

TRATAMIENTO ALTERNATIVO DE EFLUENTES CLOACALES INDIVIDUALES

Ulises D. Pepe
Ingeniero Sanitario y Ambiental (UBA)
DNI: 10.126.822
Te: 4982-3055
E-mail: ulidam@yahoo.com.ar

Especializado en Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento Rural, Contratado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID 740 OC-AR)-ENOHSa; trabajos realizados en el Plan Nacional de Saneamiento, para el Programa de Abastecimiento Rural de Agua Potable y cuyo objetivo era el Relevamiento, Selección y Caracterización de Necesidades y Condiciones Institucionales de Prestación. Desarrollo de técnicas innovadoras en el país en el sector de Agua Potable y Saneamiento.

Marcelo Oscar Lombardi.
Licenciado en Ciencias del Ambiente. (UCAS)
DNI: 20.816.860
Te: 4683-0422.
E-mail: m-lombardi@ciudad.com.ar

Especialista en Gestión Ambiental. En los últimos años trabajos realizados para diferentes Consultoras, realizando Auditorias Ambientales y Evaluaciones de Impacto Ambiental, para PyMES y proyectos de saneamiento. Estudios de Campo, Diagnóstico Ambiental, armado de Declaraciones Juradas de Residuos Especiales, Efluentes Líquidos y Efluentes Gaseosos. Resolución de problemas ambientales diversos, y el correspondiente manejo de la normativa ambiental vigente Nacional, Provincial y Normas IRAM - ISO 14.000

INDICE	
1.1.Problemas Directos	2
1.2.Problemas Indirectos que afectan al medio ambiente	2
2.Situación ambiental del área de estudio	3
2.1Composición Hídrica subterránea	3
2.2 El problema de las Napas	5
2.3 Causas del Fenómeno de las Napas	6
2.3.1 Causas naturales	6
2.3.1.1 La corriente del niño	6
2.3.1.2 El efecto invernadero	7
2.3.2 Causas artificiales	7
2.3.2.1 La Urbanización sin planificación y control.	7
2.3.2.2 La desaparición de los bosques naturales	7
2.3.2.3 La abrupta disminución del consumo de agua de napas	7
2.3.2.4 El aumento de la cantidad de pozos absorbentes	7
2.3.2.5 La obstaculización de las napas	8
2.3.3 Las consecuencias	8
2.3.4 Soluciones posibles	9
2.3.4.1 A largo plazo	9
2.3.4.2 De respuesta inmediata	9
2.4 Efecto de los nitratos en la salud	10
3.Diferencias de los procesos de degradación biológicos en medio aeróbico y anaeróbico	10
3.1 Mecanismo de las reacciones anaeróbicas	12
3.2 Degradación anaerobia de la materia orgánica presente en el efluente	13
3.2.1 Hidratos de Carbono	13
3.2.2 Lípidos	13
3.2.3 Compuestos Nitrogenados	13
3.2.3.1 Ciclo de degradación de la urea	13
4 Cámaras sépticas	15
4.1 Índice de remoción	15
4.2 Diseño	17
4.2.1 Criterios	17
5 Remoción de Nitrógeno	19
5.1 Separación por Segregación	20
5.2 Métodos físico-químicos de tratamientos	20
5.2.1 Resinas de intercambio iónico	20
5.2.2 Osmosis Inversa	20
5.3 Tratamientos Biológicos	21
5.3.1Nitri./Desni. Con filtro aeróbico empacado y cámara séptica	21
5.3.2 Reactor secuencial Batch	22
5.3.3 Filtro intermitente de arena	22
5.3.4 Tratamiento segregado en la fuente con reciclo	23
5.3.5 Filtro de arena con recirculación filtro anaeróbico y fuente externa de carbono	24
5.3.6 Filtro anaeróbico con filtro de arena y reciclo	25

1.-Problemática a resolver

Actualmente en la Provincia de Buenos Aires viven 13.818.677 habitantes, solo en los 24 partidos del Gran Bs.As. residen 8.684.953 y de los mismos solo 2.762.000 poseen desagües cloacales centralizados equivalente al 32 %, el 68 % restante o sea 5.922.953, poseen servicios individuales de letrinas o cámaras sépticas y pozos absorbentes. Estos grupos generan una potencial y real contaminación de las fuentes subterráneas de agua y además se encuentran en permanente riesgo sanitario.

Los inconvenientes y problemas que estas situaciones producen son numerosos y se pueden clasificar en directos e indirectos.

1.1.-Problemas Directos

Son los que padecen los usuarios de estos sistemas individuales.

Hay que diferenciar la problemática de los núcleos habitacionales transitorios (NHT) o asentamientos de emergencia del Gran Buenos Aires; del de los barrios conformados siguiendo una planificación Municipal preestablecida.

Los NHT están caracterizados por construcciones precarias sin seguir ningún ordenamiento y por la falta de espacio las viviendas son edificadas una a continuación de la otra.

La solución mas habitual de evacuación de excretas es por letrinas, las mismas según la disponibilidad o no de agua son con o sin arrastre.

Los problemas de estos precarios sistemas desde el punto de vista operativo son sus colmataciones frecuentes.

Por otro lado en los barrios, las viviendas poseen sistemas individuales de tratamiento de efluentes compuesto por cámara séptica y pozo absorbente (sistema CaSePA), estos sistemas si no están bien calculados y ejecutados por lo general colapsan y comienzan a colmatarse periódicamente. Hay varios factores que conspiran contra el buen funcionamiento de este tipo de sistemas y su vida útil depende de un buen diseño inicial y de los niveles de la capa freática.

Un volumen pequeño de la cámara séptica, provoca una retención parcial de los flotantes, la grasa y los aceites que se escapan de la cámara séptica terminaran irremediablemente impermeabilizando el pozo absorbente en corto plazo, al ejecutar un nuevo pozo absorbente el mismo correrá la misma suerte.

Ahora bien puede que la cámara séptica tenga el tamaño adecuado y bien estudiado el diseño de su entrada y salida pero sin embargo persisten los problemas de colmataciones frecuentes del pozo.

En estos casos el problema lo provocan los elevados niveles de la napa freática, el pozo es anegado por la capa freática pudiendo perder este hasta todo su volumen útil.

1.2.-Problemas Indirectos que afectan al medio ambiente

Las napas freáticas que en muchas regiones del gran Buenos Aires se encuentran a escasos centímetros del suelo, niveles estos inimaginables hace diez años, están contaminándose con los efluentes de las letrinas y los pozos absorbentes contaminando a su vez a las capas mas profundas.

La solución tradicional de infiltración directa en el subsuelo no es mas recomendable por los problemas de operación que sufren y/o por que contaminan irreversiblemente los recursos hídricos subterráneos.

Si bien fue por muchos años la solución indiscutible para localidades sin servicios centralizados las modificaciones de los niveles de las napas del subsuelo que se vienen produciendo, en particular en la cuenca del acuífero Pampeano, hacen hoy en impracticable dicha aplicación por que son fuente de contaminación a pesar que su pozo absorbente o letrina funcione aparentemente bien.

La contaminación es generada por: a) sistemas individuales de tratamiento de efluentes por letrinas y por sistemas CaSePA que funcionan incorrectamente (habitualmente con elevados niveles freáticos) produciendo ello un tratamiento incompleto y b) por las conexiones clandestinas a desagües pluviales.

Ambas causas son las responsables de generar una contaminación potencial por NO_2^- y NO_3^- de 50 Tn diarios que son incorporados a los cuerpos receptores en forma irreversible produciendo una contaminación permanente y un importante impacto ambiental, los primeros a las capas subterráneas de agua y la segunda a los cursos naturales de arroyos y ríos, receptores finales de las redes pluviales.

Si bien esto nos afecta a todos son las autoridades Provinciales y Municipales las que deben tomar activa participación y buscar una solución técnica e institucional viable que les permita cumplir con la función que tienen encomendada por ley, de velar por la conservación y el cuidado de los recursos naturales y de fuentes tan vitales como las de agua potable y reglamentar la ley 12.257 Código de Agua de la Prov.de Bs.As.

Dentro de este marco los Municipios deberán establecer la prohibición de la infiltración directa o posterior a cámaras sépticas de todo efluente urbano y reglamentar los sistemas de tratamiento secundario que serán homologados y aprobados.

2.Situación ambiental del área de estudio

2.1Composición Hídrica subterránea

En gran parte del Conurbano el acuífero Puelches, hidráulicamente vinculado en forma vertical y constituyendo un único sistema con la freática, tiene valores de nitratos altos y subsisten sectores costeros con los fenómenos de intrusión salina.

A partir del 90 el sistema acuífero es más vulnerable a la contaminación por la disminución del espesor en la zona saturada y de aireación, por ascenso de la freática.

Del mismo modo aumenta el riesgo ambiental por descarga de efluentes domiciliarios a las napas sobreelevadas. Falta también el saneamiento de los cursos superficiales.

Están en ejecución en algunas localidades proyectos de emergencia de depresión de napas.

No existe en el AMBA un conocimiento integrado de la dinámica y situación actual del agua subterránea ni de la calidad de la misma.

Se torna indispensable la eficiente intervención del sector público a fin de poder implementar una gestión integrada y sustentable del recurso Hídrico, mejorando el conocimiento de los procesos y sus impactos naturales, sociales y económicos.

Por ultimo la falta de una política nacional de manejo y protección de los recursos hídricos que perdure en el tiempo nos expone a sufrir en un corto lapso la perdida total de ese recurso y de una fuente alternativa de abastecimiento del Río de la Plata.

La provincia de Buenos Aires tiene la más importante reserva de agua subterráneas del país.

La hidrología del área puede caracterizarse como un solo acuífero múltiple integrado por varias capas con comportamiento acuífero, (A las formaciones geológicas que permiten la circulación del agua por estos poros se las denomina **acuíferos**). Tendremos en el subsuelo dos zonas diferenciadas: una inferior, saturada y otra superior no saturada, llamada zona de **aireación** o vadosa. El **nivel freático** fluctúa verticalmente a lo largo del tiempo en estas dos zonas y cuando asciende demasiado a la superficie la zona no saturada se transforma en saturada y desaparece la zona de aireación.

En un perfil ideal a partir de la superficie del terreno, vamos a encontrar, de arriba hacia abajo, la zona de aireación (o no saturada) separada de la zona de saturación por una franja capilar (gráficos 1 y 2). La primera zona está conformada por materia en los tres estados de agregación posibles: S (sólido), L (líquido) y G (gaseoso). Esta es la zona donde en los sistemas de infiltración, se producen los fenómenos de oxidación y el amoníaco (NH_3) se transforma en nitrito y nitrato (NO_2 y NO_3)

Por ultimo en la segunda zona se encuentra la materia solo en estado S y L, esta es la región anóxica-anaeróbica donde se produce la desnitrificación de los nitritos y nitratos (NO_2 y NO_3) transformandose en N_2 , N_2O y NO (estos tres últimos en condiciones normales son gaseosos).

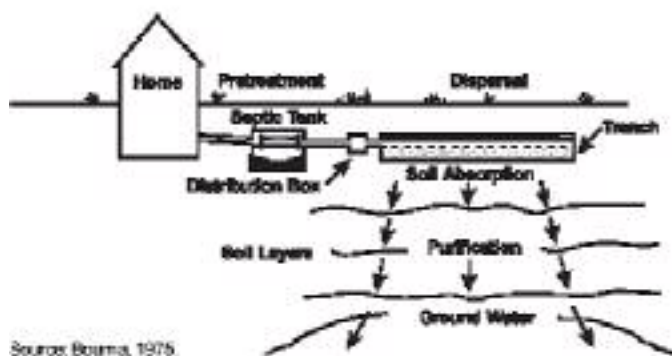




Figura 1, perfil subterráneo con niveles de napa históricas hasta la década del 90
Figura 2, perfil de la situación actual

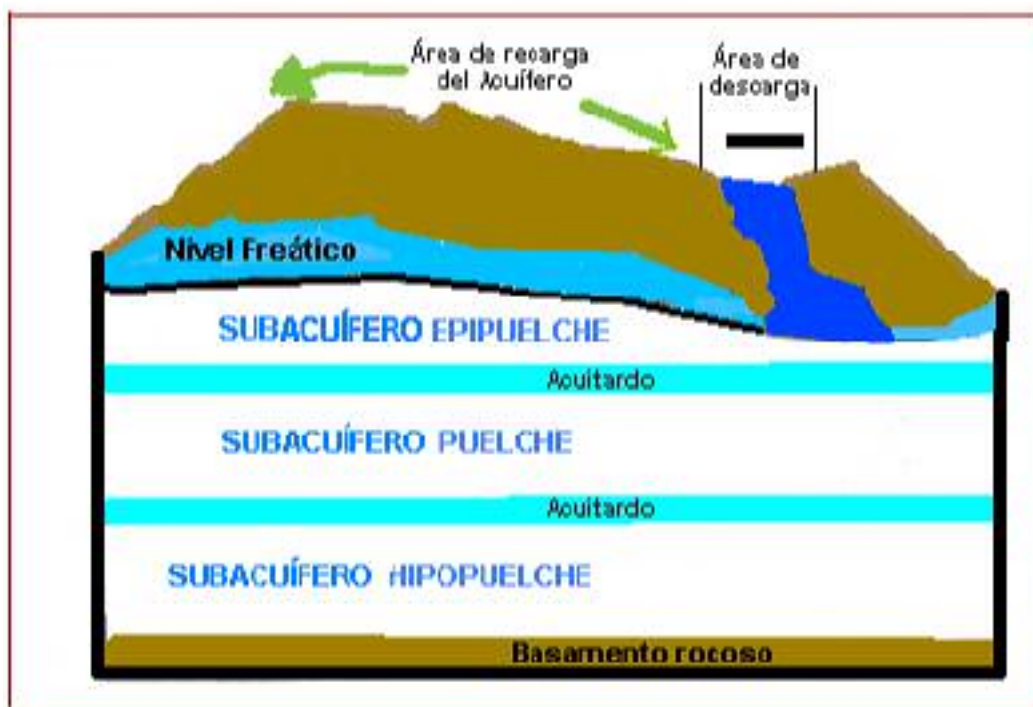
Los acuíferos se encuentran separados entre sí por capas con comportamiento acuitardo, (formación que conteniendo agua la transmiten muy lentamente por lo que tanto no son aptos para captaciones, pero sí que permiten una **recarga** de otro acuífero).

