

COMPETENCIA SOBRE AGUA, ENERGÍA Y AMBIENTE

5° ciclo - año 2011

Bibliografía 9° programa:

Temas:

- 1) Enfermedades de origen hídrico
- 2) Energía Biomasa

1 – Enfermedades de origen hídrico

INTRODUCCIÓN

El agua hace posible un medio ambiente saludable pero, paradójicamente, también puede ser el principal vehículo de transmisión de enfermedades. Las enfermedades transmitidas por el agua son enfermedades producidas por el "agua sucia"; agua que se ha contaminado con desechos humanos, animales o químicos. Mundialmente, la falta de servicios de evacuación sanitaria de desechos y de agua limpia para beber, cocinar y lavar es la causa de más de 12 millones de defunciones por año.

Se estima que 3.000 millones de personas carecen, por ejemplo, de servicios higiénicos. Más de 1.100 millones de personas están en riesgo porque carecen de acceso a agua dulce salubre. En lugares que carecen de instalaciones de saneamiento apropiadas, las enfermedades transmitidas por el agua pueden propagarse con gran rapidez. Esto sucede cuando excrementos portadores de organismos infecciosos son arrastrados por el agua o se lixivian hasta los manantiales de agua dulce, contaminando el agua y los alimentos.

Dado que se puede producir la contaminación fecal de los abastecimientos de agua, si el agua no se trata adecuadamente, el patógeno puede penetrar en un nuevo hospedador, al consumirla. Las enfermedades diarreicas son las principales enfermedades transmitidas por el agua, prevalecen en numerosos países en los que el tratamiento de las aguas residuales es inadecuado. Los desechos humanos se evacúan en letrinas abiertas, canales y corrientes de agua, o se esparcen en las tierras de labranza. Según las estimaciones, todos los años se registran 4.000 millones de casos de enfermedades diarreicas, que causan 3 a 4 millones de defunciones, sobre todo entre los niños.

El uso de aguas residuales sin previa depuración como fertilizante puede provocar epidemias o enfermedades como el cólera. Estas enfermedades pueden incluso volverse crónicas en lugares donde los suministros de agua limpia son insuficientes. A principios de los años noventa, por ejemplo, las aguas residuales sin tratar que se utilizaban para fertilizar campos de hortalizas ocasionaron brotes de cólera en Chile y Perú. La epidemia del cólera -que se abatió sobre Perú en 1991 y se extendió a casi toda Latinoamérica- es un recordatorio de la velocidad con que se propagan las enfermedades transmitidas por el agua.

Contaminación microbiológica del agua

Las afecciones que se propagan por el agua se conocen como "enfermedades transmitidas por el agua". Sus agentes patógenos son biológicos, más que químicos, y los males que provocan casi siempre son contagiosos. Por lo general, los agentes patógenos pertenecen al grupo de los microorganismos, que se transmiten a través de las heces excretadas por individuos infectados o por ciertos animales. La forma en que estas enfermedades se suelen contraer es al ingerirlos en forma de agua o de alimentos, contaminados por esas heces (vía fecal-oral).

Los patógenos transmitidos por el agua incluyen muchos tipos de microorganismos tales como: bacterias, virus, protozoos y, en ocasiones,

helminthos (lombrices), todos ellos muy diferentes en tamaño, estructura y composición.

Las enfermedades relacionadas con el consumo de agua de bebida contaminada y la disposición inadecuada de aguas servidas, excretas y residuos son las tres causas principales de enfermedad y muerte en el mundo (OPS 1990). Las aguas servidas y las excretas representan un riesgo de trascendencia para la salud pública por la alta concentración de organismos patógenos y sustancias químicas orgánicas e inorgánicas que contienen.

La mayor parte de las enfermedades transmitidas a través del agua son de origen intestinal. La materia fecal de huéspedes o portadores infectados puede introducirse de diversas maneras en un sistema de abastecimiento de agua o en un área de natación. La más común es por descarga directa de aguas negras, sin tratamiento, en la fuente de agua que luego es utilizada para el abastecimiento. Los retretes de fosa (pozos negros) ubicados demasiado cerca de un pozo de abastecimiento o arroyo también pueden ser fuente de contaminación. En ocasiones se ha rastreado el origen de brotes específicos de enfermedades en interconexiones entre tuberías de agua y alcantarillado, en rupturas de cañerías de acueductos y en contaminación de sistemas de abastecimiento de agua durante inundaciones o fallas temporales de plantas de tratamiento de aguas negras.

Los organismos patógenos son incapaces de crecer en el agua, pero pueden sobrevivir en ella por varios días. Los patógenos capaces de formar esporas o quistes tienen la capacidad de existir fuera de un huésped durante un tiempo mucho más largo. Por ejemplo, las esporas de *Clostridium tetani*, el patógeno que causa la infección de tétanos, sobrevive durante años en la naturaleza.

Bacterias transmitidas por el agua

Entre las bacterias que se transmiten por las aguas se encuentran:

Shigellae dysenteriae, que causa la disentería (diarrea sangrante), una enfermedad que se manifiesta con fiebres altas, síntomas tóxicos, retortijones, pujos intensos e incluso convulsiones. Esta enfermedad puede causar epidemias de gran magnitud, con altísimos índices de mortalidad, como la que se registró en América Latina entre 1969 y 1973, que causó más de 500 mil enfermos y 9 mil muertos.

Salmonella typhi, es un bacilo que causa la fiebre tifoidea, una enfermedad sistémica grave que puede dar lugar a hemorragias o perforación intestinal. Aunque el agente de la fiebre tifoidea puede transmitirse también por alimentos contaminados y por contacto directo con personas infectadas, la forma más común de transmisión es a través del agua. La fiebre tifoidea ha sido prácticamente eliminada de muchas partes del mundo, principalmente como resultado del desarrollo de métodos efectivos para tratar el agua.

Salmonella spp., agente de salmonelosis, enfermedad más frecuente que la fiebre tifoidea, pero generalmente menos severa.

Vibrio cholerae, agente etiológico del cólera, se transmite habitualmente a través del agua. Sin embargo, también puede transmitirse por consumo de mariscos u hortalizas crudas. La enfermedad ha sido prácticamente eliminada en los países desarrollados gracias a la eficaz potabilización del agua.

Escherichia coli, generalmente las cepas de *E. coli* que colonizan el intestino son comensales de la flora intestinal, sin embargo dentro de esta especie se encuentran bacterias patógenas causantes de una diversidad de enfermedades gastrointestinales. Dentro de los *E. coli* patógenos se incluyen: *E. coli* enteropatógeno, *E. coli* enterotoxigénico, *E. coli* enteroinvasivo, *E. coli* enterohemorrágico, *E. coli* enteroadherente, *E. coli* enteroagregativo.

Tabla 1. Principales bacterias transmitidas por el agua.

Bacterias	Fuente	Periodo de incubación	Duración	Síntomas clínicos
Salmonella typhi	Heces, orina	7 - 28 días (14)	5 - 7 días (semanas - meses)	Fiebre, tos, náusea, dolor de cabeza, vómito, diarrea
Salmonella sp.	Heces	8 – 48 horas	3 -5 días	Diarrea acuosa con sangre
Shigellae sp.	Heces	1 - 7 días	4 -7 días	Disentería (diarrea con sangre), fiebres altas, síntomas tóxicos, retorcijones, pujos intensos e incluso convulsiones.
Vibrio cholerae	Heces	9 - 72 horas	3 - 4 días	Diarrea acuosa, vómito, deshidratación
V. cholerae No.-01	Heces	1 - 5 días	3 - 4 días	Diarrea acuosa
Escherichia coli enterohemorrágica O157:H7	Heces	3 - 9 días	1 - 9 días	Diarrea acuosa con sangre y moco, dolor abdominal agudo, vómitos, no hay fiebre
Escherichia coli enteroinvasiva	Heces	8 - 24 horas	1 - 2 semanas	Diarrea, fiebre, cefalea, mialgias, dolor abdominal, a veces las heces son mucosas y con sangre
Escherichia coli enterotoxígena	Heces	5 - 48 horas	3 - 19 días	Dolores abdominales, diarrea acuosa, fiebre con escalofríos, náusea, mialgia.
Yersinia enterocolitica	Heces, orina	1- 11 días (24 – 48 horas)	1 - 21 días (9)	Dolor abdominal, diarrea con moco, sangre, fiebre, vómito
Campylobacter jejuni	Heces	2 - 5 días (42 – 72 horas)	7 - 10 días	Diarrea, dolores abdominales, fiebre y algunas veces heces fecales con sangre, dolor de cabeza.
Plesiomonas shigelloides	Heces	20 - 24 horas	1 - 2 días	Fiebre, escalofríos, dolor abdominal, náusea, diarrea o vómito
Aeromonas sp.	Heces	Desconocido	1 - 7 días	Diarrea, dolor abdominal, náuseas, dolor de cabeza y colitis, las heces son acuosas y no son sanguinolentas

Cólera

El cólera es una infección diarreica aguda causada por la ingestión de alimentos o agua contaminados con el bacilo *Vibrio cholerae*. Se calcula que cada año se producen entre 3 millones y 5 millones de casos de cólera y entre 100 000 y 120 000 defunciones. El breve periodo de incubación, que fluctúa entre dos horas y cinco días, acrecienta el carácter potencialmente explosivo de los brotes epidémicos.

Datos y cifras

- El cólera es una enfermedad diarreica aguda que, si no se trata, puede causar la muerte en cuestión de horas.
- Se calcula que cada año se producen entre 3 millones y 5 millones de casos de cólera y entre 100 000 y 120 000 defunciones.
- Hasta el 80% de los casos puede tratarse satisfactoriamente con sales de rehidratación oral.
- Las medidas eficaces de control dependen de la prevención, la preparación y la respuesta.
- El suministro de agua potable y el saneamiento son medidas decisivas para reducir las repercusiones del cólera y otras enfermedades transmitidas por el agua.
- Las vacunas anticoléricas orales se consideran un medio adicional de control, pero no deben remplazar las medidas convencionales mencionadas.

Las cepas de *Vibrio cholerae*

Dos serogrupos de *V. cholerae* —el O1 y el O139— causan brotes epidémicos. El O1 causa la mayor parte de los brotes, mientras que el O139, que se identificó por vez primera en Bangladesh en 1992, está confinado al Asia Sudoriental.

