

4.5

Amoniaco

- 4.5.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA
 - 4.5.1.1 SINONIMOS
 - 4.5.1.2 DESCRIPCION
 - 4.5.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES
 - 4.5.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS
 - 4.5.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS
 - 4.5.1.5.1 Incompatibilidades
- 4.5.2 PRODUCCIÓN APLICACIONES Y USOS
 - 4.5.2.1 PRODUCCION
 - 4.5.2.2 APLICACIONES Y USOS
- 4.5.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD
 - 4.5.3.1 INHALACION
 - 4.5.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS
 - 4.5.3.3 INGESTION
 - 4.5.3.4 EFECTOS CRÓNICOS
 - 4.5.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS
- 4.5.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA
- 4.5.5 RESPUESTA A ACCIDENTES
 - 4.5.5.1 PRIMEROS AUXILIOS
 - 4.5.5.1.1 Exposición en Ojos
 - 4.5.5.1.2 Exposición en la piel
 - 4.5.5.1.3 Inhalación
 - 4.5.1.5.4 Ingestión
 - 4.5.5.1.5 Rescate
 - 4.5.5.2 INCENDIOS
 - 4.5.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS
- 4.5.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL
- 4.5.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL
 - 4.5.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

- 4.5.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS
 A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA
 - 4.5.8.1 FRASES DE SEGURIDAD
 - 4.5.8.2 ALMACENAMIENTO

- 4.5.9 USOS Y CONTROLES

- 4.5.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE
 - 4.5.10.1 SUELO
 - 4.5.10.2 AIRE
 - 4.5.10.3 AGUA

- 4.5.11 ECOTOXICIDAD

- 4.5.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

- 4.5.13 BIBLIOGRAFÍA

4.5.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA

Fórmula Molecular: NH₃

Fórmula Estructural:

CAS: 7664-41-7

Número UN:

UN: 2672 (solución acuosa entre 12% y 44%)

UN: 2073 (solución acuosa >44%)

UN: 1005 (gas Anhidro o solución acuosa >50%)

Clase de Peligro UN: 2.3

Riesgos Subsidiarios UN: 8

4.5.1.1 SINÓNIMOS

Se conoce también como gas de Amonio, Amoniaco Anhidro, R-717, espíritu de Hartshorn, AM-FOL, Nitro-Sil. En forma líquida se conoce como Amoniaco líquido o Amoniaco licuado. En soluciones en agua se denomina Amoniaco en solución acuosa o Hidróxido de Amonio^(1, 2, 6). Ammoniac [Francés], Ammoniaca [Italiano] Ammoniak [Alemán], Amoniak [Polaco]⁽⁷⁾.

4.5.1.2 DESCRIPCIÓN

En condiciones de temperatura y presión ambiente el Amoniaco Anhidro es un gas incoloro, sofocante, de olor irritante y altamente irritante; su olor es familiar al público en general debido a que se emplea en productos de limpieza en forma de soluciones acuosas. Es más liviano que el aire y posee características de inflamabilidad. Es fácilmente comprimido hasta condensar como líquido transparente a condiciones de 10 atmósferas y 25°C. El Amoniaco Anhidro en cualquiera de sus presentaciones es higroscópico^(2, 5, 6, 7).

El Amoniaco se disuelve fácilmente en agua donde genera el Ión Amonio (NH⁺₄) y forma soluciones alcalinas. El Ión Amonio no es gaseoso y no se capta por olor en el ambiente. La forma iónica y neutra del Amoniaco permanecen en equilibrio en la solución y por tanto dichas soluciones, aún a bajas concentraciones, generan vapores de olor irritante^(5, 7).

Industrialmente el Amoniaco está disponible como gas licuado en cilindros de acero, carro tanques presurizados, barcasas (en todos lleva la etiqueta “Gas Comprimido No Inflamable”) y líneas de tuberías. Gracias a su solubilidad en agua, esta sustancia es ampliamente vendida y usada en forma de solución acuosa, que por lo general es del 25% al 30% (peso a volumen). A esta concentración el Amoniaco forma solución saturada en agua^(2, 5).

En la naturaleza el Amoniaco se encuentra en forma de soluciones de diferentes concentraciones en ríos, lagos, pozos y suelos húmedos. Es un nutriente prioritario para algunas plantas y por tanto vital en las cadenas alimenticias donde ellas se encuentran⁽⁵⁾.

4.5.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

Amoniaco Anhidro

Componente	Contenido	Peligroso
Amoniaco	99,5%	Sí

Soluciones acuosas

Componente	Contenido	Peligroso
Amoniaco	25 – 30%	Sí
Agua	70 – 75%	No

NH₃

Amoniaco

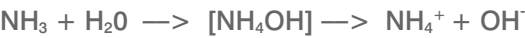
4.5.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS^(2, 5, 6, 7)

Tabla 19. Propiedades físicas para el Amoniaco

PROPIEDAD	VALOR
Estado físico	Gas; puro Líquido; solución
Peso Molecular (g/mol)	17,03
Punto de Ebullición (°C))(760 mmHg)	-33,35
Punto de Fusión (°C)	-77,7
Presión de Vapor (mmHg)	6080 (20 °C anhidro) 447 (20 °C aq al 28%)
Gravedad Específica (Agua = 1)	0,6818 (Líquido a -33,35 °C)
Densidad del Vapor (Aire = 1)	0,59
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)	No disponible
Constante de la Ley de Henry (atm*m ³ /mol)	1,6X10 ⁻⁵ ; 25 °C
Solubilidad en Agua (g/ml)	0 °C 895 g/litro 20 °C 529 g/litro 40 °C 316 g/litro 60 °C 168 g/litro
Límites de Inflamabilidad (% vol)	16% - 25%
Temperatura de Auto ignición (°C)	650
Punto de Inflamación (°C)	No disponible
pH	11,6; solución acuosa 1N

4.5.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

El Amoniaco se disocia parcialmente en el agua formando soluciones básicas de acuerdo al siguiente equilibrio⁽¹²⁾:



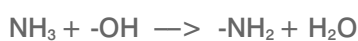
La constante de disociación del Amoniaco, Kb, es 1.774x10⁻⁵ a 25 °C (pKb es 4.751) y se incrementa sensiblemente con el incremento en la temperatura⁽¹²⁾, a pH 9,25 la mitad del Amoniaco estará en estado anhidro (NH₃) y la mitad estará en forma de Ión Amonio (NH₄⁺), a pH 8,25 y 7,25, 90, y 99% del Amoniaco estará ionizado, respectivamente. Como resultado, muchas propiedades físicas y químicas del Amoniaco serán función del pH. Por ejemplo, la solubilidad del Amoniaco en agua se incrementa con la disminución en el pH. La volatilidad del Amoniaco se incrementa con el incremento en el pH; de esta forma, esta sustancia se volatilizará libremente de sus soluciones con agua a pH altos. Las sales de Amonio como el cloruro, nitrato y sulfato se disocian y solubilizan fuertemente en el agua y por eso los cambios en el pH no generarán normalmente la formación de precipitados de Amonio^(5, 7).

El Amoniaco gaseoso se adsorbe fácilmente en ciertos sólidos. Las características de adsorción del Amoniaco en ciertas superficies metálicas son importantes en su síntesis y en otras reacciones catalíticas⁽⁷⁾.

Los productos de combustión son principalmente Nitrógeno y agua, pero también se forman pequeñas trazas de nitrato de Amonio (NH₄NO₃) y Dióxido de Nitrógeno⁽⁷⁾.

Otra reacción importante que involucra la oxidación del Amoniaco es su oxidación catalítica a Oxido Nítrico (NO) y Oxido nitroso (N₂O). Esta reacción es un paso importante en la manufactura del Acido Nítrico⁽⁷⁾.

Bajo condiciones atmosféricas normales, el Amoniaco no sufre ninguna reacción fotoquímica primaria a longitudes de onda mayores de 290 nm. Cuando se expone a radicales u otras especies fotoquímicamente excitadas, el Amoniaco sufre descomposición secundaria^(5, 7):



Algunas de estas reacciones pueden ser muy importantes en el balance de Nitrógeno atmosférico.

El Amoniaco también sufre descomposición a Nitrógeno e Hidrógeno cuando se expone a descargas eléctricas. Reacciona con Azufre para formar sulfato de Amonio en la atmósfera.

El Amoniaco acuoso puede tomar parte en reacciones de sustitución con haluros orgánicos, sulfonatos, compuestos hidroxílicos y nitrosos y en la presencia de catalizadores metálicos, se usa para producir amino Ácidos a partir de queto Ácidos. El Amoniaco reacciona con el Ácido hipocloroso (HOCl) para formar monoclaramina, dicloramina o tricloruro de Nitrógeno. La formación de estas cloraminas depende del pH, la concentración relativa del Ácido hipocloroso y el NH_3 , el tiempo de reacción y la temperatura. La presencia de estas cloraminas puede contribuir al olor y sabor del agua potable y puede estar asociado con problemas de la salud ^(5, 7).

El Amoniaco interviene en numerosas reacciones industrialmente importantes con compuestos orgánicos. La reacción con haluros de alquilo o con alcoholes se usa en la producción de aminas e iminas. Con haluros orgánicos Ácidos la reacción genera amidas ácidas con subproducto cloruro de Hidrógeno. De la misma manera, las amidas ácidas resultan de la acilación del Amoniaco con ésteres Ácidos, Anhídridos Ácidos o incluso Ácidos a temperaturas arriba de 100 °C. La adición de Amoniaco a aldehídos y cetonas con liberación de agua lleva a compuestos intermedios amínicos inestables. Con Óxidos de Etileno y Propileno, el Amoniaco acuoso reacciona para dar etanolamina o propanlamina. Por reacción de olefinas con el Amoniaco se pueden obtener alquilaminas. La oxidación catalítica en fase gaseosa de olefinas en presencia de Amoniaco sobre catalizadores de vanadio o de Amoniaco genera nitrilos Ácidos de alta importancia comercial ^(1, 11, 12).

4.5.1.5.1 Incompatibilidades

El Amoniaco reacciona violentamente con oxidantes fuertes, Ácidos, halógenos y sales de plata, zinc, cobre y otros metales pesados. Es corrosivo para superficies galvanizadas y de cobre. La adición de agua sobre el Amoniaco Anhídrido genera gran desprendimiento de calor y existe el peligro de provocar salpicaduras cáusticas al personal que se encuentre en las cercanías ^(1, 8).

Dentro de sus incompatibilidades se encuentran la plata y las sales de oro, los halógenos, metales alcalinos, el tricloruro de Nitrógeno, el clorato de potasio, cloruro de cromo, haluros de oxígeno, vapores Ácidos, óxido de Etileno, Ácido pícrico y otros químicos ^(2, 8).

Aunque se ha visto que esta es una sustancia de gran cuidado, el Amoniaco puede tener efectos benéficos cuando se usa por ejemplo en sales de Amonio para oler.

4.5.2 PRODUCCIÓN APLICACIONES Y USOS

4.5.2.1 PRODUCCIÓN

El método principal de producción de Amoniaco Anhídrido es el proceso de Haber-Bosh modificado, que constituye la forma de producción del 90% del Amoniaco mundial. En este proceso, el Nitrógeno (obtenido de la atmósfera) y el hidrógeno (a partir del gas natural) se mezclan en una proporción de 1:3 y pasan sobre un catalizador a alta presión. El Amoniaco así producido se colecta por diferentes métodos y los reactivos que no reaccionaron se recirculan al reactor. Pequeñas cantidades de Amoniaco se producen industrialmente como subproducto de la coquización del carbón. La mayor proporción de producción industrial de Amoniaco ocurre en áreas donde el gas natural es barato y abundante ya que el Amoniaco se sintetiza usando este medio ^(2, 4, 5, 6, 7).