Las tres capas principales son:

Subacuífero Epipelche, alojado en sedimentos pampeano y Pospampeanos.

Subacuífero Puelche alojado en arenas puelches

Subacuífero Hipopuelche, formado por los sedimentos de las series Paranaiana y Preparanaiana.



Esquema de los Subacuíferos

El Subacuífero Epipelche; está más cerca de la superficie, por lo tanto es receptor inmediato de las actividades del hombre. Este acuífero superficial fue y es muy explotado lo que ha dejado como consecuencia que la profundidad a la que se lo localiza es cada vez mayor y en algunos casos ya se ha agotado (como en los alrededores de Berazategui, Quilmes, etc). El grado de contaminación que presenta es en general elevado en las zonas urbanas producto principalmente de la falta de redes

cloacales, lo que deriva en contaminación de Nitritos y Nitratos y además por los desechos industriales. La parte superior normalmente es conocida como la "napa freática".

A menudo se explota los acuíferos de manera excesiva lo que ocasiona la reducción de sus niveles. Esto implica un incremento en los costos de bombeo y la posibilidad de que el acuífero se contamine con el agua salada que esta por debajo.

Las aguas subterráneas también se pueden contaminar con las aguas residuales que se descargan en los ríos o debido a determinadas prácticas agrícolas. Una vez que se contaminan, resulta muy difícil y costoso lograr que vuelvan a adquirir su característica inicial, en ocasiones la contaminación es irreversible.

El Subacuífero Puelche, se lo puede encontrar con una variación entre los 20 y 90 metros de profundidad en el terreno. Hasta hace un tiempo atrás era naturalmente potable en toda su extensión, de muy buena calidad, pero la excesiva explotación y la falta de cloacas en determinados lugares esta haciendo que su calidad baje, ya sea por contaminación química y/o bacteriológica.

En algunos lugares del cinturón urbano que rodea a la Ciudad de Buenos Aires ya no se lo puede utilizar por la sobreexplotación a que se vio sometida o por la carga contaminante histórica que ha recibido de los efluentes cloacales domiciliarios, hasta los peligrosos industriales.

En otros sectores, al suspenderse masivamente la explotación por la llegada de las redes de agua corriente ha comenzado una recuperación no controlada de los antiguos niveles del agua freática, lo cual sumado al período húmedo del clima por el que estamos atravesando en la última década producen las ya conocidas inundaciones de sótanos y en algunos casos que el agua llegue directamente a superficie; este fenómeno se ve maximizado cuando no existe una red cloacal en paralelo con la red de agua.

En suma: el clima húmedo, el abandono masivo de los pozos de explotación domiciliarios, la importación de agua a sectores sin cloacas, son los principales factores a tener en cuenta para planificar una solución efectiva a este problema.

En la Provincia de Buenos Aires, se habla del acuífero Puelche con una reserva de agua de 40 kms. cúbicos de agua total con una recuperación natural de un 15%. Esto da la posibilidad de dar agua potable a casi las $\frac{3}{4}$ partes de la población total de la República Argentina.

En casos puntuales, la sobreextracción produce:

- Rebasamiento de las propiedades de filtro lento bacteriológico y químico.
- No reposición de los niveles freáticos normales (bajan las napas)
- Salinización del acuífero.

El Subacuífero Hipopuelche es el menos conocido de los tres debido a la poca cantidad de perforaciones que lo alcanzan. La calidad química de sus aguas es baja ya que presenta altos valores de salinidad (6000 a 10.000 ppm)

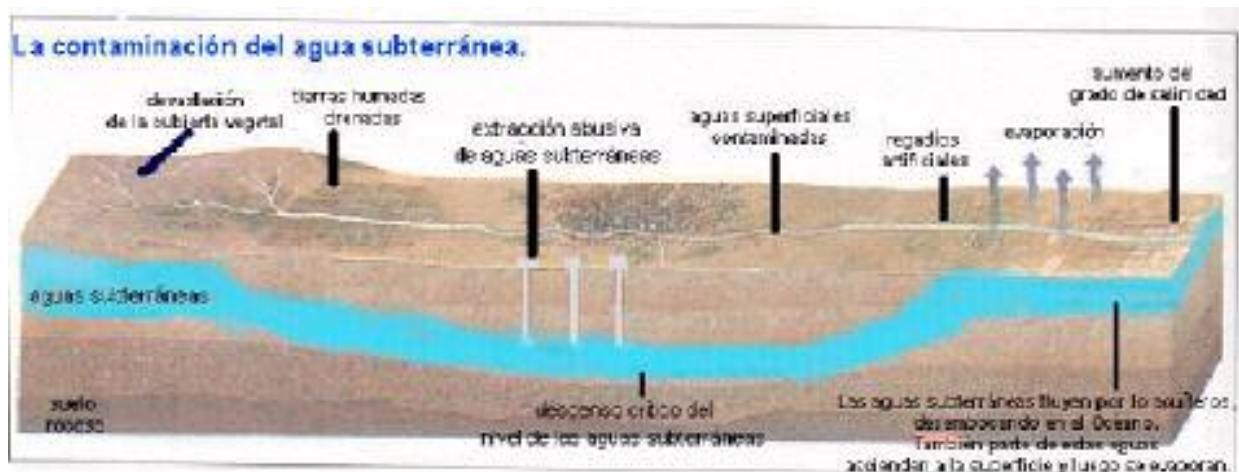
2.2 El problema de las Napas

Cuando el problema irrumpió en algunas zonas de la Capital, se supo que estábamos ante un drama colectivo de alcances inimaginables. Villa Devoto, Villa Real y Versalles fueron los primeros barrios afectados, seguidos por algunos sectores de la franja paralela a la Av. General Paz.

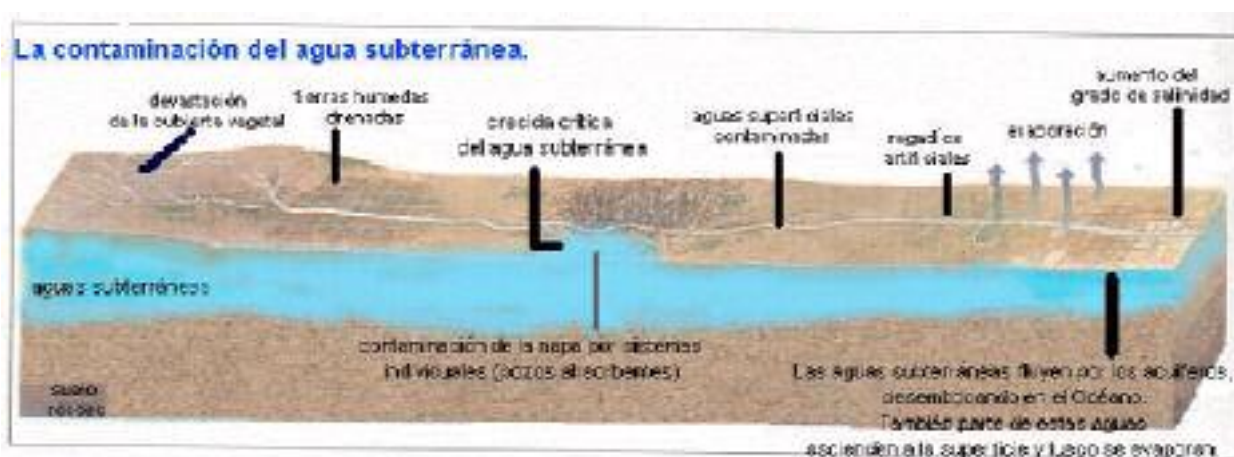
A fines del 2002 el problema creció notablemente. San Fernando, Lomas de Zamora, La Matanza, Almirante Brown, Esteban Echeverría, Ezeiza, Quilmes, Morón, Ituzaingó, Hurlingham, General San Martín, San Isidro y Tigre se sumaron a la lista de distritos suburbanos afectados. A ellos se deben sumar otros distritos del interior de la provincia, más varios distritos pertenecientes a otras provincias, como Santa Fé, Entre Ríos, La Pampa y Córdoba. Cada distrito con su problema, a causa de su río, su arroyo o su bajío.

El fenómeno de sobreelevación de napas en la región sudoeste del primer cordón del Gran Buenos Aires indica un cambio marcado en el balance hídrico de las cuencas de los cursos interiores, en particular la del Río Matanza-Riachuelo y de los arroyos Santa Catalina, Del Rey, De las Perdices, San Francisco, Las Piedras, Jiménez y Las Conchitas.

Esquema ilustrativo del perfil subterráneo hidrológico de una localidad con abastecimiento de agua por perforación.



Misma localidad, donde se reemplazó el abastecimiento de agua subterránea por un sistema centralizado



2.3 Causas del Fenómeno de las Napas.

Como en todos los grandes problemas, las causas son muchas y se entremezclan entre sí, debido al tiempo en que se vienen manifestando. Podríamos dividir estas causas en dos: naturales y artificiales.

2.3.1 Causas Naturales:

En estos últimos años se registra en la región pampeana, un aumento en las precipitaciones que generaron ascensos continuos del nivel freático. En el AMBA se ve mas claramente en sectores de topografía baja de las cuencas y a subcuencas hidrográficas, dando lugar a afloramiento y colmatación de pozos ciegos. Este incremento de las precipitaciones se debe a los siguientes fenómenos:

2.3.1.1 La Corriente del Niño:

El Niño es una manifestación natural del clima que aparece con una periodicidad de dos a siete años. Es el resultado de la búsqueda del equilibrio dinámico entre el océano Pacífico ecuatorial y la atmósfera a través de un proceso que se autoalimenta en forma permanente provocando que el clima se condicione por el comportamiento de los océanos, los vientos regionales y la temperatura de las aguas. Ante la coincidencia de ciertos factores, un pulso Niño se dispara y desarrolla un ciclo que puede extenderse por más de un año, modificando las condiciones atmosféricas y manifestando su efecto en las precipitaciones.

2.3.1.2 El Efecto Invernadero:

Sabemos que el paulatino aumento de la temperatura global por diversos factores, está ocasionando un lento pero firme derretimiento de los hielos polares, lo que trae aparejado un incremento en las precipitaciones en todo el mundo, con el consiguiente aumento en los niveles de las aguas de superficie y de las napas. Las causas de este incremento es el exceso de anhídrido carbónico en la atmósfera y posiblemente también el “agujero de ozono”, ambos fenómenos causados por el hombre.

2.3.2 Causas Artificiales.

2.3.2.1 La Urbanización sin planificación y control.

En el AMBA hay un cuadro complejo de situación debido a que:

No existió un uso racional y planificado del territorio (eso está definido por los análisis desde fines del siglo XIX al actual, con la distribución urbana y el uso de la tierra con una distribución casi anárquica y de intereses económicos). El crecimiento de las ciudades, ocasiona que las construcciones avancen arbitrariamente sobre los espacios verdes rompiendo el mínimo equilibrio natural imprescindible. La falta de plazas suficientes, la pérdida de los pulmones de manzana, la paulatina desaparición de canteros y jardines y el aumento de superficies impermeabilizadas, imposibilitan la respiración del suelo, con todos los procesos naturales que son consecuencia de ello.

El rápido crecimiento de la población obliga a extender la construcción de barrios de mediano y bajo costo. Por ello es que aparecen organizaciones inmobiliarias inescrupulosas que aprovechan esta situación para apropiarse de terrenos bajos a los que en poco tiempo los preparan, lotean y venden a bajo precio o en planes a largo plazo. La población carenciada y sin mayor formación es presa fácil de esas organizaciones, que los arroja en medio de un problema que luego nadie puede remediar. En estos casos también parte de la responsabilidad es de las autoridades, que permiten a las organizaciones concretar su plan, dejando que se cubra un espacio que sólo debiera destinarse a la arborización como espacio verde.

Además aún falta completar la red pública de agua potable con un déficit grande en redes cloacales y en tratamiento de efluentes.

2.3.2.2 La desaparición de los bosques naturales:

Si bien no existieron bosques importantes en Buenos Aires, no se puede negar la importancia que tiene en todo el mundo la rápida destrucción de los bosques, selvas y montes en general. Además, en Buenos Aires debe agregarse la notoria disminución de la explotación agrícola, todo lo cual incide en buena medida en el equilibrio de la humedad de la atmósfera y el suelo. Y también la cada vez más generalizada tendencia a quitar árboles añosos que con sus raíces dañan veredas, tapiales, paredes, cañerías, pozos ciegos y natatorios. Nadie considera que es imprescindible reponer cada árbol talado, y que en esta época por cada uno quitado se deberían plantar dos o más, para compensar el déficit de árboles y el aumento de población.

2.3.2.3 La abrupta disminución del consumo de agua de napas:

Al implementarse la instalación masiva de redes de agua potable, sin tener presente el estudio de su respectivo impacto ambiental, se disminuyó en forma muy importante la extracción de agua con bombas. En muchos sectores parece verse, una relación entre el aumento de redes con agua importada del Río de La Plata, desactivación de pozos de explotación domiciliarios y de pozos de mayor envergadura, presencia de pozos ciegos y ascenso de niveles de agua subterránea.

