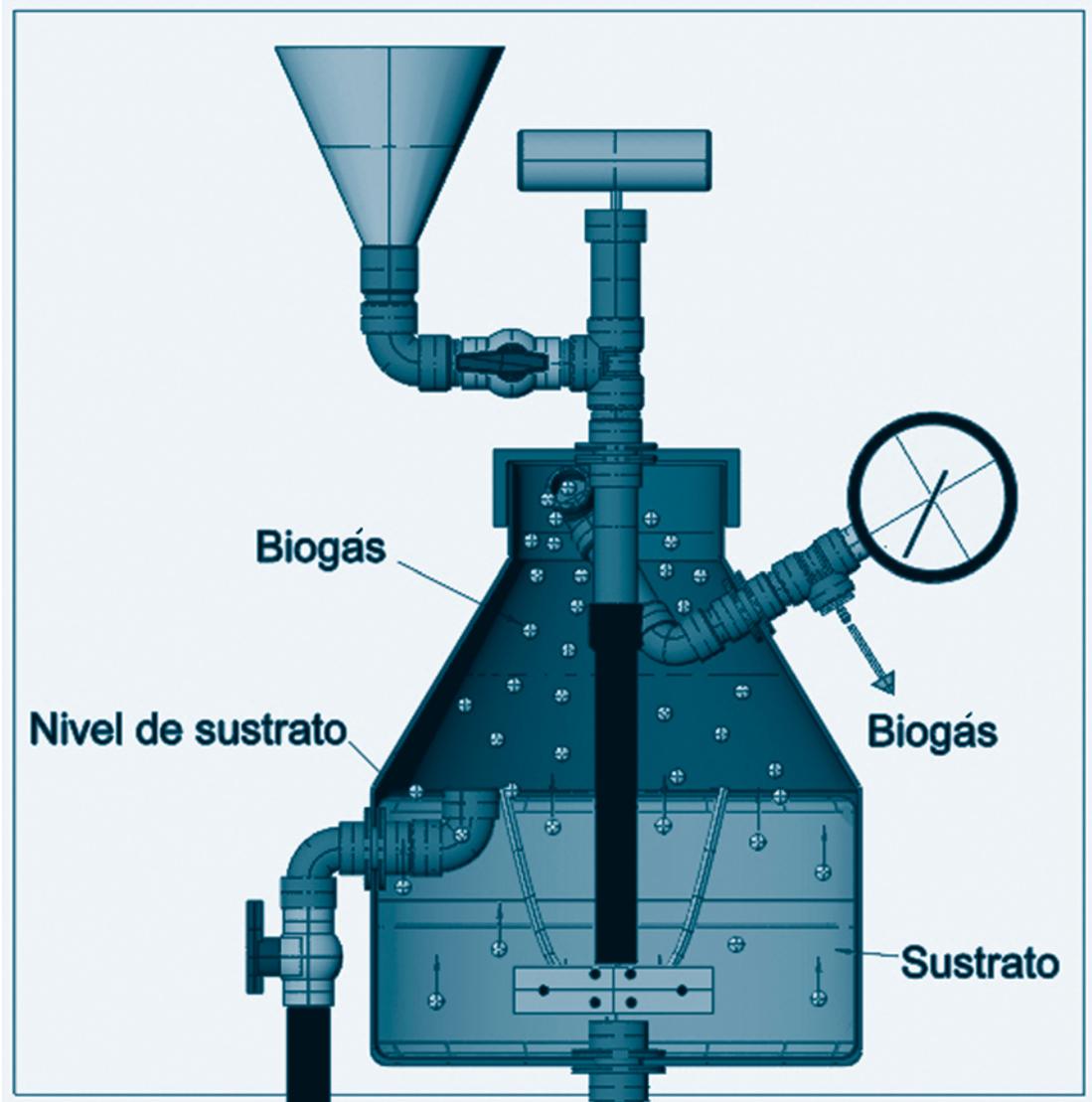
Todas las tareas que implican contacto o manejo de estiércol o de sustrato, se realizan, en lo posible, al aire libre, utilizando guantes descartables y barbijos.

fugas.

d. Renovación total del sustrato

Efectuamos esta operación cada 6 ó 12 meses de producción continua de biogás:

- Abrimos el paso de gas, para evacuar el gas interior.
- Desenroscamos la tapa y dejamos escapar el biogás remanente.
- Retiramos todo el bioabono.
- Volvemos a cargar el biodigestor, tal como si se tratara de una primera carga.



Es interesante que repararnos en que el funcionamiento del biodigestor se debe a la combinación de un componente material (el reactor) y un componente de vida (el sustrato). Sin el componente material no lograríamos la hermeticidad necesaria para la anaerobia del proceso, anaerobia requerida para que tomen vida las bacterias productoras de biogás en el proceso tan particular de fermentación, bacterias que igual siguen trabajando y produciendo biogás cuando aumenta la presión del sistema. Para que tomen vida estas bacterias, es posible que pasen 5, 10, 20 días, según la temperatura a que se encuentre el biodigestor; más alta es, más rápidamente comienza la producción de biogás.

Podemos concluir, en este caso, que el funcionamiento del sistema basándose en los objetivos propuestos, comienza luego de confinar herméticamente al sustrato dentro

del reactor y termina cuando las bacterias específicas no disponen de materia orgánica de la cual extraer el carbono necesario para la producción de metano.

Entonces, las moléculas de gas formadas abandonan el seno del sustrato, para dirigirse a la parte superior del reactor; allí, se acumulan y generan presión hasta que el gas es utilizado.

El ensayo y el control

Planifique los ensayos verificando los días necesarios para que se produzca la fermentación y la consiguiente producción de gas.

Muchos de los ensayos prueban distintas combinaciones de carga, las cuales deben ser registradas en una planilla de este tipo:

Combinación	Peso húmedo	Peso seco	Precompostado	Tiempo de arranque	Gas producido
1					
2					

Para un **ensayo modelo**, usamos restos de cocina (cáscaras de frutas, verduras, cáscaras de huevos, carne, yerba usada), restos vegetales (flores, hojarasca) y, aproximadamente, 0,5 kg de excremento animal, como materia digerible. En total, disponemos de 5 kg de desechos.

Dejamos estos restos en contacto con el aire libre durante 7 días (precompostado), para obtener una fermentación aeróbica que permita que la masa de desechos aumente levemente su temperatura. Luego, agregamos

10 litros de agua y cerramos la boca de carga.

Dentro de los 10 a 15 días comienza la generación de gases. En el manómetro se registra, entonces, un cambio en la presión.

Para el cálculo del volumen de gas, utilizamos el prototipo como un biodigestor de campana fija; esto nos permite disponer de dos datos con los cuales resulta posible calcular el volumen de biogás generado: la presión y el volumen libre del digestor.

Producción de biogás proveniente de diferentes recursos ²⁷	
Tipos de residuos orgánicos	Volumen de biogás [m ³ /kgMS]
Orujos agrícolas, cerveceros, de zumo o bodegas	0,42 a 0,50
Residuos de matadero y de la transformación de pescado	0,34 a 0,71
Residuos "verdes" de jardinería y agrícola	0,35 a 0,46
Residuos alimenticios de animales	0,32 a 0,80
Orujos de la destilación de papa y cereales	aprox. 0,48
Residuos orgánicos domésticos	0,40 a 0,58
Residuos de separadores de grasa (gastronomía, restauración)	0,70 a 1,30
Purinas agrícolas	0,22 a 0,55
Fango de procesos de depuración	0,45 a 0,55

²⁷<http://www.passavant-esp.com/>

4. EL EQUIPO EN EL AULA

Nuestro entorno está plagado de objetos que parecen innecesarios, o hasta fuera de tiempo y espacio. Estos objetos están definidos por la moda y por la casi inevitable compulsión al consumo y suelen ocultar las necesidades reales, hasta el grado de convencer a muchas personas de que sólo es posible proyectar nuevos autos o artículos electrónicos.