NH_3

Amoniaco

El proceso completo de producción de Amoníaco puede subdividirse en las siguientes operaciones ^(1, 7):

- Preparación del gas de síntesis
- Producción de gas
- Conversión de Monóxido de Carbono
- Purificación del gas
- Compresión
- Síntesis
- Recuperación de Hidrógeno del gas de purga

Los cambios más significativos efectuados en los últimos años corresponden a la preparación del gas de síntesis y en la compresión.

4.5.2.1.1 Preparación del gas de síntesis ⁽¹⁾

El objetivo de esta etapa consiste en la preparación de una mezcla de Nitrógeno e Hidrógeno tan pura como sea posible a una razón estequiométrica de 1:3. Las materias primas consisten en agua, aire y un medio reductor que contenga Carbono, y que por su parte contenga Hidrógeno.

Existen dos procedimientos fundamentales para la producción del gas de síntesis: reformado de vapor y oxidación parcial. Los principales productos de estos procedimientos constituyen Hidrógeno y Monóxido de Carbono. El oxígeno necesario puede ser proveído ya sea como vapor, como oxígeno gaseoso o como aire. Si se usa un catalizador y se emplea el vapor como agente de transferencia de oxígeno, el proceso se llama reformado de vapor. Por otro lado, si el reactante es oxígeno o aire y no se usan catalizadores, el proceso se llama oxidación parcial.

4.5.2.1.2 Compresión ⁽¹⁾

Termodinámicamente, la generación de Amoníaco necesita de altas presiones o muy bajas temperaturas. Con mayor facilidad se puede obtener alta presión que la temperatura necesaria para una conversión aceptable, así que todas las plantas de producción incluyen este paso. Los sistemas de presión industrialmente usados se encuentran en el intervalo de 8 a 45 MPa (80-450 bar), aunque la mayoría opera a presiones de entre 15 y 25 MPa (150-250 bar).

4.5.2.1.3 Síntesis ⁽¹⁾

Los catalizadores empleados permiten el trabajo de alrededor de 350 °C. A las condiciones comerciales de operación la conversión alcanzada por paso del gas de síntesis es solo del 25-35% y por ello, en las plantas de producción se recurre a ciclos para elevar la conversión global del proceso. El gas que sale del reactor se fracciona por condensación para retirar el Amoníaco producido y el resto se devuelve al proceso.

Previo al proceso Haber-Bosch, el Amoníaco se producía por la hidrólisis de cianuros. Otro método a pequeña escala para la producción de Amoníaco consiste en la regeneración a partir de sales de Amonio por medio del calentamiento en presencia de una base.

El Amoníaco se produce tanto por el hombre como por procesos naturales. La cantidad de Amoníaco producido por el hombre cada año es casi igual al producido por la naturaleza en el mismo periodo. En el medio ambiente el Amoníaco se produce por bacterias en el suelo, plantas y animales en descomposición y por desechos animales.

4.5.2.2 APLICACIONES Y USOS

La mayoría del Amoníaco producido se usa con fines agrícolas, ya sea por aplicación directa o como intermediario en la producción de fertilizantes. El Amoníaco y los compuestos de Amonio usados en fertilizantes representan cerca del 89% del Amoníaco producido comercialmente. El uso directo del Amoníaco puede caer en las siguientes categorías: Amoníaco Anhidro 30%, soluciones de urea/nitrato de Amonio 24%, urea 17,5%, nitrato de Amonio 5%, sulfato de Amonio 2% y otras formas 21,5%. Muchos compuestos de Amonio y Acido Nítrico se usan directamente en la producción de fertilizantes. Las proporciones pequeñas de Amoníaco producido no incorporado en fertilizantes se usa como inhibidor de corrosión,

en la purificación de fuentes de agua, como componente de limpiadores domésticos y en la industria de refrigerantes. Se usa en las industrias de pulpa de papel, de la metalurgia, del caucho, de comidas y bebidas, de los textiles, de productos farmacéuticos y en las industrias del cuero ^(1, 5, 6, 7).

4.5.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

Frases de Riesgo

Amoniaco Anhidro

R10: Inflamable

R23: Tóxico por inhalación

R34: Provoca quemaduras

R50: Muy tóxico para los organismos acuáticos

Solución de Amoniaco Concentración Mayor a 25%

R34: Provoca quemaduras

R50: Muy tóxico para los organismos acuáticos

Solución de Amoniaco Concentración entre 5% y 10%

R36/37/38: Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias

Siempre se debe tener en cuenta que todas las personas se encuentran expuestas a pequeñas cantidades de Amoniaco en la vida diaria, pero este nivel no afecta en mayor grado ni la salud humana ni la estabilidad del medio ambiente. Posee un olor tan irritante que las personas pueden detectarlo antes que pueda causar daños graves ⁽⁷⁾.

El Amoniaco es una sustancia altamente irritante para las mucosas. En forma líquida causa quemaduras en la piel y los ojos al contacto. Es también una sustancia venenosa y puede ser fatal por inhalación en grandes cantidades. Todos los síntomas pueden tener efecto retardado. No se ha clasificado esta sustancia como generadora de cáncer pero en presencia de otros químicos puede promover la generación de algunos tipos de cáncer ^(2, 4, 5, 6, 7, 8).

Por lo general respirar Amoniaco en concentraciones altas pero no letales puede causar laringitis, dificultad para respirar, sensación de ahogo y dolor en el pecho. También a partir de la inhalación puede generarse edema pulmonar y neumonía ^(2, 4, 5, 6, 7, 8).

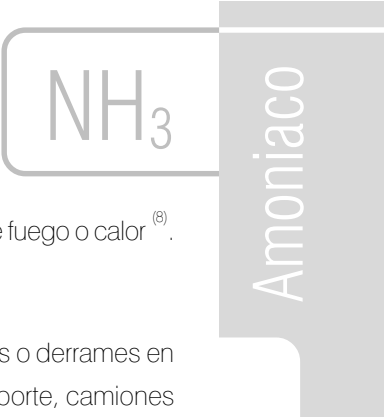
Por respiración de Amoniaco en áreas de concentraciones altas, el Amoniaco puede generar segregación de flemas espumosas de color rosado, convulsiones y coma ^(1, 2).