A esto debe sumarse la sensible disminución de la actividad industrial en todo Buenos Aires a causa de la recesión económica, lo que también implicó una sensible merma en el consumo del agua de napas. De esta manera, las napas que durante décadas fueron succionadas por miles de bombas, ahora crecen a un nivel incontrolable.

2.3.2.4 El aumento de la cantidad de pozos absorbentes:

Uno de los mayores problemas que plantea el uso de aguas subterráneas es su contaminación. La **recuperación** de las aguas contaminadas es muy **difícil y lenta** no llegando a ser total. Por tanto conviene tomar medidas **preventivas** para que la contaminación no ocurra. Los acuíferos por la lenta circulación de las aguas y la capacidad de adsorción de los terrenos pueden tardar mucho en

presentar la contaminación. Los acuíferos presentan un notable **poder depurador** frente a muchos contaminantes aunque tiene un **límite** dependiendo del agente contaminante. El agua subterránea se contamina por las **fosas sépticas**, pozos negros, fugas del sistema de alcantarillado.

El aumento de los pozos absorbentes de los sistemas individuales de tratamiento domiciliarios, son consecuencia directa de la urbanización descontrolada sin la adecuada provisión de desagües cloacales, que en alguna medida contribuye con sus aportes al incremento de las napas y, especialmente, a su contaminación mediante los Nitritos y Nitratos. (siendo el principal problema de contaminación de las aguas subterráneas en las ciudades de nuestro país).

2.3.2.5 La obstaculización de las napas:

Las napas corren bajo la tierra en forma de ríos subterráneos, con afluentes y lagos igual que en la superficie. En muchos casos esas corrientes de agua no circulan libremente, sino que lo hacen a través de unas capas porosas del suelo, como si fuera circulando dentro de una gran esponja. El desarrollo o ampliación de nuevas rutas o la construcción de obras importantes que obstaculicen inadvertidamente una de esas corrientes, como los subterráneos, provocaría el efecto de un dique. Un ejemplo de esto es el ensanche relativamente reciente de la Av. General Paz y otro es el barrio "La Horqueta", en las Lomas de San Isidro, dentro de una "Y" formada por la bifurcación del Acceso Norte en el Acceso a Pilar y el Acceso a Tigre. Si bien estas rutas fueron construidas hace tal vez más de treinta años sin que se informen trastornos, urbanizar la superficie entre los brazos de la "Y" podría ser un factor desencadenante, y en cualquier momento podrían darse a conocer anomalías en el comportamiento de las napas.

Es muy difícil para nuestra civilización vivir en armonía con el medio ambiente. Tal es así que permanentemente estamos infligiéndole agresiones, sin recapacitar que en algún momento él se recuperará de tanto abuso. La ley de acción y reacción es inalterable, y deberíamos preocuparnos al considerar los excesos cometidos en todo el mundo. Pero limitándonos al tema que nos interesa, es grande la falta de conciencia de la población, muchas de las veces por falta de información, en relación al cuidado que merecen los ríos, arroyos y toda corriente de agua. Pocos saben que esas corrientes son las arterias y venas de la tierra, y que dañarlas significa un mal irreparable que se vuelve en nuestra propia contra. Sin embargo, todas las corrientes de agua de la zona suburbana están alteradas por inexplicables depósitos de residuos que arrojan los mismos vecinos. Diariamente se arrojan toneladas de desechos a los cauces indefensos, en algunos casos hasta obstruirlos por completo. Estos abusos por lo general coinciden con asentamientos de barrios precarios con elevado índice de analfabetización, lo que les impide conocer el daño que hacen. El poco contralor o la falta total del mismo por parte de las autoridades contribuye a su agravamiento, en este marco nos encontramos con industrias que arrojan pinturas, lubricantes, combustibles y hasta desechos químicos de gran toxicidad, como el arsénico y el cianuro. En estos casos el daño ecológico es mucho mayor, debido a que las filtraciones líquidas desde la superficie hacia las napas arrastran contaminantes que dañan las reservas hídricas que un día necesitaremos. Hoy contaminamos el agua que mañana deberemos beber.

2.3.3 Las consecuencias.

El trabajo de las napas ascendentes puede llegar a ser muy destructivo, aunque es lento y permite adoptar precauciones. Las primeras manifestaciones son el exceso de humedad en la superficie de los terrenos, veredas y calles, las que pueden aparecer como ligeras emanaciones de agua, tanto como un chorro similar al de una canilla apenas abierta. También aparecen manchas en la parte baja de las paredes, mojaduras permanentes en los pisos, acumulación de agua en sótanos, fosas y subsuelos, grietas y caídas de revoques, daños en instalaciones de electricidad, emanaciones entre azulejos y desprendimiento de baldosas, mosaicos y parquetes. Luego de un tiempo las manifestaciones aumentan su intensidad hasta ocasionar la descomposición de las raíces de los árboles, algunos de los cuales caen al perder sustentación; dañar los vegetales incapaces de adaptarse al exceso de agua, hasta descomponer huertas y sembradíos; causar el deterioro de veredas, calles y cimientos; generar pantanos, cenagales y lagunas y deteriorar viviendas hasta destruirlas. Puede aventurarse la suposición de que en casos extremos la napa puede elevarse hasta afectar barrios enteros, cubriéndolos por completo si la zona es baja. Y no es una locura pensar en edificios que pierden sustentación por exceso de agua en sus bases.

2.3.4 Soluciones posibles.

La dividiremos en acciones a tomar y cuyas respuestas se observen a largo plazo y acciones con respuestas inmediatas.

2.3.4.1 A largo plazo

El problema no tiene una solución definida, debido a que estos casos no son de los más frecuentes y no abundan antecedentes. Pero como con cualquier situación anómala, lo primero que se debe hacer es tomar conciencia de ella, para luego reconocer su naturaleza, su magnitud y su gravedad. Ver de qué se trata, evaluar por completo la situación, recurrir a especialistas y preparar una solución sin improvisaciones con la mayor brevedad.

En el caso de las napas de Buenos Aires todo está bien definido. En cuanto a la naturaleza, es un crecimiento anormal pero comprensible de las napas freáticas, ocasionado por diversos factores que se hallan descontrolados. La magnitud también es importante, porque el aumento de las napas abarcan también una parte al menos de las provincias limítrofes. Finalmente, se sabe que de acuerdo al análisis de las denuncias presentadas comenzó a manifestarse hace varios años, se halla en franca expansión y se desconocen los medios para neutralizarlo.

La única idea que se presentó fue la de colocar bombas de achique en los lugares más afectados, pero nadie se siente responsable como para hacerse cargo de la erogación seria, regular y generalizadamente. Se trataría de una gran cantidad de bombas de caudal importante, con el personal idóneo para manejarlas, talleres, transportes y una gran variedad de accesorios. Sería bueno utilizar el agua extraída en vez de las que se toman del Río de la Plata para su potabilización. Posiblemente así se revertiría el desequilibrio eficazmente.

Un paliativo, no una solución, es la de crear espacios verdes con urgencia en todos los espacios disponibles, plantando especies útiles, de buen requerimiento hídrico y de crecimiento rápido, como ginkgos, paltas, nísperos, tilos, palo borrachos y otras similares. Esta medida habría que implementarla inicialmente en todas las zonas bajas donde se levantaron barrios populosos, para que la superficie recupere su condición natural. También habría que aplicarla en todas las ciudades y en todas las casas que tengan el espacio suficiente para albergar un árbol.

Otro paliativo es construir la red de desagües que se le adeuda a la ciudad desde hace décadas, ya que el gran crecimiento de la densidad de la población no fue acompañado del crecimiento de la adecuada infraestructura hídrica.

Liberar, limpiar y purificar los cauces naturales también ayudaría, aunque sabemos que esta tarea se la han propuesto varios gobiernos sin haber efectuado luego el menor intento, seguramente por las grandes dificultades que hallaría.

2.3.4.2 De respuesta inmediata.

Este trabajo intenta salvaguardar las fuentes subterráneas de agua de la contaminación química producida por la incorporación de nitritos y nitratos en ellas, motivada por los elevados niveles de las napas de agua subterráneas y por la falta de servicios centralizados de evacuación de efluentes domiciliarios en vastas zonas del Gran Bs. As. y no profundiza como mitigar la problemática de la elevación de las napas.

En este marco se propone como tratamiento alternativo a los pozos absorbentes la implementación de dos filtros biológicos, uno anóxico-anaeróbico y otro aeróbico que ofrecen excelentes resultados de depuración y son económicos en su implementación.

La técnica del tratamiento de efluentes cloacales urbanos con filtros biológicos es tan antigua como los mismos pozos absorbentes, pero su uso no fue arraigado en nuestro país debido a las capacidades óptimas del subsuelo y a los niveles históricos de las capas freáticas.

Los filtros biológicos aplicados al tratamiento de efluentes urbanos se siguen aplicando actualmente en regiones que no son aptas o que poseen normativas que prohíben el tratamiento de efluentes cloacales por infiltración.

Los suelos en que estos filtros muestran sus mayores ventajas comparativas frente a los pozos absorbentes son: a) suelos impermeables, b) suelos con velocidades de infiltración muy grandes y c) suelos aptos pero con niveles freáticos cercanos al nivel del terreno.

Suelos	{	arcillosos e impermeables, con $k > 10^{-7}$
para Filtros		
Biológicos		
		rocosos y/o fracturados, vel. infiltración elevada
		aptos con napa freática cercana al nivel terreno

El desarrollo, instalación y operación de los filtros biológicos para el tratamiento de efluentes cloacales urbanos es una gran solución, brindando una alternativa de tratamiento por demás interesante.

Su uso es ideal para viviendas unifamiliares, hoteles, apart hoteles, clubes, clubes de campo, countries, pequeñas localidades, etc

2.4 Efecto de los nitratos en la salud

El problema principal de la ingesta de nitratos en el cuerpo humano, radica en que pueden ser reducidos a nitritos en el interior del mismo, especialmente en los niños de menos de tres meses de edad y en adultos con ciertos problemas.

Los nitritos producen la transformación de la hemoglobina a metahemoglobina. La hemoglobina se encarga del transporte del oxígeno a través de los vasos sanguíneos y capilares, pero la metahemoglobina no es capaz de captar y ceder oxígeno de forma funcional. La cantidad normal de metahemoglobina no excede el 2%. Entre el 5 y el 10% se manifiestan los primeros signos de cianosis. Entre el 10 y el 20% se aprecia una insuficiencia de oxigenación muscular y por encima del 50% puede llegar a ser mortal.

Una vez formados los nitritos, pueden reaccionar con las aminas, sustancias ampliamente presentes en nuestro organismo, originando las nitrosaminas, un tipo de compuestos sobre cuya acción cancerígena no existen dudas. En las experiencias de laboratorio se ha comprobado que alrededor del 75 % de ellas pueden originar cánceres hepáticos y, aunque con menor frecuencia, también de pulmón, estómago, riñones, esófago y páncreas. También se ha podido comprobar que existe una correlación directa entre el consumo de alimentos o aguas con exceso de nitratos y los cánceres gástricos y entre el trabajo en las fábricas de abonos químicos y dichos cánceres.

Se ha comprobado que cuando las embarazadas ingieren cantidades altas de nitratos se eleva la mortalidad durante los primeros días de vida del hijo, principalmente debido a malformaciones que afectan al sistema nervioso central, al muscular o al óseo. También se han descrito efectos perniciosos sobre las glándulas hormonales.

Las sales sódicas y potásicas de los nitratos y de los nitritos se utilizan como aditivos conservantes de alimentos, especialmente de determinados productos cárnicos, ya que el nitrito impide de forma muy eficaz el crecimiento de esporas de *Clostridium botulinum* y, por lo tanto, la formación de la toxina botulínica.

Estudios realizados en diferentes comunidades indican que la ingesta media de nitratos a través de la dieta (excluida el agua de bebida) es de aproximadamente 50 mg/día.

3 Diferencias de los procesos de degradación biológicos en medio aeróbico y anaeróbico

Si bien los procesos naturales de degradación de la materia orgánica son generalmente anaeróbicos, hay una costumbre arraigada de la utilización de procesos aireados para la oxidación de la materia orgánica.