Simultáneamente, se configura un segundo camino de producciones tecnológicas sustentadas en variables sociales, económicas y ecológicas, respetuosas unas de otras, de manera tal de garantizar un espacio digno para vivir.



En esta segunda dirección marcha el **biodigestor**. A través de él tratamos de integrar situaciones ecológicas desfavorables, problemáticas sociales, biotecnología, técnica, energía y economía.

Trabajar con este recurso didáctico constituye, entonces, una oportunidad de enseñanza que pocas veces se da; y es la realidad la que la propicia.



El recurso didáctico que proponemos permite que nuestros alumnos construyan, integren y recuerden nuevos conocimientos, y que comprendan un proceso activo "útil" - tan activo y tan útil que es posible su uso cotidiano-.

Para concretar estos resultados de comprensión, construcción y recuerdo, los profesores generamos situaciones problemáticas. A continuación, le presentamos algunas.

El biodigestor forma parte de ellas; pero, no es centro de la tarea de enseñanza ni de la de aprendizaje (Como decíamos, un objeto encierra muchas dimensiones; y, organizar nuestra clase en función del equipo -destacando sus aspectos técnicos y desatando un proceso de investigación sobre él- nos haría correr el riesgo de distanciarnos de la investigación de otros problemas urgentes). Porque, la importancia estratégica del recurso didáctico biodigestor radica, precisamente, en todos aquellos lazos que puedan establecerse, a partir de él, con distintos ámbitos sociales y en las soluciones que el equipo provoca en éstos, concibiendo a este producto tecnológico como herramienta mitigadora de problemas ecológicos.

El biodigestor, históricamente concebido como productor de gas para la obtención de energía, tiene hoy otras funciones que, tal vez, en su momento, no fueron tenidas en cuenta ni concentraron la importancia que alcanzan en la actualidad.

En la Argentina actual, que nuestros alumnos se encuentren con un biodigestor en funcionamiento es muy difícil.

En otras culturas, esta situación es totalmente diferente. En Asia, un alto porcentaje de familias tiene un biodigestor en su casa; y no desde hoy sino desde hace siglos. Los campesinos alemanes del siglo pasado desarrollaron y aplicaron esta tecnología con el objetivo de obtener gas para consumo en sus hogares y para hacer funcionar los tractores para la labranza de los campos; y, hoy por hoy, son ellos los que ofrecen soluciones tecnológicas a gran escala para obtener todo tipo de energías renovables, entre ellas a partir de la biodigestión anaeróbica de desechos.

La tecnología del biodigestor no es vista como necesaria por muchos sectores de nuestro país. Los motivos pueden ser varios; entre ellos, la falta de exigencia por cumplir con las normas ambientales existentes y, en muchos de los casos, la imposibilidad para comprender que existen tecnologías apropiadas a implementar en pequeñas escalas.

El desafío es importante. El manejo de desechos no está incorporado en nuestra cultura; no es cotidiano ni en la ciudad ni en el campo tomar de la vía pública una bolsa de residuos que ha sido rota, colocarla en otra y depositarla en nuestras casas hasta el momento en que el servicio de recolección pase; tampoco es común, en el campo, tomar una pala, un balde y dirigirnos al corral a recolectar el estiércol fresco que necesitamos para la carga diaria del biodigestor.

Integrar un biodigestor nos da la oportunidad de cumplir las leyes y de dejar de lado individualismos; porque, una solución indi-

vidual como es la producción de gas, encierra una solución para otros, ya que involucra a una persona que procesa sus residuos y que, por lo tanto, hace algo por el ambiente y hace algo por nosotros. El desafío del proyectista es pensar las soluciones "individuales" como soluciones globales necesarias hoy, posicionándonos en tiempos y espacios correctos.

¿Cuáles son los problemas individuales que el biodigestor ayuda a superar? En el campo, son la falta de energía, la higiene del lugar, el olor reinante y la obtención de un producto útil con valor agregado. Cada uno de estos problemas individuales no deja de ser global: La producción de biogás sustituye el uso de combustibles fósiles; la fermentación anaeróbica de los estiércoles permite que éstos se transformen en un producto reutilizable como fertilizante o como alimento de animales, reduciendo el impacto en el ambiente, los olores y las bacterias que influyen en la salud de todos; cada componente aporta a la problemática de las energías alternativas, al desarrollo urbano, al desarrollo rural y a la conservación del medio ambiente, en busca del bien común.

"El equipo en el aula", esta última parte de nuestro material de capacitación, tiene un significado muy especial: por un lado, el producto tecnológico siempre estuvo presente en el aula; aunque, aún, no se había concretado físicamente, ya estaba en partes en cada cabecita de nuestros alumnos, hasta que se pudo unir y, de esa manera, plasmar en un prototipo. Por este motivo, "El equipo en el aula" no significa conclusión, siempre fue un equipo en el aula, desde que se comenzó su concepción -incentivada por los problemas-,

hasta su plasmación material como respuesta de solución.

Es posible que los problemas planteados hayan concluido en la materialización del equipo; pero, también es posible que se hayan desarrollado en el aula propuestas que no incluyen el equipo; o que el interés se haya basado en resolverlo técnicamente - oportunidad que no debemos descartar, como tarea de rediseño sobre el equipo biodigestor disponible-.

Cualquiera haya sido el camino -con equipo, sin equipo; con este equipo o con otro-, consideremos dos propuestas.

Lo cotidiano no es mágico; hay que solucionarlo

Los alumnos de Diseño, durante la unidad didáctica "Biodigestor, una alternativa para los residuos urbanos", están desarrollando estas actividades, atravesadas por el eje "¿Somos responsables?".

1. Identifiquen los residuos producidos diariamente en casa.
2. Describan lo cotidiano. ¿Cómo producimos esos residuos? ¿Qué hacemos con ellos? ¿Qué elementos intervienen para deshacernos de ellos?
3. Categoricen aquellos que se pueden manipular y aquellos con los que, prácticamente, no tienen contacto.
4. Realicen una nueva categoría: los orgánicos y los inorgánicos reciclables.
5. Determinen la existencia de una línea de flujo de los residuos orgánicos e inorgánicos en su región.
6. Reconstruyan qué sucede con los residuos en la región seleccionada. Para esto, utilicen las herramientas gráficas y de modelado (maquetas) que crean necesarias, o realicen una instalación que represente esta situación.
7. Traten de realizar un gráfico más detallado de cómo los líquidos abandonan su casa. Agudicen su ingenio o consulten a un plomero.
8. ¿Cuál es el destino final de ellos?
9. Analicen cada uno de los destinos y traten de relacionarlos con el biodigestor que disponemos en el aula.
10. Uno de los destinos, por sus características y tamaño, presenta relaciones importantes con el biodigestor. Los invito a rediseñar el dispositivo identificado²⁸ sin perder sus funciones originales, pero considerando que de él debemos obtener biogás.
11. El rediseño debe aportar las condiciones generales para instalarlo en una zona urbana. Consideren como unidades: una casa con cuatro habitantes, un edificio de diez departamentos o una manzana. No descarten la utilización de los residuos sólidos orgánicos como carga del biodigestor (afluentes, efluentes, tamaño del biodigestor, red de gas, etc.).
12. El rediseño debe ser acompañado por las normas de gestión de los residuos, establecidas ya sea para una vivienda, un edificio o una manzana (por ejemplo:

²⁸ Fosa séptica y pozo negro o, si existe, planta depuradora.

utilizar sólo material de limpieza biodegradable, no arrojar materiales plásticos por el inodoro, separar *in situ* residuos orgánicos y reciclables, etc.).

13. Desarrollen toda la información técnica necesaria para su ejecución.
14. Analicen los costos que su construcción demandaría.
15. Difundan el proyecto desarrollado.

