



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CURSO MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS

MATERIAL TEÓRICO
INGENIERÍA FORESTAL

UNIDAD DIDÁCTICA D8 (2 de 2)
Contaminaciones

2018

Material redactado sobre la base de los trabajos de Nico A. (2003), y Juan L. (2009)

OBJETIVOS

Conocer las causas y consecuencias de los diferentes tipos de contaminación, su diagnóstico y relación con las propiedades edáficas, así como las posibilidades de tratamiento en cada caso.

RESUMEN

Se entiende por contaminación al aporte de un elemento o compuesto químico que provoca un aumento respecto de la concentración inicial produciendo efectos desfavorables para la salud humana o animal, la conservación del ambiente, las propiedades de los suelos o la producción. Los contaminantes pueden ser naturales o antrópicos. En sentido amplio puede involucrarse también a los microorganismos patógenos. Dentro de los contaminantes antrópicos pueden citarse algunos relacionados con la producción agropecuaria, como por ejemplo los derivados de la ganadería a corral o confinada, los fertilizantes, los purines, las enmiendas inorgánicas u orgánicas, los pesticidas o residuos de agroindustrias. El riesgo de contaminación depende de aspectos relacionados con el contaminante (toxicidad, cantidades depositadas y frecuencia de aplicación, solubilidad, volatilización, etc.) y del ambiente receptor (permeabilidad del suelo, pendiente, posición topográfica, profundidad de la napa, posibilidades de anegamiento, características hidrológicas del sistema, condiciones climáticas, entre otras). Los fertilizantes de síntesis pueden contener metales pesados, por lo que su aplicación frecuente y en altas dosis puede enriquecer a los suelos en estos elementos. Los fertilizantes nitrogenados pueden provocar aumento de nitratos en los acuíferos perjudiciales para la salud. Los abonos orgánicos son también potenciales contaminantes inorgánicos y microbianos si no están debidamente controlados y tratados. En este caso pueden utilizarse tratamientos pasivos (envejecimiento) o activos (pasterización). Los pesticidas pueden ser absorbidos por plantas, adsorbidos en el suelo, volatilizados, lavados ó degradados (no biológica o biológica). Fuera del ámbito agropecuario, los rellenos sanitarios son posibles vías de contaminación de suelos y acuíferos. En Argentina existen leyes nacionales y provinciales que regulan su desenvolvimiento. La resiliencia es la capacidad de un suelo para resistir cambios adversos bajo un conjunto de condiciones ecológicas y de uso del terreno, y volver a su equilibrio dinámico inicial después de la alteración. Se entiende por remediación todos aquellos tratamientos tendientes a disminuir o eliminar las contaminaciones. Los tratamientos pueden ser físico-químicos (el pasaje de fluido a presión normal o forzado), químicos (modificación del pH, regulación del nivel redox, agregado o promoción del aumento de la materia orgánica, promoción de la volatilización), físicos (electroquímico, térmico) y biorremediación (acción enzimática, descontaminación microbiológica y fitorremediación).

ÍNDICE

ASPECTOS GENERALES	- 2 -
FEED-LOT O ENGORDE DE GANADO A CORRAL.....	- 3 -
PRODUCCIONES AGRÍCOLAS INTENSIVAS.....	- 4 -
RELLENOS SANITARIOS.....	- 12 -
ALGUNOS TÉRMINOS Y CONCEPTOS RELACIONADOS CON LA CONTAMINACIÓN	- 14 -
MEDIDAS DE REMEDIACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS.....	- 16 -
CUESTIONARIO GUÍA.....	- 19 -
BIBLIOGRAFÍA	- 20 -

ASPECTOS GENERALES

Se entiende por contaminación estrictamente al aporte de un elemento o compuesto químico que provoca un aumento respecto de la concentración inicial produciendo efectos desfavorables. Sin embargo, un concepto ampliado puede involucrar a las contaminaciones de carácter biológico. Se entiende por tierra contaminada aquella que presenta un riesgo actual o potencial para la salud humana o el medio ambiente (vegetales, animales) como resultado de un uso actual o pasado. La contaminación de las aguas, a consecuencia de la dinámica de los contaminantes en el suelo, es un fenómeno asociado, por el cual los contaminantes pueden migrar a otras áreas, ya sea por escurrimiento o infiltración a los acuíferos subterráneos.

Los perjuicios de la contaminación pueden actuar sobre:

- la salud: los productos contaminantes de los suelos pueden llegar a los alimentos y al agua de bebida, resultando perjudiciales para la salud humana
- la conservación del ambiente: cuando afecta áreas protegidas o espacios recreativos, puede deteriorar el paisaje y producir la pérdida de biodiversidad de la flora y/o fauna, generar olores desagradables, gases inflamables y la proliferación de fauna indeseable, como ocurre en las proximidades de algunos rellenos denominados equivocadamente "sanitarios"
- las propiedades del suelo: algunos contaminantes pueden provocar la alteración de la fertilidad física o química del suelo, por ejemplo por salinización, impermeabilización o cambios de pH
- la actividad agrícola: si los contaminantes son fitotóxicos para los cultivos o especies pastoriles, estas producciones pueden verse afectadas

En este capítulo se hará una revisión de los aspectos relevantes de la temática con relación a la producción agropecuaria. Los contaminantes de este tipo de producción pueden devenir de los insumos o residuos de las actividades propias del sector.

En la Figura 1 puede verse un esquema del posible origen de los contaminantes.

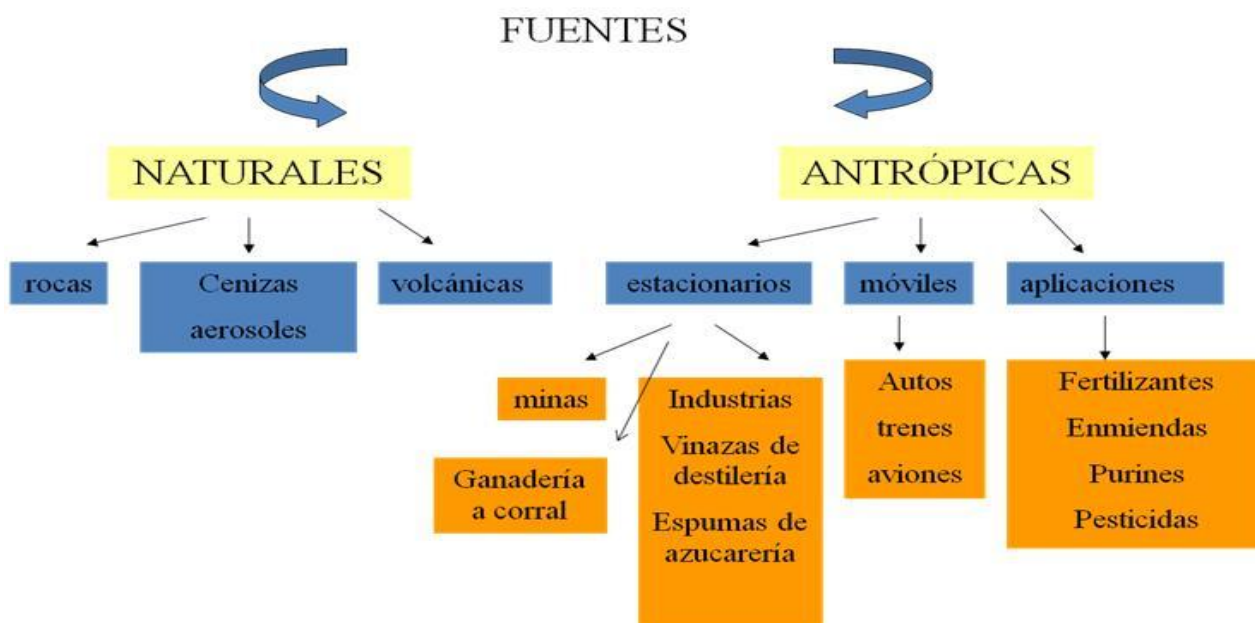


Figura 1. Fuentes de contaminaciones naturales y antrópicas

Como puede verse en la Figura 1, las fuentes de contaminación son tanto de carácter natural, como derivadas de actividades humanas. Dentro de las actividades humanas relacionadas con la producción agropecuaria, se destaca el uso de fertilizantes, enmiendas y pesticidas, así como la ganadería a corral.

A continuación se describirán algunos procesos de contaminación relacionados con la producción agropecuaria y brevemente se hará alusión a otras contaminaciones antrópicas.