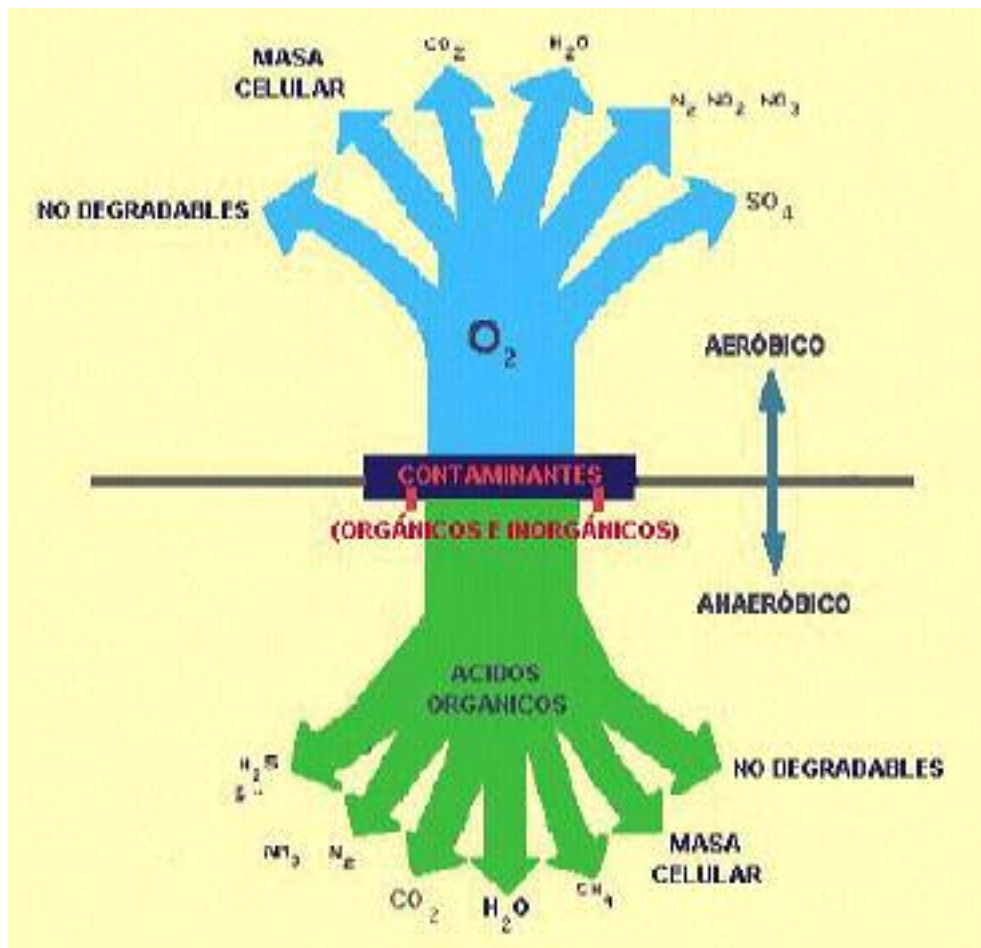
Los procesos aireados requieren de la presencia de equipamientos electromecánicos y por lo tanto de la utilización de energía eléctrica y además generan un barro más difícil de decantar y estabilizar que los barros obtenidos de procesos anaeróbicos.

A estas desventajas se le opone que este tipo de sistemas son bastante compactos e ideales para emplazarlos en localidades que no disponen de mucho espacio. La implementación con éxito de una planta de tratamiento con este tipo de sistemas se tiene garantizada y su eficiencia prácticamente no depende de las variaciones de temperatura a lo largo del año.

Por otro lado los procesos anaeróbicos son más complejos, muy dependientes de la temperatura y se obtienen en su reacción productos indeseables como el sulfuro de hidrógeno, este gas es extremadamente soluble en agua y en presencia de la humedad ambiente se solubiliza formando ácido sulfhídrico que ataca toda estructura de hierro que encuentre a su paso provocando en un corto lapso una corrosión y un daño irreversible.

El manejo de este tipo de procesos anaeróbicos requiere de un conocimiento más profundo y de ingenio, pues por muchos años se consideró que otro gas producto de la reacción también sea considerado indeseable, cuando en realidad es valioso como fuente de energía. Nos estamos refiriendo al metano.

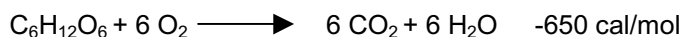
En el siguiente gráfico se observan las principales diferencias entre estas dos reacciones.



Eficiencias de los procesos de degradación biológicos

A modo de ejemplo compararemos la degradación de la glucosa en un medio aeróbico y posteriormente en un medio anaeróbico.

En presencia de Oxígeno tenemos:



En ausencia de Oxígeno la degradación será



Un análisis rápido nos diría que el calor liberado en anaerobiosis es solo el 5,3% de la energía librada en aerobiosis. Como es probable que el orden de magnitud de la energía necesaria para la síntesis de nuevas células sea el mismo en ambos casos, se llega a la conclusión que en el campo bacteriano sería mas económico buscar la energía vital en procesos aerobios que en procesos anaerobios. Dicho en otras palabras parecería que la multiplicación celular sería bastante mas abundante en sistemas aeróbicos, y el estado final se alcanzaría antes, a igualdad de las restantes condiciones.

Si ahora tomamos una visión un poco mas amplia del problema y analizamos mas estrictamente las pertinentes reacciones observamos que a la reacción aeróbica hay que suministrarle 6 moléculas gramo de Oxígeno por cada molécula gramo de glucosa reaccionado. A su vez el Oxígeno es uno de los elementos componentes del aire y se encuentra en una relación aproximada del 21%.

Como ya nos estamos imaginando se necesitaran aproximadamente 29 moléculas gramo de aire por molécula gramo de glucosa. En CNPT una molécula gramo ocupa 22,4 litros, por lo tanto para degradar una molécula gramo de glucosa harán falta aproximadamente 650 litros de aire. Estas cantidades importantes de aire son transferidas a la reacción habitualmente por equipamientos accionados por energía eléctrica. Desde el punto de vista estricto de la síntesis orgánica, para la obtención de nuevas células, la reacción aeróbica es mas eficiente, pero ¿es realmente también mas

eficiente desde el punto de vista económico, donde la variable de la energía consumida en el proceso es fundamental?

Como se puede inferir el costo de operación de los sistemas aerobios es inferior a los anaerobios.

Esta diferencia se hace mas notoria y es limitante para los países emergentes donde el precio relativo de la energía es varias veces superior a la de los países hoy conocidos como del primer mundo y donde es practica común la utilización de sistemas aerobios.

Como vemos la mejor solución para el tratamiento de efluentes para un determinado país no tiene por que ser la mejor solución para otro país con economías e indicadores socio-económicos diferentes.

Este trabajo hace hincapié en ello y trata de desarrollar la mejor solución a nuestra actual situación sanitaria y la de muchos países en desarrollo como el nuestro.

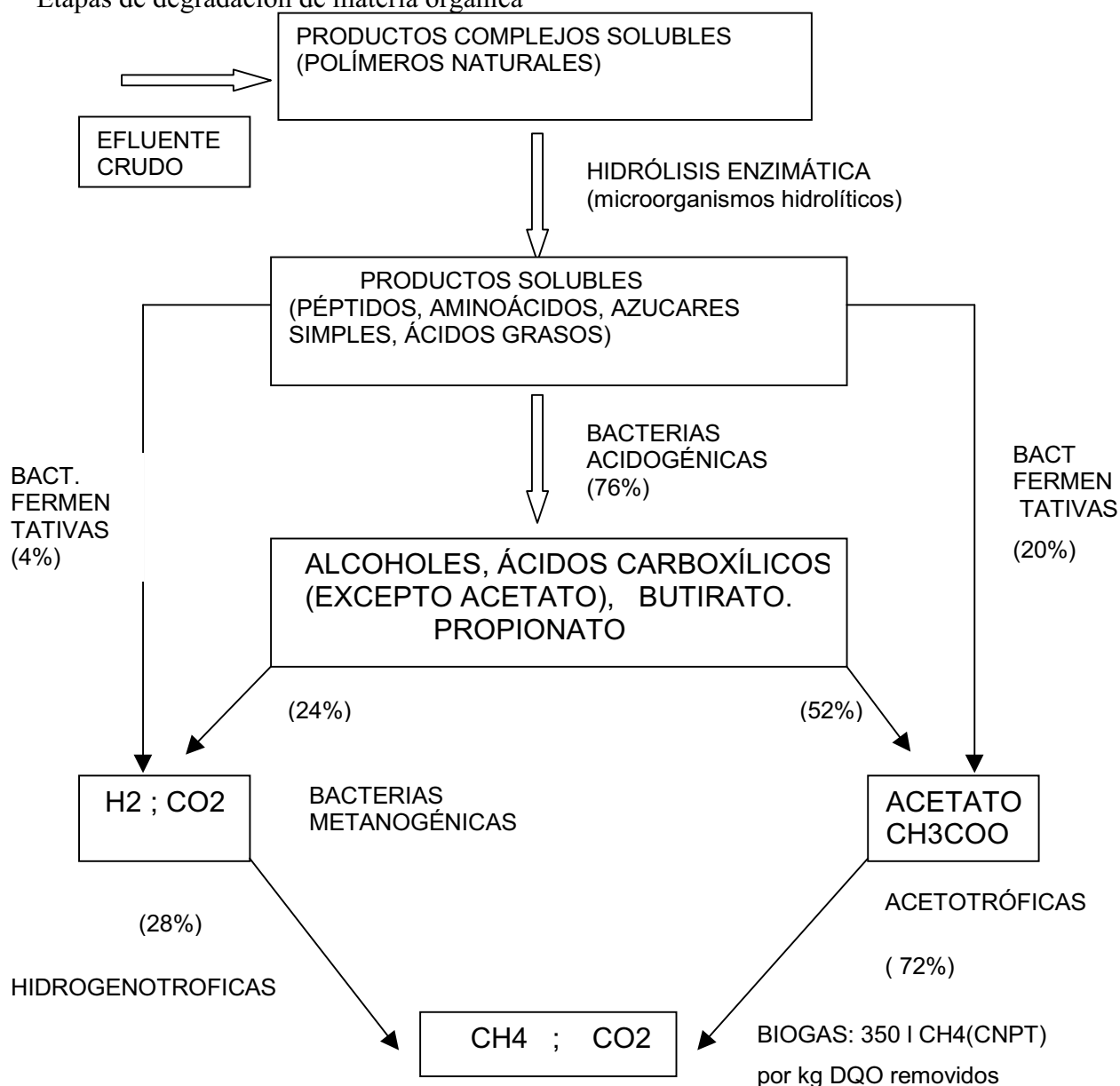
La realidad rural de nuestro país es muy dura, y nos damos cuenta inmediatamente que es imposible implementar sistemas de tratamiento de efluentes o de abastecimiento de agua potable que requieran de desembolsos de sumas de dinero significativas para su operación y mantenimiento.

Por estos motivos se profundizó aún mas el estudio de los filtros anaeróbicos y su aplicación también a nuestra problemática rural y la de otros países con carencias similares a la nuestra.

Por otro lado, la energía que se consume en la reacción aeróbica es superior en relación a la reacción anaeróbica.

3.1 Mecanismo de las reacciones anaeróbicas

Etapas de degradación de materia orgánica



HIDRÓLISIS: Los factores limitantes de la velocidad de reacción biológica del proceso son: pH, lípidos(grasas) y Θ_c

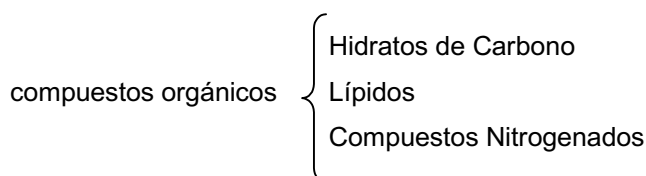
ACIDOGÉNESIS: Velocidad de reacción mayor

METANOGENESIS: Velocidad de reacción menor, es la etapa limitante en la degradación anaeróbica de productos solubles.

En sistemas mal operados, hay acumulación de ácidos orgánicos e inhibición de metanogénesis.

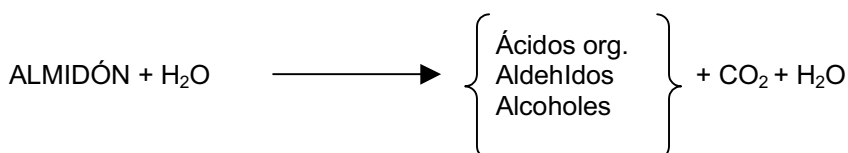
3.2 Degradación anaerobia de la materia orgánica presente en el efluente

Los principales compuestos orgánicos producidos en el metabolismo humano y presentes en las aguas residuales son.



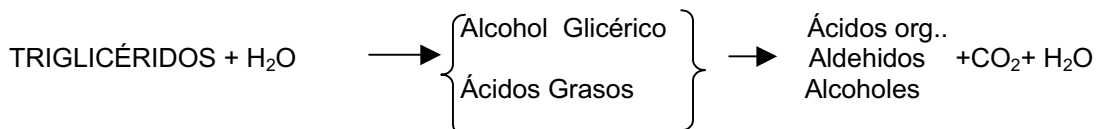
3.2.1 Hidratos de Carbono

Los Hidratos de Carbono están presentes en un rango medio del 25-50%



3.2.2 Lípidos

El porcentaje medio de lípidos (grasas y aceites) presentes es del 10%



3.2.3 Compuestos Nitrogenados

Entre los compuestos nitrogenados constituyentes del agua residual, las proteínas y la urea son los mas importantes. Las proteínas aportan alrededor de un 40 %.



En relación a la urea, desarrollaremos en particular su proceso de degradación, porque la contaminación con nitrato de muchos cuerpos receptores es debida a la degradación incompleta de ella.

3.2.3.1 Ciclo de degradación de la urea

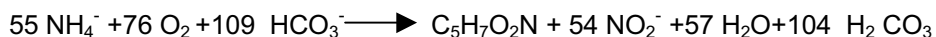
Debido a la gran velocidad de descomposición de la urea, esta se transforma rapidamente en amoniaco por hidrólisis, esta reacción es catalizada por la enzima ureasa.

Posteriormente el amoniaco es transformado en Nitritos y Nitratos por la presencia de bacterias autótrofas aerobias estrictas.

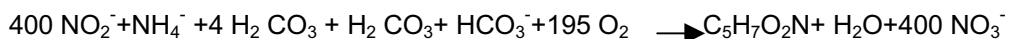
Algunas de las bacterias que producen nitrificación son: Nitrosomonas, Nitrosocystis, Nitrosospira, Nitrosoglea, etc.

Bacterias que causan nitratación son: Nitrobacter, Nitrocystis, Bactoderma, Microderma, etc.

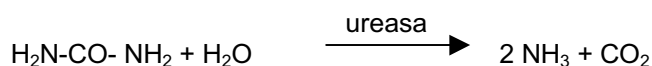
Para los Nitrosomonas la ecuación es la siguiente:



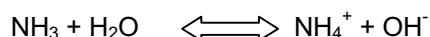
Para los Nitrobacter la ecuación es:



Si bien la nitrificación y la desnitrificación ocurren en medio aerobio, estas reacciones se llevan a cabo porque el agua utilizada en el arrastre hidráulico posee oxígeno disuelto, o es tomada del oxígeno presente en el humus presente y ese oxígeno es utilizado como fuente de provisión para la oxidación del amoníaco en nitrito y posteriormente en nitrato.