16. Utilicen el biodigestor para comprobar la producción de biogás según las proporciones de los distintos residuos. Tomen como referencia los ensayos que realizamos.

Usted accedió a estos ensayos en la tercera parte de este material de capacitación.

Como material de apoyo para esta experiencia es posible integrar: ▼

Afluentes líquidos de los domicilios

La construcción de pozos ciegos como alternativa de depósito a los afluentes líquidos de los domicilios es muy común en nuestro país.

Su construcción, muchas veces, era realizada por idóneos, hasta que comenzaron a construirse algunos elementos en premoldeado.

Esta práctica no se ha perdido. Aún encontramos regulaciones municipales con respecto a este sistema en ciudades importantes de la provincia de Buenos Aires, por lo que es oportuno conocer su operatoria.

Fosas sépticas²⁹

Una fosa séptica tendrá una capacidad interior mínima de 750 litros de 250 litros por persona hasta 10 ocupantes; de 200 litros por persona entre 10 y 50 ocupantes y 150 litros por persona cuando exceda de 50 ocupantes.

En casos de cámaras sépticas hechas en el lugar, la altura del líquido dentro de la fosa oscilará

entre 1,00 m y 3,00 m, dejando entre el nivel superior del líquido y la cara inferior de la tapa un espacio libre de 0,20 m.

El conducto de entrada de las aguas servidas a la fosa deberá quedar sumergido en el líquido por lo menos en una profundidad no menor de 0,40 m, ni mayor de 0,80 m; iguales características tendrá el caño de salida.

La tapa o cubierta de la fosa tendrá una boca de acceso de 0,60 m x 0,60 m, con ajuste hermético.

Esta fosa séptica puede ser sustituida por un pozo de 1,00 m de diámetro y unos 3,00 m de profundidad que llene las mismas características de la cámara.

A corta distancia de la fosa y formando un conjunto con ella se ubicará el pozo absorbente. Sólo puede haber fosa séptica en radios de la ciudad no servidos por redes cloacales.

Pozos negros

Un pozo negro distará no menos de 1,50 m de la línea divisoria entre predios y de la

línea municipal. Además, distará no menos que 10 m de cualquier pozo o perforación de captación de agua propio o de predio vecino.

La profundidad de un pozo podrá llegar hasta la capa freática y su fondo no alcanzará al estrato impermeable que sirve de techo a la primera capa semisurgente.

El pozo tendrá bóveda o cierre asentado en suelo firme ejecutado en albañilería de 0,30 m de espesor mínimo o de hormigón armado de no menos de 0,10 m de espesor.

El conducto de descarga al interior del pozo terminará acodado en forma recta con la boca vuelta abajo y distanciada no menos de 0,40 m del paramento.

El pozo tendrá ventilación por conducto de 0,10 m de diámetro interior como mínimo y rematará del modo establecido en "Ventilación de baños y retretes por conducto".

Sólo puede haber pozo negro en los radios de la ciudad no servidos por las redes cloacales.

²⁹Este ítem "Fosas sépticas" y el que sigue "Pozos negros" están extraídos de: "Contralor de obras particulares. Código de edificación de la ciudad de Bahía Blanca. De la ejecución de las obras. Del apartado 3.8. De la ejecución de las instalaciones complementarias": http://www.bahia blanca.gov.ar/ciudadano/edificacion/adm_38.html

Servicio sanitario de los hogares, por provincia
Total del país
-2001-³⁰

Provincia	Hogares	Tipo de servicio sanitario			
		1	2	3	4
Total país	10.073.625	4.754.438	2.447.126	1.173.263	1.698.798
Ciudad de Buenos Aires	1.024.231	998.006	3.998	2.346	19.881
Buenos Aires	3.920.985	1.691.367	1.049.768	598.010	581.840
Partidos del Gran Buenos Aires	2.384.682	894.226	708.673	367.226	414.557
Resto Buenos Aires	1.536.303	797.141	341.095	230.784	167.283
Catamarca	77.755	24.174	25.901	8.395	19.285
Chubut	114.694	77.708	14.738	5.970	16.278
Córdoba	877.065	254.462	460.585	68.015	94.003
Corrientes	225.878	101.095	34.386	18.088	72.309
Entre Ríos	316.651	174.687	53.444	41.578	46.942
Formosa	114.349	26.120	24.699	4.418	59.112
Jujuy	141.559	69.013	17.041	9.088	46.417
La Pampa	91.656	41.435	32.165	12.438	5.618
La Rioja	68.379	26.927	21.785	5.402	14.265
Mendoza	410.332	232.148	77.755	46.415	54.014
Misiones	234.899	28.838	80.506	22.336	103.219
Neuquén	128.313	83.020	22.123	7.901	15.269
Río Negro	154.405	80.482	34.932	13.532	25.459
Salta	241.279	128.031	23.446	9.683	80.119
San Juan	148.869	31.956	53.155	35.817	27.941
San Luis	101.623	46.207	29.776	12.169	13.471
Santa Cruz	53.825	38.191	8.499	2.834	4.301
Santa Fe	872.132	373.029	204.381	175.845	118.877
Santiago del Estero	178.160	28.780	49.313	13.709	86.358
Tierra del Fuego	27.812	24.999	601	685	1.527
Tucumán	310.674	123.917	61.074	41.498	84.185

1. Inodoro con descarga de agua y desagüe a red pública.
2. Inodoro con descarga de agua y desagüe a cámara séptica y pozo ciego.
3. Inodoro con descarga de agua y desagüe a pozo ciego u hoyo, excavado en la tierra.
4. Inodoro sin descarga de agua o sin inodoro.

³⁰Instituto Nacional de Estadística y Censos -INDEC- (2001) *Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2001*. Buenos Aires.

Según el censo del año 2001, el 60 % de los hogares de nuestro país no cuenta con un sistema de recolección de residuos líquidos domiciliarios -comúnmente, cloacas-, lo que representa 5.319.187 casas. Siguiendo con los mismos datos, casi un 17 % utiliza un inodoro sin descarga de agua o, directamente, no tiene inodoro (1.700.000 hogares).

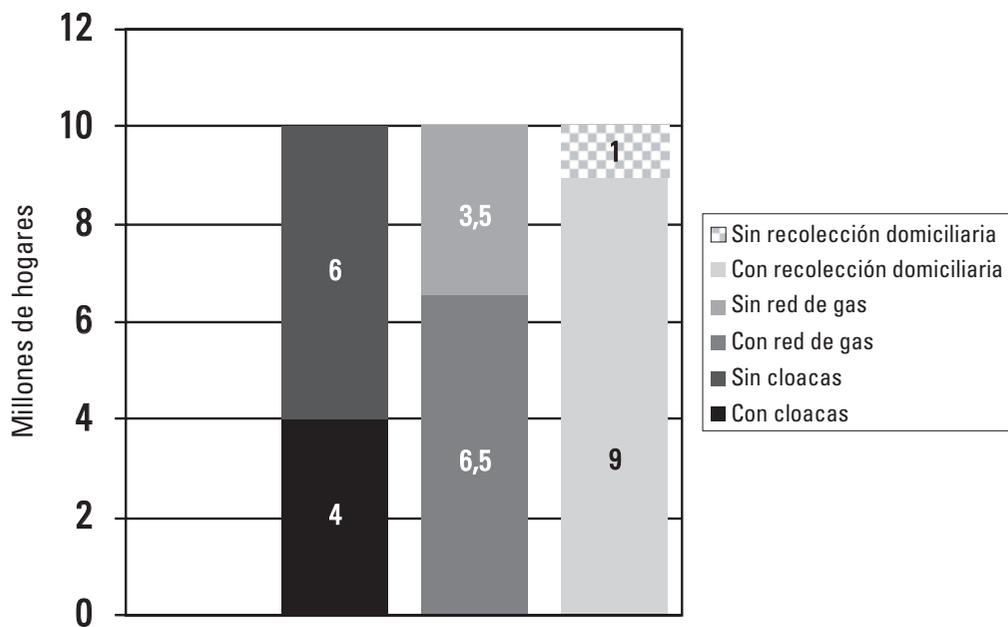
En Formosa, por ejemplo, de 114.349 hogares, 59.112 casas no disponen de cloacas, lo que constituye un 50 % de la población. Algo similar encontramos en Santiago del Estero: De 178.160 hogares, 86.358 de ellos están en estas pésimas condiciones.