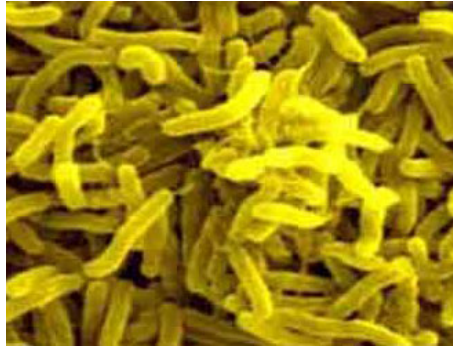
Las cepas de *V. cholerae* distintas de la O1 y la O139 pueden causar diarrea leve, pero no dan origen a epidemias.

Hace poco se identificaron nuevas cepas variantes en varias partes de Asia y África. Las observaciones indican que estas cepas causan un cuadro de cólera más grave con tasas de letalidad más elevadas. Se recomienda ejercer una vigilancia epidemiológica cuidadosa de las cepas circulantes.

Los principales reservorios de *V. cholerae* son los seres humanos y las fuentes de agua salobre y los estuarios; a menudo hay una relación con la multiplicación de algas. Estudios recientes indican que el calentamiento del planeta crea un ambiente favorable para los bacilos.

Esta enfermedad, originaria del delta del Ganges, registró cinco golpes expansivos durante el siglo XIX. El primero comenzó hacia 1817 y quedó limitado al continente asiático. El segundo, iniciado en 1826, también abarcó toda Asia, pero por Rusia entró en Europa., recorrió las costas Bálticas, saltó el Atlántico y llegó a América del Norte en 1832, extinguiéndose en 1839. La tercera pandemia de cólera se inició en 1846 y abarcó el mundo entero. A partir de 1865 se genera la cuarta pandemia, que se entendería hasta 1875 también abarcando el mundo entero.

Argentina sufrió una gran epidemia en el siglo XIX. Empezó el 27 de marzo de 1867 en Paso de la Patria (Corrientes) en pleno proceso de la guerra del Paraguay, solamente en Curuzú Cuatiá enfermaron 4000 hombres, de los que murieron 2400. Luego se propagó hacia Rosario, y siguió corriéndose hacia el sur y hacia el interior, en busca de Buenos Aires y Córdoba. En Buenos Aires, la epidemia entre 1867-68 costó más de 8000 víctimas y produjo una fuerte impresión en la población.



Vibrio cholerae

El cólera sigue representando una amenaza mundial para la salud pública y es un indicador clave de la falta de desarrollo social. Recientemente se ha observado el resurgimiento de esta enfermedad en paralelo con el aumento incontenible de los grupos de población vulnerables que viven en condiciones de falta de higiene.

Escherichia coli

***Escherichia coli* (*E. coli*)** es quizás el organismo procariote más estudiado por el ser humano, se trata de una bacteria que se encuentra generalmente en los intestinos animales y por ende en las aguas negras.

E. coli, en su hábitat natural, vive en los intestinos de la mayor parte de mamíferos sanos. Es el principal organismo anaerobio facultativo del sistema digestivo. En individuos sanos, es decir, si la bacteria no adquiere elementos genéticos que codifican factores virulentos, la bacteria actúa como un comensal formando parte de la flora intestinal y ayudando así a la absorción de nutrientes. En humanos, *E. Coli* coloniza el tracto gastrointestinal de un neonato adhiriéndose a las mucosidades del intestino grueso en el plazo de 48 h después de la primera comida.

Existen sin embargo 5 grupos de *E. coli* cuyas toxinas afectan a los seres humanos y causan diarrea con diversos grados de severidad. La *Escherichia coli* O157:H7 es una de cientos de cepas de la *E. coli*, esta cepa produce una potente toxina y puede ocasionar enfermedades graves como el *Síndrome urémico hemolítico*. Este síndrome provoca anemia y una falla severa a los riñones que puede traer como consecuencia la muerte.

La *E. coli* O157:H7 fue reconocida inicialmente como causa de enfermedad en 1982 durante un brote que se debía a hamburguesas contaminadas.

El periodo de incubación de esta bacteria oscila entre 1 y 8 días, pero comúnmente se desarrolla de 3 a 4 días. Y solamente se necesita acumular una cantidad pequeña de esta bacteria en el organismo para desarrollar una fuerte infección. La *E.coli* sobrevive en el cuerpo de una persona adulta por un periodo de una semana, pero se instala por 3 semanas en el cuerpo de los niños, por esta razón los niños son portadores de la bacteria durante un periodo de tiempo mayor.

La comida que ha sido contaminada con *E-coli* u otros tipos de bacteria lamentablemente no es reconocible, ya que se ve y huele bien. Las heces fecales humanas o de animales pueden infectar el agua y las personas se pueden contaminar si la fuente de agua no ha sido convenientemente tratada con cloro o, al ingerir agua en piscinas, lagos o canales de irrigación.

Virus relacionados con brotes de afecciones transmitidas por el agua

Entre ellos, se encuentran los virus de la hepatitis A y E, los enterovirus, los adenovirus y los rotavirus, una de las principales causas de la gastroenteritis infantil. Los virus adquieren una importancia especial para la salud pública, ya que se evacuan en gran cantidad a través de deposiciones de individuos infectados.

Tabla 2. Principales virus transmitidos por el agua.

Virus	Fuente	Periodo de incubación	Duración	Síntomas clínicos
Enterovirus (Poliovirus 1, 2, 3, Coxsackie A y B, Echovirus).	Heces	3 - 14 días (5 - 10)	Variable	Gastrointestinales (vómitos, diarrea, dolor abdominal y hepatitis). encefalitis, enfermedades respiratorias, meningitis, hiperangina, conjuntivitis
Astrovirus	Heces	1 - 4 días	2 - 3 días	Nausea, vómito, diarrea, dolor abdominal, fiebre
Virus de la Hepatitis A (VHA)	Heces	15 - 50 días (25 - 30)	1 - 2 semanas hasta meses	Cansancio, debilidad muscular, síntomas gastrointestinales como pérdida de apetito, diarrea y vomito, o síntomas parecidos a la gripe como dolor de cabeza, escalofríos y fiebre, sin embargo, los síntomas mas llamativos de esta enfermedad son la ictericia, es decir, el cambio que se produce en el color de los ojos y la piel hacia un tono amarillo (a veces intenso), las heces pálidas y la coloración intensa de la orina. A diferencia de los adultos, en niños se presentan signos mas atípicos y síntomas gastrointestinales como náusea, vómito, dolores abdominales y diarrea.
Virus de la Hepatitis E (VHE)	Heces	15 - 65 días (35 - 40)	Similar a lo descrito para VHA	Similar a lo descrito para VHA
Rotavirus (Grupo A)	Heces	1 - 3 días	5 - 7 días	Gastroenteritis con náusea y vómito
Rotavirus (Grupo B)	Heces	2 - 3 días	3 - 7 días	Gastroenteritis
Calicivirus	Heces	1 - 3 días	1 - 3 días	Gastroenteritis
Virus Norwalk-like	Heces	1 - 2 días	1 - 4 días	Diarrea, nausea, vómito, dolor de cabeza, dolor abdominal

Los virus excretados por las heces o la orina de cualquier especie animal, son susceptibles de contaminar el agua. Estos virus se transmiten sobre todo entre personas por vía fecal-oral. Sin embargo, también pueden encontrarse en las aguas residuales domésticas que, tras varios tipos de tratamiento son vertidas a aguas superficiales que luego pueden ser utilizadas como fuentes de agua potable. Entre los virus que se saben son excretados con las heces se encuentran: los poliovirus, coxsackievirus, echovirus y otros enterovirus,

adenovirus, reovirus, rotavirus, el virus A de la hepatitis infecciosa y los agentes tipo Norwalk, que pueden provocar gastroenteritis agudas infecciosas no bacterianas.

Se ha demostrado que una enfermedad viral se ha transmitido por agua en varias epidemias. En 1955-56 hubo un gran brote de hepatitis infecciosa transmitida por agua en Nueva Delhi, India; como resultado de la contaminación del sistema de abastecimiento de aguas negras en la ciudad. Es sorprendente que no se presentó un aumento en las infecciones bacterianas entéricas durante el mismo período. Esto sugiere que la dosis de cloro y el tiempo de contacto suministrados en la planta de tratamiento de aguas fueron suficientes para destruir las bacterias, mas no los virus. Los virus son lo suficientemente pequeños para atravesar casi todos los filtros de arena y se ha demostrado que resisten la cloración. Muchos virus sobreviven fuera de un huésped durante periodos prolongados. Otras afecciones virales que pueden ser transmitidas por agua son la gastroenteritis y la poliomielitis epidémicas.

Enterovirus

Los enterovirus comparten gran número de características clínicas, epidemiológicas y ecológicas, así como ciertas propiedades físicas y químicas. Difieren entre sí por el distinto comportamiento en cultivo, antigenicidad y ciclo replicativo aunque, en todos los casos, el hábitat común y el lugar de replicación es el tracto intestinal humano.

Se conocen más de 70 serotipos que causan infecciones, muchas veces clínicamente inaparentes, pero que, en un pequeño porcentaje de casos, dan lugar a enfermedades graves del sistema nervioso central, como la meningitis aséptica, encefalomielitis, ataxia cerebelar, síndrome de Guillain-Barré, mielitis transversa y poliomielitis, entre otras. Aunque determinados enterovirus se asocian con frecuencia a brotes epidémicos, dando lugar a un síndrome específico, los mismos serotipos pueden, en otras ocasiones, ser responsables de infecciones esporádicas, con distintas manifestaciones clínicas, incluso asintomáticas. Por otro lado, diferentes virus pueden producir el mismo síndrome. Por estas razones, en general, las manifestaciones clínicas no son una base satisfactoria para el diagnóstico.

La poliomielitis es una infección aguda que afecta de forma grave al SNC (sistema nervioso central), con destrucción de las neuronas motoras de la médula espinal, dando lugar a una parálisis flácida. Los virus Cocksackie tipo A producen una variedad de enfermedades que incluyen la meningitis aséptica, herpangina, mialgia epidémica (pleurodinia o enfermedad de Bornholm), síndrome mano-pie-boca, miocarditis, pericarditis, neumonía, exantema cutáneo y resfriado común. Se han relacionado también con malformaciones congénitas y algunas formas de diabetes.

