

Exposición a contaminantes ambientales

¿Cómo identificar y evaluar los riesgos para la salud?



Exposición a contaminantes ambientales

¿Cómo identificar y evaluar los riesgos para la salud?



ISBN

Diseño de tapa e interiores

Transcpro
transcpro@gmail.com

Córdoba, Argentina, 2019

Reservados todos los derechos.

Queda rigurosamente prohibida, sin la autorización escrita de los titulares del copyright,
la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento.

Impreso en Argentina.

Grupo de Investigaciones en Genética y Mutagénesis Ambiental (GeMA)
Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto.

Delia Aiassa

Docente/investigadora del Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). Licenciada y Doctora en Ciencias Biológicas con línea de investigación en el área de la Genética Toxicológica, específicamente en los efectos de contaminantes ambientales sobre la salud humana, animales silvestres y de experimentación.

Daniela Molinero

Becaria doctoral. ICBIA - CONICET-. Licenciada en Ciencias Biológicas con línea de investigación en los efectos de plaguicidas sobre el desarrollo embrionario en modelo mamífero (ratas).

Felicitas Durany

Adscripta en investigación-. Médica desarrollando estudios en cáncer y factores de riesgo asociados a la mortalidad, en una zona rural de la Provincia de Córdoba.

María Cristina Varea

Adscripta en investigación-. Bioquímica. Especialista en Toxicología y Bioquímica Legal desarrollando estudios sobre los efectos citotóxicos y genotóxicos de plaguicidas en poblaciones humanas expuestas ambientalmente

Grupo de Investigaciones Herpetológicas de Río Cuarto (GIHRC)

Universidad Nacional de Río Cuarto.

Nancy Salas

Docente/investigadora del Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). Licenciada y Doctora en Ciencias Biológicas con línea de investigación en el área de la Ecología, Ecotoxicología y Etología de anfibios anuros, del área central de Argentina.

Clarisa Bionda

Docente/investigadora del Departamento de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC). Investigadora Asistente. ICBIA - CONICET-. Licenciada y Doctora en Ciencias Biológicas con desarrollo en la ecología y conservación de los anfibios anuros del centro de la provincia de Córdoba, en particular, en poblaciones relacionadas a los agroecosistemas.

María Celeste Salinero

Becaria doctoral. ICBIA - CONICET-. Licenciada y Magister en Ciencias Biológicas con línea de investigación en rasgos de historia de vida de los anfibios anuros en cuerpos de agua asociados a agroecosistemas.

María Selene Babini

Becaria posdoctoral. ICBIA - CONICET-. Licenciada y Doctora en Ciencias Biológicas con línea de investigación en el biomonitoreo del sistema hortícola periurbano mediante la evaluación ecotoxicológica de los anfibios anuros.

Zulma Salinas

Becaria posdoctoral. ICBIA - CONICET-. Licenciada y Doctora en Ciencias Biológicas con línea de investigación En el estudio del efecto del tipo de manejo agrícola mediante el uso de la ecotoxicología sobre anfibios anuros del sureste de la provincia de Córdoba.

PRÓLOGO	8
----------------	---

ESCENARIO AMBIENTAL

a) Agua-aire-suelo. *María Celeste Salinero, María Cristina Varea y Daniela Molinero.*

a1. Agua	14
a11. La contaminación en los ambientes acuáticos	14
a12. La calidad del agua potable	17
a13. Los principales contaminantes del agua de consumo o potable	19
Plaguicidas	19
Nitratos	19
Arsénico	20
a2. Aire	22
a21. Los contaminantes atmosféricos	22
a22. El material particulado	22
a23. Las plantas acopiadoras de cereales y el material particulado	24
a3. Suelo	25

b) Indicadores biológicos de salud ambiental. *Clarisa Bionda, Selene Babini, Zulma Salinas y Nancy Salas.*

b1. Los organismos como bioindicadores de ambientes acuáticos y terrestres	28
b2. En ambientes contaminados, ¿cuándo es necesaria la acción con indicadores biológicos y qué acciones se requieren?	29
b3. Los anfibios como indicadores ambientales	30
b31. ¿Cómo es la piel?	31
b32. ¿Hay otras vías de exposición?	32
b4. La calidad toxicológica y los organismos	32
b5. La respuesta biológica manifestada a nivel del organismo	33
b51. Posibles causas a las anormalidades registradas en anfibios alrededor del mundo	35
b6. Biomarcadores genotóxicos utilizados en la biota	36
b61. Genotoxicidad	38
b7. El ambiente de Córdoba a través de bioindicadores	40
b71. Morfometría	41
b72. Anormalidades del desarrollo	41
b73. Biomarcadores de comportamiento trófico	42

ESCENARIO HUMANO

a) Salud humana y ambiente. *Felicitas Durany y Delia Aiassa.*

a1. El organismo humano y las vías de exposición a tóxicos	44
a2. Biomarcadores genotóxicos utilizados en humanos	48

b) Biomonitorio genotóxico de poblaciones humanas residentes en Córdoba. Propuesta de vigilancia del estado de salud de personas expuestas a mezclas de sustancias químicas. *Delia Aiassa.*

54

Prólogo

*Padre, decidme qué
le han hecho al río que ya no canta.
Resbala como un barbo
muerto bajo un palmo de espuma blanca.
Padre, que el río ya no es el río.
Padre, antes de que llegue el verano
esconded todo lo que esté vivo.
Padre, decidme qué
le han hecho al bosque que ya no hay árboles.
En invierno no tendremos fuego
ni en verano sitio donde resguardarnos.
Padre, que el bosque ya no es el bosque.
Padre, antes de que oscurezca
llenad de vida la despensa.
Sin leña y sin peces, padre,
tendremos que quemar la barca,
labrar el trigo
entre las ruinas, padre,
y cerrar con tres cerrojos la casa
...y decía usted...
Padre, si no hay pinos
no habrá piñones, ni gusanos, ni pájaros.
Padre, donde no hay flores
no se dan las abejas, ni la cera, ni la miel.
Padre, que el campo ya no es el campo.
Padre, mañana del cielo lloverá sangre.
El viento lo canta llorando.
Padre, ya están aquí...
Monstruos de carne con gusanos de hierro.
Padre, no, no tengáis miedo,
y decid que no, que yo os espero.
Padre, que están matando la tierra.
Padre, dejad de llorar
que nos han declarado la guerra.
Sin leña y sin peces...*

<https://lyricstranslate.com/es/pare-padre.html>

JOAN MANUEL SERRAT

Contaminación ambiental y salud

Delia Aiassa

Más del 90% de la historia de nuestra especie (*Homo sapiens*) fue vivida en un ambiente casi libre de contaminación según la historia ambiental, o eco-historia relatada por Morales y colaboradores en 2017. En la segunda mitad del siglo XVIII comenzó un proceso de transformación económica, social y tecnológica, conocido como la Revolución Industrial, y que, concluyendo en el año 1840, influyó sobre el estilo de vida, la alimentación y sobre la salud de nuestra especie. Es a partir de esa época que se comienza a reconocer el origen ambiental de ciertas situaciones adversas para la salud, muchas de las cuales eran atribuidas a otras causas.