FEED-LOT O ENGORDE DE GANADO A CORRAL

Feed-lot es un término inglés, de uso corriente en algunos países iberoamericanos como Argentina, para designar la versión contemporánea de lo que antaño eran los corrales de engorde de ganado. Surgió ante la necesidad de intensificar la producción, y consiste en encerrar los animales en corrales donde reciben el alimento en comederos. Los animales para carne permanecen confinados períodos de tiempo variables según el sistema empleado, en corrales donde reciben la alimentación y tratamientos correspondientes, según su destino final. Dentro de las dietas intervienen cereales, enteros o procesados, subproductos, deshechos industriales y otros elementos que pueden ayudar a mejorar la relación entre alimento consumido por kilo de carne producido. En Estados Unidos y países latinoamericanos se utilizan anabólicos y/u hormonas como complemento para la alimentación. En Europa está prohibido el uso de todo tipo de promotores y se busca la terminación de un animal magro para lo cual utilizan genéticas seleccionadas. La alimentación y terminación a corral es un sistema aplicado en Argentina desde hace más de 30 años, en general alojando en corrales animales que se criaron o recriaron a campo, con o sin suplementación, para darles un grado de terminación adecuado. El sistema permite regular el grado de terminación acorde con las exigencias del comprador. El período de terminación en promedio dura como máximo 60 días en animales adultos (mayores de 18 meses) y menos de 90 días en terneros. En planteos intensivos, para una gestión ambiental apropiada se hace necesario identificar las áreas de riesgo para controlar o reducir sus efectos. En el feedlot de bovinos para carne, se produce una contaminación localizada de suelos y aguas, tanto subterráneas como superficiales, emergente de la acumulación de deyecciones y movimiento de los efluentes. En un segundo nivel podríamos ubicar la contaminación del aire y la degradación del paisaje. La vulnerabilidad del sitio a la contaminación o degradación ambiental depende de varios factores, como puede verse en la Tabla 1.

Tabla 1. Riesgo de contaminación a partir de feed-lots según diferentes condiciones del ambiente.

Condición del Ambiente	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto
<i>Profundidad de la napa*</i>	> 2m	1 a 2 m	< 1m
<i>Ubicación topográfica*</i>	área alta	área con pendientes	depresión
<i>Proximidad a recursos hídricos*</i>	> 2 km	1 a 2 km	< 1 km
<i>Pendientes*</i>	>1% o < 4%	4 al 6 %	<0.25% o > 6%
<i>Probabilidad de anegamientos</i>	< a 1 cada 50 años	1 cada 20 a 50 años	> 1 cada 20 años
<i>Tipo de suelos</i>	Arcillosos, limosos, profundos	Franco o arenosos profundos, con horizonte petrocálcico	Arenosos sin horizonte petrocálcico
<i>Precipitación anual</i>	< 600 mm	600 a 1200 mm.	> 1200 mm
<i>Temperaturas</i>	templadas	tropicales	muy altas
<i>Proximidad a áreas urbanas o culturales</i>	> 8 km	5 a 8 km	< 5 km
<i>Proximidad a rutas</i>	> 3 km	1 a 3 km	< 1 km
<i>Dirección de los vientos predominantes</i>	Opuesto a la dirección de poblaciones urbanas	Cambiantes	En la dirección de poblaciones

**Señalan estatus de condiciones irreversibles y limitantes, excluyentes de las variables sobre la viabilidad del proyecto. Solo estos cuatro parámetros son señalados como excluyentes si alguno de ellos implica un riesgo de contaminación o degradación ambiental ALTO.*

Profundidad de la napa freática: la contaminación de aguas subterráneas y superficiales es el riesgo de mayor relevancia ambiental en la instalación de sistemas intensivos. Se propone que la profundidad mínima tolerable desde la superficie al estrato freático sea de 1 m, esta cifra ha sido citada frecuentemente en la bibliografía internacional para diferentes tipos de suelos y ambientes (NSW Agricultura, 1998; Sweeten, 2000; USEPA, 1987). Este requisito podría ser revisado en planteos donde un horizonte sub-superficial duro y continuo (tosca, roca, etc.) impongan una barrera a la infiltración en profundidad. Por otro lado, podría ser insuficiente si la textura del suelo es muy gruesa (arenosa) y la capacidad de retención hídrica es limitada.

Ubicación topográfica: es conveniente ubicar el área del feedlot en sitios altos con buen drenaje, definido en una dirección, teniendo en cuenta el sitio de colección y almacenamiento de efluentes líquidos. Es importante que las pendientes generales impidan el anegamiento de corrales, pero por otro lado, no se generen escorrentías erosivas. Asimismo, el sitio de contención del escurrimiento no debería ser un bajo sin salida, sino un sector donde el almacenamiento tiene posibilidad de desborde en una dirección que no comprometa a sectores sensibles o recursos hídricos. La instalación en lugares bajos debería ser desestimada por el riesgo de la acumulación de efluentes, el anegamiento y la contaminación de napas (TWC, 1987; USEPA, 1973).

Proximidad a cuencas hídricas o recursos hídricos superficiales: el escurrimiento superficial o subsuperficial puede contaminar cuencas hídricas. Aunque la calidad del suelo, el tamaño del feedlot, la cantidad e intensidad de las precipitaciones y las pendientes son variables a tener en cuenta en la dimensión del riesgo de contaminación de cuenca, distancias de 1 km son sugeridas como mínimas tolerables. Para incrementar el margen de seguridad, particularmente en regiones con pendientes pronunciadas y suelos de escasa retención hídrica, sería conveniente superar los 2 km de distancia para feedlots de hasta 5.000 animales de capacidad, y los 5 km para los de mayor capacidad (NSW Agriculture, 1998).

Pendientes: las pendientes son necesarias para conducir el escurrimiento superficial y evitar el anegamiento o encharcamiento e infiltración en el área del feedlot. Sin embargo, cuando superan el 5%, el escurrimiento luego de una lluvia se hace difícil de manejar y requiere de una estructura de canales colectores y drenajes de alto costo. Asimismo, la erosión en piso de corrales es alta y poco controlable. En el otro extremo, los sitios sin pendiente o con pendientes menores al 2% son muy susceptibles al anegamiento y a la infiltración excesiva, máxime si el suelo es de textura gruesa (NSW Agriculture, 1998).

Probabilidad de anegamientos: debido a los riesgos de infiltración y contaminación a los que expone el anegamiento, se recomienda ubicar el feedlot en sitios con baja probabilidad de anegamiento natural, por combinación de buen drenaje natural y muy baja probabilidad de precipitaciones intensas. Se sugiere como de baja vulnerabilidad a los sitios donde el anegamiento es improbable o su probabilidad sea inferior a 1 evento cada 50 años. Una probabilidad de un evento cada 20 a 50 años sería aceptable si el diseño contempla el manejo de tal situación en su estructura de contención de excedentes. Un sitio con probabilidad de anegarse cada 20 años sería no recomendable debido al riesgo de contaminación a la que expone a los recursos hídricos (Sweeten, 2000; NSW Agriculture, 1998; USEPA; 1973).

Los criaderos de cerdos, los tambos y la cria de aves intensiva, de la misma manera que los feed-lots, pueden traer contaminaciones asociadas.

PRODUCCIONES AGRÍCOLAS INTENSIVAS

La alta exigencia nutricional de los cultivos intensivos, como los hortícolas, florícolas, frutícolas, entre otros, en algunos casos, como en la horticultura, sumada a la intensa sucesión de ciclos productivos de pocas especies cultivadas, resulta en una alta tasa de extracción de nutrientes esenciales del suelo. Para mantener altos niveles de rendimiento y calidad, se hace indispensable el agregado de los mismos desde fuentes externas al sistema.

Al aportar nutrientes al suelo, cualquiera sea su forma, ya sea como fertilizantes inorgánicos de síntesis o como abonos orgánicos, los mismos pueden sufrir los siguientes procesos:

- Ser rápidamente asimilados por las plantas (esta es la fracción aprovechada)
- Encontrarse en formas disponibles pero no absorbidos
- Ser fijados, con lo que salen del ciclo por largo tiempo
- Perderse lejos de la zona radical

De acuerdo con lo anterior, las plantas solo aprovechan una fracción de los nutrientes aplicados. El resto permanece de distintas maneras en el suelo o sale de él. Es por este motivo que si bien la fertilización genera un aumento de la producción, deben tenerse en cuenta que pueden existir aspectos negativos de la práctica. De la misma manera, los abonos orgánicos o las enmiendas orgánicas, pueden acarrear diversos problemas relacionados con su composición y/o carga microbiana.

Los fertilizantes han contribuido al mejoramiento de la productividad de la agricultura pero su empleo excesivo ha ocasionado graves problemas por lo que es necesario llegar a un equilibrio entre la productividad de los agroecosistemas, su rentabilidad, su impacto en el ámbito social rural y su capacidad de sostenerse en el tiempo. En los últimos años y sobre todo en los países desarrollados, la sociedad está demandando que la agricultura sea más respetuosa del medio ambiente, y en particular que se reduzcan las posibles fuentes de contaminación producidas por las prácticas agrícolas (Consigli, 2000). Dentro de ellas, se ha focalizado el interés en minimizar los efectos potencialmente adversos del uso de fertilizantes y abonos orgánicos.