El contacto con los ojos produce irritación, dolor, conjuntivitis (ojos rojos e inflamados), lagrimación y erosión corneal. También es posible la pérdida de la visión en situaciones extremas de concentración o en salpicaduras de soluciones acuosas concentradas o gas licuado ^(2, 4, 5, 6, 7, 8).

Los contenedores de Amoniaco Anhidro pueden explotar con generación de llama por acción de fuego o calor ⁽⁸⁾.

4.5.3.1 INHALACIÓN

La exposición por inhalación a altos niveles de Amoniaco se puede presentar a causa de fugas o derrames en plantas de producción y procesamiento, instalaciones de almacenamiento, tuberías de transporte, camiones tanque y barcos de transporte. Exposición moderada se puede presentar en el momento de aplicación de fertilizantes en campos de cultivo. Exposiciones bajas se presentan cuando se realizan labores de limpieza con productos que contienen soluciones de Amoniaco ⁽⁷⁾.



El Amoniaco posee un olor muy fuerte y se puede detectar en concentraciones de hasta 50 ppm en el aire, a partir de las cuales se siente fuerte irritación del tracto respiratorio superior; aunque el nivel de tolerancia de los individuos expuestos continuamente a esta sustancia puede aumentar y no presentarse estos efectos hasta concentraciones un poco más altas. Su alto olor a concentraciones no nocivas hace que su detección sea rápida y da una alarma previa a concentraciones atmosféricas que puedan llegar a ser nocivas ^(5, 11).

El Amoniaco Anhidro es mas liviano que el aire y por eso tiende a subir en la atmósfera pero los vapores del Amoniaco líquido son inicialmente más pesados y se pueden extender a todo lo ancho del suelo, de tal forma que se pueden producir casos de asfixia y efectos de inhalación en lugares cerrados o pobremente ventilados. Los niños expuestos a iguales niveles de Amoniaco pueden resultar más afectados que los adultos a causa de su alta relación de superficie pulmonar y corporal y de su alto metabolismo representado por respiración mas frecuente ^(6, 7).

Inicialmente el Amoniaco que se respira del aire se disuelve totalmente en las mucosas, pero de la totalidad del Amoniaco que ingresa, cerca del 80% es devuelto de nuevo a la atmósfera por esta misma ruta. El Amoniaco inhalado puede ingresar directamente a las vías circulatorias. El Amoniaco adsorbido se excreta a través de los riñones en la orina como urea y por el sudor en forma de compuestos de Amonio ⁽⁷⁾.

La extensión del daño causado por respiración del Amoniaco depende de la duración de la exposición, la concentración del gas y la profundidad de la inhalación.

La exposición a 250 ppm es soportable para muchas personas hasta por una hora. Las exposiciones a aerosoles concentrados de Amonio o sales de Amonio (>500 ppm) resultan en quemaduras nasofaríngeas y de la traquea, obstrucción de las vías de aire, acumulación de fluido en los pulmones, afección respiratoria y edema bronquial y alveolar. Exposiciones a concentraciones de 2500 a 4500 ppm son fatales en un periodo de 30 minutos; concentraciones de entre 5000 y 10000 ppm son letales de forma inmediata. Las muertes inmediatas por exposiciones elevadas se deben a obstrucción de las vías de aire mientras que la mortalidad retardada a estas concentraciones obedece a infecciones y complicaciones secundarias ^(4, 5, 6, 7, 11).

4.5.3.2 CONTACTO PIEL / OJOS

La exposición a niveles nocivos de Amoniaco se puede generar por las mismas razones que para la inhalación. Además, se puede dar por contacto con fuentes de agua contaminada o manipulación poco segura de esta sustancia. Otra forma de contacto consiste en la manipulación inadecuada de productos de limpieza amoniacaes tanto industriales como domésticos, los que pueden contener hasta 25% de Amoniaco. La exposición dérmica al Amoniaco en cualquiera de sus formas es muy frecuente en el área laboral y por lo común genera quemaduras e irritaciones de muy diversos grados ⁽⁷⁾.

Una pequeña cantidad de Amoniaco o de solución de Amonio concentrada en contacto con la piel causa de forma inmediata quemaduras y llagas abiertas si no se lava rápidamente. Las quemaduras pueden llegar a ser tan graves como para requerir injertos de piel a causa de la pérdida de capas cutáneas. Las heridas mal tratadas generadas por el contacto con Amoniaco pueden dar lugar a infecciones serias en el mediano plazo. En los ojos, por contacto con Amoniaco (concentraciones en el aire arriba de 100 ppm dependiendo el individuo) o soluciones de él, además de quemaduras puede producirse lacrimación, hinchazón de los párpados, abrasión de la córnea, visión borrosa y en casos graves, ceguera permanente ^(4, 5, 6, 7, 11).

Por contacto con la piel de soluciones de Amoniaco en agua, pequeñas cantidades de éste pueden ingresar al torrente sanguíneo pero se eliminan de forma similar que en la inhalación a través de la orina y el sudor ⁽⁶⁾.

El daño por contacto causado por esta sustancia se debe de manera más marcada a su reactividad y sus propiedades de irritabilidad. La severidad del daño por contacto a este producto depende de la duración y

concentración en el momento de la exposición. Por lo general, soluciones de Amoníaco de concentración menor al 5% raramente causan quemaduras serias aunque pueden llegar a ser irritantes ^(1, 6).

El Amoníaco gaseoso se disuelve en el agua presente en la piel y los ojos convirtiéndose en Hidróxido de Amonio, el que es fácilmente dissociado y causa necrosis de los tejidos. A causa de su alta solubilidad en agua, se puede difundir en capas de la piel más profundas y producir daño más crítico. Específicamente el Hidróxido de Amonio causa saponificación de los lípidos presentes en la membrana celular generando trastornos celulares y en circunstancias extremas, la muerte. En forma adicional, rompe las proteínas estructurales de la célula, extrae el agua presente en la célula e inicia una respuesta inflamatoria, que posteriormente compromete los tejidos cercanos ⁽⁵⁾.