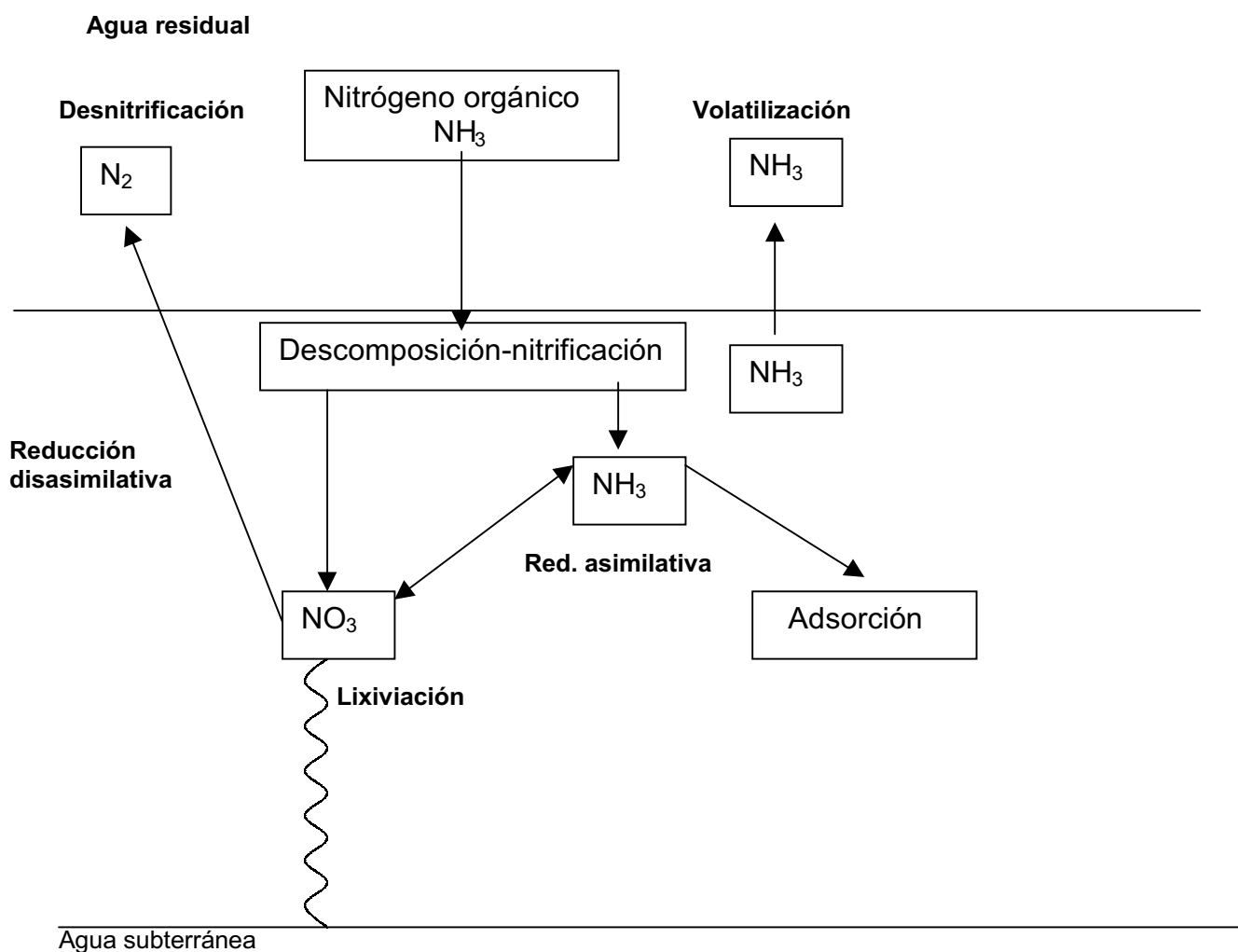


El NH_3 está presente en equilibrio de acuerdo al pH del medio según la siguiente reacción de equilibrio:



A niveles de pH superiores a 7 el equilibrio se desplaza hacia la izquierda, mientras que el ión amonio es predominante a valores inferiores a 7.

A continuación esquematizamos las transformaciones sufridas por el nitrógeno orgánico proveniente de un efluente cloacal urbano afectado por un tratamiento natural como es el sistema de pozo absorbente y su posterior infiltración en el terreno.



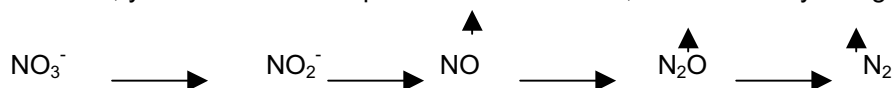
Reducción asimilativa: los nitratos y nitritos, en ausencia de nitrógeno amoniacal se reducen a amoníaco, formándose nuevas células. El amoníaco obtenido se oxida a su vez posteriormente transformándose nuevamente en nitritos y nitratos.

Reducción disasimilativa, o reducción respiratoria de los nitratos: Es el proceso que se conoce con el nombre de **desnitrificación**, por el cual bacterias heterótrofas, reducen en condiciones anóxicas, los nitratos y nitritos a gas nitrógeno, la síntesis requiere de presencia de materia orgánica carbonada y trazas de amoníaco.

Los principales mecanismos bioquímicos puestos en juego no son anaeróbicos sino modificaciones de mecanismos aerobios, es por ello que se dice que la reacción de desnitrificación ocurre en condiciones anóxicas y no anaeróbicas.

La conversión del nitrógeno en forma de nitrato y nitrito a nitrógeno gas es llevada a cabo mediante diversos tipos de bacterias como: *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Pseudomonas* y *Spirillum*.

La reducción que estas bacterias producen, es en etapas: El primer paso consiste en la conversión de nitrato a nitrito, y a continuación se producen óxido nítrico, óxido nitroso y nitrógeno.



Los tres últimos compuestos son gaseosos y se pueden difundir a la atmósfera.

Asimismo la presencia de oxígeno disuelto inhibe el sistema enzimático y la desnitrificación no se producirá.

Como se observa en el esquema de las transformaciones sufridas por los compuestos nitrogenados derivados de la urea, comprendemos que en los sistemas de tratamiento con pozos absorbentes, si la napa freática se encuentra cercana al nivel terreno, no habrá tiempo suficiente para la desnitrificación y los nitratos se solubilizan e incorporan al agua subterránea contaminando la misma.

Este fenómeno se viene produciendo hace tiempo en bastas regiones suburbanas del gran Buenos Aires y es uno de los principales motivos de los altos contenidos de nitratos en las aguas subterráneas en la actualidad.

El nitrato una vez solubilizado en el agua es prácticamente irreversible y por métodos naturales los cursos subterráneos no tienen capacidad de transformarlo y eliminarlo (considerando la fuente con oxígeno disuelto y sin carbono orgánico disponible) O sea que se transforma en una contaminación permanente.

Desde el punto de vista económico la eliminación del nitrato es cara y en muchos casos inviable debiéndose descartar esa fuente como suministro de agua potable.

La remoción habitual del NO_3^- se realiza habitualmente por resinas de intercambio iónico o por ósmosis inversa.

4 Cámaras sépticas

Las cámaras sépticas son los primeros componentes de los sistemas de tratamiento domiciliario y es verdaderamente fundamental para el desempeño futuro de todo el sistema de evacuación domiciliario, pero habitualmente es tratada con bastante ligereza a la hora de conformar la misma.

Una dimensión no adecuada (pequeña) y un diseño poco estudiado de la entrada y salida de la misma suelen ser las causas principales que el pozo absorbente colapse en poco tiempo.

Las grasas y los aceites que se escapan terminan irremediablemente impermeabilizando el pozo absorbente.

De la experiencia recogida en el estudio de varios casos el proceder de los usuarios de este tipo de sistema es similar, aparecen las colmataciones frecuentes y cuando llega el momento de solucionar el problema y tomar decisiones, hacen ejecutar y habilitar un nuevo pozo absorbente, sin siquiera sospechar que el problema principal esté en la cámara séptica.

Ahora bien puede que la cámara séptica tenga el tamaño adecuado y bien estudiado el diseño de su entrada y salida pero sin embargo persisten los problemas de colmataciones frecuentes del pozo.

En estos casos el problema lo provocan los elevados niveles de la napa freática, el pozo es anegado por la capa freática pudiendo perder este hasta todo su volumen útil.

4.1 Índice de remoción

En la tabla siguiente se muestran las concentraciones de los contaminantes hallados en el efluente de las cámaras sépticas.

La remoción bacteriana no es significativa y prácticamente no se detectan cambios a la salda de ella. Remociones típicas de aceite y grasas varían entre el 70 y 80%, produciendo un efluente con concentraciones de 20-25 mg/l. La remoción de fósforo es mínima, 1,5% y con una concentración en el efluente de alrededor de 20 mg/l total de fósforo.

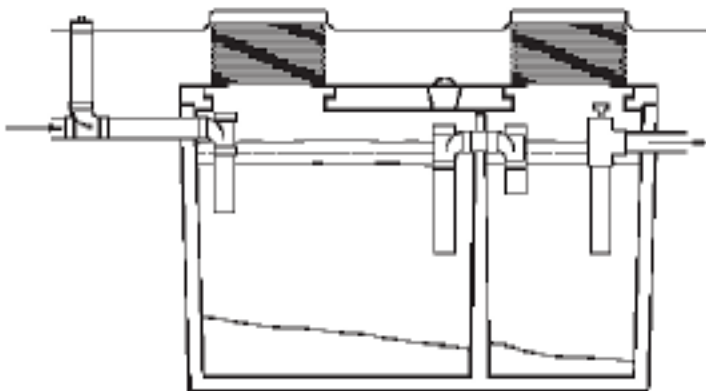
Estudios realizados sobre cámara sépticas por Brandes han demostrado que la eficiencia en el tratamiento de las aguas negras aumenta considerablemente cuando se las separa de las aguas grises y se las trata por separado.

Datos de efluente de cámaras sépticas de varios estudios efectuados					
Parámetro	7 locali.	10 C.S.	19 local.	4 local.	1 C.S.
DBO₅					
Media	138(a)	138	140	240(b)	120
Rango	7-480	64-256	-----	70-335	30-280
Nº de muestr.	150	44	51	21	50
COD					
Media	327	-----	-----	-----	200
Rango	25-780	-----	-----	-----	71-360
Nº de muestr.	152	-----	-----	-----	50
Sol.Sus.					
Media	49	155(a)	101	95(b)	39
Rango	10-695	43-485	-----	48-340	8-270
Nº de muestr.	148	55	51	18	47
Nitrogeno Tot.					
Media	45	-----	36	-----	-----
Rango	9-125	-----	-----	-----	-----
Nº de muestr.	99	-----	51	-----	-----
a Valor promedio calculado de 10 C.S. en 6 series de mediciones					
b Calculado en base a la distribución normal logarítmica					

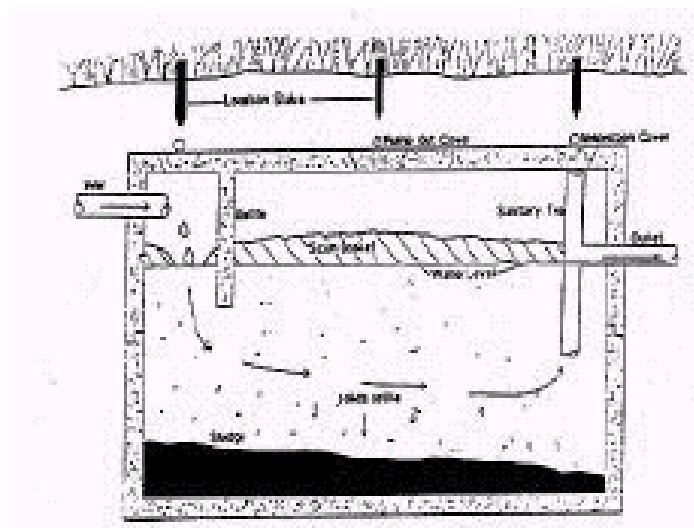
Los factores que afectan el rendimiento de las C.S. son su geometría, carga hidráulica, la configuración de la entrada y salida, el número de compartimientos, la temperatura y el control de su operación y mantenimiento. Si la C.S. es sobrecargada, el tiempo de permanencia se hará mas corto y los sólidos pueden no sedimentar correctamente.

Una cámara séptica de un solo compartimiento puede tener un buen rendimiento pero las de mas de un compartimiento e igual volumen son mejores y ofrecen mayor protección contra la fuga de sólidos y espumas.

Cámara séptica de dos compartimentos con pantalla



Cámara séptica de un solo compartimiento



Un inadecuado diseño y ubicación en los baffles pueden crear turbulencias en la C.S. y perjudicar la normal decantación de los sólidos como así también que la espuma y los barros lleguen a la cañería de descarga.

Además problemas de operación y mantenimiento como sólidos que se drenan con la descarga de los inodoros pueden obstruir las cañerías y generar problemas en las C.S.