La fertilización (inorgánica, orgánica) afecta al medio ambiente de múltiples formas dependiendo fundamentalmente de las características propias de cada elemento. Los impactos negativos de esta práctica, pueden agruparse de la siguiente manera:

- a) Contaminación con sustancias tóxicas
- b) Niveles excesivos de nutrientes
- c) Contaminación microbiológica
- d) Contaminación de acuíferos

a) **Contaminación con sustancias tóxicas:** el agregado de enmiendas orgánicas, a veces compostadas, puede incrementar el nivel de metales pesados presentes en el suelo hasta niveles que no solo pongan en riesgo la producción, sino también la salud humana, cuando estos provienen de residuos urbanos o de materiales de desecho industrial. Los fertilizantes minerales artificiales y naturales, frecuentemente tienen en su composición metales pesados. Si bien estos contenidos en muchos casos son bajos, el uso continuo y en grandes cantidades de los mismos, produce su acumulación. En la Tabla 2 se citan algunos contenidos de metales pesados de fertilizantes inorgánicos y abonos orgánicos.

Tabla 2. Tenor de micronutrientes y de otros minerales pesados en fertilizantes de acuerdo con la literatura internacional.

Fertilizante/ enmienda	Boro	Cobalto	Cobre	Zinc	Arsénico	Cromo
	ppm					
<i>Urea</i>	-	0-5	0-80	0-50	-	0-50
<i>DAP</i>	10-200	-	-	-	20-350	-
<i>SPT</i>	0-800	1-4	0-215	0-140	0-1100	-
<i>Nitrato de Amonio</i>	-	-	-	0-5	-	-
<i>Sulfato de Amonio</i>	0-100	0-110	0-800	1-20	0-414	1-4,4
<i>Sulfato de Potasio</i>	0-500	-	0-300	-	0-400	2-5
<i>Cama de pollo</i>	-	2	31	155	0,57	6
<i>Estiércol de vaca</i>	24	5,9	62	71	4	56

Fuente: MALAVOLTA E. (1994).

Es común que los fertilizantes fosforados contengan Cd como contaminante, mientras que las calizas utilizadas para el encalado tengan As y Pb. Algunos pesticidas pueden contener Pb, As y Hg.

En la Tabla 3 pueden apreciarse los rangos de concentración considerados excesivos desde el punto de vista de la fitotoxicidad de diferentes elementos. Estas concentraciones permiten prever que los niveles en los cuales dichos elementos afectan a los cultivos, son susceptibles de ser alcanzados en el largo plazo en sistemas productivos con altas tasa de fertilización como son, por ejemplo, la horticultura y la floricultura.

Tabla 3. Concentraciones totales de elementos consideradas excesivas desde la fitotoxicidad.

Elemento	Concentración (ppm)
Boro	25-100
Cobalto	25-50
Cobre	60-125
Zinc	70-400
Arsénico	15-50
Cromo	75-100

Fuente: MALAVOLTA E. *Fertilizantes e seu impacto ambiental*. 1994.

b) **Niveles excesivos de nutrientes:** otra consecuencia de este tipo de producciones son consecuencia de los niveles excesivos de nutrientes utilizados. Como se mencionó anteriormente, las características particulares de cada elemento condicionan el comportamiento que los mismos tendrán al aplicarse en exceso. Un caso particular en este sentido lo constituye el P. El P disponible proveniente de los fertilizantes aplicados, se fija químicamente a través de diferentes reacciones formando compuestos insolubles. Esto se acentúa aún más en suelos con pH ácido formando complejos con los óxidos de Fe y Al, o en suelos básicos donde se forman precipitados con el Ca. La fijación de los fosfatos es un serio problema para las zonas de cultivos a causa de estas formas poco móviles. En estos ámbitos suele llevarse a cabo una sobrefertilización con P que provoca una acumulación desmedida, la que puede generar disminución en la capacidad de absorción de otros nutrientes, por interacciones negativas con ellos, y hasta situaciones de toxicidad del propio elemento en los cultivos. Es común observar que en cultivos florícolas del Gran La Plata, fertilizados con dosis frecuentes y altas de fertilizantes fosforados, lo que constituye un manejo tradicional de varias comunidades productivas, se produzcan severas alteraciones del crecimiento de las plantas, por ejemplo los crisantemos. Esta situación es prácticamente irreversible, cuando se trata del P, por lo que los productores se ven obligados a abandonar la tierra, o en algunos casos a optar por comprar tierra y cubrir la de sus invernáculos, con un grave perjuicio económico para él y un daño ambiental severo en el área de decapitación.

Cada elemento en particular, resulta susceptible de acumularse o ser lixiviado fuera del alcance de las raíces de acuerdo a sus características de solubilidad o retención en el complejo coloidal del suelo y en consecuencia movilidad. Podría establecerse en orden decreciente de movilidad el siguiente listado de nutrientes: nitrógeno > potasio > azufre > magnesio > calcio > fósforo. Es importante recordar que la nutrición vegetal será más eficiente en tanto exista un equilibrio entre todos los nutrientes necesarios y que el exceso de alguno de ellos puede resultar tan perjudicial como su ausencia.

c) **Contaminación microbiológica:** la utilización de estiércoles o materiales cloacales sin el debido compostado puede ser fuente de introducción de especies bacterianas nocivas para el hombre como *Escherichia coli* tipo O157:H7. Este organismo patógeno puede sobrevivir más de 60 días, que es el lapso más frecuente para el compostado. Se trata de una bacteria que vive en el intestino de animales entre los que figura el ganado vacuno, las ovejas, los ciervos y las cabras. También la portan animales domésticos y aves salvajes. Normalmente, ser portador de la bacteria no provocará en el animal ningún daño ni enfermedad. No obstante, en seres humanos las toxinas que produce pueden causar enfermedades que van desde una diarrea a insuficiencia renal. En algunos casos, la enfermedad puede resultar mortal. Sin embargo, la cepa de E. coli O157 no es frecuentemente encontrada en estiércoles bien compostados pero, sin embargo, unos pocos microorganismos bastan para que se produzca una infección en humanos. La

misma puede derivarse del contacto con excrementos de los animales, y el contacto posterior de las manos o los dedos con la boca, o de la ingestión de alimentos sin lavarse las manos previamente. Es fundamental que todo aquel que trabaje con animales o sus estiércoles, se lave las manos y los brazos concienzudamente antes de comer, beber o fumar. La ropa de trabajo deberá dejarse en el lugar de trabajo para su limpieza, de modo que las familias de los trabajadores de las explotaciones agrícolas no puedan contraer la enfermedad mediante el contacto con prendas sucias. Estos recaudos deben extremarse en el caso de lodos cloacales.

Otra enfermedad que puede ser contraída al utilizar estiércoles pobremente compostados es la criptosporidiosis. Esta enfermedad, provoca diarrea y dolor abdominal con síntomas similares a los de la gripe durante períodos de hasta seis semanas, especialmente entre los jóvenes y las personas de edad avanzada. Es causada por un protozoo denominado *Cryptosporidium parvum*. Lo portan terneros, corderos, ciervos y cabras, y puede transmitirse a humanos mediante el contacto con excrementos animales o el agua potable contaminada con éstos. Debe tenerse en cuenta que todo el ganado bovino, ovino, ciervos y cabras portan la E coli O157 y *Cryptosporidium*.

También por el contacto con excrementos de animales de granja, se incrementa el riesgo de contraer Salmonela. La bacteria Salmonela provoca diarreas, fiebres y dolores abdominales en seres humanos. En ocasiones, el contacto con el microorganismo da lugar a enfermedades de mayor gravedad. Aunque suele pensarse que la infección por Salmonela se produce al ingerir alimentos contaminados, es frecuente que resulte del contacto con los excrementos de animales de granja. Los seres humanos resultan infectados cuando la Salmonela accede al intestino, normalmente cuando el sujeto coloca las manos contaminadas con excrementos dentro o cerca de la boca, por ejemplo, al comer, beber o fumar. El contacto entre manos constituye asimismo una importante fuente de infección.

Es de suma importancia recordar que el contacto de los productos con las fuentes de infección resulta en un riesgo para los consumidores. Especialmente en las verduras de hoja debido a su estructura y a la cercanía de las partes consumibles con el suelo.