Existe una vasta miscelánea de cuadros clínicos en los que se ha implicado a los enterovirus. El síndrome de fatiga crónica, caracterizado por una debilidad del músculo esquelético, acompañada de mialgias, cefaleas, dificultad de concentración, parestesias, etc., se ha asociado con múltiples agentes etiológicos víricos, siendo los enterovirus uno de ellos. La meningitis aséptica, ciertas enfermedades febriles con o sin exantema cutáneo y el resfriado común también se relacionan con los Echovirus. El enterovirus tipo 68 causa infección de vías respiratorias bajas; el enterovirus tipo 70 es el agente de epidemias de

conjuntivitis hemorrágica aguda y el enterovirus tipo 71 causa meningitis aséptica, encefalitis y síndrome mano-pie-boca.

Manifestaciones clínicas asociadas con los distintos tipos de enterovirus.

Grupo	Manifestación clínica
Poliovirus	Poliomielitis paralítica Meningitis aséptica Síndrome febril
Virus Coxsackie A	Meningitis aséptica Herpangina Síndrome febril Conjuntivitis Síndrome pie-mano-boca
Virus Coxsackie B	Meningitis aséptica Síndrome neonatal grave Miopericarditis Encefalitis Pleurodinia Síndrome febril
Echovirus	Meningitis aséptica Conjuntivitis Exantema cutáneo Síndrome neonatal grave Síndrome febril
Enterovirus 68-71	Meningitis aséptica Síndrome de pseudo-polio Síndrome pie-mano-boca Conjuntivitis epidémica

El hombre es el único reservorio conocido y la transmisión es, fundamentalmente, por vía fecal-oral y respiratoria. Se dan casos de transmisión por fómites o moscas, aunque la más frecuente es la vía directa, de persona a persona, existiendo gran número de portadores sanos. Los virus se eliminan por las heces y se pueden detectar en aguas residuales

Hepatitis

Los síntomas típicos de la enfermedad son dolor abdominal, náuseas, vómitos, fiebre, decaimiento, dolores musculares. Después de 2 a 4 días aparece ictericia (piel y ojos con coloración amarilla), coluria (orina color té cargado), deposiciones decoloradas. La enfermedad dura entre 3 y 4 semanas y es en general de curso benigno, aunque existen casos de evolución grave. La letalidad de ambas es menor de 1 por 1000, pero más alta en menores de 5 años y mayores de 50 años. La *Hepatitis E* en embarazadas, puede alcanzar una letalidad de 20% si la infección se produce en el tercer trimestre del embarazo. Los grupos más susceptibles para Hepatitis A son los escolares, adultos jóvenes y personas de nivel socioeconómico alto debido a su escasa exposición al virus en la niñez; y, para Hepatitis E, los adultos jóvenes.

Letalidad: Aproximadamente 0.6%.

Modo de transmisión: De una persona a otra vía fecal-oral, por ingestión de agua o alimentos contaminados con heces de un enfermo. En homosexuales se ha observado transmisión directa.

Período de transmisibilidad: La infectividad máxima ocurre durante la segunda mitad del período de incubación y continúa algunos días después del inicio de la ictericia.

Agente causal: Virus de la Hepatitis A del género *picornavirus* ARN con cordón positivo y virus de la hepatitis E: del género *calcivirus* ARN.

Reservorio: El ser humano y algunos chimpancés.

Grupos de riesgo: Toda la población, especialmente en aquellas zonas donde existen escasas medidas de higiene y pobre saneamiento básico.

Rotavirus

Es un género de virus perteneciente a la familia Reoviridae. Se han identificado siete grupos, tres de los cuales (Grupo A, B y C) infectan a los humanos. El grupo A es el más común y el más esparcido, causando el 90% de las infecciones. Causan vómito y diarrea y son los más comúnmente causantes de diarrea severa en los infantes.

Nuevas vacunas han mostrado ser efectivas y seguras a partir del 2006.

Se transmiten por la ruta fecal oral, infectando células del intestino delgado y produciendo una enterotoxina, provocando una gastroenteritis que puede llevar a una diarrea e incluso deshidratación. Aunque fueron descubiertos en 1973 y son responsables de más del 50% de los ingresos hospitalarios de niños con diarrea severa, siguen siendo subestimados por la comunidad médica, sobre todo en los países en vías de desarrollo.

Aparte de infectar humanos, también afectan a algunos animales y es un patógeno para el ganado. La inmunidad se produce después de la infección. Infecciones posteriores tienden a ser menos severas que la infección original.

En Argentina, a consecuencia de la diarrea infantil, 1 de cada 2 niños debe realizar una consulta médica y 65 lactantes deben ser hospitalizados por día a causa de la diarrea por rotavirus. El índice de infección y mortalidad por esta condición es altísimo, en países como el nuestro se estima que todos los niños tendrán infecciones por rotavirus antes de que cumplan los 5 años de edad y aproximadamente uno de cada 250 niños morirá por esta razón. En Argentina se estima que se internan cerca de 20.000 niños por año a consecuencia de la infección con este virus y un niño muere cada 3 días a causa de la enfermedad.

Los síntomas: Este virus produce una infección intestinal, origen de la diarrea severa en los niños. Vómitos explosivos y deposiciones a repetición, hasta 20 por día, con fiebre y dolores abdominales.

El gran peligro es la deshidratación que conlleva a una importante morbi-mortalidad en el lactante. Los niños que no reciben tratamiento de hidratación oral, porque no la toleran (por vómitos) deberán ser internados y, en algunos casos más graves, recibir hidratación por vía endovenosa.

Protozoos de importancia en el agua

Principales parásitos transmitidos por el agua.

Parásito	Fuente	Período de incubación	Duración	Síntomas clínicos
Giardia lamblia	Heces	5 - 25 días	Meses - años	Puede ser asintomática (hasta un 50%) o provocar una diarrea leve. También puede ser responsable de diarreas crónicas con mala absorción y distensión abdominal.
Cryptosporidium parvum	Heces	1 - 2 semanas	4 - 21 días	Provoca diarrea acuosa, con dolor abdominal y pérdida de peso. Es un cuadro grave en un huésped comprometido y una infección oportunista en otros pacientes.
Entamoeba histolytica/Amebiasis	Heces	2 - 4 semanas	Semanas - meses	Dolor abdominal, estreñimiento, diarrea con moco y sangre.
Cyclospora var.cayetanensis	Heces (oocistes)	3 - 7 días	Semanas - meses	Diarrea acuosa con frecuentes deposiciones, náuseas, anorexia, dolor abdominal, fatiga, pérdida de peso, dolores musculares, meteorismo, y escasa fiebre.
Balantidium coli	Heces	Desconocido	Desconocido	Dolor abdominal, diarrea con moco y sangre, pujo y tenesmo
Dracunculus medinensis	Larva	8 - 14 meses	Meses	El parásito eventualmente emerge (del pie en el 90% de los casos), causando edema intenso y doloroso al igual que úlcera. La perforación de la piel se ve acompañada de fiebre, náuseas y vómitos.

Giardia lamblia

Es uno de los patógenos mas prevalentes transmitidos por el agua, que en los países en vías de desarrollo llega hasta el 20% (4-43%) y en los países desarrollados es del 5% (3-7%).

La Giardia Lambia, agente de giardiasis, es una forma de gastroenteritis aguda. Es un protozoo flagelado que se transmite a las personas principalmente por el agua contaminada. Las células del protozoo, trofozoítos, producen una forma de reposo llamada “quiste” y ésta es la forma primaria transmitida por el agua.

La infección generalmente comienza con la ingestión de los quistes de Giardia a la que se sigue la eclosión y liberación de los esquistocitos en los tramos altos del intestino delgado. Su forma inicialmente es oval, tiene 7 flagelos y su metabolismo es intermedio entre el quiste y el trofozoito.

Enfermedades tóxicas

Las enfermedades hídricas de origen tóxico son producidas por aguas contaminadas con sustancias químicas que, según su efecto en la salud humana, se han clasificado en tres categorías:

- Sustancias que pueden provocar toxicidad aguda o crónica por el consumo (metales pesados, nitratos y cianuro).
- Sustancias genotóxicas, con efectos carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos (insecticidas, plaguicidas, arsénico).
- Sustancias esenciales que forman parte de la dieta (fluor, yodo, selenio).

Principales enfermedades relacionadas con el agua

Los riesgos vinculados al deterioro y escasez de agua pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- Los transmitidos por el agua (*Tabla 4*).
- Con base en el agua, los transmisibles por parásitos o patógenos que pasan parte de su ciclo biológico en el agua (*Tabla 5*).
- Vectoriales relacionadas con el agua, transmitidas por vectores que se desarrollan en el agua, atribuibles a la falta de agua para la higiene personal y doméstica (*Tabla 6*).
- Por escasez de agua: La falta de agua y de higiene personal producen enfermedades como la sarna, pediculosis, parasitosis.

Tabla 4. Principales enfermedades transmitidas por el agua.