Para el caso del contacto con Amoníaco líquido (gas licuado), se generan quemaduras por frío además de las quemaduras de tipo alcalino antes descritas.

4.5.3.3 INGESTIÓN

Esta es una de las vías menos comunes de entrada de Amoníaco al organismo. La ingestión de Amoníaco y sus soluciones y sales en bajas cantidades (arriba de 35 ppm, que es el límite de percepción en el sentido del gusto) puede ocurrir por consumo de alimentos contaminados. Otra forma de acceso oral del Amoníaco consiste en la ingesta accidental o deliberada de soluciones de limpiadores domésticos o industriales de concentraciones de 5 a 10% ^(5, 11).

La ingestión de soluciones de Amoníaco (Hidróxido de Amonio) conduce a daños y quemaduras por corrosión en la boca, garganta y estómago. La ingestión de Amoníaco por lo general no conduce a envenenamiento del individuo pero puede causar la muerte dependiendo de la concentración y cantidad ingerida. En seguida de una ingestión de Amoníaco se puede sentir náusea, vómito y dolor abdominal. Si se sobrevive a los daños iniciales, puede existir la posibilidad de infección, cicatrices y otras complicaciones posteriores en periodos de días e incluso semanas ^(7, 8).

Cuando se consume Amoníaco en la comida o en el agua, éste entra al flujo sanguíneo y se difunde por el cuerpo en corto tiempo. El Amoníaco que ingresa de esta forma cambia rápidamente a otras sustancias que no poseen efectos adversos para el organismo. Aquel Amoníaco que no se transforma en esos compuestos, se elimina por la orina en cuestión de días ^(5, 6).

4.5.3.4 EFECTOS CRÓNICOS

La exposición crónica a bajas concentraciones de esta sustancia en el aire (<25 ppm) no ha mostrado tener influencia en las funciones pulmonares. Exposición prolongada (o crónicas) a concentraciones moderadas (25 - 100 ppm) influencia la generación de asma y bronquitis. Se pueden desarrollar en algunos irritaciones crónicas del tracto respiratorio y tos crónica. En los ojos se puede presentar irritación crónica de las membranas y en la piel puede causar dermatitis ⁽⁶⁾.

Niveles tóxicos en el organismo no se desarrollan en exposiciones respiratorias crónicas porque el cuerpo posee mecanismos de descontaminación y eliminación que le permiten excretarlo.

4.5.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS

4.5.3.5.1 Efectos Cardiovasculares ⁽⁵⁾

Exposición aguda a nieblas de Amoníaco de altas concentraciones (> 500 ppm) puede producir pulso elevado, aumento de la presión sanguínea, bradicardia y en algunos casos de exposición masiva se ha reportado falla cardíaca.



Amoníaco

4.5.3.5.2 Efectos Gastrointestinales ⁽⁵⁾

Quemaduras y ulceraciones generadas por contacto en la boca, traquea y estomago son las afecciones mas comunes. También se ha reportado vomito en exposiciones agudas.

4.5.3.5.3 Efectos Hematológicos ⁽⁵⁾

Se ha observado cianosis, numero elevado de glóbulos blancos y trombosis arterial en seres humanos expuestos a aerosoles de Amoniaco de altas concentraciones.

4.5.3.5.4 Efectos Musculares ⁽⁵⁾

En ocasiones y para algunos individuos afectados se genera espasmo muscular a exposición de concentraciones elevadas de Amoniaco gaseoso.

4.5.3.5.5 Efectos Hepáticos ⁽⁵⁾

Para casos de exposición letal a Amoniaco gaseoso (3000-4000 ppm) por un periodo de alrededor de una hora se puede presentar necrosis hemorrágica del hígado

4.5.3.5.6 Efectos Renales ⁽⁵⁾

Se han reportado casos de nefritis hemorrágica y congestión renal luego de exposiciones agudas accidentales de aerosoles de Amoniaco. En algunos casos se ha reportado la muerte por falla renal a causa de ingestión de soluciones amoniacaes con fines domésticos.

4.5.3.5.7 Efectos Endocrinos ⁽⁵⁾

En exposiciones crónicas de Amoniaco a niveles de concentración bajos se produce aumento en el contenido de hormonas como adrenalina excretadas en la orina. No obstante la significancia de estos efectos no esta clara.

4.5.3.5.8 Efectos Inmunológicos ⁽⁵⁾

La exposición crónica a aerosoles de compuestos amoniacaes genera asma en muchos casos. La exposición crónica o aguda puede producir en algunos individuos la disminuci3n de la resistencia bacterial y de la respuesta inmune a la infecci3n por bacterias comunes del ambiente.

4.5.3.5.9 Efectos Neurol3gicos ⁽⁵⁾

A causa del contacto con Amoniaco en concentraciones elevadas se puede presentar perdida de la conciencia, debilidad muscular y visi3n borrosa.

4.5.4 INFORMACI3N TOXICOL3GICA

CL₅₀ (Inhalaci3n, ratas): 7600 mg/m³/2 horas

CL₅₀ (Inhalaci3n, gatos): 7050 mg/m³/1 hora

No se ha reportado que esta sustancia posea efectos adversos reproductivos, tampoco se reporta que esta sustancia posea efectos cancerigenos en seres humanos o en animales de laboratorio en exposiciones agudas o cr3nicas.

4.5.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material qu3mico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino tambi3n debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una cat3strofe.

4.5.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

La exposici3n aguda al Amoniaco puede requerir una descontaminaci3n de la v3ctima. Para casos de exposici3n aguda es necesario que la v3ctima luego de recibir los primeros auxilios sea remitida a un centro hospitalario para tratamiento posterior ⁽¹¹⁾.