Completemos estos datos con la disponibili-

dad energética. Según el INDEC, en el censo del año 2001, en el ítem "Hogares particulares con situaciones de precariedad habitacional", encontramos un indicador que determina que el 8,30 % de la población no tiene gas en red ni envasado; para Formosa, el indicador dice que el 37 % de los hogares está en las mismas condiciones y, en Santiago del Estero, un 44,70 % de sus hogares no cuenta con este servicio energético.

Para ser más precisos en este sentido, concluimos que, de los 10 millones de hogares encuestados en el 2001, sólo 6.586.815 hogares tienen red de gas domiciliaria; un 35 % de los hogares no lo tiene. Paralelamente, un 10 % de hogares no recibe el servicio de recolección de residuos.

Hogares/Cloacas/Red de gas/Recolección de residuos



¿Qué significa no contar con un sistema depurador? Por razones económicas, en nuestro país prolifera el sistema compuesto de fosas sépticas y pozos ciegos para la disposición de residuos líquidos, principalmente domiciliarios.

El sistema soluciona lo inmediato del problema -el ubicarlo "afuera"-; pero, no la disposición final. Los pozos se llenan y hay que vaciarlos con camiones cisterna que extraen un líquido viscoso, un barro altamente contaminado, para el cual es necesario prever un destino final.

Dada esta situación, se puede producir:

- que los barros extraídos se encuentren en las proximidades de una red cloacal con destino a una planta de tratamiento para su saneamiento, diseñada con margen suficiente para absorber afluentes adicionales; o

- que esa posibilidad no exista.

En el primer caso, si se vierten los lodos extraídos de las fosas sépticas en algún punto de la red cloacal, éstos van a recibir el tratamiento de saneamiento. Pero, si esta posibilidad no existe, lo que se hace en la práctica es verter los lodos -aunque esté prohibido- en cualquier lado, sea una pequeña corriente de agua, una laguna o a campo abierto.

Hoy existen asentamientos humanos, sean periféricos de ciudades importantes o poblados de escasos recursos, que no pueden acceder a un sistema tradicional de saneamiento, por lo cual siguen utilizando un tipo de sistema que, al vaciarse, traslada el problema a otro lugar.

Como testimonio con relación a este tema, es posible leer con nuestros alumnos:

Diario Los Andes. Mendoza. 12 de abril de 2002

CASI NUEVE MIL VECINOS SEGUIRÁN SIN CLOACAS³¹

(...) Hace unos 30 días se paralizó la construcción de la red de cloacas y, según Obras Sanitarias, se reiniciarán dentro de tres meses.

(...) "Si la empresa no cumple, acudiré a la Justicia". Los vecinos también están enojados y se desesperan al pensar que seguirán soportando los malos olores, los camiones atmosféricos desagotando los pozos sépticos y la infinidad de problemas que acarrea no tener un sistema de desagües cloacales.

(...) una de las 8.700 damnificadas por la medida, dijo: "Son tantos años viviendo en esta casa que cada vez tenemos que pedir más seguido que vengan a vaciar el pozo. Es insoportable." Beatriz (...) pensaba que pronto dejaría de temer por la salud de sus dos hijos: "Nadie puede imaginarse lo difícil que es vivir sin cloacas teniendo chicos pequeños y pensando en el riesgo que

corren".

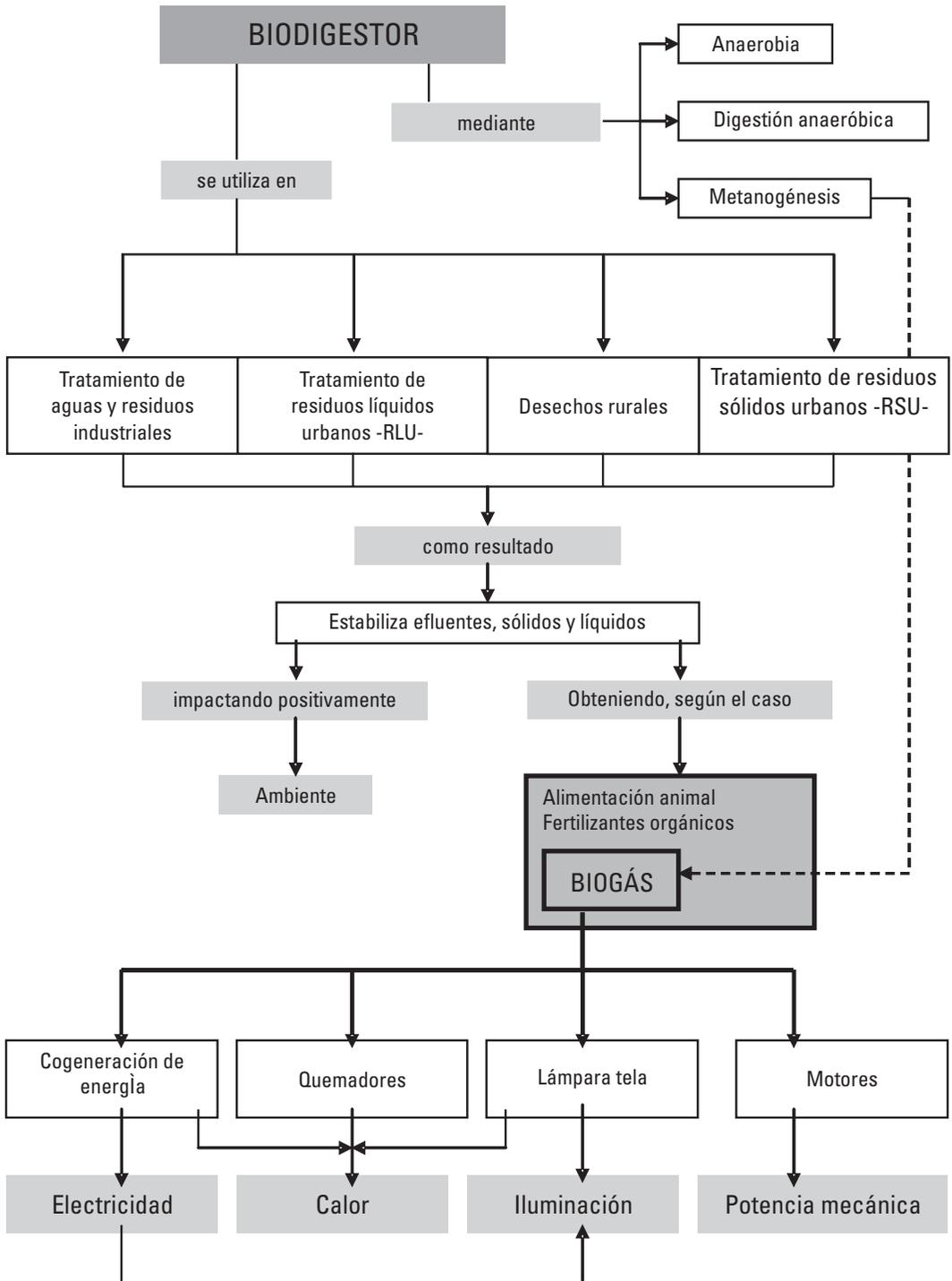
(...) La red proyectada recorrerá unos 4 kilómetros desde la Diagonal Pellegrini, en plena zona céntrica, hasta calle La Marzolina y, desde ahí, al sur. Todas arterias asfaltadas y, en algunas partes, de cemento.