Enfermedades	Causa y vía de transmisión	Extensión geográfica	Número de casos ^a	Defunciones por año
<i>Disenteria amebiana</i>	Los protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	500 millones por año	*
<i>Disenteria bacilar</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	*	*
<i>Enfermedades diarreicas (inclusive disenteria amebiana y bacilar)</i>	Diversas bacterias, virus y protozoos pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	4,000 millones actualmente	3-4 millones
<i>Cólera</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Sudamérica, África, Asia	384.000 por año	20.000
<i>Hepatitis A</i>	El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	Todo el mundo	600.000 a 3 millones por año	2.400 a 12.000
<i>Fiebre paratifoidea y tifoidea</i>	Las bacterias pasan por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	80% en Asia, 20% en América Latina, África	16 millones actualmente	600.000
<i>Poliomielitis</i>	El virus pasa por la vía fecal-oral por medio del agua y alimentos contaminados, por contacto de una persona con otra.	66% en la India, 34% en el Cercano Oriente, Asia, África	82.000 actualmente	9.000
^a El número de casos se presenta como incidencia ("por año") —el número de nuevos casos ocurridos en un año— o como prevalencia ("actualmente") —el número de casos existentes en un momento dado. *Incluidas las enfermedades diarreicas **No hay defunciones, pero causa 270.000 casos notificados de ceguera anualmente. ND = no disponible Fuente: WHO 1996, excepto disenteria amebiana, disenteria bacilar, dracunculosis, dengue y FVR, de WHO 1998				

Enfermedades con base en el agua

Los causantes de las enfermedades con base en el agua, son organismos que pasan parte de su ciclo vital en el agua y otra parte como parásitos de animales. Estos organismos pueden prosperar tanto en aguas contaminadas como no contaminadas. Como parásitos, generalmente toman forma de gusanos y se valen de vectores animales intermediarios (como los caracoles) para prosperar, y luego infectan directamente al hombre, penetrando a través de la piel o al ser ingeridos. Son enfermedades con base en el agua la

ascariasis, dracunculosis, paraginimiasis, clonorquiasis y esquistosomiasis. Los causantes de estas enfermedades son una variedad de gusanos trematodos, tenias, vermes cilíndricos y nemátodos vermiformes, denominados colectivamente helmintos, que infectan al hombre. Aunque estas enfermedades generalmente no son mortales, pueden ser extremadamente dolorosas e impiden trabajar a quienes las padecen, e incluso a veces impiden el movimiento. En América Latina, tienen importancia la ascariasis y la paraginimiasis.

Tabla 5. Principales enfermedades con base en el agua.

Enfermedades	Causa y vía de transmisión	Extensión geográfica	Número de casos ^a	Defunciones por año
Ascariasis	Los huevos fecundados se expulsan con las heces humanas. Las larvas se desarrollan en la tierra caliente. El hombre ingiere la tierra que está sobre los alimentos. Las larvas penetran la pared intestinal, donde maduran.	África, Asia, América Latina	250 millones actualmente	60.000
Clonorquiasis	Los gusanos se reproducen en caracoles gastrópodos, luego los tragan peces de agua dulce u otros caracoles. Cuando el hombre come pescado crudo o poco cocinado, los gusanos migran a los conductos biliares y ponen huevos.	Asia Sudoriental	28 millones actualmente	Ninguna notificada
Dracunculosis (guinea worm)	El gusano de Guinea (<i>Dracunculus medinensis</i>) es ingerido por el cílope (un crustáceo). Cuando el hombre ingiere el cílope, las larvas del gusano se liberan dentro del estómago. Las larvas penetran la pared intestinal, luego se desarrollan, transformándose en gusanos, y migran a través de los tejidos. Después de un año, el gusano adulto llega a la superficie de la piel de las extremidades inferiores. La hembra entra en contacto con el agua y despiden las larvas dentro del agua.	78% en Sudán, 22% en otros países africanos al sur del Sahara y algunos casos en la India y Yemen	153.000 por año	Ninguna notificada
Paraginimiasis	Los gusanos que viven en quistes pulmonares ponen huevos en los pulmones humanos que se expectoran y luego se tragan. Los huevos de los gusanos se expulsan con las heces y se abren en agua dulce. Las larvas encuentran caracoles huéspedes en los cuales se reduplican, luego se mudan a cangrejos o cangrejos de río. El hombre come mariscos y pescados de mar sin cocinar. Los gusanos migran en parejas del estómago a través de la pared y del diafragma intestinal a los pulmones, donde se aparean.	Lejano Oriente, América Latina	5 millones actualmente	Ninguna notificada
Esquistosomiasis	Los huevos del gusano esquistosoma se expulsan con las heces humanas. Los huevos hacen eclosión en contacto con el agua, liberando el parásito miracidium. El parásito ingresa en un caracol de agua dulce, donde se reduplica. Se libera otra vez dentro del agua, luego penetra en la piel del hombre en unos segundos y pasa a los vasos sanguíneos. En 30 a 45 días, miracidium crece y se convierte en gusano, que puede poner de 200 a 2.000 huevos por día, durante un promedio de 5 años.	África, Cercano Oriente, faja de bosque húmedo en África Central, Pacífico Occidental, Kampuchea, Laos	200 millones actualmente	20.000

^a El número de casos se presenta como incidencia ("por año") —el número de nuevos casos ocurridos en un año— o como prevalencia ("actualmente") —el número de casos existentes en un momento dado.

*Incluidas las enfermedades diarreicas

**No hay defunciones, pero causa 270.000 casos notificados de ceguera anualmente.

ND = no disponible

Fuente: WHO 1996, excepto disentería amebiana, disentería bacilar, dracunculosis, dengue y FVR, de WHO 1998

Vectoriales relacionadas con el agua

Millones de personas sufren de infecciones transmitidas por vectores — insectos u otros animales capaces de transmitir una infección, como los mosquitos y las moscas tsetse— que se crían y viven cerca de aguas contaminadas y no contaminadas. Estos vectores infectan al hombre con paludismo, fiebre amarilla, dengue, enfermedad del sueño y filariasis. El paludismo, la enfermedad más extendida, es endémico en unos 100 países en desarrollo, y unos 2.000 millones de personas están en riesgo de contraerla. La

incidencia de enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua parece estar aumentando. Hay numerosas razones para ello: la gente está desarrollando resistencia a los medicamentos antipalúdicos; los mosquitos están desarrollando resistencia al DDT, el insecticida que más se usa; los cambios ambientales están creando nuevos lugares de cría; a raíz de la migración, los cambios climáticos y la creación de nuevos hábitats, hay menos personas que desarrollan inmunidad a la enfermedad; y muchos programas de control del paludismo se llevan a cabo a un ritmo más lento o se han abandonado.

Tabla 6. Principales enfermedades vectoriales relacionadas con el agua

Enfermedades	Causa y vía de transmisión	Extensión geográfica	Número de casos*	Defunciones por año
<i>Dengue</i>	Un mosquito recoge el virus de un ser humano o animal infectado. El virus tiene un período de incubación de 8 a 12 días y se reduplica. En la próxima ingesta de sangre del mosquito, el virus se inyecta en la corriente sanguínea.	Todo medio ambiente; tropical en Asia, Centroamérica y Sudamérica	50-100 millones por año	24.000
<i>Filariasis (incluida la elefantiasis)</i>	Las larvas son ingeridas por un mosquito y se desarrollan. Cuando el mosquito infectado pica a un ser humano, las larvas penetran por punción y llegan a los vasos linfáticos, donde se reproducen.	África, Mediterráneo Oriental, Asia, Sudamérica	120 millones actualmente	Ninguna notificada
<i>Paludismo</i>	Los protozoos se desarrollan en el intestino del mosquito y se expulsan con la saliva en cada ingesta de sangre. Los parásitos son transportados por la sangre al hígado del hombre, donde invaden las células y se multiplican.	África, Asia Sudoriental, India, Sudamérica	300-500 millones por año (clínical)	2 millones
<i>Oncocercosis (ceguera de los ríos)</i>	Los embriones del gusano son ingeridos por jejenes. Los embriones se desarrollan y se convierten en larvas dentro de los jejenes, que inyectan las larvas en el hombre al picarlo.	África Subsahariana, América Latina	18 millones actualmente	Ninguna notificada**
<i>Fiebre del Valle del Rift (FVR)</i>	El virus generalmente existe en huéspedes animales. Los mosquitos y otros insectos chupadores de sangre recogen el virus y lo inyectan en la sangre del hombre. Éste también se infecta cuando trabaja con humores corporales de animales muertos.	África Subsahariana	ND	1% de los casos

* El número de casos se presenta como incidencia ("por año") —el número de nuevos casos ocurridos en un año— o como prevalencia ("actualmente") —el número de casos existentes en un momento dado.
 *Incluidas las enfermedades diarreicas
 **No hay defunciones, pero causa 270.000 casos notificados de ceguera anualmente.
 ND = no disponible
 Fuente: WHO 1996, excepto disentería amebiana, disentería bacilar, dracunculosis, dengue y FVR, de WHO 1998

Dengue

El dengue es una enfermedad viral aguda transmitida entre los seres humanos a través de la picadura del mosquito *Aedes aegypti*. Perros, gatos y otros animales domésticos no se infectan.

Es una enfermedad re-emergente en todas las regiones tropicales y subtropicales del planeta. Puede manifestarse como la fiebre de dengue clásica o como el dengue hemorrágico, la cual suele requerir internación y puede ser fatal. El dengue es la enfermedad transmitida por vectores de mayor expansión geográfica en el mundo, y afecta a unas 50-100 millones de personas por año.

Es prevenible y para ello se debe combatir al *Aedes aegypti*, dado que no existen vacunas ni drogas que lo curen. La principal herramienta para combatir al *Aedes aegypti* es eliminar sus criaderos que son recipientes que contienen agua (limpia o sucia) como tachos, baldes, neumáticos, tanques y no se cría en charcos, lagos, zanjas, lagunas o ríos.

La eliminación de los recipientes que contienen agua debe realizarse en forma permanente en coordinación con los diversos niveles estatales y con amplia participación de la comunidad. La aplicación de insecticidas solo es recomendable en momentos de emergencia. El control integrado del vector es la estrategia que ha mostrado mayor efectividad hasta el momento.

Aedes aegypti reingresó a la Argentina en 1986, y desde 1998 han ocurrido varios brotes de dengue.

En el 2009, por primera vez en la historia de Argentina, se han producido múltiples brotes de dengue sobre casi la mitad del territorio nacional, y peligrosamente nos hemos acercado a una epidemia de dengue generalizada.

El **dengue clásico** es una enfermedad grave similar a la gripe pero sin síntomas respiratorios y que raramente causa la muerte. Las características clínicas del dengue clásico varían según la edad del paciente. También denominado "*fiebre quebrantahuesos*", por los síntomas percibidos por el enfermo, se presenta con fiebre alta mayor a los 38°, dolor de cabeza y detrás de los ojos, dolores articulares y musculares intensos, con erupción de la piel, pérdida del apetito, náuseas y vómitos. Luego de varios días el cuadro evoluciona favorablemente. Existen también casos donde la enfermedad sólo produce fiebre leve. Los lactantes y niños pequeños pueden tener fiebre y erupciones en la piel.