Así, el medio ambiente se convierte en un verdadero conjunto de moléculas químicas naturales y artificiales que permanentemente se inhalan, se ingieren, se absorben por la piel, con efectos en la mayoría de las veces acumulativos y nocivos para la salud del hombre y demás especies.

Por ejemplo: datos experimentales y epidemiológicos indican que entre 80 y 90% de los cánceres humanos pueden asociarse a alguna causa externa al organismo, sea esta, física, química y/o biológica. Estos agentes externos actúan en combinación con los factores internos y aumentan el riesgo de cáncer.

Si bien el nexo entre la salud humana y el ambiente es reconocido desde hace tiempo, encontrar aún asociaciones entre situaciones adversas para la salud y factores ambientales, depende de la voluntad y la capacidad de la sociedad para implementar estudios que muestren la interacción entre la salud y el ambiente químico, físico y biológico en el que habita el hombre.

Al mismo tiempo, y pese a los numerosos trabajos realizados por investigadores de todo el mundo, establecer la relación “medio ambiente-salud”, implica una tarea compleja; muchas de las enfermedades suelen asociarse a más de un tipo de contaminante ambiental, y para que se manifiesten tienen importancia tanto los factores genéticos, como la nutrición, el estilo de vida y otros factores propios de cada individuo.

Por otro lado, los vínculos entre el ambiente, los intereses y tendencias sociales y las políticas públicas, se encuentran muy relacionados con el desarrollo de determinadas actividades extractivas (tales como la pesca, la minería, la tala de bosques y la explotación de hidrocarburos), y las resistencias sociales que éstas provocan y que se expresan en distintos tipos de conflictos socio-ambientales.

¿Qué es un conflicto socio-ambiental? Son muchas las definiciones que existen sobre este término, aunque la más utilizada indica que inicialmente presenta las características de cualquier conflicto social: acciones colectivas públicas entre actores en disputa, controversia u oposición. En general, adquieren el apelativo de ambiental o socio-ambiental porque se relacionan con daños y degradación del ambiente o de los recursos naturales, e involucran a organizaciones ambientalistas y a las comunidades directamente afectadas.

Los conflictos socio-ambientales se reflejan en luchas que trascienden el acceso a una fuente de recursos y a los medios de subsistencia; se transforman en espacios de vida, formas de

organización, de existencia y recreación de culturas, identidades, historias, sentidos, memorias, de entornos de creación de estrategias de sobrevivencia, de prácticas basadas en los valores de uso, pero no en la instrumentalidad y racionalidad económica. Estos conflictos evidencian, no sólo las necesidades o derechos de los humanos, sino también, de otras formas de vida, incluyendo las necesidades e intereses del propio medio ambiente.

En América Latina, ante muchas carencias sociales, la pobreza, la educación insuficiente, la falta de empleos adecuados bien remunerados, los problemas ambientales no son de alta prioridad en las agendas de los gobiernos ni tampoco son de preocupación en la comunidad. Sin embargo su inclusión debería ser considerada en los primeros lugares ya que no existe “conflicto ambiental” sin dimensión social.

En Argentina, los problemas ambientales tomaron mayor protagonismo en lo cotidiano a partir de su relación con la salud humana; así, las discusiones sobre el cuidado y/o la preservación del ambiente comenzaron a centrarse principalmente en la relación de estas variables con la salud. Los movimientos sociales de carácter ambiental tienen una indiscutible participación en las controversias que se plantean respecto de la relación ambiente y salud.

Estudios realizados por diferentes entidades internacionales, tales como la Organización Mundial de la Salud, la Organización Panamericana de la Salud, la Agencia Estadounidense de Protección del Ambiente y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer, entre otras, han demostrado que la carga de enfermedad asociada a condiciones ambientales u ocupacionales está afectando a la generación actual, especialmente a las poblaciones más vulnerables: pobres, niños, mujeres, pueblos indígenas y ancianos.

La definición de medio ambiente juega un papel preponderante a la hora de describir la relación ambiente y salud. En este sentido, son muchas las definiciones de medio ambiente, aunque la más utilizada actualmente es la que se indica a continuación:

Medio ambiente es el conjunto de factores naturales, culturales, tecnológicos, sociales o de cualquier otro tipo, interrelacionados entre sí, que condicionan la vida del hombre y de todos los organismos, a la vez que, constantemente, son modificados por la especie humana.

El medio ambiente contaminado con sustancias tóxicas en América Latina puede clasificarse según las principales fuentes de residuos peligrosos en: zonas mineras, regiones agrícolas, macro y microindustrias, campos petroleros, depósitos de residuos o basura, y áreas afectadas por contaminación natural como yacimientos, volcanes, incendios y otros.

Las principales referencias a los problemas que provienen del medio ambiente en Argentina refieren las regiones agrícolas: al trípode transgénicos-agroquímicos-desmonte (el modelo agropecuario), la minería a cielo abierto (el extractivismo minero), y el problema del uso del agua en términos de su disponibilidad, acceso y saneamiento. Todos responden a causas antropogénicas denominadas “modernas”.

Las causas de los problemas ambientales pueden agruparse en dos: aquellas “tradicionales” como las ligadas a la pobreza y al bajo desarrollo y aquellas “modernas”, resultantes del desarrollo rápido y de un consumo no sustentable de los recursos naturales. Ambas no tienen en cuenta la salud de la población ni la disponibilidad de los recursos del medio ambiente.

Los problemas ambientales con causa tradicional suelen manifestarse en forma de enfer-

medad con rapidez relativa. En contraste, muchos de problemas modernos sólo manifiestan sus efectos sobre la salud después de un largo tiempo. Éstos últimos más complicados de evidenciar y muchas veces difíciles de asociar a causas ambientales por la inespecificidad de sus signos o síntomas.

La interrelación dinámica de los factores ambientales con el individuo, ya sean generados por factores naturales o por el hombre pueden influir de forma negativa en la salud, favoreciendo las condiciones para la aparición de enfermedades infecciosas cuando están relacionados con agentes biológicos, o de enfermedades no infecciosas, cuando se relacionan con agentes químicos o físicos, todos bajo condiciones sociales, económicas y conductuales determinadas.

En este sentido, la organización y configuración de localidades de nuestra Provincia de Córdoba (Argentina) en el actual contexto, cumple un rol importante a la hora de estudiar enfermedades asociadas al medio ambiente. La expansión urbana ocurrida en los últimos años generó la inclusión de suelos que se localizaban en la periferia y con usos no urbanos; esto ocasionó el encuentro de las actividades urbanas con actividades vinculadas al ámbito periurbano —agrícola, industrial, comercial— dando en general, por resultado, el aumento de conflictos socioambientales que responden a problemas derivados principalmente por las sustancias químicas tóxicas liberadas al ambiente y provenientes de las actividades agrícola-ganaderas e industriales.

Sin embargo, los factores ambientales que pueden afectar a toda la población, no se reducen a las sustancias químicas, físicas o biológicas que directamente pueden afectar a la salud, sino también a aquellos factores que al afectar al ecosistema, afectan la calidad de vida. Entre otros cabe mencionar al cambio climático, la rotura y adelgazamiento de la capa de ozono, la desertificación, y la deforestación.