4.5.5.1.1 Exposición en Ojos

La persona se debe retirar del peligro lo más rápidamente posible. Los ojos se deben lavar inmediatamente con abundante agua durante por lo menos 15 minutos levantando ocasionalmente los párpados superior e inferior. Nunca se deben portar lentes de contacto cuando se trabaje con esta sustancia. Si existen objetos extraños en los ojos, como lentes de contacto, éstos se deben retirar primero antes de efectuar cualquier procedimiento. La víctima siempre debe recibir atención médica ^(2, 8, 11).

4.5.5.1.2 Exposición en la Piel

La persona afectada se debe retirar del peligro de forma segura tanto para la víctima como para la persona que se encuentra prestando la asistencia. No se debe intentar neutralizar el Amoniaco, ya sea como gas o como solución, directamente sobre las ropas o el cuerpo de la víctima usando soluciones ácidas puesto que se puede generar excesiva liberación de calor. Si la exposición implica quemaduras por acción del frío o aún congelación de las ropas y/o parte del cuerpo de la víctima no se debe tratar de retirar la ropa de la víctima, en vez de ello, ésta se debe enjuagar con bastante agua. Para casos en los que la exposición incluye el contacto con soluciones de Amoniaco, la ropa contaminada se debe remover tan pronto como sea posible. Se deben lavar con abundante agua y jabón las partes expuestas de la piel. Si luego del lavado se encuentran quemaduras o irritaciones, la víctima debe recibir atención médica ^(2, 8, 11).

4.5.5.1.3 Inhalación

La víctima se debe ubicar rápidamente en lugares donde pueda tenerse acceso al aire fresco. Si la víctima no está respirando o está respirando con mucho esfuerzo y en el lugar de la emergencia existen medios para la administración de oxígeno de un respirador, este procedimiento se debe realizar hasta la llegada del personal de atención especializado. Si la víctima ha cesado de respirar se debe administrar respiración artificial. La víctima siempre debe recibir atención médica ^(2, 8, 11).

4.5.5.1.4 Ingestión

No se debe inducir el vómito a las víctimas que han ingerido esta sustancia. Tampoco se debe tratar de neutralizar con soluciones ácidas. Las víctimas deben ingerir abundante agua o leche, se recomienda que la cantidad de cualquiera de ellas sea como mínimo de 2 vasos; sólo se debe administrar agua o leche a las víctimas que se encuentren consientes y alerta ^(2, 8, 11).

4.5.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

Para situaciones de emergencia, se deben usar máscaras antigas de presión positiva o de demanda de presión y que posean cubrimiento completo del rostro. Se debe usar también un traje totalmente hermético resistente al ataque químico fabricado en neopreno, caucho natural u otro material resistente e impermeable al Amoniaco ^(2, 8, 11).

4.5.5.2 INCENDIOS

Todos los tipos de agentes de extinción son aplicables al control de incendios de esta sustancia. Si existe incendio en los alrededores de un tanque de almacenamiento de Amoniaco, el tanque se debe mantener fresco rociando agua con las mangueras de emergencia ⁽⁸⁾.

Para fuegos de tamaño pequeño es posible usar polvo químico seco o Dióxido de Carbono. Para fuegos grandes se debe usar agua rociada, espuma o niebla. Para el caso de contenedores de Amoniaco Anhidro, no se debe permitir que ingrese agua al recipiente a causa de la generación de calor. Siempre que la tarea pueda realizarse sin riesgo excesivo, se deben retirar los contenedores de Amoniaco de la exposición al fuego ^(2, 14, 11).

NH₃

Amoniaco

4.5.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS

Siempre que existan derrames o fugas de Amoniacó Anhidro se deben efectuar los siguientes pasos:

- Ventilar el área de fuga o derrame para dispersar el gases o vapores.
- Si la fuga es en forma gaseosa, primero tratar de parar el flujo de gas. Si la fuente de fuga es un cilindro y la fuga no se puede detener en el mismo lugar, mover el cilindro a un lugar seguro al aire abierto donde se repare la fuga o se deje vaciar el cilindro.
- Si el Amoniacó está en forma líquida (gas licuado), dejar que el derrame se evapore.

Si se derraman soluciones de Amoniacó, deben efectuarse los procedimientos siguientes:

- Recolección o confinamiento del material derramado por medio de cordones de adsorción u otro tipo de equipo que se use con el mismo fin.
- Si es posible, recuperación del material derramado.
- Dilución y/o neutralización y disposición en un relleno sanitario de seguridad.

Nunca se debe tratar de diluir el Amoniacó Anhidro directamente con agua debido al alto calor generado por la mezcla.

Personas que no tengan puesto equipo y ropa protectores se deben restringir de las áreas de fugas hasta que la limpieza se haya completado.

4.5.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

TLV (TWA; 8 horas; ACGIH): 25 ppm; 17 mg/m³ (2001) ^(2, 5, 6, 13)

PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general): 50 ppm; 35 mg/m³ (2002) ^(2, 5, 6, 13)

PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción): 50 ppm; 35 mg/m³ (2002) ⁽⁵⁾

IDLH (NIOSH): 300 ppm; 200 mg/m³ (2002) ^(5, 6)

STEL (TWA; 15 minutos; ACGIH): 35 ppm; 24 mg/m³ (2001) ⁽⁵⁾

TLV: Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

PEL: Permissible Exposure Limit (Límite Permissible de Exposición).