El **dengue hemorrágico** es una complicación potencialmente mortal que se caracteriza por fiebre elevada, a menudo con agrandamiento del hígado y en casos graves con insuficiencia circulatoria. A menudo empieza con un aumento brusco de la temperatura acompañado de rubor facial y otros síntomas gripales. La fiebre suele durar 2 a 7 días y puede llegar a 41 °C, acompañándose a veces de convulsiones y otras complicaciones. En los casos de dengue hemorrágico moderado, todos los síntomas y signos mejoran una vez que ha cedido la fiebre. En los casos graves, el estado del paciente puede deteriorarse súbitamente tras algunos días de fiebre. La temperatura desciende, aparecen signos de insuficiencia circulatoria, y el paciente puede entrar rápidamente en estado de choque, falleciendo en 12 a 24 horas, o bien puede recuperarse rápidamente tras un tratamiento médico apropiado.

Infectarse 2 o más veces aumenta las probabilidades de tener dengue hemorrágico pero esto no ocurre en todos los casos en los que alguien se infecta 2 veces.

Existen 4 tipos de virus del dengue (serotipos). Luego de infectarse con uno de estos serotipos del virus, la persona se vuelve inmune a futuras infecciones con ese mismo serotipo de virus. Si lo pica un mosquito con ese tipo de virus no se infectará ni se enfermará. Si en cambio contrae alguno de los otros 3 tipos de virus, sí volverá a infectarse y enfermarse. Al igual que la primera vez que tuvo dengue, luego de pasada la enfermedad quedará inmune a ese segundo tipo de virus del dengue. Por lo tanto, como máximo se puede tener dengue 4 veces en la vida (una vez con cada serotipo de virus diferente)

y las infecciones sucesivas aumentan el riesgo de contraer dengue hemorrágico.

Aunque el dengue clásico no suele ser mortal, el dengue hemorrágico en el mundo presenta una tasa de mortalidad del 2,5%. Esta puede alcanzar el 20% sin tratamiento médico. La mortalidad del dengue hemorrágico puede reducirse hasta el 1% si se brinda tratamiento adecuado.

El mosquito transmisor del dengue: *Aedes aegypti*

El *Aedes aegypti* es el mosquito que transmite el virus del dengue y produce esta enfermedad. Su ciclo de vida incluye los huevos (que son colocados en recipientes conteniendo agua), las larvas y pupas (que son los estadios acuáticos que viven dentro de dichos recipientes), y los adultos voladores (solo las hembras chupan sangre y transmiten la enfermedad). Esta especie de mosquito es casi totalmente doméstica; esto significa que se cría dentro o alrededor de las viviendas en una gran variedad de recipientes útiles o descartables que contienen agua. También se cría en lugares públicos y privados, tales como cementerios (en los floreros), depósitos de neumáticos, chatarrerías y dondequiera que haya recipientes de algún tipo.

El *Aedes aegypti* no se cría en charcos de parques ni en zanjas; en estos lugares se desarrollan otras especies de mosquitos que no transmiten dengue. Las piletas de natación (piscinas) con agua clorada no son sitios adecuados para el *Aedes aegypti*. En cambio, las piletas de lona que se llenan con algo de agua de lluvia y tienen poca profundidad pueden convertirse en sitios de cría del *Aedes aegypti*. Los tanques de almacenamiento de agua para consumo (de más de 100 litros), los aljibes o cisternas, muy comunes en muchas viviendas, también son sitios que producen una gran cantidad de estos mosquitos si no tiene colocada la tapa apropiadamente o no se recambia el agua frecuentemente.

Todos los recipientes con agua pueden criar *Aedes aegypti* si el agua queda estancada durante varios días y no se renueva. Si bien suele decirse que el *Aedes aegypti* tiene preferencia por agua limpia, se cría en recipientes que contienen desde agua muy limpia hasta agua muy sucia y estancada durante varias semanas.

La única forma de prevenir el dengue es a través del control del mosquito *Aedes aegypti*, debido a que no existen vacunas ni drogas que lo prevengan o lo curen. Desde hace décadas existen herramientas y métodos probadamente efectivos para la eliminación o reducción de la abundancia del mosquito *Aedes aegypti*.

Para poder combatir al mosquito es necesario poder identificarlo y saber dónde se encuentra. El *Aedes aegypti* pone sus huevos sobre recipientes con paredes rígidas justo por encima de la línea del agua, por esa razón sus larvas suelen encontrarse en recipientes artificiales. Suele criarse en patios, jardines, balcones, terrazas e interior de las viviendas en diversos recipientes como floreros, tachos, baldes, botellas, neumáticos, frascos con plantas brotando, palanganas, lonas o bolsas arrugadas, tanques de aguas y bebederos de animales.

Para confirmar si una persona está enferma de dengue debe realizarse un análisis de sangre.

Es importante destacar que **no existe el contagio persona a persona**. El virus persiste en la naturaleza mediante el ciclo de transmisión **hombre – mosquito – hombre**. Este ciclo se cumple cuando el mosquito hembra se alimenta con sangre de una persona infectada, y tras un período de 8 a 12 días pica a una persona sana.

Las medidas de prevención pueden dividirse en dos grandes grupos:

- (1) las que evitan que el mosquito se desarrolle hasta llegar al adulto, y
- (2) las que evitan que el mosquito pique.

1 - Eliminar los posibles criaderos.

Recipientes en desuso: muchos de los recipientes donde el mosquito se cría no son de utilidad (como pueden ser latas, botellas, neumáticos, trozos de plástico y lona, bidones cortados, etc.) y deben ser eliminados. Esto suele llamarse “descacharrizado” (aunque son mucho más que cacharros). Además, es conveniente mantener los predios desmalezados y destapar los desagües de lluvia de techos y patios para que no se vuelvan criaderos de mosquitos.

2- Para evitar que el mosquito pique se recomienda que las ventanas y puertas de las viviendas tengan mosquiteros y se usen repelentes sobre la piel expuesta y la ropa con aplicaciones cada tres horas. Si la actividad se desarrolla en exteriores y existen abundantes mosquitos, es conveniente usar mangas largas y pantalones largos.

Es fundamental acudir al médico ante los síntomas de la enfermedad para recibir tratamiento adecuado y para que se realice el tratamiento del foco de mosquitos y el aislamiento del enfermo. De esta manera se evita que se infecten nuevos mosquitos y se propague el virus y la enfermedad.



Fiebre amarilla

La **fiebre amarilla**, llamada también vómito negro, es una enfermedad viral aguda e infecciosa causada por "el virus de la fiebre amarilla", que pertenece a la familia de los Flaviviridae, y del género *Flavivirus amaril*. Lo **amarillo** de la enfermedad se refiere a los signos de ictericia que afectan a algunos pacientes.

Es transmitida también por la picadura del mosquito *Aedes aegypti* y otros mosquitos de los géneros *Aedes*, *Haemagogus* y *Sabethes*, que se encuentran generalmente a menos de 1.300 metros sobre el nivel del mar, pero *Aedes* han sido hallados ocasionalmente hasta los 2.200 msnm, en las zonas tropicales de

América y África. En la fiebre amarilla de transmisión urbana hay que recordar que *Aedes aegypti* abunda en zonas húmedas alrededor del agua estancada. La enfermedad puede permanecer localmente desconocida en humanos por extensos períodos y súbitamente brotar en un modo epidémico.

La fiebre amarilla ha sido una fuente de epidemias devastadoras en el pasado. En nuestro país de Enero a Junio de 1871 se cobró la vida de más de 14.000 habitantes.

El médico cubano Carlos Finlay fue el descubridor de la transmisión de la fiebre amarilla a través del mosquito *Aedes aegypti* hacia 1881. Si bien su teoría fue desestimada durante mucho tiempo, finalmente fue reconocido y probada su teoría.

En 1937, Max Theiler, trabajando para la Fundación Rockefeller, desarrolló una vacuna para la fiebre amarilla, la cual efectivamente protege a aquellas personas que viajan a áreas afectadas, manteniendo a su vez un medio de control de la enfermedad.

La profilaxis se realiza mediante el uso de una vacuna que es eficaz desde los 10 días hasta diez años después de colocada y por medio de medidas de control que se basan en el aislamiento de los enfermos para evitar en lo posible que sean picados de nuevo por los mosquitos vectores, así como en la desinsectación, el control de mosquitos y el empleo de medios que eviten las picaduras.

2 – Energía a partir de Biomasa

Introducción

La mayoría de los combustibles que se utilizan en el mundo son de origen fósil, es decir provienen de fuentes de energía no renovable debido a que la velocidad de formación de los mismos es muchísimo más lenta que la de su utilización. Cuando estos combustibles se queman emiten dióxido de carbono a la atmósfera, (principal gas de efecto invernadero) cuyo aumento provoca el denominado “cambio climático”.

A partir de 1995 existió consenso en la comunidad científica internacional en que el aumento de la temperatura global del planeta producido en el último siglo, estaba asociado a la influencia de la actividad humana sobre la naturaleza, siendo el dióxido de carbono el principal responsable del “efecto invernadero ampliado” debido fundamentalmente al uso de combustibles fósiles. Este calentamiento provoca graves consecuencias y es el desafío medioambiental que hoy en día enfrenta la humanidad.

En 1997 se firmó el Protocolo de Kyoto, un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases provocadores del calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), en un porcentaje aproximado de un 5%, dentro del periodo que va desde el año 2008 al 2012, en comparación a las emisiones registradas en 1990.

Para que este protocolo entrara a regir era necesaria la ratificación de al menos 55 países que sumaran el 55% de las emisiones mundiales. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia el 18 de noviembre de 2004 que aportó el 17,2% de emisiones lográndose el 55% estipulado, por 141 países ratificantes.

Esta es una de las muchas razones por las que surge la necesidad mundial de promover, desarrollar y utilizar a la brevedad, recursos energéticos renovables y amigables con el ambiente.

Por otro lado, el hecho de que el petróleo se acabará dentro de algunas décadas, la crisis energética actual de varios países, y la existencia de sectores urbanos que están a grandes distancias de los centros de distribución de combustibles, le dan relevancia al hecho de encontrar fuentes de energía alternativas a las tradicionales.

Definición

Se denomina biomasa a toda la materia orgánica que se encuentra en la tierra. Como fuente de energía presenta una enorme versatilidad, permitiendo obtener mediante diferentes procedimientos tanto combustibles sólidos como líquidos o gaseosos. De origen vegetal o animal, que incluye los materiales que proceden de la transformación natural o artificial.