La contaminación ambiental a la que está sometido el hombre está haciendo cambiar los enfoques sanitarios introduciendo las variables ambientales en la evaluación de riesgos para la salud humana.

En ambientes donde se sospeche la presencia de sustancias tóxicas, surge la necesidad de realizar una evaluación de riesgos para la salud humana y ambiental.

Abordar una evaluación de riesgos para los problemas de salud humana y su relación con el ambiente en nuestro país, requiere de un diseño que además, tome en cuenta las limitaciones económicas, de información y de personal capacitado como generalmente prevalecen en los países en desarrollo.

Para el fin antes mencionado es necesario trabajar sobre la caracterización de los “escenarios” ambiental y humano; y la evaluación de la exposición y los efectos.

Esta visión combinada del escenario ambiental y humano permitirá evidenciar la existencia de un potencial riesgo ambiental y el riesgo para la salud humana a nivel poblacional.

La Organización Panamericana de la Salud ya en 1999, encabezó un análisis crítico de las metodologías existentes sobre evaluación de riesgo para mejorarlas, disminuyendo su incertidumbre y como resultado, propuso el uso de biomarcadores de exposición y de biomarcadores de efecto.

A nivel individual, es posible utilizar la evaluación de la exposición y los efectos a través de

biomarcadores para apoyar, o rechazar, el diagnóstico de un determinado tipo de intoxicación, o de otro efecto adverso inducido principalmente por productos químicos.

Por razones prácticas, en estudios poblacionales las evaluaciones de riesgo para la salud humana y para otros organismos (biota), se han desarrollado de manera independiente; sin embargo, se reconoce cada vez más la necesidad de establecerlas en conjunto, de manera tal que se traduzcan en mejores niveles de protección tanto para el hombre como para el ambiente.

En muchos casos la contaminación ambiental afecta más a otras especies; esto, por una mayor exposición de los organismos a los contaminantes ambientales, o porque estos organismos resultan ser más sensibles a los efectos de los contaminantes ambientales presentes en el ambiente donde habitan.

Frecuentemente, la falta de integración entre los estudios de impacto conduce a que, tanto los evaluadores de riesgo humano como de otros organismos, generen evidencias sobre la naturaleza de los riesgos asociados a un sitio contaminado, que inicialmente podrían parecer contradictorias

Sobre estos fundamentos se realiza un diseño sencillo para el estudio de los efectos de sustancias químicas ambientales y se organizan los contenidos a desarrollar en esta obra.

ESCENARIO AMBIENTAL

- a) Agua-aire-suelo.
- b) Indicadores biológicos de salud ambiental

ESCENARIO HUMANO.

- a) Salud humana y ambiente
- b) Biomonitorio de poblaciones de Córdoba – Propuesta de vigilancia del estado de salud de personas expuestas a mezclas de sustancias químicas

Agua - Aire - Suelo

Celeste Salinero, María Cristina Varea y Daniela Molinero

Agua

La contaminación en los ambientes acuáticos

El agua en sus diversos estados es uno de los componentes básicos que sostiene a los ecosistemas. El agua, con sus múltiples propiedades, es una sustancia imprescindible para la vida, utilizada en actividades diarias tales como la agricultura (70% al 80%), la industria (20%), el uso doméstico (6%), entre otras, convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados en el planeta. De ahí la importancia de conservar y mantener la cantidad y calidad de las fuentes naturales de este recurso, de manera tal que se garantice su sostenibilidad y el aprovechamiento para las futuras generaciones.

El problema de la contaminación del agua, comenzó a hacerse notable ya a principios del siglo XIX; toneladas de sustancias biológicamente activas, sintetizadas para el uso en la agricultura, la industria, la medicina, son vertidas al medio ambiente sin observar las consecuencias.

La comunidad científica ha estudiado desde hace mucho tiempo los contaminantes químicos presentes en el medio ambiente, regulándolos en distintas legislaciones. Sin embargo, en los últimos años los científicos han centrado su interés en la presencia de otros contaminantes, previamente desconocidos como tales pero potencialmente peligrosos, denominados globalmente como emergentes. Así, estos pasaron a convertirse en líneas de investigación prioritarias en los principales organismos dedicados a la protección de la salud pública y medioambiental, como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA), o la Comisión Europea.

Con el desarrollo de nuevas tecnologías se han producido muchos compuestos químicos sintéticos, lo que ha generado un incremento en el número de contaminantes que son considerados un potencial amenazador para el ambiente y todo organismo vivo. El término de contaminantes emergentes (CE) generalmente se utiliza para referirse a una gran variedad de productos de diverso origen y naturaleza química, derivados tanto del uso personal como de diversas industrias, cuya presencia en el medio ambiente no se consideraba significativa en términos de distribución y/o concentración, por lo cual, lamentablemente, pasaban inadvertidos. Los CE, con diferente origen y naturaleza química, incluyen, entre otros, plaguicidas, productos farmacéuticos y del cuidado personal, surfactantes, aditivos industriales y plastificantes. Debido a que los CE tienen el potencial de acarrear un importante impacto ecológico, así como efectos adversos sobre la salud (como toxicidad crónica, disrupción endocrina y bioacumulación), ahora están siendo ampliamente estudiados y detectados.

La característica de estos grupos de contaminantes es que no necesitan estar constantemente en el ambiente para causar efectos negativos, puesto que sus altas tasas de transformación/remoción se ven compensadas por su introducción continua en el ambiente. Se consideran

emergentes debido a que, o no se encuentran aún regulados, o están siendo actualmente sometidos a un proceso de regulación. Sin embargo, los estudios sobre contaminantes emergentes son relativamente escasos y recientes, por lo que los conocimientos acerca de su presencia e impacto sobre el medio ambiente y la salud humana se encuentran aún en fase de desarrollo.

Los cuerpos de aguas lénticos, como lagos, lagunas, esteros o pantanos, son los ambientes acuáticos más susceptibles a la presencia de contaminantes debido a la ausencia de flujo; por lo tanto el proceso de eutrofización (acumulación de residuos orgánicos) se intensifica en estos ambientes, provocando cambios físicos, químicos y biológicos en la calidad del agua. Mientras que un ambiente lótico, como los ríos y arroyos, presenta flujos energéticos y mecanismos de autorregulación que favorecen la dispersión de los contaminantes, minimizando su acumulación dentro del sistema.

Como proceso natural de los ecosistemas acuáticos, la eutrofización es producida por el enriquecimiento del cuerpo de agua con nutrientes. Durante los últimos 200 años, y a través del abundante vertido de sustancias orgánicas e inorgánicas en los cuerpos de agua, las actividades antrópicas han acelerado estos procesos de eutrofización, modificando tanto la calidad del agua, como la estructura de las comunidades biológicas que en ella, o en su entorno, habitan. La eutrofización reduce considerablemente los usos potenciales que tienen los recursos hídricos, puesto que induce a la mortalidad de especies animales, la descomposición del agua y el crecimiento de microorganismos (bacterias), entre otros. Además, en muchas ocasiones los microorganismos se convierten en un riesgo para la salud humana, como es el caso de agentes patógenos presentes en el agua (bacteria, virus y protozoos parásitos), que constituyen un problema de salud mundial.