4.2 Diseño

La C.S. debe diseñarse para asegurar que todos los sólidos sedimentables puedan ser removidos, para ello deberán tener:

1. Un volumen de líquido suficiente para una retención de líquido de por lo menos 24 h a máxima cantidad de barro y espuma acumulados.
2. Dispositivos de entrada y salida que prevengan la descarga de barro o espuma en el efluente.
3. Suficiente volumen para el depósito de barro y espuma para prevenir su descarga con el efluente.
4. Proveerlo de ventilación adecuada que le permita ventear los gases formados de metano y sulfuro de hidrógeno.
5. Una relación de longitud-ancho que puede variar de 2 a 3, para cámaras sépticas pequeñas se utiliza habitualmente la relación menor.
6. La profundidad para cámaras sépticas pequeñas puede variar entre 0,90 a 1,20 m con una revancha de 0,20 a 0,30 m entre el nivel del líquido y la cubierta de la cámara. Para cámaras sépticas de mayor capacidad, la profundidad no será menor a los 1,20 m y no superior a los 1,70 m. En caso de ser factible se aconseja utilizar los valores mayores.
7. Distancia mínima entre la superficie del líquido y el borde de la estructura de 0,20 a 0,30 m.
8. La velocidad promedio horizontal no deberá exceder los 0,30 m/minuto y en el cálculo del área transversal se deberá tener en cuenta el volumen para el almacenamiento de lodos.

4.2.1 Criterios

El primer paso para definir el volumen de la C.S. es determinar el volumen promedio de agua consumido diariamente. Idealmente se puede obtener ese dato con un medidor de caudal aplicado en un lapso determinado en el suministro de agua, como esto generalmente no es posible principalmente en los edificios o casas en construcción, se calcula el consumo de acuerdo al tipo vivienda y de acuerdo al nivel social y número de personas que habitan.

A modo de referencia y teniendo presente que no hay restricciones en el uso del agua, se puede sugerir

	Litros/hab.día
Casa rural humilde	50
Casa urbana de barrio	150-200
Casa suntuosa	>250

No se aplica el factor de retorno y de esa manera nos quedamos con un margen de seguridad.

De acuerdo a las recomendaciones de la O.M.S. para la "Evacuación de excretas para medios rurales", la misma determina las capacidades de las cámaras sépticas.

Para viviendas particulares:

Nºmax.pers.serv	C.Séptica vol.(lt)	Ancho (m)	Largo (m)	Prof.líquido(m)	Prof.Total(m)
4	1890	0,91	1,82	1,22	1,52
6	2270	0,91	2,13	1,22	1,52
8	2840	1,06	2,28	1,22	1,52
10	3400	1,06	2,59	1,38	1,68
12	4100	1,22	2,59	1,38	1,68
14	4920	1,22	3,05	1,38	1,68
16	5680	1,38	3,05	1,38	1,68

Dotaciones consideradas

Nºmax.pers.serv	Capacidad líquida nominal Cám.Sep. (lt)	Dot.(l /h.d)	Vol.cons.(lt)
4	1520	190	760
6	1710	378	1140
8	2280	355	1520
10	2850	340	1900
12	3420	342	2280
14	3990	351	2660
16	4560	190	3040

Comentarios: Los volúmenes de las C.S. para viviendas particulares se han calculado considerando un consumo de 190 l / hab.día y un volumen adicional para el almacenamiento de barros equivalente a un día de consumo. Para consumos mayores a los 1000 y hasta los 4560 litros la capacidad de la fosa séptica deberá ser como mínimo igual a la afluencia de agua residuales durante un día y medio. Cuando el caudal efluente oscila entre 4560 y 37.850 litros por día, la capacidad mínima útil del tanque deberá ser de 4.500 litros mas un 75% de la afluencia diaria de las aguas residuales. La siguiente tabla indica como calcular los volúmenes de los tanques sépticos.

Rango de Consumos diarios =Q (lt)	Volumen del tanque séptica (lt)
Hasta 1.000	2 Q
1.000 hasta 4.500	1,5 Q
4.500 hasta 38.000	4.500+ 0,75 Q

V: volumen útil de la fosa séptica

Q: Afluencia diaria de aguas residuales a la misma unidad

Para campamentos y escuelas diurnas:

Campamento	Escuela diurna	C.Séptica vol.(lt)	Ancho (m)	Largo (m)	Prof.líquido(m)	Prof.Total(m)
40	60	3.780	1,22	2,59	1,22	1,52
80	120	7.560	1,52	3,35	1,52	1,89
120	180	11.430	1,82	4,11	1,52	1,89
160	240	15.120	1,82	5,48	1,52	1,89
200	300	18.900	2,28	5,48	1,52	1,97
240	360	22.680	2,43	6,09	1,52	1,97
280	420	26.460	2,59	6,09	1,68	2,13
320	480	30.240	2,59	7,11	1,68	2,13

La EPA establece como valores de capacidades para los tanques sépticos los siguientes:

Antiguamente fue basado en el número de dormitorios por casa y en el promedio de personas por habitación.

Se asignaban dotaciones de 170 lt pers. / día, como factor de seguridad y asignando una densidad de 2 personas por habitación con un consumo de 284 lt pers. / día se obtiene un consumo de 570 lt / dormitorio / día.

Es común tomar una capacidad de 2 a 3 días de permanencia, obteniéndose volúmenes de 1140 a 1700 lt por dormitorio.

Todavía en muchos estados los Códigos locales se basan en alguna versión de las mencionadas anteriormente.teniendo presente el número de dormitorios

Por otro lado las variaciones horarias y diarias de los consumos provocan descargas con gran concentración de sólidos. Un buen diseño de un tanque séptico con dos compartimientos reduce los efectos de las cargas pico. Otra clave para un buen diseño y rendimiento es la relación entre el área superficial, el depósito de lodos, la tasa de descarga y su velocidad de salida. Estos parámetros afectan la eficiencia hidráulica y la capacidad de retención de los lodos en el tanque.

Tanques con áreas superficiales mayores y mas profundos son preferidos porque incrementan la capacidad de retención de lodos y disminuyen la agitación permitiendo una velocidad de descarga mas lenta.

Aumentando el área superficial se disminuye la velocidad y se reduce la posibilidad de fugas de lodos y espuma a través de la salida. Esto se logra incrementando el area de salida reemplazando la cañería de 110 mm por otro de 150 mm.

Volúmenes típicos de tanque sépticos

	Federal Housing.Aut.	U.S.Public Healt Ser.	Uniform Plumbing Code	Rango de requerim. entre .Estados
mínimo	2840	2840	2840	1893-3785
1-2 dormitorios	2840	2840	2840	1893-3785
3 dormitorios	3407	3407	3785	3407-5678
4 dormitorios	3785	3785	4542	3785-7570
5dormitorios	4731	4731	5678	4164-7570
dormitor adicional	946	946	568	-----

5 Remoción de Nitrógeno

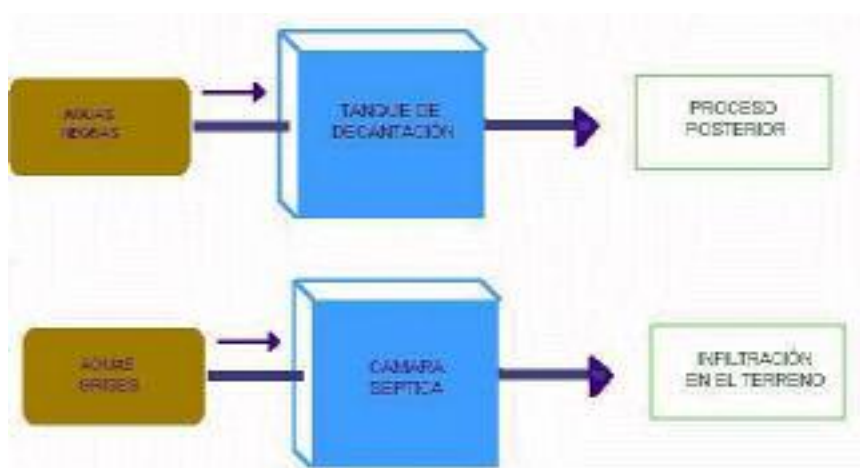
La EPA en su "Manual para el tratamiento descentralizado de efluentes domiciliarios" recomienda para la remoción de nitrógeno tres sistemas diferenciados por sus procesos: El primero es el métodos de segregación, el segundo los métodos fisico-químicos y por últimos los biológicos.

La remoción de nitrógeno se lleva a cabo para proteger al medio ambiente y asegurar las fuentes de agua subterráneas. La remoción biológica de nitrógeno requiere la nitrificación en condiciones aeróbicas y la desnitrificación en medio anóxico(anaerobio), es el método mas utilizada hasta el momento.

5.1 Separación por Segregación

Separar las agua Negras de las Grises. Las aguas Negras (agua de toilet) pueden ser separadas de las otras fuentes de emisión como ser la de cocina, lavadero, ducha, etc (aguas Grises) y disponerse por separado mediante un sistema de cañerías ejecutado en la casa para tal fin.

Las aguas Negras contienen un 80% y mas de nitrógeno del efluente de una casa y puede ser almacenado en un tanque, el resto de las aguas rises son descargadas en un tanque séptico/absorción en el terreno.



5.2 Métodos físico-químicos de tratamientos

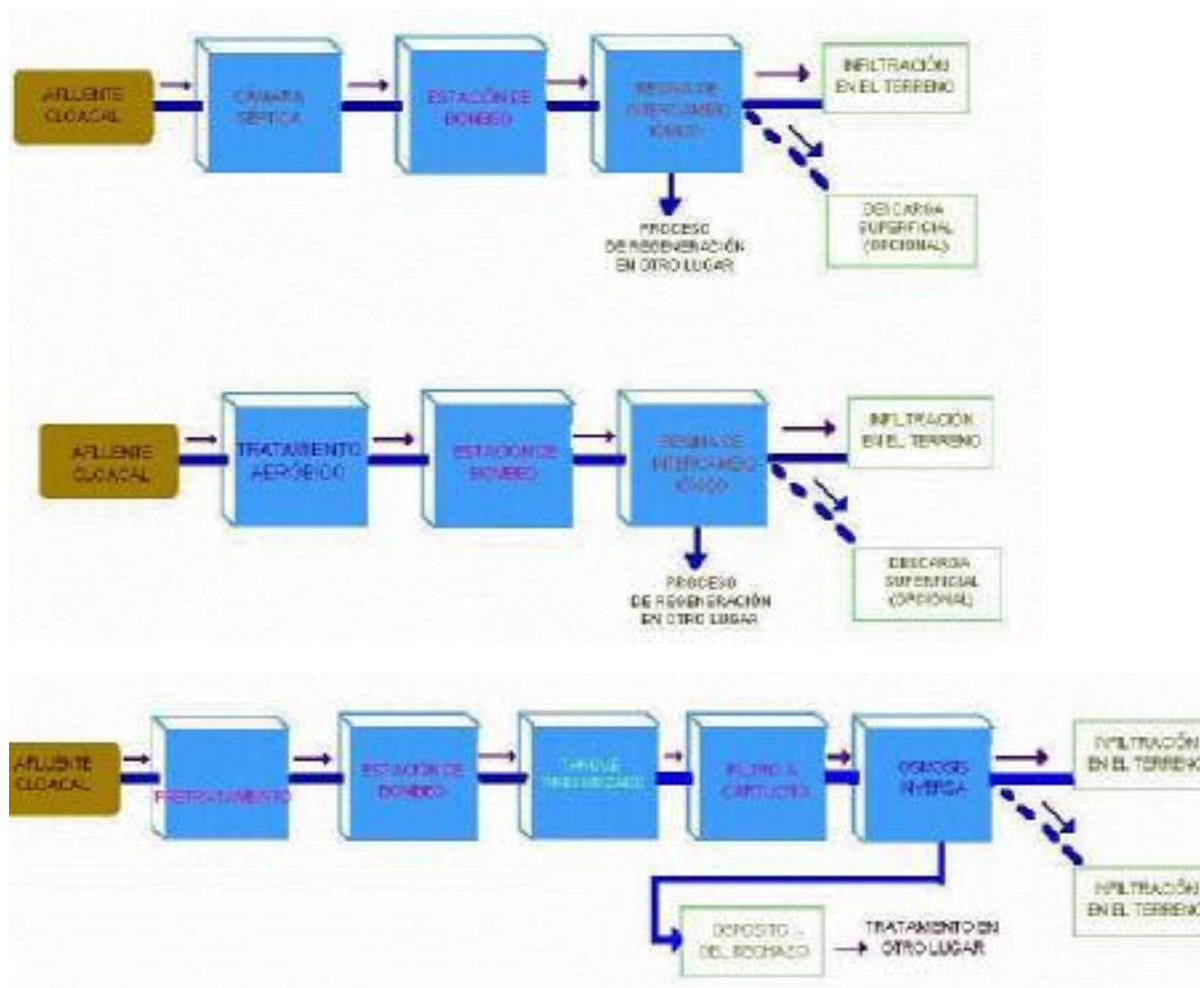
Existen dos tipos de sistemas fisico-químicos para la reducción de nitrógeno en los efluentes domiciliarios: Uno por resinas de intercambio iónicos y el otro por osmosis inversa. Tienen un promisorio futuro para los tratamientos domiciliarios individuales, pero actualmente no hay actualmente alguno en uso.

5.2.1. Resinas de intercambio iónico

Hay dos tipos de sistemas que se pueden utilizar, las resinas de intercambio catiónica y las aniónicas. El amoniaco del tanque séptico es removido por ejemplo por una zeolita natural como la Clinotilolite que tiene excelente selectividad para el amonio mayor que otras cationes presentes en el efluente. En los sistemas aniónicos el efluente debe ser nitrificado previamente antes de su paso por la columna de intercambio. Una resina básica aniónica fuerte puede ser empleada para capturar el nitrato. Ambos sistemas requieren que la regeneración se realice en otro lugar.

5.2.2 Osmosis Inversa

El sistema requiere un pretratamiento para remover los sólidos suspendidos de los compuestos orgánicos e inorgánicos. El efluente pretratado se almacena a presión y luego se hace pasar por una membrana semipermeable que permite la separación de iones y moléculas antes de su disposición final. Gran cantidad de líquido de rechazo es generado y debe ser almacenado para su posterior tratamiento en otro lugar.