Cualquier tipo de biomasa proviene de la reacción de la fotosíntesis vegetal, que sintetiza sustancias orgánicas a partir del dióxido de carbono (CO₂) del aire y de otras sustancias simples, aprovechando la energía del sol.

La energía que se puede obtener de la biomasa proviene de la luz solar, la cual gracias al proceso de fotosíntesis, es aprovechada por las plantas verdes mediante reacciones químicas en las células, las que toman CO₂ del aire y lo transforman en sustancias orgánicas.

En estos procesos de conversión la energía solar se transforma en energía química que se acumula en diferentes compuestos orgánicos (polisacáridos, grasas) y que luego es incorporada y transformada por el reino animal, incluyendo al ser humano, el cual invierte la transformación para obtener bienes de consumo.

Historia

La biomasa ha sido el primer combustible empleado por el hombre y el principal hasta la revolución industrial. Se utilizaba para cocinar, para calentar el hogar, para hacer cerámica y, posteriormente, para producir metales y para alimentar las máquinas de vapor. Fueron precisamente estos nuevos usos, que progresivamente requerían mayor cantidad de energía en un espacio cada vez más reducido, los que promocionaron el uso del carbón como combustible sustitutivo, a mediados del siglo XVIII.

Desde ese momento se empezaron a utilizar otras fuentes energéticas más intensivas (con un mayor poder calorífico), y el uso de la biomasa fue bajando hasta mínimos históricos que coincidieron con el uso masivo de los derivados del petróleo y con precios bajos de estos productos.

A pesar de ello, la biomasa aún continúa jugando un papel destacado como fuente energética en diferentes aplicaciones industriales y domésticas. Por otro

lado, el carácter renovable y no contaminante que tiene y el papel que puede jugar en el momento de generar empleo y activar la economía de algunas zonas rurales, hacen que la biomasa sea considerada una clara opción de futuro.

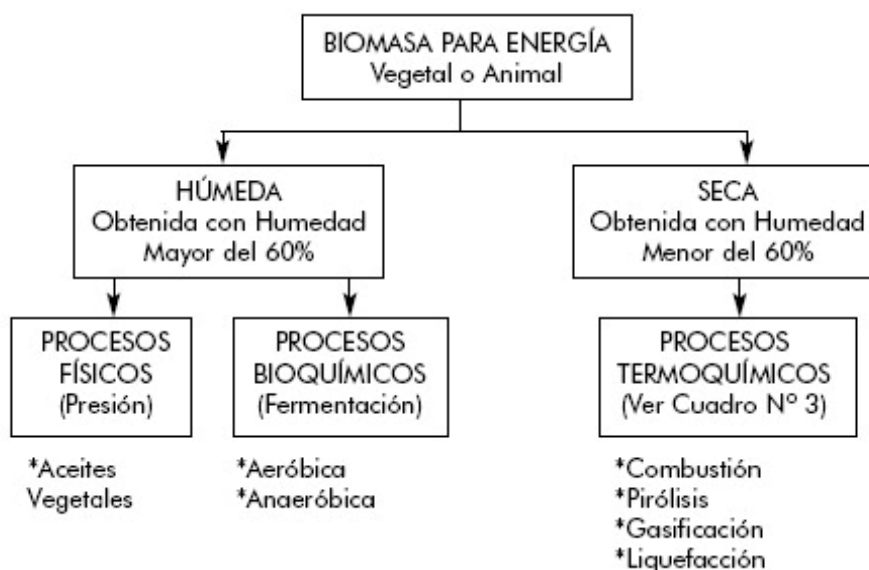
Procesos de conversión de biomasa en energía

Desde el punto de vista del aprovechamiento energético, la biomasa se caracteriza por tener un bajo contenido de carbono, un elevado contenido de oxígeno y compuestos volátiles. Estos compuestos volátiles (formados por cadenas largas del tipo C_nH_m , y presencia de CO_2 , CO e H_2) son los que concentran una gran parte del poder calorífico de la biomasa. El poder calorífico de la biomasa depende mucho del tipo de biomasa considerada y de su humedad.

Así normalmente estos valores de poder calorífico de la biomasa se pueden dar en base seca o en base húmeda. En general se puede considerar que el poder calorífico de la biomasa puede oscilar entre los 3000 a 3500 kcal/kg (kilocalorías por kilogramo) para los residuos ligno-celulósicos, entre los 2000 y 2500 kcal/kg para los residuos urbanos y finalmente los 10000 kcal/kg para los combustibles líquidos provenientes de cultivos energéticos. Estas características, juntamente con el bajo contenido de azufre de la biomasa, la convierten en un producto especialmente atractivo para ser aprovechado energéticamente.

Cabe destacar que, desde el punto de vista ambiental, el aprovechamiento energético de la biomasa no contribuye al aumento de los gases de efecto invernadero, dado que el balance de emisiones de CO_2 a la atmósfera es neutro. En efecto, el CO_2 generado en la combustión de la biomasa es reabsorbido mediante la fotosíntesis en el crecimiento de las plantas necesarias para su producción y, por lo tanto, no aumenta la cantidad de CO_2 presente en la atmósfera. Al contrario, en el caso de los combustibles fósiles, el carbono que se libera a la atmósfera es el que está fijo a la tierra desde hace millones de años.

Desde el punto de vista energético resulta conveniente dividir la biomasa en dos grandes grupos:



Biomasa seca

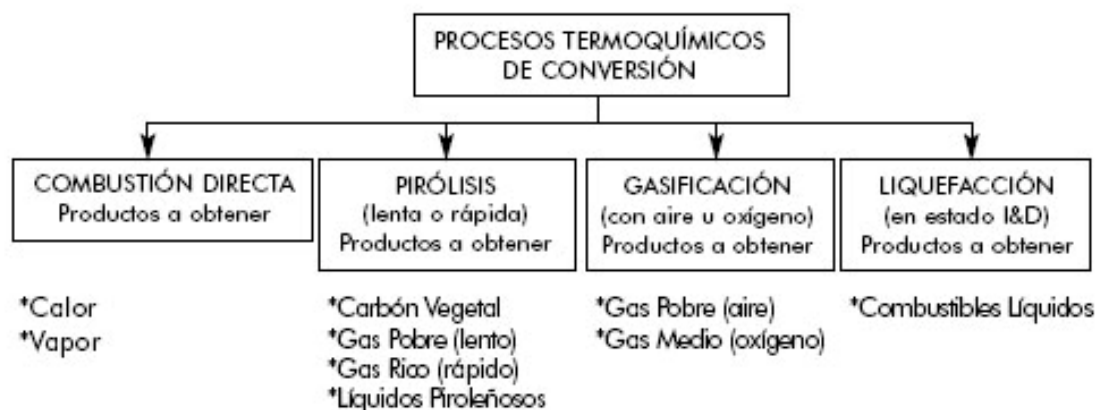
Es aquella que puede obtenerse en forma natural con un tenor de humedad menor al 60%, como la leña, paja, etc. Este tipo se presta mejor a ser utilizada energéticamente mediante procesos TERMOQUÍMICOS O FISÍCOQUÍMICOS, que producen directamente energía térmica o productos secundarios en la forma de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

Biomasa húmeda

Se denomina así cuando el porcentaje de humedad supera el 60%, como por ejemplo en los restos vegetales, residuos animales, vegetación acuática, etc. Resulta especialmente adecuada para su tratamiento mediante PROCESOS QUÍMICOS, o en algunos casos particulares, mediante simples PROCESOS FÍSICOS, obteniéndose combustibles líquidos y gaseosos. Hay que aclarar que esta clasificación es totalmente arbitraria, pero ayuda a visualizar mejor la caracterización de los procesos de conversión.

Procesos Termoquímicos

Comprenden básicamente la COMBUSTIÓN, GASIFICACIÓN y PIRÓLISIS, encontrándose aún en etapa de desarrollo la LIQUEFACCIÓN DIRECTA.



Combustión

Es el más sencillo y más ampliamente utilizado, tanto en el pasado como en el presente. Coloquialmente, diremos que quemamos la biomasa. Es un tratamiento a una temperatura entre 150°C y 800°C, en el que la cantidad de oxígeno no está controlada. Los residuos de biomasa se oxidan (reaccionan químicamente con el oxígeno) completamente y se obtienen gases calientes, que es la parte que se aprovecha como energía térmica, ya sea para usos domésticos (cocción, calefacción) o industriales (calor de proceso, vapor mediante una caldera, energía mecánica utilizando el vapor de una máquina).

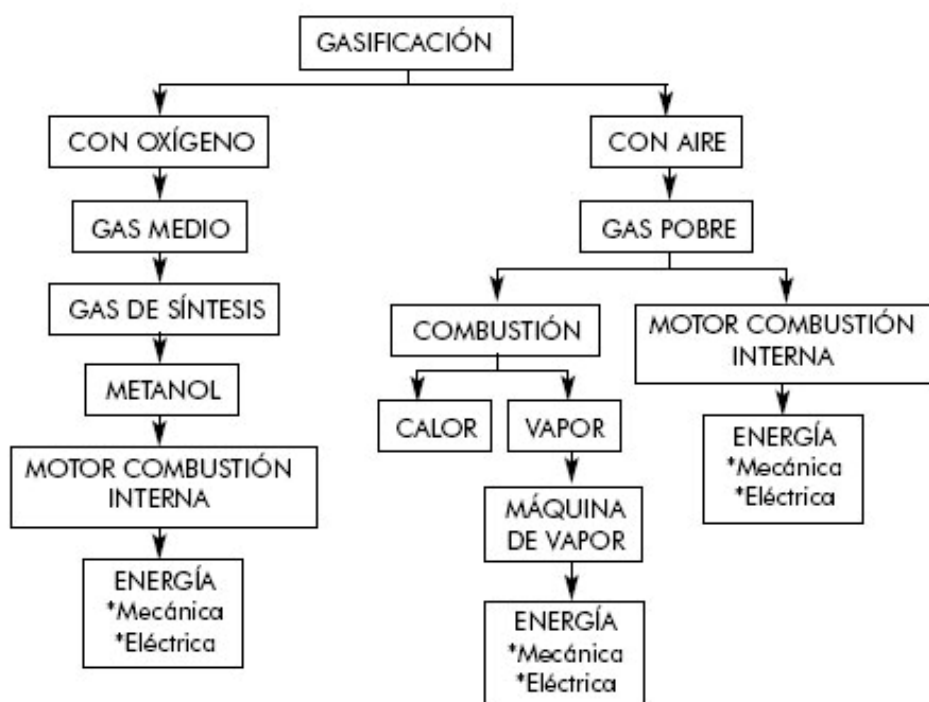
Las tecnologías utilizadas para la combustión directa de la biomasa abarcan un amplio espectro que va desde el sencillo fogón a fuego abierto (aún utilizado en vastas zonas para la cocción de alimentos) hasta calderas de alto rendimiento utilizadas en la industria.