En Argentina, el estado prístino (puro) de los humedales de la región de las Pampas -lagunas pampeanas- comprendía un ambiente donde la gran mayoría de sus lagunas se encontraba en un estado de "aguas claras", y que presentaba una abundante y diversa vegetación acuática. No obstante, en la actualidad y en la mayoría de los casos, la carga de nutrientes proveniente de la urbanización y las actividades agropecuarias ha cambiado esa situación. Muchas lagunas han venido cambiando gradualmente desde un estado de aguas "claras" hacia otro de aguas verdes y "turbias". Estas lagunas son cuerpos de agua someros, en su gran mayoría de formas geométricas sencillas, de salinidad muy variable y naturalmente eutróficos. Son poco profundos y altamente dependientes de las precipitaciones in situ, principalmente de aquellas que se producen hacia fines del otoño. No estratifican térmicamente, excepto por períodos muy cortos de tiempo. La temperatura del agua tiene un marcado efecto en el desarrollo y reproducción de los organismos acuáticos y presenta una marcada relación con la concentración de oxígeno disuelto, de vital importancia para la vida acuática. En las áreas menos salinas y con menor desarrollo humano, la vegetación arraigada generalmente cubre, en parches y con extensión variable, la superficie de las lagunas. Actualmente estas lagunas están bajo estrés ambiental, que incrementa aún más sus contenidos de nutrientes, provocando cambios en la calidad del agua, reduciéndose su alta productividad natural y la biodiversidad vegetal y animal, terrestre y acuática.

En este sentido y con el objetivo de eliminar los contaminantes emergentes, se están estudiando los efectos causados por el vertido de desechos sobre los ecosistemas, para establecer tratamientos físico-químicos, tratamientos biológicos y procesos híbridos y diseñar plantas de tratamiento de agua que permitan erradicarlos. Estudios realizados en diversas plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas determinaron el aumento de los vertidos de fármacos y plaguicidas, entre otros compuestos, a nuestras aguas, compuestos que llegan finalmente a los ríos

al no ser eliminados. De este modo queda totalmente justificada la necesidad de implementar en este tipo de plantas nuevos procedimientos que permitan la eliminación de estos contaminantes de las aguas de consumo y salvaguardar la salud humana y animal.

A finales de los años 40, y hasta la actualidad, se introdujo en América latina un modelo agrícola industrial intensivo y extensivo, basado en la modificación del paisaje, en la sobreexplotación de los recursos y en el uso irracional de agroquímicos. En Argentina, el crecimiento de la actividad agrícola es una de las causas principales de la disminución y modificación de los hábitats naturales. En los últimos años el proceso de agriculturización se ha manifestado más en la intensificación de la producción, que en la expansión territorial de los cultivos a expensas de la ganadería bovina.

La agricultura moderna ha generado una dependencia de los plaguicidas sintéticos, sin tomar en cuenta que prácticamente todos estos compuestos son considerados sustancias químicas peligrosas que ocasionan graves problemas de salud pública y daños al ambiente. Los países en desarrollo utilizan el 25% de los plaguicidas que se producen en el mundo y padecen el 99% de las muertes a causa de intoxicaciones agudas por plaguicidas (OPS 2009).

Los residuos químicos pueden movilizarse hacia el aire, el agua y el suelo y llegar a zonas muy alejadas del área de aplicación, arrastrados por la acción del viento, llegar a los cursos de aguas subterráneas y superficiales fundamentalmente por arrastre y lixiviación y a través de las cadenas biológicas.

La contaminación ambiental por plaguicidas está dada fundamentalmente por aplicaciones directas en los cultivos agrícolas, lavado inadecuado de tanques contenedores, filtraciones en los depósitos de almacenamiento y residuos descargados y dispuestos en el suelo, derrames accidentales, el uso inadecuado de los mismos por parte de la población, que frecuentemente son empleados para contener agua y alimentos en los hogares ante el desconocimiento de los efectos adversos que provocan en la salud. La unión de estos factores provoca su distribución en la naturaleza. Los restos de estos plaguicidas se dispersan en el ambiente a través de la deriva de la pulverización, volatilización y/o erosión de partículas de suelo, y se convierten en contaminantes para los sistemas biótico (animales y plantas principalmente) y abiótico (suelo, aire y agua) amenazando su estabilidad y representando un peligro de salud pública. Se estima que hasta el 90% del producto arrojado sobre un cultivo puede derivar. Esta deriva, (o desplazamiento de sustancias contaminantes sin rumbo propio, a merced de determinadas circunstancias y/o elementos), puede darse no solo por condiciones desfavorables al momento de la aplicación del plaguicida (deriva primaria), sino también por las condiciones climáticas luego de su aplicación (deriva secundaria). Finalmente, la deriva que puede producirse semanas, meses o años después de la aplicación del plaguicida, se denomina deriva terciaria.

El medio acuático es el destino ambiental final de los vertidos sólidos y líquidos que vehiculizan mezclas de productos generados por diversas actividades antrópicas, como la actividad agrícola. La agricultura es el principal usuario de recursos de agua dulce. El uso inadecuado y excesivo de plaguicidas, por ejemplo, ha traído como consecuencia la contaminación de las aguas superficiales cercanas a las zonas de producción, encontrándose en la mayoría de los casos concentraciones de principios activos que superan los niveles máximos permitidos por las normativas nacionales e internacionales establecidas para su control. Las aguas de superficie generalmente reflejan, a través de su estado, el tipo e intensidad de actividades que se realizan, además de estar influenciada por la pendiente del terreno. La contaminación del agua es una de las formas de exposición crónica a la cual está sometido el ser humano, así como la fauna acuática y terrestre.

Las sustancias rociadas sobre los cultivos pueden ser lavadas por el agua de lluvia y riego, para luego ser transportadas hacia aguas subterráneas por lixiviación (el movimiento de las sustancias a través de las distintas fases del suelo), y a aguas superficiales por escorrentía, en donde el volumen de agua que se vierte al suelo por escurrimiento y la topografía de la zona donde se desarrollan los cultivos, son dos factores que juegan un papel muy importante en el riesgo de contaminación de los recursos hídricos por plaguicidas.

No obstante, la agricultura es al mismo tiempo causa y víctima de la contaminación de los recursos hídricos; es causa, por la descarga de contaminantes y sedimentos en aguas superficiales y/o subterráneas, por la pérdida neta de suelo como resultado de prácticas agrícolas desacertadas, y por la salinización y anegamiento de las tierras de regadío; es víctima, por el uso de aguas residuales y aguas superficiales y/o subterráneas contaminadas que contaminan los cultivos y transmiten enfermedades a los consumidores y trabajadores agrícolas.

La calidad del agua potable

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que no representa un riesgo para la salud.

Diversos estudios han determinado que la cantidad mínima de agua potable para satisfacer las necesidades básicas es de cincuenta litros por día por persona, y distribuidos de la siguiente manera: agua para beber: cinco litros, saneamiento: veinte litros, preparación de alimentos: diez litros, baño: quince litros.

El impacto de la calidad del agua para consumo humano en la salud ha sido estudiado en varias zonas de nuestro país. Esto, con la finalidad de ofrecer información que oriente las estrategias de mejoramiento de la calidad del agua y respalde las decisiones intersectoriales, locales, regionales y nacionales sobre este recurso.