Otro de los obstáculos que dificulta el tendido de la red es que en la ciudad se encuentra una arboleda de plátanos declarada patrimonio histórico y muchos creen que podría ser perjudicada.

(...) Al parecer, ésta es una historia de nunca acabar. Primero fue el lugar de la pileta purificadora en La Marzolina que estaba rodeado de fincas y perjudicaba a los agricultores. Las reuniones para modificar la ubicación se hicieron moneda corriente. Tantas fueron las idas y venidas, que la decisión fue tomada durante un polémico encuentro en el Concejo.

³¹ Artículo de Verónica Iglesias, para el diario Los Andes, de Mendoza:

http://www.losandes.com.ar/2002/0412/departamentales/nota69546_1.htm



Consideremos otra actividad, relacionada con los problemas que los alumnos están resolviendo en torno a "Producción ganadera, cambio climático y biogás" y "Engorde tecnológico: *Feedlot*".

Las chimeneas de la producción ganadera

Cambiamos de ámbito; ahora, nos instalamos en el campo. Pero, el cambio de ámbito no significa que los problemas cambien; al contrario, mantienen similitudes muy importantes.

Busquemos en nuestro medio la existencia de unidades productivas de animales y/o de subproductos, no a modo de rastreo de culpables, sino como diagnóstico de la situación a partir de la cual es posible generar una solución tecnológica para mitigar los problemas que causan los residuos que comúnmente -generacionalmente y/o culturalmente- eran considerados benignos, pero que ya no son concebidos como tales.

En tal sentido, no importa la cantidad de animales, pero sí la existencia de la gestión del residuo; esto es, la existencia de un sistema de recolección y tratamiento. En nuestro caso, nos detendremos en el manejo de los desechos que se realiza en cada unidad productiva donde el animal, vacuno, ovino, caprino, etc. es la fuente de producción de materia prima para otros productos o el producto mismo.

Teniendo en cuenta alguna de las unidades económicas productivas de base animal de la región:

1. Determinen qué tipo de producción es: ¿Láctea, o producción de carne extensiva o intensiva? ¿De qué especie animal? Especifiquen la cantidad de animales y su finalidad en la unidad productiva.
2. Ubíquenla en un mapa. Indiquen a qué distancia se encuentra del casco urbano. Marquen ríos, arroyos y accesos.
3. Realicen un croquis del lugar, sin que falte la ubicación de corrales, galpones y casa de los residentes del lugar.
4. Describan la infraestructura de corrales y accesoriosn
5. Si es posible, caminen por las inmediaciones del campo y obsérvenlo detenidamente. ¿Hay lagunas? ¿Pisaderos con mucho barro? Ubíquenlos en el croquis. Describan todo.
6. Con sus palabras, traten de describir los olores. ¿Reconocen alguno?
7. ¿Observan algún tratamiento especial de los desechos? Por ejemplo, alguna pila de estiércol, algún lugar donde quedaron indicios de una quema. Ubiquen el lugar en el croquis.
8. Si no observan ningún tratamiento especial de los desechos, indaguen sobre el fin que éstos corren.
9. Basándose en el número de animales, estimen la cantidad de estiércol que se deposita diariamente.
10. Con toda la información recabada y las herramientas disponibles, realicen un diagnóstico de la situación del lugar, indicando los peligros observados, tanto para el medio como para los habitantes.

11. Desarrollen una propuesta de aprovechamiento energético del estiércol generado en el lugar.
12. Desarrollen la normativa del manejo del estiércol sobre la base del funcionamiento de un biodigestor en el lugar.
13. Diseñen el biodigestor, basándose en el

consumo de biogás necesario y del estiércol disponible. Utilicen el prototipo de biodigestor que tenemos en el aula como herramienta soporte para este nuevo desarrollo.

Para esta línea de trabajo resulta útil un material de apoyo como:

Diario Infobae. Enero 2, 2004

FEEDLOT: LLEGA EL MOMENTO DE PENSAR EN LA GESTIÓN AMBIENTAL³²

Si usted es un potencial inversor en negocios agropecuarios, y alguien le propone invertir en la construcción de un feedlot en una zona donde llueven más de 1.200 mm al año, está a menos de 5.000 metros de una zona urbana, a menos de 1.000 de una ruta y la napa freática se encuentra a menos de un metro de profundidad, desconfíe. No sólo perderá dinero en lo productivo sino que, además, este feedlot no tendrá viabilidad ambiental, ya que no cumple con las exigencias mínimas que se piden en otros países.

El técnico del INTA Anguil, Aníbal Pordomingo, acaba de publicar un libro titulado *Gestión ambiental en el feedlot. Guía de buenas prácticas*, en el cual hace un repaso de las exigencias en países con historia feedlotera como son Australia y los Estados Unidos, para

habilitar este tipo de producciones, en función del impacto ambiental.

Dicho impacto está dado por la concentración de animales en espacios relativamente reducidos. Para el diseño de un feedlot se calculan entre 15 y 20 metros cuadrados de corral por cada animal a encerrar. Quiere decir que 5.000 cabezas que, en una invernada, requerirían de 2.000 a 2.500 hectáreas de pasturas y verdes, en un feedlot caben en 7,5 a 10 hectáreas.

La concentración de heces en un área tan reducida tiene un impacto en el ambiente; básicamente, por posible contaminación de las napas, los cursos de agua y la presencia de olores desagradables para las personas.

A continuación, un trayecto de la *Guía de buenas prácticas*³³:

MANEJO DEL ESTIÉRCOL

Dependiendo de la digestibilidad de la dieta, un *feedlot* de 5000 cabezas puede producir entre 6000 y 9000 toneladas de estiércol anualmente. Un novillo de 450 kg produce un promedio de 38 litros o 27 kg de excrementos húmedos (orina y heces) por día, con una variación del 25 %, dependiendo del clima, del consumo de agua y del tipo de dieta.

La reducción de la producción total de heces es el primer factor reductor de polución. Las dietas de baja fibra se caracterizan por digestibilidades mayores y menores emisiones.

1. Estimación de la producción

La estimación de la producción de heces está sujeta a las variaciones debidas al balance de nutrientes en función de los requerimientos del animal, de la digestibilidad, y del consumo de alimento y agua; pero, el factor de mayor incidencia es el peso vivo (PV, kg). Pero, a los términos del diseño del sistema se sugiere basar los cálculos en la ecuación que se detalla a continuación.

Si se asumen las relaciones presentadas abajo como

³²Diario Infobae: <http://www.infobae.com/infocampo/home/masinfo.html>

³³Extraemos de la obra algunos párrafos; usted dispone de la versión completa -en formato PDF, 1,45 Mb- en: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Anguil. www.inta.gov.ar/anguil/info/otras/feedlot.htm

valores medios aceptables, puede concluirse que un *feedlot* con capacidad para 1000 animales por año, un uso del 80 % de esa capacidad, un período de engorde medio de 320 días y un peso vivo medio de 350 kg, produce 852,5 toneladas de MS de estiércol/año.

Producción diaria de heces frescas = 3,4 a 3,8 % del peso vivo

Producción diaria de orina = 1,2 a 1,8 % del peso vivo

Contenido de materia seca en heces = 20 a 30%

Contenido de materia seca en orina = 3 a 4 %

Eficiencia de recolección = 70 %

Contenido de materia seca en estiércol = 70 %

En los *feedlots* comunes, a cielo abierto y piso de tierra compactada, se remueven las excretas sólidas una o dos veces al año. Desde producido hasta su recolección, se registra una evaporación significativa del material fecal, alcanzándose valores de 70 a 80 % de materia seca en la mayoría de los *feedlots* de climas subhúmedos y secos.