5.3 Tratamientos Biologicos

Muchos sistemas de tratamiento individuales de efluentes utiliza sistemas biológicos de desnitrificación para remover el nitrógeno de los efluentes cloacales domiciliarios. Día a día estos sistemas se están monitoreando y mejorando, pero aún falta mas investigación para comprender mejor los mecanismos que están presentes en estos procesos.

Entre los sistemas desarrollados encontramos: A. tanque anaeróbico-filtro aeróbico empacado, B. Reactor secuencial Batch, C. Filtro intermitente de arena, D. Tratamiento segregados en la fuente y recombinado, E. Filtro de arena con recirculación con filtro anaeróbico y fuente de carbono.

5.3.1 Nitrificación/Desnitrificación con filtro aeróbico empacado-tanque séptico.

El efluente del filtro aeróbico empacado con un medio filtrante plástico, es recirculado mediante una bomba al tanque séptico. En el filtro ocurre la nitrificación, posteriormente retorna al tanque séptico proveyendo este un medio adecuado para la desnitrificación biológica. Se lo usa para remover DBO, patógenos y nitrógeno, están compuestos por un lecho de material poroso (piedras, escoria, anillos plásticos o cualquier relleno que tenga una gran área superficial y alta permeabilidad. El efluente es distribuido por arriba y se forma una fina biopelícula aeróbica sobre el relleno y es colectado en el fondo a través del drenaje. Una porción del efluente filtrado igual al caudal afluente es descargado para su posterior infiltración.(gráfico A)

Para obtener una nitrificación total (> al 85 por ciento), el filtro de película fija no debe cargarse por encima de 3 a 6 g DBO/m³ por día o 6 a 12 g DBO/m³ por día, para piedra y rellenos plásticos respectivamente.

En USA se venden plantas compactas con diseños patentados empleando este sistema, logrando eficiencias de remoción total de N del 65 al 75%. Como variante algunos sistemas reciclan a un filtro de contacto anaeróbico de flujo ascendente en vez de hacerlo a la C.S.

5.3.2 Reactor Secuencial Batch (SBR)

Si el tiempo de retención hidráulico es lo suficientemente grande permite que se lleve a cabo la nitrificación durante la fase de "reacción" del ciclo del (SBR), la etapa de llenado es anóxica y si tiene el suficiente tiempo de permanencia hidráulico, el sistema puede remover entre 50 y 80% de nitrógeno total y cantidades importantes de fósforo. Este sistema está disponible comercialmente en USA . (figura B)

5.3.3 Filtro intermitente de arena

La nitrificación es producida en el filtro intermitente de arena mientras que la desnitrificación se llevada a cabo haciendolo pasar posteriormente por un filtro de contacto anaeróbico de flujo ascendente. El filtro anaeróbico puede ser reemplazado por un filtro fitoterrestre. (subsurface flow wetland). La eficiencia en la remoción total de nitrógeno de estos sistemas es del orden de 55 al 75%. (figura C).

A continuación en la tabla 1 se observan los parámetros básicos para su diseño.

**TABLE 1 TYPICAL DESIGN CRITERIA
FOR ISFs**

Item	Design Criteria
Pretreatment	Minimum level: septic tank or equivalent
Filter medium	
Material	Washed durable granular material
Effective size	0.25-0.75 mm
Uniformity coefficient	< 4.0
Depth	18 - 36 in
Underdrains	
Type	Slotted or perforated pipe
Slope	0-0.1%
Size	3-4 in
Hydraulic loading	2-5 gal/ft ² /day
Organic loading	0.0005-0.002 lb/ft ² /day
Pressure distribution	
Pipe size	1-2 in
Orifice size	1/8-1/4 in
Head on orifice	3-6 ft
Lateral spacing	1-4 ft
Orifice spacing	1-4 ft
Dosing	
Frequency	12-48 times/day
Volume/orifice	0.15-0.30 gal/orifice/dose
Dosing tank volume	0.5-1.5 flow/day

Source: Adapted from: U.S. EPA, 1980 and Crites and

En la tabla 2 se recomiendan las tareas a realizar durante la operación y mantenimiento de los filtros intermitentes de arena.

TABLE 2 RECOMMENDED O&M FOR ISFs

Item	O&M Requirement
Pretreatment	Depends on process; remove solids from septic tank or other pretreatment unit
Dosing chamber	
Pumps and controls	Check every 3 months
Timer sequence	Check and adjust every 3 months
Appurtenances	Check every 3 months
Filter media	
Raking	As needed
Replacement	Skim sand when heavy incrustations occur; replace sand to maintain design depth
Other	Weed as needed Monitor/calibrate distribution device as needed Prevent ice sheeling

Por último en la tabla 3 se comparan las eficiencias de remoción de los filtros intermitentes frente a la cámara séptica

TABLE 3 COMPARISON OF EFFLUENTS FROM SINGLE-FAMILY, RESIDENTIAL SEPTIC TANKS AND ISFs FOR 30 SYSTEMS IN PLACER COUNTY

Effluent Characteristic	Septic Tank Effluent	ISF Effluent	% Change
CBOD ₅	180.2 (15)*	2.17 (44)*	98
TSS	72.9 (15)*	16.2 (44)*	78
NO ₃ -N	0.1 (15)*	31.1 (44)*	99
NH ₄ -N	47.8 (15)*	4.6 (44)*	90
TKN	61.8 (15)*	5.3 (44)*	90
TN	61.8 (15)*	37.4 (44)*	40
TC	6.62 x 10 ⁵ (13)*	7.30 x 10 ² (45)*	99 (3 logs)
FC	1.14 x 10 ⁵ (13)*	1.11 x 10 ² (43)*	99 (3 logs)

*Number of samples

CBOD₅, TSS, and nitrogen expressed as mg/L; arithmetic mean. Fecal and total coliform expressed as geometric mean of MPN/100 mL.

Source: Cagle and Johnson (1994), used with permission from the American Society of Agricultural Engineers.

5.3.4 Tratamiento segregados en la fuente con reciclo

Este es un sistema comercial donde el efluente es segregado, las aguas grises pasan por una cámara séptica y posteriormente por un filtro anaeróbico ascendente AUF utilizada para la desnitrificación. Las agua negras pasan son decantadas en otra cámara séptica y posteriormente es procesada por el mismo AUF que utiliza las agua grises. (figura D)

5.3.5 Filtro de arena con recirculación y con filtro anaeróbico, fuente de carbono externa

Los sistemas de tratamiento aplicando filtros de arena con recirculación tienen una eficiencia de remoción de nitrógeno total del 40 al 50 %. Para aumentar la misma se suele agitar el tanque de recirculación para que se combine con una mayor cantidad de carbono orgánico. (figura E)

Rendimientos de 70 al 80% de remoción de nitrógeno total se obtienen haciendo recircular el efluente por la cámara séptica produciéndose un mejor mezclado, aumentando el tiempo de permanencia hidráulico al atravesar por un filtro de contacto anaeróbico ascendente o agregándole una fuente externa de carbono orgánico. (figura F)

CRITERIO DE DISEÑO DE RSFs

Item	Design Criteria
Pretreatment	Minimum level: septic tank or equivalent
Filter medium	
Material	Washed durable granular material
Effective size	1.0 to 3.0 mm
Uniformity coefficient	< 4.0
Depth	24 in
Underdrains	
Type	slotted or perforated pipe
Slope	0 - 0.1%
Bedding	Washed durable gravel or crushed stone (0.25 - 1.50 in)
Hydraulic loading	3.0 to 6.0 gpd/ft ² (forward flow)
Organic loading	0.002 - 0.008 lb/ft ² /day
Recirculation ratio	3:1 to 5:1
Recirculation tank	Volume equivalent to at least 1 days raw wastewater flow
Distribution and dosing system	Pressure-dosed manifold distribution system and spray nozzles where permitted
Dosing	
Time on	< 2-3 minutes
Time off	Varies
Frequency	48-120 times/day or more
Volume/orifice	1-2 gal/orifice/dose

RECOMENDACIONES PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Item	O&M Requirement
Pretreatment	Depends on process; remove solids from septic tank or other pretreatment unit
Dosing chamber	
Pumps and controls	Check every 3 months
Timer sequence	Check and adjust every 3 months
Appurtenances	Check every 3 months
Filter media	If continuous hydraulic or biological overloading occurs, the top portion of the media can clog and may need to be replaced if not corrected in time
Other	Weed as needed Monitor/calibrate distribution device as needed Prevent ice sheeting

5.3.6 Filtro anaeróbico con filtro de arena con reciclo

Por último proponemos una alternativa del caso anterior y que no requiere de fuentes externas de carbono orgánico. La misma está basada siguiendo el principio del proceso Bardenpho utilizado para la remoción de nitrógeno. Este proceso es continuo y posee cuatro unidades o etapas, la primera es anóxica con un volumen del 25% del total, la segunda ocupa un volumen del 50% y es la etapa aeróbica, a continuación de esta hay una nueva etapa anóxica con una capacidad del 20% y finalmente la última etapa que es aeróbica con una capacidad del 5% del volumen total.

A continuación se comparará las eficiencias en remoción de $\text{NO}_3\text{-N}$ de un sistema tradicional de barros activados, la variación de Ludzack-Ettinger y el proceso Bardenpho

	Afluente (mg/l)	B. Activado (mg/l)	Ludzack-Etting.(mg/l)	Bardenpho(mg/l)
$\text{NO}_3\text{-N}$	0,61	7,03	2,72	0,25

El sistema en cuestión está compuesto por un filtro anaeróbico-anóxico de flujo ascendente y de un filtro de arena con recirculación. Los valores de remoción de nitrógeno total, como mínimo serán del 70 al 80 %, esperándose valores superiores una vez que se ponga a punto el sistema. (figura G)

El AUF es aplicado para aumentar la eficiencia de desnitrificación, el filtro de contacto anaeróbico deberá cargarse en un rango de 1 a 5 kg DQO / m³ por día y tener como mínimo un tiempo de residencia hidráulico de 1 día. El relleno del mismo puede ser de piedra o de material sintético, de un largo superior a los 5 cm.

Relación diámetro /altura del filtro de contacto anaeróbico: 2,5 para volúmenes pequeños y superiores a 3 para grandes reactores.

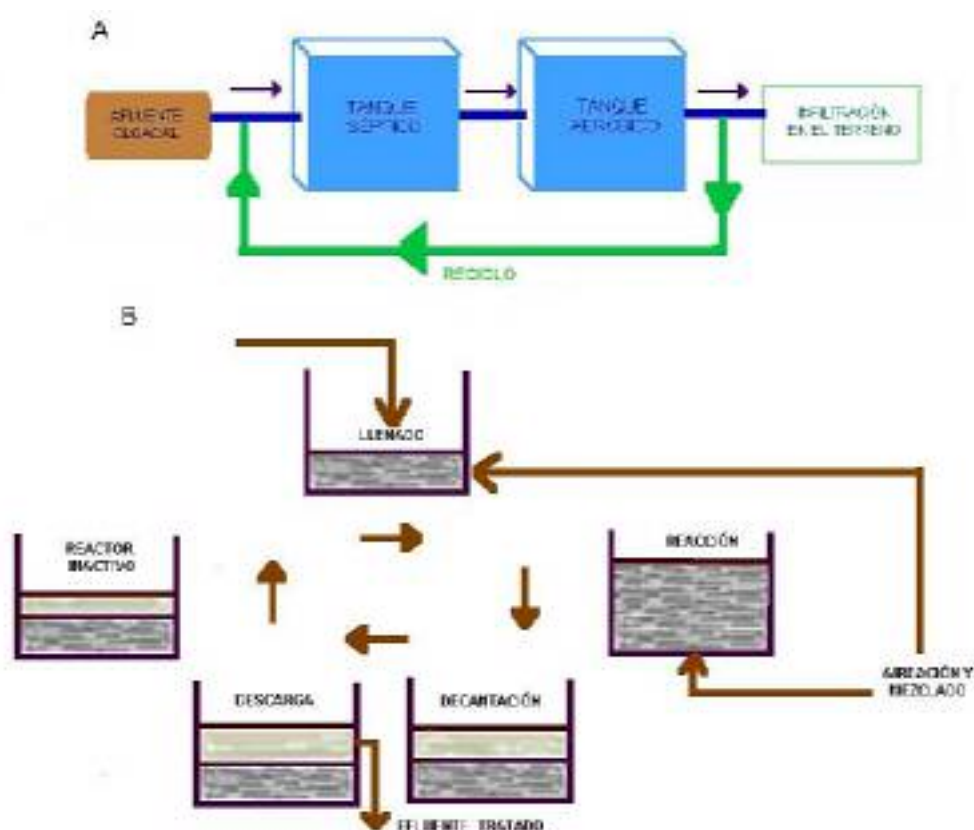
Un lecho sumergido vegetal puede sustituir al AUF y puede contribuir a aportar algún carbono lábil al proceso.