Cada país regula por ley la calidad del agua destinada al consumo humano y garantiza así la salud de las personas al alejarlas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación química o con microorganismos (microbiológica).

La Asamblea General de las Naciones Unidas, aprobó en el año 2010, una resolución que reconoce al agua potable y al saneamiento básico como derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos.

La OMS elabora normas internacionales relativas a la calidad del agua y la salud de las personas en forma de guías en las que se basan reglamentos y normas de países de todo el mundo, tanto en desarrollo como desarrollados.

En nuestro país, el Código Alimentario Argentino (CAA) es el que define y reglamenta los requisitos mínimos para la composición del agua, fijando valores de referencia para sus componentes, asegurando de este modo, la calidad de la misma (artículo n° 982).

CAPÍTULO XII

BEBIDAS HÍDRICAS, AGUA Y AGUA GASIFICADA

AGUA POTABLE

Artículo 982 - (Resolución Conjunta SPRyRS y SAGPyA N° 68/2007 y N° 196/2007)

“Con las denominaciones de Agua potable de suministro público y Agua potable de uso domiciliario, se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico: no deberá contener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico, inorgánico o radiactivo en tenores tales que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inodora, límpida y transparente. El agua potable de uso domiciliario es el agua proveniente de un suministro público, de un pozo o de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios. Ambas deberán cumplir con las características físicas, químicas y microbiológicas siguientes:

En la provincia de Córdoba las normas provinciales de calidad y control de bebidas están regidas por la Resolución 174/16 del Ministerio de Agua Ambiente y Servicios Públicos.

Los valores correspondientes a cada parámetro han sido determinados tratando de conciliar, requerimientos de salud, recursos hídricos de la provincia, sistema de distribución e instalación domiciliaria, aceptabilidad de las características organolépticas y condiciones socio económicos, geográficas, y geológicas de la provincia.

La Tabla 1.4.1 de la Resolución 174/16 muestra los límites máximos para los contaminantes orgánicos que se saben afectan a la salud, listando 23 plaguicidas de los más utilizados en nuestra provincia.

Tabla 1.4.1 Límites Máximos para Contaminantes Orgánicos que afectan a la Salud

Contaminante	Límite Tolerable (μL^{-1})
<i>Alcanos Clorados</i>	
1,2 Dicloro etano	10
Tetracloruro de Carbono	3
<i>Alquenos Clorados</i>	
1,2 Dicloroeteno	50
Tricloroeteno	20
Tetracloroeteno	10
Cloruro de Vinilo	2
<i>Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares</i>	
Benzo(a)pireno	0,01
<i>Plaguicidas</i>	
DDT (total isómeros)	1
Aldrin + Dieldrin	0,03
Clordano (total isómeros)	0,2
Hexaclorobenceno	0,01
Heptacloro y Heptacloroepóxido	0,1
<i>g</i> -HCH (lindano)	2
Metoxicloro	20
<i>2,4 D</i>	30
Malatión	5
Metil Paratión	1,3
Paratión	0,6
Atrazina	3
Carbofurán	40
Clorpirifos	30
Dimetoato	20
<i>2,4 DB</i>	90
Metalocloro	50
Dicamba	120
Endosulfín	20
Glifosato	280
Paraquat	10
Lambda cialotrina	10
Cipermetrina	50
<i>Clorobencenos</i>	
Monoclorobenceno	3
1,2 Diclorobenceno	0,5
1,4 Diclorobenceno	0,4
<i>Clorofenoles</i>	
Pentaclorofenol	10
2,4,6 Triclorofenol	10
<i>Benceno y Alquibenceno</i>	
Benceno	10
<i>Trihalometanos</i>	
Trihalometanos totales	100

A

Los principales contaminantes del agua de consumo o potable

- Plaguicidas:

Tanto la OMS como la Unión Europea (UE), basadas en el criterio de preservar la salud humana, han establecidos límites máximos y restricciones para las diferentes sustancias que contaminan el agua para consumo humano.

Los plaguicidas utilizados en la agricultura, y que llegan a los cursos de aguas subterráneas y superficiales fundamentalmente por arrastre y lixiviación, pueden así contaminar los reservorios de agua para el consumo humano y, de esta manera, ingresar a la cadena alimentaria.

Algunos plaguicidas integran los llamados compuestos orgánicos persistentes debido a la toxicidad de su estructura química y a la capacidad de acumularse en el organismo.

Los efectos agudos que causan estos compuestos sobre las personas se manifiestan en forma excepcional ante una contaminación accidental; por ej: por un eventual derrame o por mala disposición de los desechos tóxicos; por otro lado, la contaminación del agua de consumo con baja cantidad de plaguicidas es una de las formas de exposición crónica y los signos o síntomas se manifiestan después de un tiempo prolongado de exposición.

Ya en el organismo, estos compuestos se distribuyen, metabolizan e impactan en los distintos sistemas del cuerpo humano. Se conoce que la mayoría de los plaguicidas usados en agricultura tienen acción teratogénica, es decir, que son capaces de alterar el normal desarrollo del embrión, provocando una malformación congénita en la etapa de gestación. Además, afectan los sistemas nervioso, endocrino e inmunológico, y se los considera potenciales generadores de enfermedades tales como cáncer, asma e infertilidad, entre otras.

Los niños son especialmente vulnerables a los efectos de los plaguicidas, ya que, sus mecanismos de desintoxicación no están completamente desarrollados y tienen una mayor exposición a los mismos. Esto, considerando que un niño menor de cinco años consume de tres a cuatro veces más comida y bebe más agua que un adulto por unidad de peso corporal. Así, se ha estimado que en humanos, el 50% de la exposición a plaguicidas a lo largo de la vida de un individuo, tiene lugar durante los primeros cinco años de vida.

Si bien a nivel nacional hay poca información bibliográfica respecto al impacto de la contaminación del agua por plaguicidas en los niños, sí se conocen los efectos nocivos que esto les produce. El estudio del material genético es una de las metodologías más eficiente para alertar sobre la exposición a sustancias que tienen la capacidad de dañar dicho material, antes que se observen situaciones adversas para la salud.

Existen distintas técnicas de obtención de muestras de material genético que pueden aplicarse para el estudio del mismo, constituyéndose en herramientas útiles para la vigilancia en poblaciones humanas expuestas a contaminantes ambientales. En zonas con alta frecuencia de pulverizaciones con plaguicidas de la Provincia de Córdoba, se llevó a cabo un estudio en una población de cincuenta niños; este estudio reveló un aumento en el daño del material genético en la mucosa bucal respecto a un grupo control de niños que habitan en zonas alejadas a lugares de pulverización. Si bien se trataría de una exposición ambiental por inhalación, la alta intensidad de actividad agrícola del lugar permitiría suponer una contaminación en el agua de consumo y los alimentos.

- Nitratos:

El Nitrógeno y los Nitratos (sales o ésteres del ácido nítrico HNO_3) son otros de los contaminantes que pueden estar presentes en el agua de consumo. Debido a que la patología producida por la presencia de nitratos en el agua de consumo no es de denuncia obligatoria, lamentablemente no se cuenta con datos sobre su prevalencia.