Gasificación

Consiste en la quema de biomasa (fundamentalmente leña) en presencia de oxígeno en forma controlada, de manera de producir un gas combustible denominado “gas pobre” por su bajo contenido calórico en relación, por ejemplo, al gas natural (del orden de la cuarta parte).

La gasificación se realiza en un recipiente cerrado, conocido por gasógeno, en el cual se introduce el combustible y una cantidad de aire menor a la que se requeriría para su combustión completa.

El gas pobre obtenido puede quemarse luego en un quemador para obtener energía térmica, en una caldera para producir vapor, o bien ser enfriado y acondicionado para su uso en un motor de combustión interna que produzca, a su vez, energía mecánica.



Pirólisis

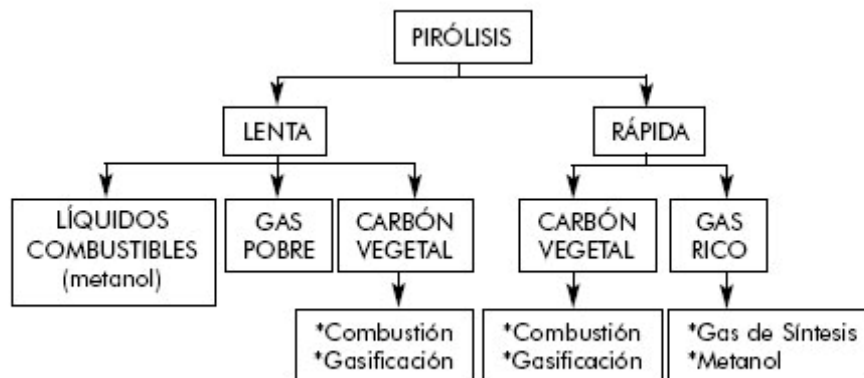
Este proceso es similar a la gasificación (a la cual en realidad incluye) por el cual se realiza una oxigenación parcial y controlada de la biomasa, para obtener como producto una combinación variable de combustibles sólidos (carbón vegetal), líquidos (efluentes piroleñosos) y gaseosos (gas pobre).

Generalmente, el producto principal de la pirólisis es el carbón vegetal, considerándose a los líquidos y gases como subproductos del proceso.

La pirólisis con aprovechamiento pleno de subproductos tuvo su gran auge antes de la difusión masiva del petróleo, ya que constituía la única fuente de ciertas sustancias (ácido acético, metanol, etc.) que luego se produjeron por la vía petroquímica. Hoy en día, sólo la producción de carbón vegetal reviste importancia cuantitativa.

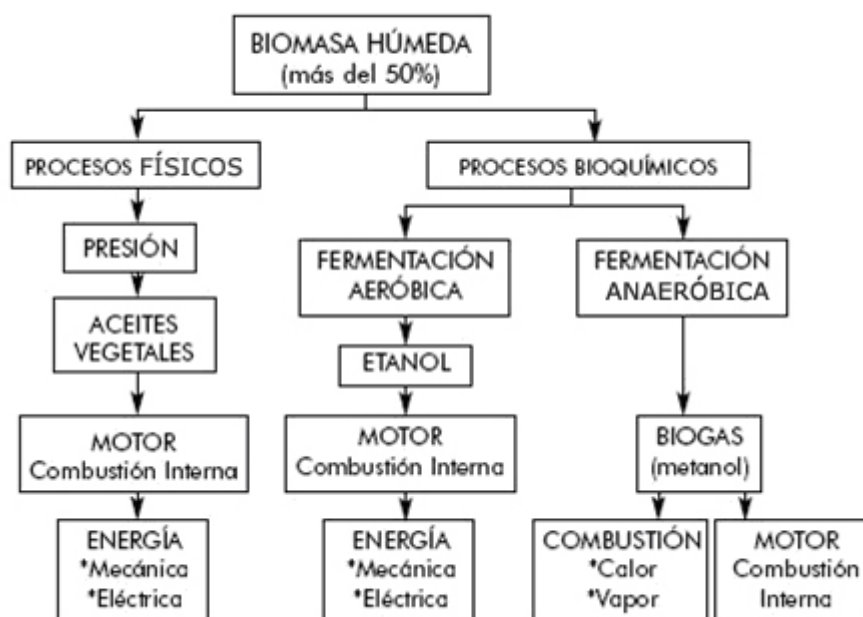
El carbón vegetal como combustible sólido presenta la ventaja frente a la biomasa que le dio origen, de tener un poder calórico mayor o, lo que es lo mismo, un peso menor para igual cantidad de energía, lo que permite un transporte más fácil.

No obstante, debe hacerse notar que la carbonización representa una pérdida muy importante de la energía presente en la materia prima, ya que en el proceso consume gran cantidad de ella.



Procesos Bioquímicos

Los procesos bioquímicos se basan en la degradación de la biomasa por la acción de microorganismos, y pueden dividirse en dos grandes grupos: los que se producen en ausencia de aire (anaeróbicos) y los que se producen en presencia de aire (aeróbicos).



Procesos anaeróbicos

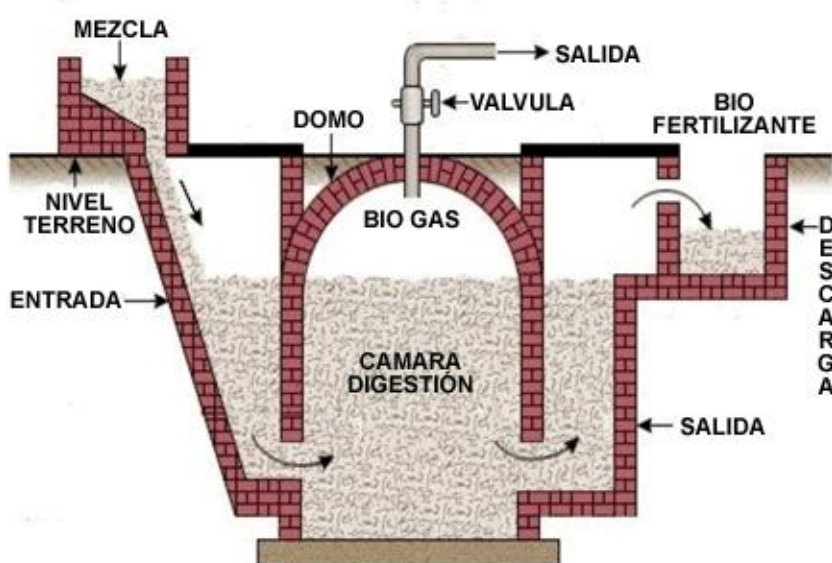
La digestión anaerobia es un proceso que se utiliza para residuos biodegradables (residuos sólidos urbanos, efluentes cloacales, etc.) a fin de reducir la carga contaminante que tengan.

En un recipiente cerrado llamado “digestor” determinadas bacterias degradan la materia orgánica en ausencia de oxígeno. Como resultado, se obtiene, por un lado, un gas combustible denominado biogás y, por otro lado, una parte sólida que concentra los minerales y los productos de difícil degradación. El

biogás contiene una elevada porción de metano (entre un 50% y un 70%) y puede ser utilizado como combustible.

La biomasa degradada que queda como residuo del proceso de producción del biogás, constituye un excelente fertilizante para cultivos agrícolas. Las tecnologías disponibles para su producción son muy variadas pero todas ellas tienen como común denominador la simplicidad del diseño y el bajo costo de los materiales necesarios para su construcción.

El biogás, constituido básicamente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), es un combustible que puede ser empleado de la misma forma que el gas natural. También puede comprimirse para su uso en vehículos de transporte, debiéndose eliminar primero su contenido de CO_2 .



Procesos aeróbicos

La fermentación aeróbica se utiliza, principalmente, para las plantas de cultivos azucareros o de cereales, para obtener alcoholes denominados bioalcoholes. Estos alcoholes se pueden utilizar como combustibles para motores de explosión, ya sea directamente, o mezclados con gasolina.

La biomasa con alto contenido de azúcares o almidones, da origen a la formación de alcohol (etanol), que, además de los usos ampliamente conocidos en medicina y licorería, es un combustible líquido de características similares a los que se obtienen por medio de la refinación del petróleo.

Las materias primas más comunes utilizadas para la producción de alcohol son la caña de azúcar, mandioca, sorgo dulce y maíz.

El proceso incluye una etapa de trituración y molienda para obtener una pasta homogénea, una etapa de fermentación y una etapa de destilación y rectificación.

Otros Recursos Energéticos

Hay oportunidades en que la biomasa resulta más útil al hombre para otros usos distintos del de producir energía a través de ella, como es el caso de los alimentos, fibras textiles, materiales de construcción, etc.

Sin embargo, la explotación de biomasa para distintas actividades económicas, deja una parte de ella sin aprovechar, la que se transforma en residuo de esa actividad.

Estos residuos pueden provenir de actividades forestales, agrícolas, pecuarias, agroindustriales o urbanas.

Es importante destacar que en ocasiones puede darse la necesidad de cultivar y explotar la biomasa con fines exclusivamente energéticos. En este caso se habla de “cultivos energéticos”.

Recursos Forestales y forestoindustriales

Incluyen ambas categorías de biomasa para energía, es decir, residuos y plantaciones energéticas.

En la explotación de los bosques naturales realizada con la finalidad de obtener madera para aserrado o elaboración de pulpa de papel, se producen residuos de las siguientes características:

- Especies no aptas para aserrado o pulpa que se destinan a la producción de leña.
- Residuos de cosecha, raleo, etc., bajo la forma de ramas, despuntes, tocones, etc.
- Residuos de aserradero bajo la forma de cortezas, costaneros, aserrín, viruta, etc.