Existen varios tipos de tratamientos de los estiércoles para reducir el riesgo de contaminación microbiológica en frutas y hortalizas, entre los que se encuentran:

- Tratamientos pasivos (envejecimiento de estiércoles, influencia del clima, etc.)
- Tratamientos activos como la pasteurización, el secado por calor, digestión anaeróbica y aeróbica, estabilización alcalina o una combinación de estas

También deben adoptarse prácticas de manejo en el establecimiento que mantengan alejadas las fuentes de infección de las zonas de producción:

- Los lugares de almacenamiento y tratamiento de estiércol deberán ubicarse tan lejos como sea posible de las áreas de producción y manejo del producto fresco
- Deben considerarse barreras o contenedores físicos para asegurar que en las áreas de almacenamiento o tratamiento de estiércoles no haya escapes y fugas por agua o viento que ocasionen contaminación
- Deben evitarse los escurrimientos provenientes de las áreas de almacenamiento o tratamiento del estiércol, que puedan contaminar el producto;
- Deben considerarse prácticas que minimicen el potencial de contaminación del estiércol tratado por aves o roedores

El uso de estiércoles no tratados en los campos de cultivo tiene mayor riesgo de contaminar que el uso de estiércoles tratados. Los productores que utilicen estiércoles no tratados deberán tener presentes los siguientes consejos de manejo:

- Considerar la incorporación de estiércol al suelo antes de la época de siembra
- No es recomendada la aplicación de estiércoles no tratados a los campos de cultivo durante la temporada de siembra y cultivo
- Maximizar el tiempo entre la aplicación del estiércol y la cosecha
- Donde no sea posible maximizar el tiempo entre aplicación y la cosecha (como en los cultivos de frutas y hortalizas que son cosechados durante todo el año), el estiércol sin procesar no se debe utilizar.

Además, pueden seguir las siguientes recomendaciones para el manejo y aplicación del estiércol tratado:

- Deberá tenerse cuidado de evitar la contaminación de frutas y hortalizas frescas con estiércol en proceso de compostado o que reciba otro tratamiento;
- Los productores que compren estiércol deberán obtener una hoja de especificaciones de su proveedor acerca del método de tratamiento que éste utilizó para el estiércol de cada envío

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, a través de la Resolución 71199 – 12/02/99 establece la Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para la Producción Primaria (cultivo-cosecha), Empacado, Almacenamiento y Transporte de Hortalizas Frescas que en su sección 1,3.5. Abonos, especifica:

- Los abonos orgánicos, incluyendo los originados a partir de lodos orgánicos y los residuos orgánicos urbanos, deben someterse a tratamientos (compostado u otros) para eliminar los agentes patógenos antes de ser incorporados al suelo. En caso contrario se podría contaminar el producto o bien el medio que lo rodea
- Aplicar los abonos con suficiente antelación al momento de cosecha, respetando los períodos de carencia, para evitar cualquier posibilidad de contaminación del producto
- Se prohíbe la utilización de lodos cloacales y residuos urbanos orgánicos como enmiendas (corrector de suelos) que no hayan sido compostados previamente de acuerdo a las normas vigentes (Las normas Eurep Gap ya prohíben el uso de lodos cloacales tratados y sin tratar). - Tener en cuenta que la restricción de uso de estas enmiendas orgánicas determina que no se aplicarán durante el ciclo del cultivo hortícola.
- En el caso de aquellos cultivos en los que la parte comestible está en contacto con el suelo deben ser aplicados con una anticipación de SEIS (6) meses a la cosecha

d) **Contaminación de acuíferos:** el agua es un recurso natural de gravitante importancia no sólo desde el punto de vista del aspecto productivo, sino, fundamentalmente, como recurso natural susceptible de no ser renovado y vital para todos los seres vivos. Por ello cualquier elemento productivo que afecte el agua potable, superficial (arroyos, ríos, lagos) o subsuperficial (napas) debe ser considerado de modo especialmente crítico.

Todos los suelos realizan aportes de nutrientes a las napas y cursos de agua, principalmente bajo altos regímenes de precipitaciones. La magnitud de dichos aportes puede incrementarse considerablemente, a través de la fertilización no controlada.

Uno de los ejemplos más generalizados de ello, es la fertilización nitrogenada. La existencia de N en forma de NO_3^- genera las condiciones ideales, junto con el riego o las precipitaciones elevadas, para que el mismo se lixivie, en primer lugar, hacia las napas subterráneas y en un segundo paso, hacia los cursos de agua de la región.

Está demostrado que la producción agrícola participa activamente de la contaminación nitrogenada de napas y la *eutrofización* de aguas superficiales (Adiscott, 1995). Cuando se efectúan sobrefertilizaciones nitrogenadas, el N no aprovechado por el cultivo se acumula en el perfil y queda disponible para ser transportado por el agua percolante, de esta manera, se acumula en forma de NO_3^- en las napas. Una vez allí, los mismos pueden ser arrastrados hacia cursos de agua y eventualmente acumularse en lagos y lagunas donde generan un crecimiento descontrolado de la población de algas, consumiendo el oxígeno del agua y limitando las posibilidades de desarrollo de otras formas de vida, ocasionando, por ejemplo, mortandad de peces.

Otro destino probable del acuífero es el consumo del agua por parte de animales o incluso el hombre. Una acumulación de NO_3^- mayor a de 45mg/L hace que el agua deje de ser apta para consumo humano, pudiendo provocar la patología conocida como metahemoglobinemia. La misma produce acumulación de metahemoglobina en la sangre reduciendo la capacidad de transportar el oxígeno a todo el organismo. En poblaciones sanas, el nivel de metahemoglobina en sangre no supera el 2%. Se han registrado casos de niños con niveles de entre 5 y 50 % a partir de ser alimentados con leche en polvo con agua con niveles de 75 mg/L. Los valores cercanos al 50% de metahemoglobina en sangre causan la muerte

de los individuos. Esta afección se denomina “síndrome del niño azul” por el color característico que toman los labios y las mucosas de los más pequeños.

Los problemas asociados a la contaminación con NO_3^- de un acuífero, están referidos a la vulnerabilidad específica del mismo, es decir, la probabilidad que tiene un acuífero de ser contaminado por las prácticas humanas. Este concepto tiene en cuenta no solo las propiedades del medio (tipo de acuífero y cobertura, permeabilidad, profundidad, recarga, etc.) sino también los riesgos potenciales a los que está expuesto por las actividades que se desarrollan en la región y los posibles agentes contaminantes.

Un ejemplo de lo anterior se esquematiza en la Figura 2 en donde el bombeo genera una caída del potencial en el acuífero confinado permitiendo la recarga a través del acuífero libre en zonas con riesgo de contaminación.

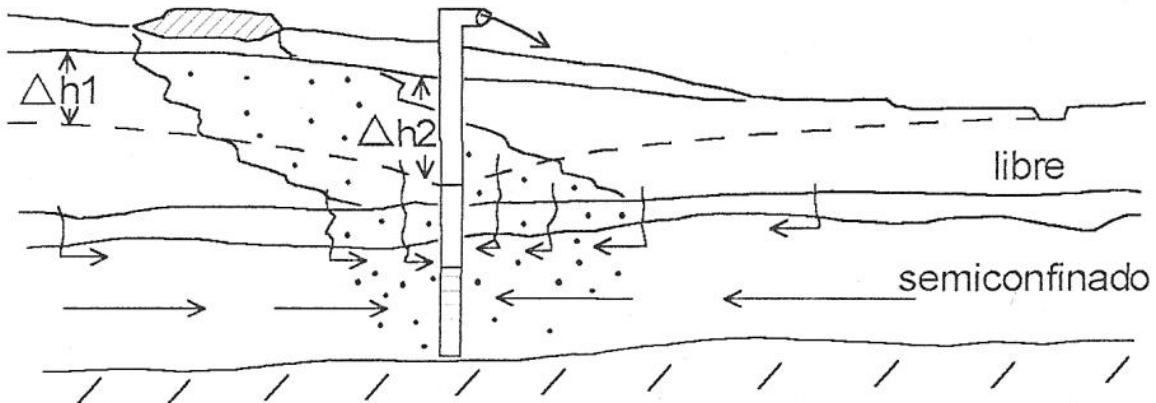


Figura 2. Contaminación por bombeo de un acuífero semiconfinado.
Fuente: AUGE M. Vulnerabilidad de Acuíferos Conceptos y Métodos. 2003.

En el Pdo. de La Plata, es importante mencionar que si bien en el éjido urbano alberga 210.000 habitantes, la cifra llega a unos 600.000 si se consideran las localidades de Tolosa, Ringuet, Gonnet, City Bell, Villa Elisa y las ciudades de Berisso y Ensenada. En las zonas periféricas, existe un cinturón verde que produce hortalizas y flores. Ha sido comprobado por investigadores de la UNLP la existencia de elevado contenido de NO_3^- en los acuíferos. A consecuencia de ello, encuestas realizadas en el Hospital de Niños Sor María Ludovica revelan casos de metahemoglobinemia en niños menores de 2 años, la franja etaria de mayor susceptibilidad a la problemática.