Si bien el estiércol, o guano, aporta cantidades importantes de nitrógeno al agua superficial y subterránea, la mayoría de las fuentes de la presencia de nitrógeno en el agua de consumo son de origen humano. Así, como resultado de actividades antrópicas, los fertilizantes inorgánicos y orgánicos, los herbicidas y plaguicidas que contienen nitrógeno en forma de nitratos, los desechos resultantes de actividades industriales y las actividades urbanas, como los vertidos de efluentes y aguas residuales, se constituyen en las principales causas de la presencia de nitrógeno inorgánico u orgánico en el agua de consumo. Entre todas las actividades antrópicas señaladas, el empleo excesivo de fertilizantes nitrogenados se constituye en la principal causa de contaminación de las aguas subterráneas.

Por otro lado, si bien los nitratos están presentes en el agua de forma natural, las distintas actividades humanas mencionadas anteriormente incrementan su concentración.

Los nitratos se disuelven fácilmente en el agua y llegan así al suministro de agua de consumo humano. No confieren ningún sabor u olor a las aguas de bebida.

En condiciones normales, el 60-70% de los nitratos ingeridos, son transformados en nitritos por las bacterias de la saliva, del estómago y la primera parte del intestino delgado y son eliminados por la orina y un 25% por la saliva dentro de las primeras 24 hs de ingresados al organismo. En la naturaleza los nitritos aparecen por oxidación biológica de las aminas y del amoníaco o por reducción del nitrato en condiciones anaeróbicas. Los nitritos forman parte de sales utilizadas especialmente para salar y conservar carnes (nitrito de potasio y nitrito de sodio), debido a su capacidad de mantener el color rojizo de la materia prima ya que reaccionan con la mioglobina (proteína muscular) de la carne.

Las nitrosaminas son compuestos orgánicos que generalmente se originan por la reacción de una amina secundaria con nitritos. La transformación dentro del organismo de los nitritos en nitrosaminas hace que la toxicidad de los primeros se vuelva muy relevante, ya que las nitrosaminas tienen la capacidad de producir mutaciones en el material genético, de iniciar procesos cancerosos y de transformar la hemoglobina de la sangre en metahemoglobina. En el hombre adulto, y en condiciones normales, existen mecanismos mediados por enzimas "reparadoras" que restablecen la molécula de hemoglobina cuando esta ha sufrido cambios. Sin embargo, en niños menores de cuatro meses, etapa de la vida humana en la cual el desarrollo de bacterias gástricas aumenta la conversión de nitratos a nitritos, lamentablemente no ocurre este mecanismo. Este evento, sumado a los complejos enzimáticos "reparadores" poco desarrollados, aumenta el riesgo de la presencia de metahemoglobina. Esta proteína, con escasa capacidad para transportar oxígeno, produce cianosis (Síndrome del bebe azul) e hipoxia tisular con taquicardia náuseas y en una etapa severa convulsiones y coma.

- Arsénico:

Existe un número considerable de problemas graves de salud que pueden producirse como consecuencia de la contaminación química del agua de consumo con Arsénico (elemento químico de la tabla periódica que pertenece al grupo de los metaloides y se simboliza "As"). Este elemento se encuentra ampliamente distribuido en casi todos los ambientes naturales. Si bien una ingesta diaria de 12 a 15 microgramos (la millonésima parte de un gramo o 0,000001 g) puede consumir-

se sin problemas en la dieta diaria, a través de carnes rojas, pescados, crustáceos, vegetales y cereales, la exposición a concentraciones elevadas del mismo produce graves perturbaciones en la salud que están relacionadas con su toxicidad.

Las diversas actividades humanas, como la minería, la agricultura y procesos industriales, contribuyen a aumentar la contaminación ambiental de esta sustancia química. La extracción y fundición de minerales, con su correspondiente emanación de gases y polvos, contaminan suelos y plantas en diverso grado. En la actualidad, el uso de As como coadyuvante de diversos plaguicidas, constituye otro factor importante de exposición al mismo.

El agua de consumo es la vía más común a través de la cual el As ingresa al organismo. La contaminación de aguas superficiales por As constituye un problema en distintas partes del mundo, y en América Latina, la presencia de As en aguas superficiales y subterráneas se debe principalmente a factores geológicos y causados por el hombre.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha fijado como límite máximo para el agua de consumo 0,01 mg/l y este valor ha sido adoptado por el Código Alimentario Argentino en el año 2007. Las normas de tolerancia al As varían según los países. En Argentina, como en muchos lugares del mundo, no ha sido posible proveer a la totalidad de la población de agua de consumo con concentraciones de As menores a 50 µg/l debido a los altos costos que implica la filtración de este elemento. A partir del año 2012 el Código Alimentario nacional estableció que en todo el país debería regir el tope establecido por la OMS (0,01 mg/l).

Con respecto a la Provincia de Córdoba, en el año 2006 y de manera provisoria, fijó tres límites de concentración de As: i) como meta a alcanzar o concentración ideal de As, valores menores o iguales a 0,01 mg/l; ii) como valor aceptable, concentraciones de As entre 0,01 mg/l y 0,05 mg/l; iii) como rango tolerable condicional y en forma temporaria, el de concentraciones que varíen entre 0,05 mg/l y 0,1 mg/l. En todos los casos, las concentraciones mayores a este último valor son consideradas como no aceptables.

La exposición crónica al As produce efectos adversos sobre la salud que se manifiestan en una patología denominada Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE). El HACRE es una enfermedad ambiental crónica causada principalmente por el consumo de aguas contaminadas con sales de AS y, como su nombre lo indica, es endémica en algunas regiones del mundo. Provoca alteraciones cardíacas, vasculares y neurológicas, y lesiones hepáticas, renales y en el sistema respiratorio. Puede presentarse con lesiones características en la piel que incluyen modificaciones en la pigmentación, principalmente en el tronco y las extremidades, queratosis en las palmas de las manos y plantas de los pies.

La exposición al As puede ser medida a través de biomarcadores bioquímicos y estudios de genotoxicidad. A grandes rasgos, la genotoxicidad es la capacidad relativa de un agente físico, químico o biológico de ocasionar daño directo o indirecto en el material genético, originando efectos biológicos adversos. Existe una amplia bibliografía que relaciona estos marcadores con el impacto del As en el ser humano.

En el año 2016, un estudio realizado en tres localidades de la provincia de Córdoba (Sampacho, Las Vertientes y Rio Cuarto) por el grupo de investigación GeMA, UNRC, mostró un aumento significativo en marcadores de genotoxicidad asociados al consumo de agua contaminada con arsénico a concentraciones mayores de 0,01mg/l. Los resultados de este estudio indicaron que la vía de exposición a este tóxico podría ser, no solo la hídrica, sino también la alimentaria.

Por otro lado, los compuestos inorgánicos de arsénico (que no contienen carbono) denominados arsenitos inorgánicos (ej: arsénico + sodio), son muy nocivos para la salud humana, siendo clasificados como sumamente tóxicos y carcinogénicos de categoría 1. Una vez absorbidos pasan al torrente sanguíneo y se distribuyen en distintos órganos del cuerpo. Se depositan principalmente en el hígado, corazón, pulmón, riñón, médula ósea y piel. También se pueden encontrar una alta concentración en el pelo y las uñas debido a la afinidad del arsénico por los grupos químicos presentes en la queratina de estos.