Se remueve, aproximadamente, una tonelada por animal y por año -estimación grosera y muy afectada por el tipo de animal, la dieta, el clima y la frecuencia de limpieza-. Con el desecado y el pisoteo de los animales, el material pierde volumen, se concentra y densifica, incrementándose su peso específico. Cuanto mayor es el período de permanencia de los excrementos en los corrales, mayores son las pérdidas de elementos móviles como el nitrógeno y el potasio, y menor es el valor fertilizante de este material.

Paralelamente, con la mayor permanencia promedio de las excretas en el corral se incrementan las emisiones de potenciales contaminantes del aire, del suelo y el agua. Aproximadamente, la mitad del nitrógeno y 2/3 del potasio contenido en los excrementos se encuentra en la fracción líquida. El fósforo excretado se encuentra casi en su totalidad en la excreta sólida. En ese contexto, la pérdida de los líquidos reduce el valor del excremento y expone el sitio a la contaminación.

En la medida en que la carga animal de los corrales se incrementa, aumenta la producción de heces por corral y la necesidad de limpiezas más frecuentes, por lo que aumenta la cantidad de material removido por animal, aunque es de menor peso específico.

2. Acumulación

La mayor acumulación de estiércol ocurre en los sectores adyacentes a los comederos.

En esas áreas, también el contenido de humedad es mayor. El ritmo de producción es mayor al de secado. En años lluviosos y, especialmente, en instalaciones con problemas de escurrimiento o drenajes, las limpiezas periódicas en el área anexa a los comederos reducen problemas de anegamiento, suciedad y expresión de afecciones de las patas y enfermedades.

El otro sector de alta concentración de heces es el contiguo a los bebederos, al que se le suman aportes de agua por orina. También aportan agua los rebaleses por desperfectos o salpicado que los animales producen. Las limpiezas frecuentes reducen las acumulaciones de material fecal húmedo y problemas posteriores.

Debajo de los alambrados o del cerco del corral ocurren también acumulaciones importantes de material fecal. Esa acumulación opera de embalse de aguas, obstruyendo el movimiento de la escorrentía en el momento de lluvias, por lo que produce el enlagnado de los corrales. Ese encharcado reduce el área de corrales, favorece el ablandamiento del piso, la infiltración y la erosión del suelo. Si persiste por mucho tiempo, ofrece un medio propicio para el desarrollo de bacterias, hongos e insectos (moscas, mosquitos, etc.), la producción de olores de fermentación y putrefacción, y el desarrollo de enfermedades de las patas.

El área de contacto entre el borde del guardapolvos o vereda de cemento o suelo cementado y el piso de tierra del corral suele ser otro espacio de erosión y acumulación de heces y agua. Es conveniente vigilar este sector permanentemente.

En caso de un deterioro visible, es necesario aportarle material de tierra y piedra o tosca, y compactarlo bien; de lo contrario, los animales lo remueven rápidamente.

Finalmente, en el sector de sombras, especialmente en las sombras dispuestas de este a oeste, se generan áreas de sombra permanente. En esos sectores se concentran los animales y la producción de heces es mayor que en otros. Puede ocurrir una acumulación importante de estiércol que será necesario remover o dispersar con mayor frecuencia que en el resto del corral.

5. LA PUESTA EN PRÁCTICA

Esta parte final de nuestro módulo de capacitación contiene un cuadernillo para la evaluación del recurso didáctico que le presentamos y, de las experiencias didácticas y contenidos propuestos a partir de él:

Esta evaluación tiene dos finalidades:

- Brindarle a usted, como docente que utiliza este material, la oportunidad de documentar el seguimiento de las actividades que realice con sus alumnos, a partir de nuestras propuestas y, en función de esta memoria de acciones, propiciar una reflexión acerca de los cambios, mejoras o enriquecimiento de su propia tarea de enseñanza.
- Obtener de su parte, como usuario de este material, información sobre todos los aspectos en torno a los cuales gira la propuesta.

Para este relevamiento de información, usted encontrará, a continuación, una serie de cuestionarios organizados básicamente en tablas o matrices para completar. Con los datos que usted exprese en ellos esperamos tener una realimentación que nos permita mejorar todos los componentes de la serie de publicaciones “Recursos didácticos” y enriquecerla con propuestas o documentación complementaria para aquellos docentes que planteen iniciativas, interro-

gantes o dificultades específicas con relación a la construcción del recurso didáctico, a las actividades de aula, a los contenidos científicos y tecnológicos, a la metodología de enseñanza, a los procedimientos incluidos, a la información sobre materiales y a otros aspectos.

Dada la importancia que esta información de retorno tiene para nuestro trabajo de seguimiento, mejora y actualización, le agradecemos que nos remita el cuadernillo con todas las observaciones, comentarios o sugerencias adicionales que nos quiera hacer llegar. Para ello puede remitirnos una copia, a través de correo postal, a

Área de Monitoreo y Evaluación –CeNET–
Oficina 112
Saavedra 789. C1229ACE.
Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
República Argentina.

O, si lo prefiere, solicitarnos el archivo electrónico de las páginas que siguen a evcenet@inet.edu.ar, enviándonos la versión digitalizada de sus respuestas a través del mismo correo electrónico.

Desde ya, muchas gracias.

Identificación del material:

Las dimensiones que se consideran para la evaluación del módulo de capacitación y del recurso didáctico son:

- | | |
|--|--|
| 1. Nivel educativo | 5. Documentación |
| 2. Contenidos científicos y tecnológicos | 6. Otras características del recurso didáctico |
| 3. Componentes didácticos | 7. Otras características del material teórico |
| 4. Recurso didáctico | 8. Propuestas o nuevas ideas |

1. Nivel educativo en el que trabajó el material:

Nivel educativo	EGB 2	EGB 3	Polimodal (*)			Escuela técnica (*)						Trayecto técnico- profesional (*)	Formación profesional (*)	Otra (*)	
			1	2	3	1	2	3	4	5	6				
Nivel en el que usted lo utilizó															

Asignatura/espacio curricular en el que usted lo utilizó:.....

(*) Por favor, indique la modalidad, la orientación, la especialidad, etc.

2. Contenidos científicos y tecnológicos trabajados:





3. Componentes didácticos:

3.1. Testimonios (situaciones problemáticas) presentados en el material

	Sí	No	Otro ¹
a. ¿Le resultaron motivadores para iniciar las actividades propuestas?			
b. ¿Le facilitaron el desarrollo de contenidos curriculares que usted tenía previstos?			
c. A su criterio, ¿están vinculados con el recurso didáctico que se le propone desarrollar?			
d. ¿Le facilitan la organización de situaciones didácticas para el trabajo de los contenidos científicos y tecnológicos propuestos?			
e. El nivel de las situaciones problemáticas que se plantean, ¿es el adecuado al nivel educativo para el que está previsto?			
f. En caso negativo, ¿permiten adecuaciones para ser trabajados en el nivel educativo de sus alumnos o en otro nivel educativo?			
g. Los testimonios iniciales, ¿permiten generar diferentes soluciones (soluciones tecnológicas o didácticas)?			

En caso que su respuesta sea negativa (en cualquier ítem), le pedimos que nos indique por qué (señale el número del ítem a que corresponde su comentario).....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Otro (indique el ítem al que corresponde el comentario):

.....

.....

.....

.....

.....

¹ Utilice esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la matriz.