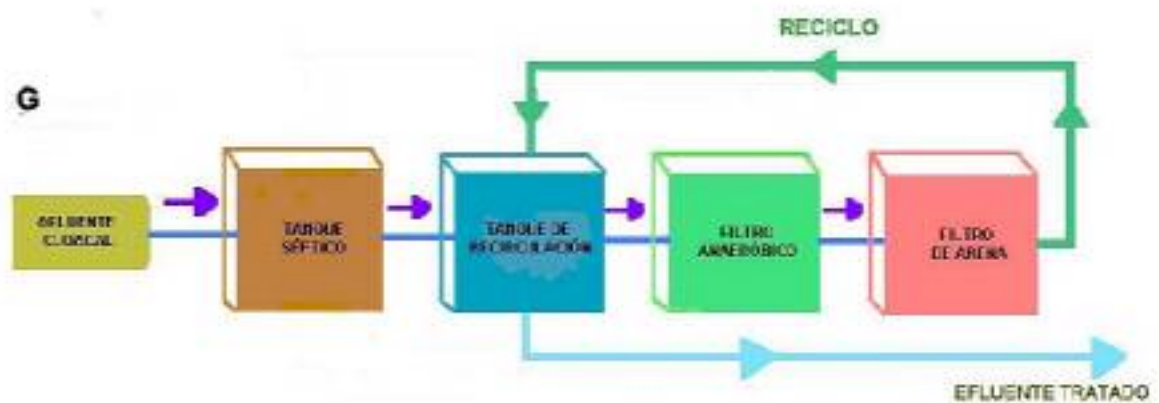
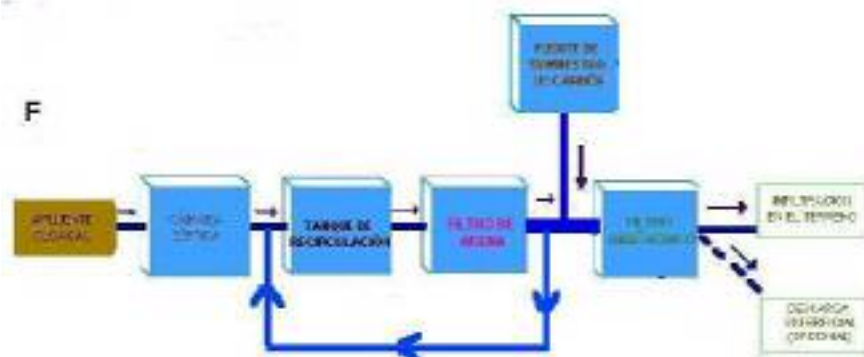
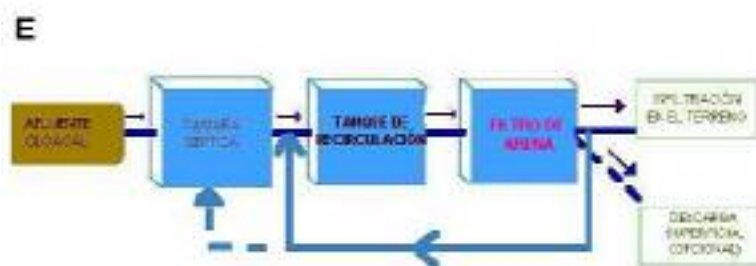
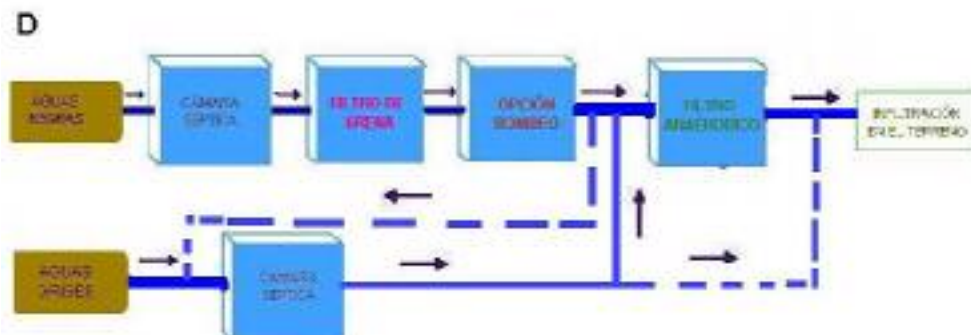
Remociones de N típicas de sistemas individuales

Proceso	Porcentaje de TN removido
RSF	40 – 50
RSF (con reciclo a ST o AUF)	70 – 80
ST - FFS (con reciclo a ST o AUF) ^a	65 - 75
SBR ^a	50 - 80
SS y remoción	60 - 80
(SS - TT R) ^a	40 - 60
ISF – AUF	55 - 75

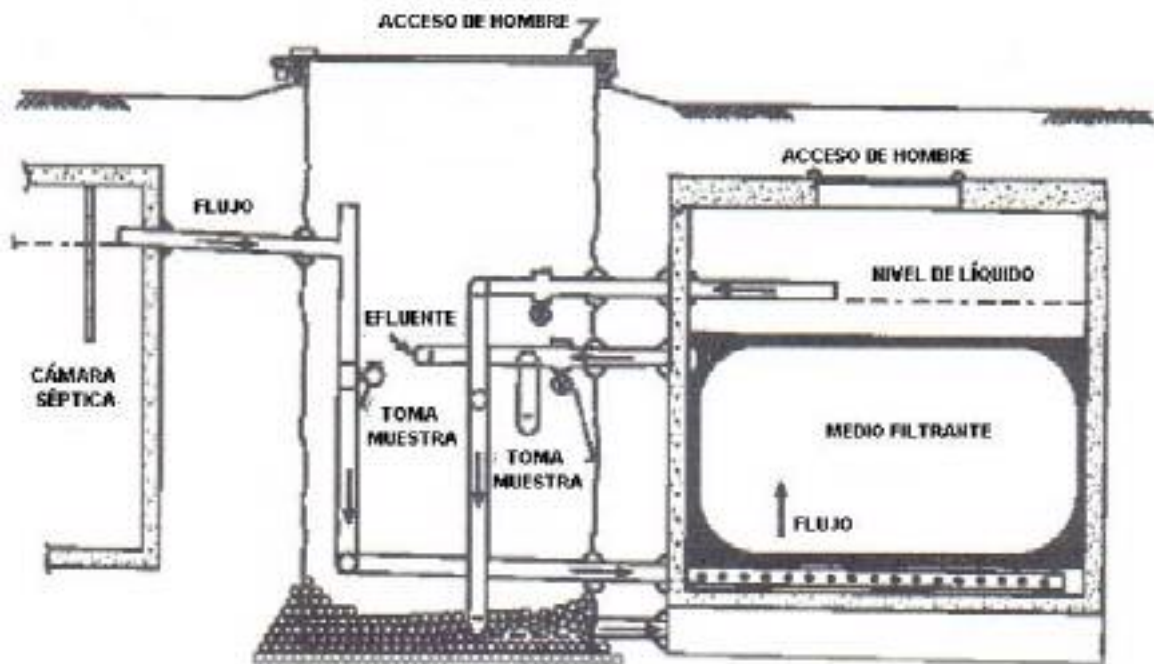
^a a Sistemas comercialmente disponibles.

Nota: RSF = filtro de arena con recirculación; AUF = filtro anaeróbico ascendente; ST = tanque séptico; FFS = sistemas de film fijos; SBR = reactor batch secuencial; SS = segregación en la fuente; TT = tratamiento aplicado a ambos sistemas; R = re combinado; ISF = filtro de arena intermitente.

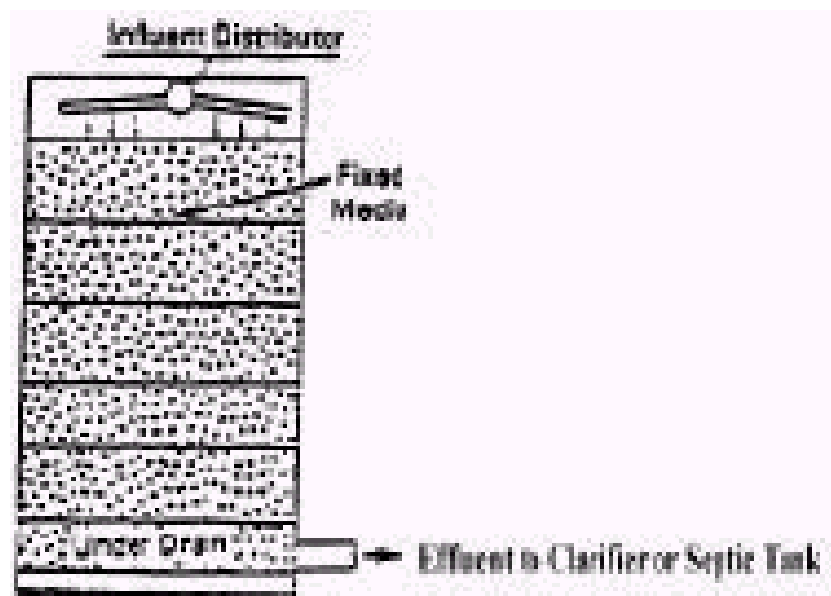


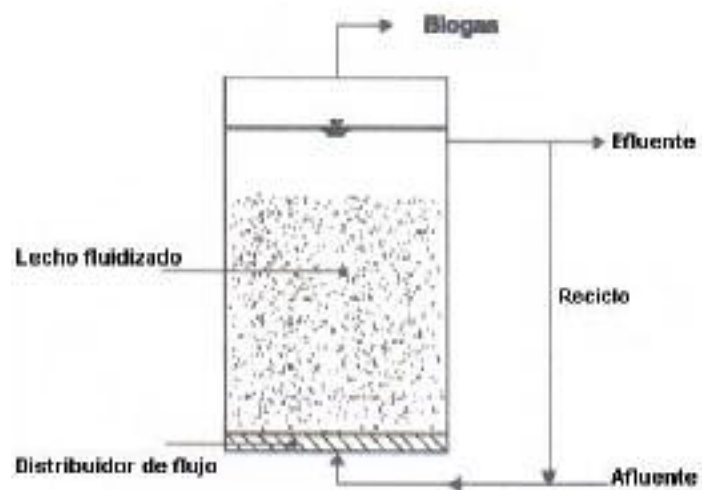


FILTRO DE CONTACTO ANAERÓBICO ASCENDENTE



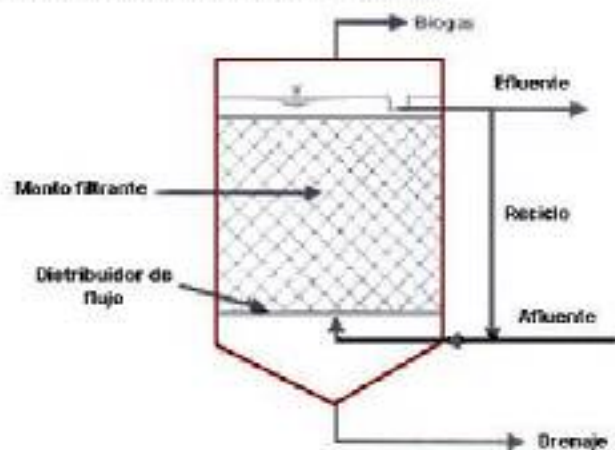
FILTRO AERÓBICO EMPACADO



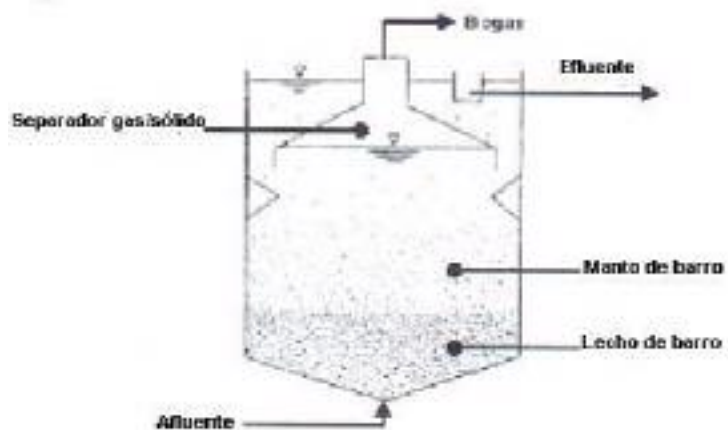


Esquema de lecho fluidizado anaeróbico

Esquema de filtro anaeróbico de flujo ascendente



Esquema anaeróbico de manto de barro ascendente



Bibliografía.

- Miguel José Keegan Terraza
- Villa Ballester, Buenos Aires, 30.11.02
- keegurza@sinectis.com.ar
- Portal Ecológico
- Todo-ciencia.com
- Enciclopedia Océano de la Ecología.
- INFORMES ESPECIALES, No. 235 - 1ra. Quincena de Enero de 2000
- INDUSTRIA Y MEDIO AMBIENTE, 1°. de Noviembre de 2002
- Taller Ecologista "Sustentabilidad Regional" – No a Corpus
- Cabildo Abierto del Pueblo de Ciudadela:
<http://orbita.starmedia.com/~cabildociudadela/index.html>
- Página de Aguas Argentinas – Biblioteca
- (EASNE, 1972; Sala, J.M., 1975).
- INA, Informe sobre napas del Dr.Santacruz
- Manual Técnico del Agua, Degremont
- Ingeniería de Aguas Residuales, Metcalf & Eddy, 3° ed.
- Anuario 2002 de Aguas Argentinas
- Censo de Población y Vivienda, Indec 1991 y 2001
- Normas de Estudio, Criterios de Diseño y Presentación de Proyectos de Desagües Cloacales para localidades de hasta 30.000 habitantes, ENOHSa año 1993.
- Innovative and Alternative Technology Assessment Manual (U.S.EPA 1980)
- Municipal Wastewater Treatment Technology Fact Sheets (U.S. Departament of Commerce 1991)
- Design Manual: Constructed Wetlands for Municipal Wastewater Treatment (U.S.EPA 1975)
- Onsite Wastewater Treatment and Disposal System. (U.S.EPA 1980)
- Onsite Wastewater Treatment System Manual (U.S.EPA 2002)
- Wastewater Treatment and Disposal for Small Communities. (U.S.EPA 1980)
- Manual of Appropriate Wastewater Treatment Technologies for the Caribbean Including Relevant Technologies in Operation Worlwide. (Millette,E.1992)
- Instituto Tecnológico de Costa Rica, Pub.Nº 221 mayo 2002.