Aire

Los contaminantes atmosféricos

La calidad del aire influye de manera notable en la vida de las personas. Vivir en un entorno libre de contaminación supone una mayor calidad de vida. Un contaminante atmosférico se define como cualquier sustancia emitida al aire, que no es parte del ambiente natural o está presente en concentraciones mayores que las normales. Éstos contaminantes pueden causar efectos adversos en un corto o largo plazo al ser humano, animales, plantas o suelos, como también perturbar el bienestar o el uso de los bienes.

Esta contaminación puede ocurrir tanto en países en desarrollo como desarrollados de todo el mundo. En una escala global, se emiten a la atmósfera grandes cantidades de partículas y gases potencialmente nocivos, que a largo plazo dañan los recursos y el desarrollo sostenible del planeta.

El material particulado

Uno de los contaminantes atmosféricos más importantes del ambiente es el material particulado (PM, por sus siglas en inglés). Se llama PM al conjunto de partículas en estado sólido y/o líquido presente en suspensión en la atmósfera, y a las partículas sedimentables, procedentes de diversos orígenes y fuentes de emisión. Su composición es muy variada y podemos encontrar, entre sus principales componentes, sulfatos, nitratos, el amoníaco, el cloruro sódico, el carbón, el polvo de minerales, cenizas metálicas y agua.

Básicamente, las PM están formadas por una zona central y por sustancias que son adsorbidas por ésta, como metales pesados, compuestos orgánicos, material de origen biológico, iones, gases y minerales. Esta facilidad de las partículas de adsorber diferentes sustancias, puede dar lugar a un aumento del efecto dañino.

En la atmósfera, el PM presenta diversos diámetros de partícula:

-Partículas PM₁₀ (de diámetro inferior a 10 µm): son partículas emitidas directamente a la atmósfera por fenómenos naturales y actividades humanas. Debido a su tamaño tienden a depositarse cerca de su lugar de origen.

-Partículas PM_{2,5} (de diámetro inferior a 2,5 µm): son partículas resultantes de procesos químicos o reacciones. Debido a su reducido tamaño se mantienen en suspensión durante largo

tiempo y se desplazan a grandes distancias.

A continuación se puede observar el tamaño de las partículas PM10 y PM2,5 comparadas con el grosor de un cabello y de granos de arena.

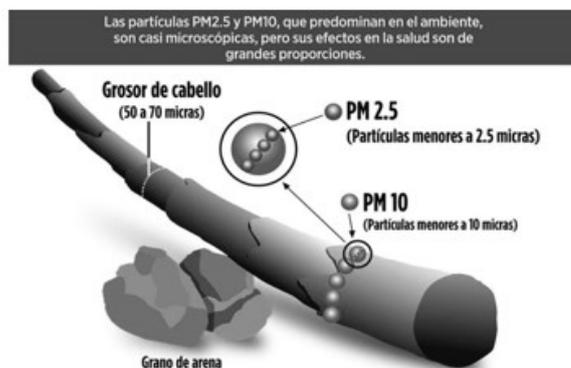


Figura 1: Relación del tamaño de las partículas de polvo y el grosor de un cabello o los granos de arena. Imagen tomada de Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos. 2018.

El PM se origina en dos tipos de fuentes: las antropogénicas (resultado de actividades humanas) tales como: Procesos de combustión (transporte, centrales térmicas, actividades industriales, incendios forestales, plantas de incineración de residuos, quemas agrícolas); Actividades industriales (producción del cemento, refinado del petróleo, explotaciones mineras, industria química o alimentaria); Resuspensión de partículas por efecto del transporte; Actividades agrícolas o de construcción; Reacciones químicas en la atmósfera. Y por otro lado las naturales como: Emisiones volcánicas; Resuspensión de partículas por efecto del viento (conteniendo fibras, esporas de moho, bio-contaminantes, alérgenos, productos de combustión, etc.).

En relación a los mecanismos de formación del PM, se distinguen dos grupos; las partículas primarias, aquellas emitidas como tales en la atmósfera ya sea naturalmente o por el hombre (ej. resuspensión de polvo del suelo, erupciones volcánicas, etc.) y las partículas secundarias que se originan en la atmósfera a partir de otras moléculas precursoras, mediante una reacción química.

Los efectos del material particulado sobre la salud de los organismos en general, dependen del tamaño de las partículas, su concentración en la atmósfera, composición, tiempo de exposición y la sensibilidad del individuo.

Por su tamaño, las partículas PM2,5 a diferencia de las PM10, son las más dañinas para la salud humana, dado que penetran profundamente en el sistema respiratorio depositándose en los alvéolos pulmonares y pudiendo llegar al torrente sanguíneo. Los efectos pueden ser inflamación, alergias respiratorias, asma, y a largo plazo, cáncer, enfermedad broncopulmonar obstructiva crónica. Además, las partículas pueden transportar bacterias y virus, contribuyendo a la propagación de enfermedades.

Los efectos de las partículas de polvo en suspensión sobre el medioambiente tiene relación con el fenómeno denominado "calima". El fenómeno meteorológico consistente en la presencia en la atmósfera de PM de polvo, cenizas, arcilla o arena en suspensión, se conoce con el nombre de "calima". Cuando esta ocurre por efectos del polvo, sales (sodio) o elementos propios del ambiente, se conoce como calima tipo "A"; cuando se produce por eventos especiales, tales como incendios forestales u otros eventos de carácter contaminante, se le denomina calima tipo "B". Según su composición, el PM influye en la temperatura atmosférica pues puede absorber/reflejar radiación solar, alterar la cubierta nubosa y servir de medio para reacciones químicas. También puede modificar los niveles de visibilidad, interfiriendo en la fotosíntesis realizada por las

plantas al impedir la penetración de la luz solar y perturbando el proceso de intercambio de CO₂ en la atmósfera.

Las plantas acopiadoras de cereales y el material particulado

En Argentina, una parte importante de sus habitantes se dedican a la agricultura y ganadería. Algunas de estas poblaciones habitan en zonas urbanas limitadas con áreas de cultivo donde se emplean sustancias químicas para el control de plagas. Por lo tanto la población está expuesta a estas sustancias, ya sea porque participa directamente en las actividades agrícolas, o porque las mismas llegan a las viviendas a través de las pulverizaciones. En este sentido, la proximidad de las viviendas a los campos agrícolas tratados con agroquímicos, se ha sugerido como un factor estrechamente relacionado con la exposición ambiental a plaguicidas. Además, el acopio de cereales, producto de las cosechas, también puede incidir en la salud de los pobladores. Además, en los últimos años las plantas de almacenaje quedaron inmersas dentro del área urbana, rodeadas de casas, y liberando polvillo durante las tareas de carga, descarga, secado y limpieza de granos. Es importante destacar que, es muy probable que este PM contenga residuos de plaguicidas y ácaros.