3.2. Estrategias

A partir de la utilización de las propuestas de trabajo en el aula contenidas en el material y del recurso didáctico con el que se asocian, le solicitamos que nos indique (tomando como referencia su forma de trabajo anterior a disponer del material), cómo resolvió las actividades consignadas en la tabla siguiente:

3.2.1. Contextualización de la estrategia didáctica Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:	Mejor	Igual	No aplicado ²	Incorporado ³
a. Determinar las capacidades, habilidades, conocimientos previos necesarios para iniciar las actividades propuestas.				
b. Organizar, asociar, relacionar los conocimientos científicos y tecnológicos para resolver un problema tecnológico.				
c. Recortar (identificar) los contenidos científicos y tecnológicos a trabajar con sus alumnos para el desarrollo de un sistema/producto tecnológico como el propuesto por el material.				
d. Vincular estos conocimientos con los saberes previos de los alumnos.				
e. Establecer la secuencia adecuada de los contenidos científicos y tecnológicos, y de los procedimientos para generar una solución tecnológica (la propuesta por el material u otra diferente).				
f. Organizar una experiencia didáctica integrando conocimientos científicos y tecnológicos, metodología de resolución de problemas y procedimientos propios del trabajo tecnológico.				
g. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

²No aplicado: No lo hizo antes ni ahora con este recurso didáctico.

³Incorporado: Integró la estrategia a sus clases a partir de la utilización del recurso didáctico propuesto.





3.2.2. Desarrollo de la estrategia didáctica	Mejor	Igual	No aplicado	Incorporado
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
h. Encuadrar la tarea a partir de la formulación de uno (o varios) problemas.				
i. Explicitar consignas de trabajo que plantean una situación problemática.				
j. Organizar las actividades de aprendizaje atendiendo a las etapas propias de la resolución de problemas.				
k. Utilizar técnicas de trabajo grupal.				
l. Promover el trabajo colaborativo y cooperativo.				
m. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

3.2.3. Aspectos cognitivos (proceso de aprendizaje de sus alumnos)	Mejor	Igual	No aplicado	Incorporado
Con respecto a su forma habitual de trabajo, usted logró:				
n. Estimular a sus alumnos en la búsqueda de información e investigación en torno al problema eje del material.				
o. Promover la consulta a variadas fuentes de información.				
p. Rescatar, incorporar los aportes del grupo para identificar aspectos o variables críticas del problema.				
q. Evaluar los conflictos cognitivos propios del proceso de aprendizaje.				
r. Detectar, evaluar, la comprensión asociativa.				
s. Promover la reflexión sobre las actividades realizadas y las estrategias utilizadas en cada parte del proceso.				
t. Otras (que haya incorporado o hecho mejor con el recurso).				

4.1.2. ¿Realizó todo el proceso de construcción del recurso didáctico con sus alumnos? (Conteste este apartado en caso de que haya construido un equipo igual al propuesto. En caso contrario, pase al apartado 5 “Documentación”)

Sí	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4.1.3. En caso de que su respuesta sea afirmativa, le pedimos que nos indique:

	Sí	No
a. ¿Pudo seguir sin dificultades los procedimientos indicados en el “Manual de construcción”?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. La secuencia indicada, ¿fue la adecuada para la construcción?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. El grado de complejidad, ¿fue el apropiado para el nivel educativo a que se dirige el recurso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Los contenidos científicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Los contenidos tecnológicos asociados, ¿son pertinentes para el desarrollo del recurso propuesto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Con sus alumnos, ¿construyó el recurso didáctico siguiendo el proceso y la metodología de resolución de problemas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. ¿Siguió todos los procedimientos propuestos para la construcción pero incorporó sus propios contenidos científicos y tecnológicos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Por el contrario, ¿hizo adaptaciones en los procedimientos de construcción pero mantuvo los mismos contenidos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. ¿Realizó la construcción siguiendo las actividades de aula propuestas en el material?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j. ¿Diseñó sus propias experiencias en función de su grupo de alumnos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Sí	No
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

¿Completó todas las etapas del proceso de construcción propuesta?

En caso negativo, indíquenos a qué fase llegó:

a. <input type="checkbox"/> Planificación.	b. <input type="checkbox"/> Diseño en dos dimensiones.
c. <input type="checkbox"/> Construcción, armado.	d. <input type="checkbox"/> Ensayo y control.
e. <input type="checkbox"/> Superación de dificultades (evaluación del funcionamiento, siguiendo las indicaciones y la lista de control que brinda el material).	
f. <input type="checkbox"/> Construcción de otro equipo que se adapta más a sus necesidades curriculares (Si marcó esta alternativa, lo invitamos a responder, directamente, el apartado 4.1.5.).	

4.1.4. Complete este ítem sólo si realizó el proceso de construcción del equipo siguiendo los procedimientos indicados en el Manual. Si no fue así, lo invitamos a responder el apartado 4.1.5.

Acerca de los materiales, herramientas e instrumentos:

	Sí	No
a. La especificación de los materiales para la construcción, ¿fue suficiente para conseguirlos?		
b. ¿Utilizó los mismos materiales (en calidad y tipificación) indicados en la documentación?		
c. ¿Reemplazó materiales, instrumentos, componentes, piezas, etc., sin alterar el resultado final previsto en el material?		
d. La especificación de las herramientas a utilizar, ¿le resultó adecuada?		
e. La cantidad de herramientas indicadas, ¿fue la necesaria?		
f. Los instrumentos, ¿estuvieron bien especificados?		
g. El tipo y cantidad de instrumentos, ¿fueron los adecuados para armar el recurso didáctico?		

4.1.5. En caso de que usted haya construido un recurso didáctico diferente al propuesto por el material de capacitación, le pedimos que nos indique si la razón fue:

<p>a. <input type="checkbox"/> El propuesto no se ajustaba a sus necesidades curriculares.</p>	<p>b. <input type="checkbox"/> No pudo conseguir los materiales o instrumentos indicados.</p>
<p>c. <input type="checkbox"/> No pudo interpretar el manual de construcción.</p>	<p>d. <input type="checkbox"/> Otra (Por favor, especifíquela).</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>



4.1.6. ¿Qué características específicas destacaría en este recurso didáctico diferente al propuesto por el material, que sus alumnos han construido. (Marque todas las opciones que considere necesarias):



a. Se ajusta mejor a los contenidos curriculares que necesita trabajar.

b. Es más económico.

c. Permite su reutilización (mediante el desarme y armado, en función de necesidades didácticas).

d. Es más adaptable (a diversos usos).

e. Otra (Por favor, especifique):

.....
.....
.....
.....

f. Descripción del recurso didáctico construido:

.....
.....
.....
.....
.....

g. Indique las principales diferencias con el equipo propuesto (estructurales, funcionales, didácticas):

.....
.....
.....
.....
.....



4.2.2. Ya sea que haya desarrollado el recurso didáctico con sus alumnos según las especificaciones del material, ya sea que haya construido otro diferente o que haya utilizado un equipo ya construido, en relación con las actividades que usted venía realizando, la utilización del recurso didáctico propuesto por el material le permitió (seleccione la opción que coincida con sus experiencias):

Con respecto a su forma habitual de trabajo, este recurso didáctico le permitió a usted, como docente:	Mejor	Igual	No aplicable ⁴	Otro ⁵
a. Integrar contenidos científicos y tecnológicos en la solución de situaciones problemáticas de carácter tecnológico.				
b. Diseñar situaciones de enseñanza y de aprendizaje centradas en la resolución de problemas tecnológicos.				
c. Planificar y promover en sus alumnos la organización del trabajo (planificación y secuenciación de tareas), según el proceso tecnológico.				
d. Favorecer la identificación de aspectos o variables críticas de una situación problemática.				
e. Organizar las actividades de manera que facilite la toma de decisiones por parte de los alumnos (determinación y selección de alternativas, opciones de diseño, materiales, etc.).				
f. Organizar la actividad de sus alumnos en función de soluciones diversas a los problemas planteados.				
g. Agregue otras que usted considere haber logrado de una mejor manera con este recurso didáctico				

⁴ NA: No aplicable; es una actividad que no realizó antes ni ahora.

⁵ Otro: Recuerde utilizar esta opción para indicar que agregará comentarios al final de este sector de la tabla.