En la Figura 3 puede verse el monitoreo de acuíferos dentro del éjido de La Plata y zonas aledañas.

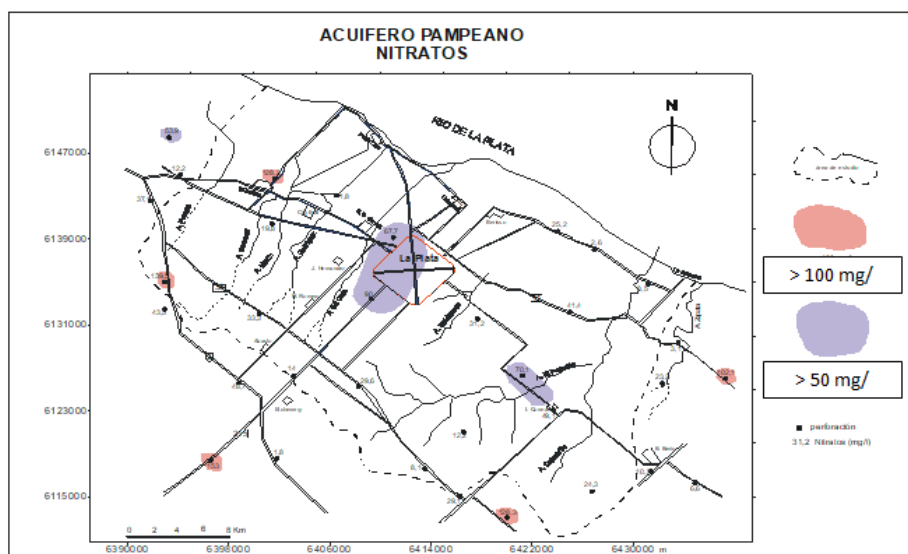


Figura 3. Contenido de N-NO₃- en la ciudad de La Plata y áreas circundantes en el acuífero pampeano (Auge et al., 2004)

En la Figura 4 se muestra la evolución del contenido de NO_3^- de los acuíferos, en posiciones geográficas circundantes a la ciudad de Balcarce.

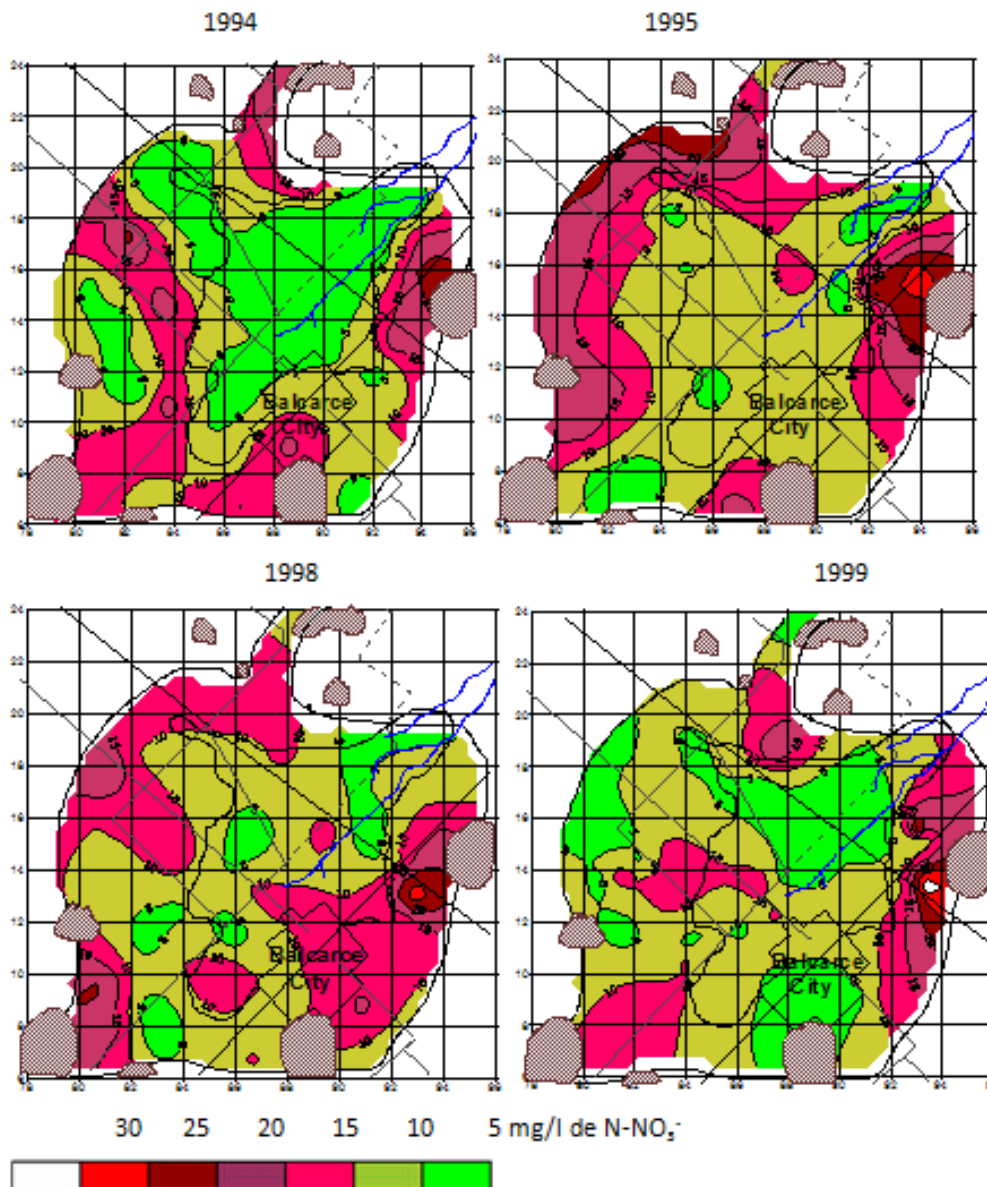


Figura 4. Contenido de NO_3^- en acuíferos de la cuenca del Arroyo Pantanoso en las inmediaciones de Balcarce para 4 campañas agrícolas. Extraído de Costa et al. (2002).

Puede verse en ambos casos que el contenido de NO_3^- puede llegar a valores de peligrosidad para el consumo humano, a la vez que puede variar de campaña en campaña en respuesta a los niveles de fertilización.

En la Tabla 4 puede verse el contenido de N-NO_3^- recogido en la solución de drenaje en suelos de 2 localidades bonaerenses.

Tabla 4. N-NO_3^- recogida en la solución de drenaje en suelos de 2 localidades bonaerenses (Andriulo et al., 2004).

Localidad	Maíz	Barbecho	Soja	Barbecho
Pergamino	91	37	32	44
Junín	21	13	4	10

Estos datos muestran que el cultivo de maíz y su barbecho posterior, arrojan valores más altos de N-NO_3^- debido a la mayor fertilización del cultivo.

En la Tabla 5 se ilustra un caso semejante para 3 dosis de fertilización.

Tabla 5. N lixiviado en 2 localidades con 3 niveles de fertilización nitrogenada (Costa et al., 2003).

Localidad	Dosis de N (kg/ha)		
	0	100	200
Balcarce	23	38	59
Tres Arroyos	13	32	39

En la Tabla 6 se ilustran las propiedades de los sistemas productivos que modifican la susceptibilidad a la contaminación de los acuíferos.

Tabla 6. Niveles de riesgo de contaminación de acuíferos según algunas características de los sistemas.

	Riesgo		
	<i>bajo</i>	<i>medio</i>	<i>alto</i>
<i>Retención de agua (m³/ha)</i>	>500	250-500	< 250
<i>Prof. efectiva (cm)</i>	> 100	50-100	< 50
<i>Prof. nivel freático (cm)</i>	> 90	45-90	< 45
<i>Conductividad hidráulica (cm/h)</i>	< 5	5-15	> 15
<i>Materia orgánica (%)</i>	<2	2-4	> 4
<i>Pp-ETP invierno (mm)</i>	< 150	150-300	> 300
<i>Inundación</i>	no	ocasional	frecuente
<i>Pendiente (%)</i>	< 8	8-15	> 15
<i>Elementos gruesos (%)</i>	< 15	15-35	> 35
<i>Factor de erosión</i>	< 3	3-7	> 7
<i>RAS</i>	-	-	> 12
<i>CE (dS/m)</i>	< 4	4-8	> 8

e) **Pesticidas:** muchos pesticidas utilizados en la producción agropecuaria son potenciales contaminantes del suelo. A título de ejemplo se citarán en la Tabla 7 los tiempos de persistencia de algunos pesticidas (herbicidas, insecticidas, nematocidas, fungicidas, etc.) de uso habitual.