Recientemente, en el año 2017, se estudió el impacto del almacenamiento de granos en la salud humana, en el marco de una Tesis de Maestría realizada en el grupo GeMA de la UNRC. El estudio se llevó a cabo en la localidad de Las Higueras, Provincia de Córdoba, donde las principales actividades económicas son la agricultura y ganadería, y la comercialización e industrialización de productos agropecuarios y frigoríficos. Las siembras más importantes de la zona son soja y maíz. Debido a que en esta localidad los cultivos están cercanos a las residencias y las actividades agrícolas se realizan durante todo el año, la exposición a los agroquímicos es extremadamente alta y continua. Además, las plantas acopiadoras de cereales se encuentran en la zona central de la localidad, donde se registra la mayor densidad de viviendas. En ese estudio se evaluó la calidad del aire de la zona de viviendas cercanas a una planta de acopio de cereales (silos). Para ello se tomaron muestras de PM_{2.5} en el interior de viviendas, ubicando los equipos utilizados para su detección y medición en el ambiente más frecuentemente utilizado de la vivienda. Los resultados de ese estudio mostraron que el límite de concentración de PM_{2.5} establecido por la OMS (50 µg/m³) se vio superado en algunos sitios (Figura 2), registrándose los valores más elevados en un domicilio situado frente a la planta acopiadora.

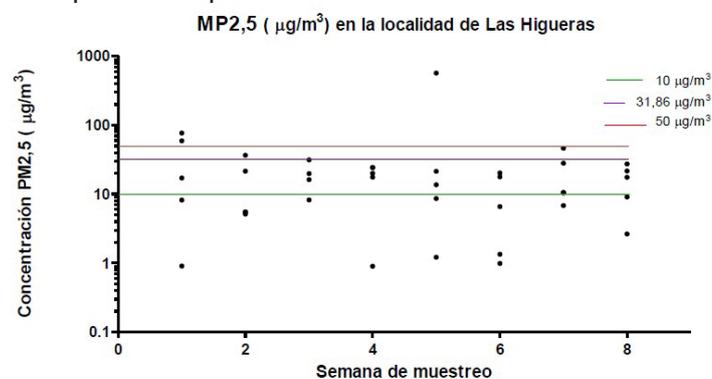


Figura 10. Concentración de polvo en suspensión según la semana de muestreo (línea roja: límite promedio fijado máximo por OMS (50 µg/m³), línea violeta: límite promedio de los muestreos, línea verde: límite promedio mínimo fijado por OMS (10 µg/m³))

Figura 2: Concentración de polvo en suspensión en viviendas de la localidad de Las Higueras, según semana de muestreo. (Línea roja: límite promedio máximo por OMS (50 µg/m³), línea violeta: promedio de los muestreos, línea verde: límite promedio mínimo por OMS (10 µg/m³)).

Medir PM2.5 en localidades de nuestro país es importante ya que la OMS indica que el aire en Argentina tiene una media anual de 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas PM2.5. La OMS (2006) establece 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como el nivel más bajo a partir del cual se detectó asociación entre efectos en la salud y la exposición prolongada.

La exposición a contaminantes ambientales puede evaluarse mediante marcadores confiables y relevantes que caractericen la exposición a éstos. Los contaminantes pueden ser medidos en el aire, agua y polvo entre otros. En base a lo mencionado anteriormente, y con la finalidad de proteger la salud de la población humana, se plantea que es importante monitorear el PM2.5 y definir un estándar para su concentración en el ambiente. Conjuntamente, y en especial cuando no sea posible aplicar metodologías de monitoreo de la calidad de aire, el estudio de los contaminantes en los 10-20 cm de suelo es una alternativa o complemento al estudio del aire.

Por otro lado, la contaminación del aire por plaguicidas tiene importancia cuando se trata de aplicaciones por medios aéreos; la gran extensión que abarcan éstas y el pequeño tamaño de las partículas contribuyen a sus efectos, entre los que se cuenta el “arrastre” de partículas a las zonas vecinas, fuera del área de tratamiento. Este efecto tiene importancia si contamina zonas habitadas o con cultivos, y se hace muy evidente cuando se emplean herbicidas de contacto que llegan hasta cultivos que son muy sensibles a los mismos.

La dispersión de plaguicidas en forma líquida o en polvo para exterminar las plagas es hoy en día una práctica aceptada por muchos países. Los insecticidas suelen dispersarse en el aire para combatir los insectos voladores, aunque en ciertos casos los ingredientes activos de dichos productos sólo actúan después de depositarse en objetos fijos, como la vegetación, donde pueden entrar en contacto con los insectos. En estos casos el aire se contamina deliberadamente con uno o varios productos cuyas propiedades nocivas se conocen y que también pueden ser tóxicos para el hombre. En general, se volatilizan desde el suelo, fenómeno que depende sobre todo de la presión de vapor, la solubilidad del plaguicida en agua, las condiciones ambientales y la naturaleza del sustrato tratado.

También desde el agua puede contaminarse el aire, la atmósfera, como en el caso de los plaguicidas clorados, poco solubles en ésta, por lo que tienden a situarse en la interfase agua-aire. Se calcula, por ejemplo, que a partir de una hectárea de agua tratada pueden pasar al aire, en un año, unos 9 kg de DDT.

Suelo

El suelo proporciona funciones ambientales importantes: es el sustento de alimento para la vegetación, almacena nutrientes, posee y alberga materia orgánica proveniente de restos animales y vegetales, es el hábitat de diversos organismos que transforman la materia orgánica, es el entorno físico y cultural de la humanidad, entre otros.

Las Industrias, la agricultura, el tránsito y las emisiones de calefacciones, constituyen los factores más importantes en la contaminación de la atmósfera y del suelo.

Es difícil indicar el número de enfermedades infecciosas, parasitarias, alérgicas, respiratorias, degenerativas que se producen en relación directa con la contaminación de los suelos. Sin embargo, es posible afirmar que el suelo es un reservorio de compuestos tóxicos, y que éstos son tanto más peligrosos cuanto mayor es su persistencia y biodisponibilidad en el ambiente.

La contaminación del suelo se debe tanto a tratamientos específicos (por ejemplo: los insecticidas que son aplicados directamente al suelo), a las contaminaciones que caen al suelo provenientes de los tratamientos aplicados (por ejemplo: el excedente de los plaguicidas), y/o por el arrastre en las lluvias de las partículas depositadas en la vegetación y en otros elementos que permitan también su depósito.

En la acumulación de residuos de plaguicidas influye el tipo de suelo; los arcillosos y orgánicos retienen más residuos que los arenosos. Hay plaguicidas que persisten en el humus o mantillo por meses y años (ej. el aldrín se ha encontrado después de 4 años; el toxafeno permanece en el suelo arenoso hasta 10 años después de su aplicación; el hexaclorobenceno se conserva durante 11 años por lo menos). Algunos pueden permanecer durante períodos de 5 a 30 años, como es el caso del DDT.

La evaluación del grado de contaminación del suelo por plaguicidas es de gran importancia por su transferencia a los alimentos, y porque los primeros centímetros del suelo se desplazan por las corrientes de aire y llegan por vía respiratoria a todos los organismos. En el caso de la ganadería, los residuos de plaguicidas pasan del suelo al forraje, y así finalmente a los animales, concentrándose en la grasa; por consiguiente se incrementan la concentración de residuos persistentes en la carne y la leche.