Con respecto a su forma habitual de trabajo, este recurso le permitió a los alumnos (habilidades intelectuales):	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
Capacidad de planificar				
h. Identificar variables o aspectos fundamentales de un problema tecnológico.				
i. Organizar su trabajo en etapas (identificar y seguir la secuencia de operaciones de un proceso).				
j. Ejecutar las actividades en los plazos o etapas previstas.				
k. Seleccionar materiales, herramientas y piezas, de acuerdo con las necesidades del diseño.				
l. Anticipar y resolver dificultades que podrían surgir en el proceso.				
m. Prever puntos críticos de todo el proceso.				
n. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				
.....				





Capacidad para tomar decisiones	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
o. Analizar alternativas en función de un problema.				
p. Seleccionar alternativas en función de las restricciones planteadas en el problema, o en el contexto de enseñanza y de aprendizaje.				
q. Adecuar la propuesta para la solución del problema planteado.				
r. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				

Capacidad de aplicar y transferir	Mejor	Igual	No aplicable	Otro
s. Interrelacionar los datos, técnicas y procedimientos en el diseño de la solución.				
t. Utilizar técnicas de representación adecuadas al equipo que se construye o en el ya construido que se utiliza.				
u. Integrar los conocimientos científicos y tecnológicos en los momentos pertinentes para el diseño de la solución.				
v. Relacionar, ensamblar componentes en la secuencia adecuada.				
w. Utilizar de manera correcta la simbología y los lenguajes propios de la tecnología (representación gráfica, simbólica, etc.).				
x. Transferir conocimientos científicos y tecnológicos en otras actividades similares.				
y. Agregue otras que considere que sus alumnos alcanzaron mejor con este recurso didáctico				

Otro (Por favor, exprese aquí los comentarios que tenga, identificando el ítem con la letra que corresponda):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





5. Documentación (Material teórico, manual de procedimientos y propuestas didácticas):

5.1. ¿Cómo calificaría los aportes del material recibido (encuadre y desarrollo teórico, y experiencias propuestas para el aula)?

	MV ⁶	V	PV
a. Por su potencialidad didáctica (sugerencias, propuestas de trabajo en el aula, papel motivador, etc.).			
b. Para sus necesidades curriculares (desarrollo de los contenidos y experiencias previstas en su planificación).			
c. Para organizar, planificar, concretar experiencias didácticas relacionadas con problemas de Educación Tecnológica.			
d. Para renovar, actualizar, ampliar (subraye el que se ajusta más a su experiencia) los contenidos que desarrolla en su área/ disciplina.			
e. Para trabajar conocimientos científicos y tecnológicos de manera asociada a un problema tecnológico.			
f. Para organizar experiencias de aprendizaje en torno a la utilización de recursos didácticos.			
g. Para utilizar un recurso didáctico en el marco de experiencias didácticas organizadas en función de la resolución de problemas.			
h. Para integrar mejor contenidos científicos y tecnológicos en la solución de problemas de carácter tecnológico.			
i. Para estimular la generación creativa de otros recursos didácticos.			

Otras (Especifíquelas, por favor)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

⁶ Escala= MV: Muy valioso / V: Valioso / PV: Poco valioso

5.2. Manual de procedimientos para la construcción y el funcionamiento del recurso didáctico

En caso de que haya seguido los procedimientos contenidos en el Manual (ya sea para hacer un equipo igual o uno diferente al propuesto), le pedimos nos indique si:

	Sí	No	Otro
a. ¿Pudo seguir todos los procedimientos descritos, sin dificultad?			
b. ¿La secuencia descrita le resultó la adecuada?			
c. ¿La secuencia establecida le planteó alternativas según algún criterio (disponibilidad de los materiales, trabajo de contenidos específicos, etc.)?			
d. ¿La finalidad (para qué sirve) del equipo está indicada con claridad?			
e. ¿Se establecen cuáles son los contenidos (científicos o tecnológicos) que se asocian al equipo a construir?			
f. ¿Se determina la relación entre conocimientos implicados, procedimientos a seguir, materiales a utilizar y experiencias posibles de realizar?			
g. ¿Considera que la relación anterior es pertinente (es la que corresponde) para la construcción que se propone?			
h. ¿La descripción de los procedimientos le facilitaron la organización de las experiencias de trabajo con sus alumnos?			
i. ¿Pudo seguir las indicaciones para la puesta en funcionamiento?			
j. ¿Todas las indicaciones para el uso son claras?			

Por favor, fundamente sus respuestas negativas o agregue los comentarios que crea pertinentes (identifique el ítem a que se refiere):

.....

.....

.....

Otro (identifique con la letra que corresponda el ítem sobre el que hace observaciones)

.....

.....

.....



7. Otras características del material teórico:

¿Cómo calificaría el diseño del módulo escrito (desarrollo de contenidos científicos y tecnológicos, y propuestas de experiencias didácticas)?

	MB ⁷	B	R	M
a. Formato gráfico del material (distribución del contenido, márgenes, distribución de texto e imágenes, inserción de gráficos, diseño gráfico global, etc.).				
b. Lenguaje utilizado (claridad, adecuación al destinatario).				
c. Organización (secuencia entre cada parte).				
d. Adecuación al destinatario (evidencia que se toma en cuenta que es un material para ser trabajado en un ámbito escolar).				
e. Pertinencia de los conocimientos científicos con las problemáticas planteadas.				
f. Pertinencia de los conocimientos tecnológicos con las problemáticas planteadas.				
g. Vinculación (pertinencia) del recurso didáctico que propone con las situaciones didácticas planteadas.				
h. Congruencia (vinculación) de los contenidos propuestos con el recurso didáctico.				
i. Aporte metodológico para enriquecer sus estrategias didácticas.				
j. Aporte teórico (en general) para su trabajo docente.				
k. Valor motivador para el trabajo con sus alumnos.				
l. Valor orientador para generar sus propios recursos didácticos.				
m. Concepción innovadora para el trabajo didáctico en la educación técnico-profesional.				

Si marcó la opción “Malo”, le pedimos que nos explique por qué:

.....

.....

.....

⁷ Escala= MB: Muy bueno / B: Bueno / R: Regular / M: Malo



8. Propuestas o nuevas ideas:

Tanto para los autores de este material, como para el CeNET como institución responsable de su elaboración y distribución, una de las finalidades más importantes es suscitar en los educadores nuevas ideas, aplicaciones o propuestas creativas a partir de la lectura o el trabajo con el módulo.

En función de ello, le solicitamos que nos indique:

Si a partir del módulo (contenido teórico y recurso didáctico) usted, en su calidad de (marque todas las opciones que correspondan):

a. <input type="checkbox"/> docente a cargo de un grupo de alumnos	b. <input type="checkbox"/> directivo
c. <input type="checkbox"/> responsable de la asignatura:	d. <input type="checkbox"/> lector del material
e. <input type="checkbox"/> otro (especifique):	

ha generado nuevas ideas o propuestas:

Respecto de los contenidos (independientemente del recurso didáctico):

	Sí	No
a. Organización de su asignatura.		
b. Contenidos científicos y tecnológicos (formas de asociarlos, ampliarlos, desarrollarlos, etc.)		
c. Planificación de las experiencias didácticas.		
d. Trabajo con resolución de problemas.		

En relación con el recurso didáctico. Le pedimos que nos relate (libremente) las nuevas ideas o propuestas que el trabajo con este material le ha suscitado:



A series of horizontal dotted lines providing space for the user to write their responses to the prompt above.

Títulos en preparación de la serie “**Recursos didácticos**”.

- Agenda electrónica para personas con disminución visual
- Arquitectura bioclimática
- Auto solar
- Banco de trabajo
- Generador eólico
- Manipulador neumático
- Máquina de vapor
- Matriceria. Moldes y modelos
- Planta de tratamiento de aguas residuales
- Simuladores interconectables basados en lógica digital
- Sismógrafo
- Sistemas SCADA para el control de procesos industriales
- Tren de aterrizaje