Tabla 7. Tiempos de persistencia en el suelo de distintos pesticidas.

1 mes o menos	1 – 3 meses	3 – 12 meses	Más de 1 año	indefinida
Acroleína	Butilato	Alacor	Borato	arzenicales
Carbarilo	Clorprofam	Atracina	Dieldrin	
Dalapón	EPTC	DCPA	DDT	
2,4 D	PCP	Diurón	Terbacil	
Dinoseb	2,4,5 T	Dicamba	Clorodana	
Glifosato	cicloato	Linurón	triazina	
Malatión		Metribuzim		
Metil bromuro		Simazina		
Propanilo		Trifluralin		
Diazinón		bromoxinilo		
Carbamato				

Los agroquímicos en general pueden sufrir los siguientes procesos:

- Absorción por plantas
- Adsorción en el suelo
- Volatilización
- Lavado
- Degradación (no biológica o biodegradación)

Algunos factores que hacen al riesgo de contaminación por el empleo de pesticidas son los siguientes:

- Toxicidad: a mayor toxicidad del principio activo, mayor será el riesgo.
- Modo, dosis y frecuencia de aplicación: las aplicaciones al suelo tiene mayor riesgo que las foliares. Cuanto mayor la dosis y la frecuencia de aplicación, mayor el riesgo. Un ejemplo de esto es la atrazina, que si bien tiene bajo poder de contaminación, su uso frecuente en dosis elevadas ha traído serios problemas de contaminación de acuíferos en EEUU
- Polaridad: los distintos pesticidas tienen diferente capacidad de adsorberse al complejo coloidal debido a su polaridad, por ejemplo como en el caso del Paraquat. La adsorción es un mecanismo de inactivación, a veces temporal, de los compuestos tóxicos asociados
- Solubilidad: cuanto más solubles sean mayor será la probabilidad de moverse a los acuíferos multiplicando el daño
- Volatilidad: cuanto mayor la presión de vapor de los pesticidas, mas baja será la persistencia en el suelo y su riesgo contaminante
- Resistencia a la degradación física: diversos factores físicos, como la radiación UV o la temperatura, pueden participar en la descomposición de los pesticidas, y por consiguiente el peligro de contaminación será menor
- Resistencia a la biodegradación: algunos pesticidas pueden ser descompuestos por la microflora. Otros en cambio son resistentes a estos procesos, tal el caso de los clorados, por lo que constituyen mayor riesgo de contaminación.

RELLENOS SANITARIOS

La disposición de residuos urbanos ha sido siempre un problema para los ámbitos poblados, particularmente, relacionados con grandes conglomerados. En muchos casos esto se hace en basurales a cielo abierto o a través de la quema de los residuos. Los basurales a cielo abierto son un foco de roedores, emanación de gases y condiciones de patogenicidad para las poblaciones circundantes y particularmente, las personas que realizan el “cirujeo” de los residuos. En mayo de 2001, Argentina firmó junto a otros 90 países el Convenio de Estocolmo, un acuerdo internacional para eliminar del planeta las cancerígenas dioxinas, compuestos muy tóxicos que son especialmente emitidos por los incineradores de residuos. La Ley de Basura cero (Ley 1854) de la Ciudad de Buenos Aires sancionada en Noviembre de 2005 por la Legislatura Porteña, prohíbe la incineración de residuos sólidos urbanos de la ciudad dentro de su jurisdicción o fuera de ella.

Los métodos de disposición de residuos urbanos pueden ser de diferente naturaleza. Se denomina “land farming” a la disposición de residuos orgánicos en cantidades controladas, con posterior laboreo para promover procesos oxidativos. Las cantidades aportadas al principio deben ser bajas para que la microflora vaya adaptándose y no debe superar, finalmente, una carga máxima admisible que se establece para cada tipo de residuo y suelo receptor.

Cuando estos buscan reducir los riesgos de contaminación se denominan “rellenos sanitarios”. Un sistema posible consiste en deponerlos en capas de poco espesor, compactarlos y recubrirlos con tierra u otros materiales.

Estos sistemas pueden acarrear no sólo la contaminación del suelo subyacente, la emanación de gases como el metano, y también la contaminación de los acuíferos a los cuales pueden llegar elementos móviles considerados contaminantes, a la vez que promover la difusión de patógenos. Una forma de prevenir este último problema es la pasterización. Sin embargo, es común que las cantidades diarias de residuos a deponer, dificulte esta operación.

Existen algunas medidas preventivas de la contaminación por rellenos. Lo que primero debe considerarse es la elección del sitio para la deposición. Esto requiere una caracterización hidrológica del lugar y de los suelos, a los fines de valorar los riesgos de lixiviación hacia los acuíferos, la distancia a los sitios de captación y destino de la misma. Esta información permite la confección de mapas orientativos para la deposición. Paralelamente debe caracterizarse el tipo de residuo que se dispondrá. Ambas informaciones brindan elementos de juicio para la toma de decisión y la evaluación del impacto ambiental que ocasionará.

El fraccionamiento de la basura domiciliaria no sólo permite recuperar material potencialmente reciclable (vidrio, papel, metales, etc) sino que habilita a la separación de elementos riesgosos para estabilizarlos o disponerlos en otros sitios. Esta separación puede hacerse en origen o destino. La que se efectúa en origen (recolección selectiva) es la más conveniente y menos costosa.

Existen actualmente en Argentina varias legislaciones, nacionales y provinciales que regulan los rellenos. En la Pcia. de Buenos Aires se trata de la ley 12.856 que establece estrictamente las condiciones para los mismos.

Un tipo de relleno sanitario más controlado es depositar en el terreno los residuos por sobre una cubierta constituida por una membrana inferior, con un sistema de recolección de líquidos lixiviados, un sistema de recolección de gases, y ocasionalmente, una cobertura. No necesariamente todos estos elementos están presentes en todos los rellenos sanitarios. La membrana inferior generalmente está constituida por polietileno de alta densidad (PEAD), y puede también contener una o más capas de arcilla. El sistema de colección de líquidos consiste en caños emplazados en el fondo del relleno. El líquido ingresa dentro de estos caños, y debido a la inclinación del terreno, por gravedad son dirigidos hacia la planta de tratamiento de líquidos, cuando existe. El cubrimiento es una capa de protección que procura frenar la entrada de agua, y así evitar la formación de más lixiviado. Está formada generalmente por una membrana plástica o una capa arcillosa, cubierta por una capa de arena o suelo muy permeable, tapada a su vez por una capa de tierra fértil.

La Figura 5 a continuación explica los distintos componentes de un relleno sanitario y cómo pueden fallar:

Cómo contamina un relleno sanitario [Existen elementos críticos para la seguridad de un relleno: la cobertura superior, la base y el sistema recolector de lixiviados.]