IDLH: Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

STEL: Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

4.5.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropas impermeables, guantes, caretas y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir cualquier posibilidad de contacto con la piel de Amoniacó Anhidro o de soluciones acuosas que contengan Amoniacó. Las ropas de protección deben evitar también el contacto de la piel con recipientes que contengan Amoniacó Anhidro como líquido refrigerado.
- Donde exista alguna posibilidad de exposición del cuerpo de un empleado a soluciones de Amoniacó con contenido de Amoniacó mayor o igual al 10% en peso o a Amoniacó Anhidro líquido, se deben proveer instalaciones para el rápido lavado del cuerpo en el área inmediata de trabajo para uso en emergencias.
- La ropa no impermeable que se contamine con soluciones de Amoniacó con contenido de Amoniacó mayor o igual al 10% en peso o con Amoniacó Anhidro líquido se debe remover inmediatamente y no se deben usar hasta que el Amoniacó se remueva por completo.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista alguna posibilidad que soluciones de Amoniacó entren en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad que soluciones de Amoniacó con contenido mayor o igual al 10% en peso o Amoniacó Anhidro líquido entren en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

4.5.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, debe ser instituido un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

Tabla 20. Protección respiratoria mínima para Amoniaco en el aire

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 5 mg/m ³ (OSHA)
Concentración de gas de hasta 100 ppm	Cualquier respirador de cartucho químico con cartucho para amoniaco. Cualquier respirador con suministro de aire proveído externamente. Cualquier aparato de respiración.
Concentración de gas de hasta 300 ppm	Un respirador de cartucho químico con pieza facial completa y un cartucho para amoniaco.
Concentración de gas hasta 500 ppm	Una máscara de gases de tipo mentón o un cilindro para amoniaco frontal o trasero. Cualquier respirador de suministro aire con pieza facial completa, yelmo o capucha. Cualquier aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa
Concentración de gas mayor de 500 ppm o concentraciones desconocidas	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión o algún otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya respirador con pieza facial completa operado en demanda de presión o algún otro modo de presión positiva o de flujo continuo y un aparato auxiliar de respiración autocontenido operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
En caso de lucha contra fuego	Aparato de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Evacuación	Cualquier máscara de gases que provea protección contra amoniaco. Cualquier aparato de respiración autocontenido para evacuación.

Tornado de "OSHA; Occupational Safety and Health Guideline for Ammonia."(11)

4.5.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con Amoniaco, los individuos se deben entrenar en su manejo y almacenamiento. Además deben estar entrenados en el uso del equipo de protección personal.

4.5.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

- S1/2:** Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños
- S9:** Consérvese el recipiente en un lugar bien ventilado
- S16:** Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas. No fumar
- S26:** En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico
- S36/37/39:** Úsense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara
- S45:** En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta)
- S61:** Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

NH₃

Amoniaco

4.5.8.2 ALMACENAMIENTO

Debe almacenarse en un lugar separado de materiales oxidantes, Acidos, halógenos y en general de los materiales incompatibles con él mencionados en la sección de propiedades químicas. Debe mantenerse en un lugar fresco y con buena ventilación lejos de fuentes de calor y de la acción directa de los rayos solares. Los contenedores de Amoniaco se deben rotular adecuadamente. La zona de almacenamiento debe estar alejada del área de trabajo para minimizar posibles accidentes que se puedan presentar ⁽⁸⁾.

4.5.9 USOS, GENERACION Y CONTROLES ⁽¹⁰⁾

Tabla 21. Usos, generación y control de emisiones de Amoniaco

Uso / Generación	Control
Usado en la síntesis orgánica e inorgánica de ácido nítrico, urea, plástico, fibras, resinas, farmacéuticos, pesticidas, explosivos, amidas, cianuros, aminas, pigmentos, retardantes de llama y limpiadores domésticos.	Ventilación local, equipos de protección personal
Usado en la minería y la metalurgia, tratamiento de chatarras, soldadura de hidrógeno.	Ventilación local, ventilación de dilución, equipos de protección personal
Usado en la refinación de petróleo como agente de neutralización, manufactura y recuperación de catalizadores de crackeo y en el desencerado de aceites lubricantes.	Ventilación local, ventilación de dilución, equipos de protección personal
Uso como refrigerante en instalaciones de alimentos, producción de hielo, almacenamiento en frío.	Ventilación local, ventilación de dilución, equipos de protección personal
Usado en el revelado de fotos y como reactivo de laboratorio.	Ventilación local, ventilación de dilución, equipos de protección personal

4.5.10. COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

El Amoniaco es una sustancia de presencia común en el medio ambiente y se puede encontrar en el suelo, el agua y el aire. El Amoniaco se recicla de forma natural en el medio ambiente como uno de los pasos del ciclo del Nitrógeno. A causa de su reactividad, esta sustancia no dura mucho en su forma pura ⁽⁴⁾.

El Amoniaco atmosférico puede sufrir cuatro tipos de reacciones ^(4, 7):

- Reacciones en fase acuosa: La oxidación del Oxido de Azufre acuoso en presencia de Amoniaco genera la formación de aerosoles de sulfato de Amonio atmosféricos. Este proceso se favorece por la presencia de alta humedad, altas concentraciones de Amoniaco y bajas temperaturas.
- Reacciones térmicas: incluyen La interacción de Amoniaco Anhidro con Dióxido de Azufre gaseoso para generar de nuevo aerosoles de sulfato de Amonio. Cuando la interacción se da con Ozono, se genera nitrato de Amonio en aerosol.
- Reacciones fotoquímicas: Se produce una degradación fotolítica y una reacción posterior con radicales hidroxilo (OH⁻) fotolíticamente generados en la troposfera.
- Reacciones heterogéneas: Se generan varios complejos de Amonio por la interacción de Amoniaco gaseoso con superficies que contienen Oxidos de Nitrógeno.

4.5.10.1 SUELO

El suelo obtiene el Amoniaco a partir de fertilización natural o artificial, por excretas animales, descomposición de materia orgánica o por fijación a partir de la atmósfera. Las concentraciones normales en el suelo se encuentran entre 1 y 5 ppm. Estas concentraciones pueden ser mayores en suelos abonados con compuestos de Amoniaco empleados para fines agrícolas; la cantidad de Amoniaco en ese suelo disminuye a niveles bajos en el plazo de algunos días por causa de volatilización y de absorción por plantas y bacterias ^(5, 7).

Cuando se libera Amoníaco en el suelo, la transformación de este puede ocurrir por vía de plantas o de microorganismos. En el caso de los microorganismos, éstos desempeñan cuatro procesos en el ciclo del Nitrógeno que resultan en la transformación y producción de Amoníaco: fijación de Nitrógeno, nitrificación, denitrificación y amonificación^(5,7).