En los casos en que la explotación forestal está destinada específicamente a la producción de energéticos, se eligen especies que, aunque no tengan características deseables en los otros usos, presentan un rápido crecimiento.

Un ejemplo característico de este tipo de plantaciones lo constituyen los montes de eucaliptos que se destinan a la fabricación de carbón vegetal para siderurgia. Los ciclos de corta y rebrote son en general cortos (3 a 7 años), dependiendo de las especies y del uso energético que se les dará.

Recursos Agrícolas

También en este caso encontramos ambas categorías de biomasa para energía: residuos y cultivos energéticos.

Residuos

Son aquellas partes de la planta cultivada con fines alimenticios y/o industriales que no son útiles para esos usos como la paja de trigo, el rastrojo de maíz, tallos de algodón, etc.

Aún teniendo en cuenta que una parte de estos residuos debe ser incorporada al suelo para mantener sus condiciones de fertilidad y textura, otra porción importante de los mismos puede ser destinada a su utilización energética.

Esta utilización presenta, sin embargo, algunos inconvenientes:

- la explotación agrícola tradicional en Argentina es de tipo extensivo, por lo que la recolección de los residuos se encarece demasiado, quitándole valor económico al mismo.

- su densidad es muy baja, lo que obliga a movilizar grandes volúmenes y recurrir a procesos de densificación para su posterior conversión en energía útil.

Desde el punto de vista técnico, los residuos agrícolas, dependiendo de sus características propias, pueden ser convertidos en energía útil a través de procesos termoquímicos o bioquímicos; su grado de humedad y su contenido de lignina definirán en cada caso el proceso más conveniente.

Cultivos energéticos

Se dice de aquellas áreas cultivadas con el objetivo específico de producir materia energética, como puede ser una plantación de caña o remolacha azucarera para la obtención de alcohol combustible, o bien, una plantación de girasol para la obtención de aceite vegetal combustible.

Aquí se presenta una competencia directa entre la producción de alimentos y de energía, dado que las tierras a utilizar en un cultivo energético deben ser de calidad análoga a las agrícolas. De todos modos, a nivel local puede existir una conveniencia en la implantación de este tipo de cultivos.

El proceso a emplear para la producción de energía, depende fundamentalmente del cultivo de que se trate.

Recursos pecuarios

En este caso, y dejando de lado la energía provista por los animales de tiro (caballos, bueyes, etc.) que no es despreciable, encontramos solamente la categoría de residuos con fines energéticos, que están representados por la deyecciones de los animales.

La conveniencia de la utilización energética de los recursos pecuarios, se ve restringida a aquellos casos en los cuales los animales se crían en zonas limitadas (cría intensiva) debido a las dificultades de recolección que se presentan en extensiones grandes.

Las deyecciones animales son la mejor materia prima para la producción de biogás a través de la fermentación anaeróbica. Aunque estos residuos representan también un fertilizante natural del suelo, la utilización energética de los mismos no afecta el equilibrio ecológico, dado que el efluente que se obtiene como producto de la digestión conserva los nutrientes inalterados, permitiendo su reintegro al suelo y eliminando, en cambio, los elementos potencialmente contaminantes.

Recursos agroindustriales

También aquí se trata de residuos de los procesos de industrialización de productos agropecuarios que pueden ser empleados con fines energéticos. En muchos de los casos, la energía producida con su utilización, resultaría suficiente para abastecer todo el proceso de elaboración.

Ejemplos característicos de este tipo de aprovechamiento son la fabricación de azúcar a partir de la caña, en cuyo caso el bagazo puede alimentar las calderas del ingenio, o el refinado de arroz, en el cual la cáscara puede quemarse para producir vapor y, mediante este, generar electricidad para los molinos y sistemas de transporte y selección.

Otro tipo de residuos agroindustriales lo constituyen los efluentes líquidos de industrias como los ingenios (vinaza), frigoríficos, industrias lácteas (suero), etc. Este tipo de efluentes con alto contenido orgánico, puede ser utilizado para producir biogás mediante su digestión.

Residuos urbanos

Las concentraciones urbanas proveen también de fuentes de biomasa para energía a través de sus residuos, tanto sólidos como líquidos.

Los residuos sólidos urbanos (RSU) poseen una gran proporción de materia orgánica la cual, separada del resto (aprovechable también en gran parte para el reciclado de vidrio, papel, metales, etc.), y convenientemente tratada, puede ser utilizada como combustible para calderas que produzcan vapor de proceso y/o energía eléctrica mediante máquinas de vapor.

Los residuos o efluentes cloacales (domésticos e industriales), a su vez, pueden ser empleados para la generación de biogás por medio de su fermentación anaeróbica.

En ambos casos se contribuye asimismo a solucionar graves problemas de contaminación y degradación ecológica.

Otros Recursos

Como ya se especificó anteriormente, toda materia orgánica es susceptible de ser transformada en energía útil, por lo tanto queda librado a la imaginación el encontrar nuevos recursos y formas de aprovechamientos.

A título ilustrativo, mencionaremos la vegetación acuática, cuya utilización y cultivo, ha sido investigado para la producción de energía. Tanto en el ámbito fluvial y lacustre (camalotes) como en el marítimo (fitoplancton), se han realizado experiencias en este sentido. Luego de la recolección se procede a la fermentación anaeróbica de estos vegetales para la producción de biogás.

Existen también estudios para el aprovechamiento energético a partir de ciertos tipos de biomasa tales como algas verdes, especies de látex ricos en caucho o en resinas, etc.

Un caso que se considera importante mencionar, es el de la producción de aceites vegetales a partir de plantas oleaginosas como el girasol, soja, maní, semilla de algodón, etc.

Biodiesel

Hace un siglo, Rudolf Diesel probó su motor con aceites vegetales como combustible, y en épocas de crisis energéticas se utilizaron aceites vegetales solos o mezclados con gasoil en distintas proporciones.

El biodiesel es un biocombustible líquido, que se obtiene químicamente a partir de aceites vegetales o grasas animales y un alcohol, y se puede utilizar en motores Diesel, solo o mezclado con gasoil.

Cuando se lo utiliza en mezclas con gasoil, la nomenclatura es: Bx; donde "x" es el porcentaje de Biodiesel presente en la mezcla. Por ejemplo, B20 significa que el 20% es Biodiesel, mientras que el 80% restante es gasoil. En consecuencia, B100 se referirá a Biodiesel puro.

La ASTM (American Society for Testing and Materials) define al Biodiesel como éster monoalquílico de cadena larga de ácidos grasos derivados de recursos renovables para ser utilizados en motores Diesel.

Las materias primas para la obtención de Biodiesel son aceites vegetales o grasas animales y alcoholes de cadena corta. Los aceites más ampliamente utilizados son aceite de colza (fundamentalmente en países de la Unión Europea), soja y girasol, aunque también se emplean otros: aceites de maní, palma, lino, nabo, aceites comestibles usados o grasas animales.

En principio, es recomendable que un combustible alternativo cumpla, al menos, con las siguientes condiciones:

- Debe tener un costo de producción menor al del combustible derivado del petróleo que puede reemplazar, o el gobierno deberá subsidiar su producción para que el precio que deba pagar el usuario sea menor o igual al del petrocombustible,
- Su producción, almacenamiento y uso no debe generar daños a los seres humanos ni al medio ambiente,
- Su uso no debe disminuir la performance ni la vida útil del motor,
- Los costos y tiempos de reparaciones deben estar en el orden de los del petrocombustible,
- Se debe adaptar al motor, sin modificar el mismo ni el sistema de combustible.



Algunos aprovechamientos de energía de la biomasa en la Argentina

En la República Argentina, al igual que en el resto del mundo, se han realizado y se realizan en la actualidad aprovechamientos energéticos de la biomasa.

Uno de los aprovechamientos de mayor importancia es el dedicado a la fabricación de carbón vegetal del cual se hace uso casi exclusivo en la industria siderúrgica instalada en la provincia de Jujuy (Altos Hornos Zapla). El mismo se

obtiene fundamentalmente a partir de plantaciones de eucaliptos realizadas con ese fin.

También se utiliza en otras industrias y para uso doméstico, aunque su importancia comparativa es mucho menor.

Otro aprovechamiento significativo es la utilización de bagazo de caña de azúcar como combustible para las calderas de los ingenios azucareros. En algunos casos, este combustible prácticamente permite la autosuficiencia energética de estas industrias.

Relacionada con la caña azúcar podemos mencionar la fabricación de alcohol que, convenientemente deshidratado y dosificado, dio origen a la alconafta, utilizada en cierta época en varias provincias argentinas. Este proyecto no prosperó por llegarse a la conclusión de que desde el punto de vista económico no resultaba satisfactorio para las características del país.

Otros aprovechamientos los constituyen:

- * El uso de leña a nivel doméstico en zonas rurales y semirurales.
- * El uso de leña para calefacción (hogares).
- * El uso de residuos agroindustriales (torta de girasol, cáscara de arroz, etc.) en calderas para producir vapor de proceso.
- * El uso de residuos de aserradero para generar energía en la industria de transformación de la madera.
- * La utilización de LFG (gas metano capturado en rellenos sanitarios) para generación de energía eléctrica
- * La generación de biogás en tambos (este uso en realidad está muy poco difundido).

Es importante destacar que el potencial de aprovechamiento energético de la biomasa en la Argentina es muchísimo mayor a su actual utilización y para su desarrollo futuro es menester realizar una importante tarea de difusión de las posibilidades existentes y de las tecnologías para su uso.

Bibliografía:

- *Raquel Susana Acosta: "Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos"*
- *Miguel Angel Scenna "Cuando murió Buenos Aires 1871" – Ediciones La Bastilla*
- *Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua*
- *Servicio de Microbiología. Hospital Clínico Universitario de Valencia*
- *Departamento de Soil and Water Science, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. (UF/IUFAS).*
- *El Dengue, el mosquito Aedes aegypti y la prevención. Laboratorio de Eco-Epidemiología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – UBA – CONICET.*
- *Combustibles Alternativos. Silvia Daniela Romano-Erenio González Suárez-Miguel Ángel Laborde*
- *Contenidos didácticos – Secretaría de Energía de la Nación.*