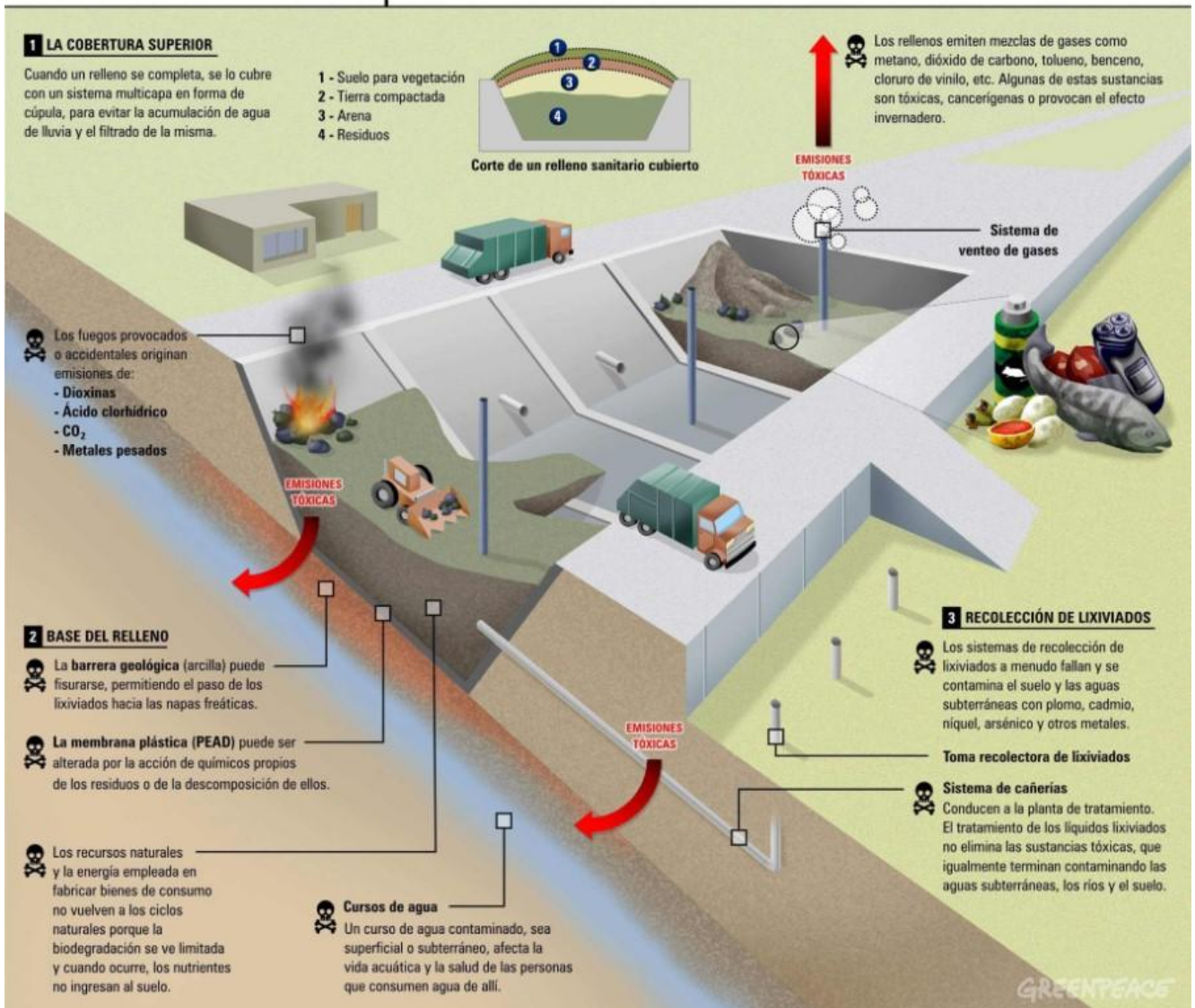


Figura 5. Detalle de un relleno sanitario y posibilidades de fallas en el diseño.

En el capítulo de abonos orgánicos podrá ver una ampliación de este tema

ALGUNOS TÉRMINOS Y CONCEPTOS RELACIONADOS CON LA CONTAMINACIÓN

Resiliencia: capacidad de un suelo para resistir cambios adversos bajo un conjunto de condiciones ecológicas y de uso del terreno y volver a su equilibrio dinámico inicial después de la alteración.

Esta propiedad depende de una serie de características de los suelos en relación a los eventuales mecanismos de inactivación de los elementos tóxicos, como ser la capacidad de producir reacciones de:

- Regulación ácido-base
- Precipitación-disolución
- Adsorción-desorción
- Complejación (MO, minerales arcillas, óxidos, carbonatos)

Fondo geoquímico: concentración de un elemento en un determinado medio en ausencia de cualquier aporte externo específico derivado de la actividad humana

Especiación: forma química de los iones libres o complejos solubles que determina los modos de acción entre aniones y cationes en solución, y los modos de acción y localización en la matriz. Un mismo elemento químico puede estar formando diferentes especies, pudiendo sólo una o algunas de ellas ser tóxicas. Un caso típico es el del Cr, por ejemplo como residuo de las curtiembres, siendo tóxicas sus formas de Cr(III) y Cr(VI). Es necesario, por lo tanto, comprobar si la especie del contaminante presente posee toxicidad.

Carga crítica: cantidad máxima de contaminante que puede recibir un suelo antes de presentar efectos desfavorables

Valores guía: pueden clasificarse en

- VALOR NORMAL: fondo geoquímico
- VALOR DE ALERTA: se acerca a niveles peligrosos
- VALOR DE ACCIÓN: se requiere acción de remediación

Para que una *concentración* de un contaminante pueda considerarse *aceptable*, se deben analizar los siguientes factores:

- biodisponibilidad del contaminante
- toxicidad
- vías para llegar al receptor
- impactos potenciales sobre la salud y el medio

Se consideran receptores

- Personas (niños, adultos, ancianos)
- Ecosistemas
- Recursos hídricos (superficiales, subterráneos)
- Agroecosistemas
- Construcciones

Remediación: bajo esta denominación se incluyen todos aquellos tratamientos tendientes a disminuir o eliminar las contaminaciones.

Límites de detección: menor cantidad que puede ser evaluado. Puede ser

- del método: es la menor concentración que puede ser medida en una matriz dada, desde un punto de vista estadístico y para un nivel de significación determinado
- real: la concentración a partir de la cual puede decirse con seguridad que se ha detectado o no un analito

Cuando se trata de límites de detección por la metodología utilizada para la evaluación o el instrumental, deben agotarse las posibilidades de metodologías alternativas.

En la Figura 6 puede verse un esquema donde se ilustra este concepto.

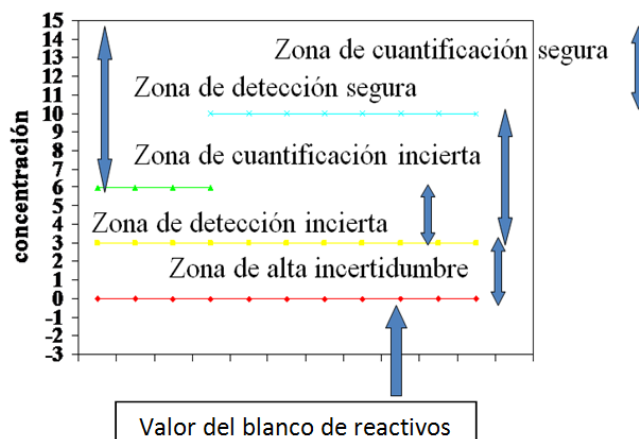


Figura 6. Diferentes concentraciones para la detección y cuantificación de contaminates.

Como se aprecia en la Figura 6, dado un contaminante y un protocolo analítico, para la cuantificación segura, la concentración debe ser tal que supere al valor del blanco de los reactivos (posible contenido del contaminante en los reactivos usados), y el método sea lo suficientemente sensible como para detectar en forma cierta la concentración real.

MEDIDAS DE REMEDIACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS

Cuando un suelo se halla contaminado, existen 3 modalidades básicas para la aplicación de prácticas: in situ (con o sin excavación del terreno) y ex situ. En el primer caso, in situ, la descontaminación se aplica en el mismo lugar donde ocurrió la contaminación. Esto puede hacerse sobre el suelo en su conjunto o confinando la parte afectada. El sistema ex situ consiste en sacar el suelo contaminado, trasladarlo a otro sitio donde se procede a la descontaminación y luego realizar su reposición al sitio original. En cualquier caso, los métodos de descontaminación pueden ser:

- físico-químicos
- químicos
- físicos
- biorremediación

Dentro de los métodos físico-químicos puede citarse la descontaminación por la acción de un fluido por arrastre (a presión normal o forzado) o arrastre y lavado. El fluido puede incluso ser aire o agua. A posteriori se trata el efluente. Para ser efectivo necesita que el contaminante sea soluble y la adsorción del suelo baja. Se utiliza para moléculas orgánicas de bajo peso molecular y alta volatilidad (xileno, benceno, tolueno, tetracloruro de carbono, etc.), o sustancias inorgánicas como metales pesados. El fluido puede contener quelantes, productos tensioactivos, bases, etc, para mejorar el arrastre.

El método químico consiste en aplicar al suelo sustancias que a través de reacciones químicas transformen a los contaminantes en sustancias no perjudiciales.

Los principales procesos utilizados son:

- Modificación del pH
- Regulación del nivel redox
- Agregado o promoción del aumento de la materia orgánica
- Promoción de la volatilización

A título de ejemplo puede verse en la Figura 7 como la modificación del pH es capaz de modificar la adsorción de metales pesados sobre óxidos de Fe.

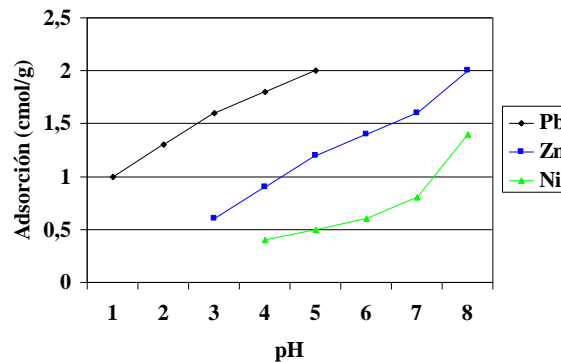
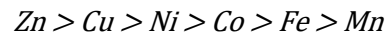


Figura 7. Influencia del pH del suelo sobre la capacidad de adsorción de metales pesados sobre óxidos de Fe.