En la fijación de Nitrógeno, éste es convertido a Amoníaco. La denitrificación los Oxidos de Nitrógeno se reducen en condiciones anaerobias a Nitrógeno molecular (N_2) y Oxido Nitroso (N_2O). La nitrificación es la oxidación biológica de Nitrógeno amoniacal hasta nitrato. La amonificación es la conversión del Nitrógeno orgánico a Amoníaco. Las plantas toman al Amoníaco del suelo y lo asimilan como nutriente transformándolo en compuestos orgánicos nitrogenados. No obstante, concentraciones muy elevadas de Amoníaco en el suelo pueden llegar a convertirse en factores de toxicidad para las plantas, microorganismos y otras especies^(5,7).

4.5.10.2 AIRE

Normalmente el Amoníaco esta presente en el aire en concentraciones que dependen del área de análisis. En zonas urbanas la concentración de Amoníaco puede estar entre 5 y 25 mg/m^3 ; en áreas rurales la concentración puede ir entre 2 y 6 $\mu g/m^3$; para zonas con alto uso de abonos la concentración puede ser tan grande como 200 $\mu g/m^3$. Las concentraciones aumentan a causa de volatilización de Amoníaco del suelo o de fuentes de agua en áreas donde se aplica como fertilizante. Este fenómeno es más marcado en áreas de pH altos y temperaturas elevadas⁽⁷⁾.

El Amoníaco liberado en el aire en forma de vapores y gases reacciona con sustancias ácidas del ambiente (Acido sulfúrico, clorhídrico o Nítrico) para producir aerosoles amoniacales, los que pueden sufrir deposición por vía seca o vía húmeda. La deposición de Amoníaco por vía seca predomina en áreas de alto contenido de Amoníaco, mientras que la vía de deposición húmeda se da con más frecuencia para zonas con bajas concentraciones de Amoníaco. Además de las reacciones con sustancias ácidas, o, como paso intermedio en estas reacciones, el Amoníaco se lava del aire rápidamente con ayuda de las lluvias gracias a su alta compatibilidad en este solvente. Por causa de estos mecanismos de transformación del Amoníaco en el aire, su vida media puede ser de algunos días dependiendo si la zona de liberación es industrializada o si se trata de zonas rurales, la vida media puede durar algún tiempo más^(5,7).

4.5.10.3 AGUA

El Amoníaco se puede liberar en el agua a través de efluentes de plantas industriales, derrames en líneas de agua y filtración en el suelo desde campos fertilizados con compuestos amoniacales. Los niveles de Amoníaco normales en el agua están alrededor de 6ppm pero de nuevo este valor puede variar dependiendo el lugar específico de medida; para el caso de campos altamente abonados la concentración puede llegar a 12 ppm^(5,7).

La transformación del Amoníaco en el agua ocurre por procesos microbiológicos de nitrificación y denitrificación, los cuales generan compuestos iónicos de Nitrógeno y a partir de ellos se regenera Nitrógeno elemental. La remoción de los compuestos iónicos anteriores puede darse por adsorción de la sustancia en sedimentos o material orgánico suspendido y por absorción hacia plantas acuáticas^(5,7).

4.5.11 ECOTOXICIDAD

Toxicidad en Peces

Pez Dorado CL₅₀, 24 horas: 2 mg/m^3

Pez Lento de Agua Dulce CL₅₀, 96 horas: 8,2 mg/l

4.5.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

Las soluciones de Amoníaco se pueden diluir con agua y posteriormente neutralizar con Acido clorhídrico y luego dirigir al sistema de alcantarillado previa revisión de la normatividad existente y pertinente. Cantidades limitadas de Amoníaco gaseoso se pueden liberar a la atmósfera. No es recomendable liberar grandes cantidades de Amoníaco Anhidro líquido o en solución directamente al agua a causa del gran calor de dilución generado y el grave impacto ambiental que esto representa. Esta generación de calor puede incrementar la exposición al personal involucrado en el proceso. Para muchas industrias es viable la recuperación de Amoníaco acuoso a partir de soluciones de desecho^(5,8,11).

NH₃

Amoníaco

4.5.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B, Hawkins S y otros; Ullman 's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 2; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989
2. Environmental Protection Agency (EPA). Ammonia Chemical Profile and Emergency First Aid Treatment Guide [en línea]. Octubre de 1985, revisado en noviembre de 1987 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical_Results?openview
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Minimal Risk Levels (MRLs) for Hazardous Substances [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado en enero de 2003 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/mrls.html>
4. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Statement for Ammonia [en línea]. Septiembre de 2002, actualizado en octubre de 2002 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs126.html>
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Ammonia [en línea]. Septiembre de 2002, actualizado en octubre de 2002 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp126.html>
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Managing Hazardous Material Incidents, Ammonia [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado en marzo de 2003 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg126.pdf>
7. Organización Mundial de la Salud (OMS). Environmental Health Criteria 54, Ammonia [en línea]. 1986 [citado abril 29 de 2003]. Disponible <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc54.htm>
8. Organización Internacional del Trabajo (OIT). International Chemical Safety Cards, Ammonia (Anhydrous) [en línea]. Octubre de 1991, actualizado Octubre de 2000 [citado abril 29 de 2003]. Disponible http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc04/icsc0414.htm
9. Organización Internacional del Trabajo (OIT). Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado septiembre de 1999 [citado abril de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>
10. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Chemical Sampling Information, Safety and Health Topics: Ammonia [en línea]. Fecha de publicación desconocida, revisado Mayo de 2003 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_218300.html
11. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). Occupational Safety and Health Guideline for Ammonia [en línea]. 1978, revisado en 1992 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0028-rev.pdf>
12. Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS Substances, Ammonia [en línea]. Enero de 1991, actualizado marzo de 2003 [citado abril 29 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0422.htm>

Amoniaco