Un caso semejante acontece con el Pb, cuyas formas solubles aparecen a bajo o muy alto pH.

La condición redox puede modificarse a través del agregado de O₂ o agua oxigenada. Se usa para aldehídos, ácidos orgánicos, fenoles, cianuros y plaguicidas órgano-clorados.

La materia orgánica es capaz de quelatar a los metales pesados en el siguiente orden:



Es por ello que la promoción del aumento de la materia orgánica nativa como el agregado de sustancias orgánicas, pueden ser herramientas para el tratamiento de la contaminación con ciertos elementos.

Dentro de los métodos físicos, puede citarse la descontaminación electroquímica que aprovecha la migración de ciertos contaminantes en campos eléctricos, para concentrarlos y deponerlos. Se utiliza por ejemplo en metales pesados.

Otro método físico es el de naturaleza térmica, llevando la masa contaminada a temperaturas cercanas a los 1.000°C, lo que provoca su descomposición y/o volatilización del contaminante. Se utiliza en hidrocarburos, clorofenoles, aceites, etc.

La biorremediación utiliza la capacidad de ciertos organismos o sus excretas para degradar sustancias contaminantes, o bien absorberlas y diluirlas en su biomasa. Esta puede ser de alguno de los siguientes tipos:

- Degradación enzimática: consiste en el empleo de enzimas en el sitio contaminado con el fin de degradar las sustancias nocivas. Estas enzimas se obtienen en cantidades industriales por bacterias que las producen naturalmente, o por bacterias modificadas genéticamente que son comercializadas por las empresas biotecnológicas. Por ejemplo, existe un amplio número de industrias de procesamiento de alimentos que producen residuos que necesariamente deben ser posteriormente tratados. Un ejemplo lo constituyen las enzimas lipasas (que degradan lípidos) que se usan junto a cultivos bacterianos para eliminar los depósitos de grasa procedentes de las paredes de las tuberías que transportan los efluentes.
- Biorremediación microbiana: se seleccionan cepas de hongos, bacterias y algas con este propósito, a veces de a través de la ingeniería genética.
- Fitorremediación: es un caso particular de la biorremediación utilizando plantas capaces de vivir en ambientes contaminados y absorber el contaminante en grandes cantidades ("hiperacumuladoras"). Se prefieren especies de profusos sistemas radicales y por supuesto, no pueden ser utilizadas para consumo humano o animal. Se suelen utilizar para metales pesados. La extracción queda limitada a la profundidad radical. En muchos casos en la actualidad se utiliza también la ingeniería genética.

Un detalle de los posibles procesos involucrados en la fitorremediación se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8. Procesos involucrados en la fitoremediación.

Tipo	Proceso Involucrado	Contaminación Tratada
<i>Fitoextracción</i>	Las plantas se usan para concentrar metales en las partes cosechables (hojas y raíces)	cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc
<i>Rizofiltración</i>	Las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos	cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo selenio, selenio, zinc, isótopos radioactivos, compuestos fenólicos
<i>Fitoestabilización</i>	Las plantas tolerantes a metales se usan para reducir la movilidad de los mismos evitar el pasaje a napas subterráneas o al aire	Lagunas de desecho de yacimientos mineros. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados
<i>Fitoestimulación</i>	Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos)	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina
<i>Fitovolatilización</i>	Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera con la transpiración	mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano)
<i>Fitodegradación</i>	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos	Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenzono, nitrotolueno), atrazina solventes clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, etc.

En la Tabla 9 se presentan algunas especies capaces de acumular metales.

Tabla 9. Especies acumuladoras de metales pesados, concentración de acumulación y producción anual de biomasa.

Elemento	Especie	Concentración (mg kg ⁻¹ , peso seco)	Biomasa (t ha ⁻¹ año ⁻¹)
Cadmio	<i>Thalaspia caerelescens</i>	3000 (1)	4
Cobalto	<i>Haumaniastrum robertii</i>	10200 (1)	4
Cobre	<i>H. katangense</i>	8356 (1)	5
Plomo	<i>T. rotundifolium</i>	8200 (5)	4
Manganeso	<i>Macadamia neurophylla</i>	55000 (400)	30
Níquel	<i>Alyssum bertolonii</i>	13400 (2)	9
	<i>Berkheya codii</i>	17000 (2)	18
Selenio	<i>Asragalus pattersoni</i>	6000 (1)	5
Talio	<i>Iberis intermedia</i>	3070 (1)	8
Zinc	<i>T. calaminare</i>	10000 (100)	4

CUESTIONARIO

1. ¿Qué se entiende por contaminación y qué por tierra contaminada?
2. Defina: resiliencia, remediación, fitorremediación, límite de detección, fondo geoquímico, niveles guía.
3. ¿De qué depende el riesgo de contaminación en términos generales?
4. ¿Cuál es el origen de los contaminantes?
5. ¿Cuáles son los contaminantes más frecuentes en el ámbito agropecuario?
6. ¿Cuáles son los riesgos ambientales en el engorde de ganado a corral?
7. ¿Cuáles son los recaudos a tomar para la elección de la instalación de un feed-lot?
8. ¿Cuáles son los riesgos asociados a las producciones agrícolas intensivas?
9. ¿Qué riesgo conlleva el empleo de altas y frecuentes dosis de fertilizantes fosforados?
10. ¿Idem para los nitrogenados?
11. ¿Qué riesgos están asociados al empleo de abonos orgánicos sin compostaje?
12. ¿Qué riesgos de contaminación acarrea el empleo de pesticidas y cuáles son las variables que hacen a ese riesgo?
13. ¿Cuáles son los riesgos ambientales de la disposición de residuos urbanos en los suelos y acuíferos relacionados?
14. ¿Qué recaudos debieran tenerse en cuenta para esta disposición en un relleno sanitario?
15. ¿Qué métodos de remediación conoce? Dé ejemplos.
16. ¿Qué entiende por fitorremediación y cuáles son los posibles mecanismos de acción de las plantas?
17. Mencione especies vegetales utilizadas como hiperacumuladoras de elementos tóxicos y mencione para qué elemento se emplean.

BIBLIOGRAFÍA

- Andriulo A., Galetto M.L., Sasal C., Abrego F., Bueno M., Rimatori F., de la Cruz M., Venencio M., Giacosa R. 2013. Nitratos en el agua subterránea del partido de Pergamino. Efecto a largo plazo de la agricultura continua extensiva y a corto plazo de la producción intensiva de granos. http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/84-nitratos_agua_subterranea.pdf
- Auge M., Hirata R., López Vera F. 2004. Vulnerabilidad a la contaminación por nitratos del acuífero Puelche en La Plata. CEAL. 187 p. <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/Nitratos.pdf>
- Costa J., Massone P., Suero E., Vidal M., Bedmar F. 2002. Nitrate contamination of a rural aquifer and accumulation in the unsaturated zone. *Agricultural Water Management* 57: 33-47.
- García I. 2013. Contaminación del Suelo e Impacto Ambiental. <http://edafologia.ugr.es/conta/tema11/proces.htm>
- García I. y Dorronsoro C. 2003. Contaminación de suelos. <http://edafología.ugr.es/conta/tema00/progr.htm>.
- Instituto de Geomorfología y Suelos. 2006. Análisis ambiental del Pdo. De La Plata. Aportes al Ordenamiento Territorial. CFI, Municipalidad de La Plata. 123 p.
- Juan L. 2008. Recuperación de suelos degradados de pequeños productores del cinturón flori-hortícola del Gran La Plata. Valoración de problema y estrategias correctivas. Cap. Problemática ambiental de la fertilización. 90 p. Ed. Terminiello/Vázquez, FCAYF/UNLP. La Plata, Argentina.
- Juárez Sanz M., Sánchez Andreu J., Sánchez Sánchez A. 2006. Química del suelo y medio ambiente. Publicaciones de la Universidad de Alicante. 744 p.
- López Santiago F, Ayala Carcedo F. 1995. Contaminación y depuración de suelos. Instituto Tecnológico geominero de España. 330 p.
- Nico A. 2003. Contaminación de suelos. Guía de TP de Manejo y Conservación de Suelos. FCAYF/UNLP
- Seoanes Calvo M. 1999. Contaminación del suelo: estudio, tratamiento y gestión. Ed. Mundi Prensa. España. 352 p.
- Volke Sepúlveda A., Velasco Trejo J., de la Rosa Pérez DS. 2005. Suelos contaminados por metales y metaloides: muestreo y alternativas para su remediación. Cap. 4 Tecnologías de remediación para suelos contaminados por EPT. Instituto Nacional de Ecología. 144 p. México. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/459/cap4.html>