

## ***El valor de los sistemas de monitoreo para la salud y el ambiente: aire y suelo***

Evaluación de calidad de suelo y aire

Mara Avendaño<sup>\*</sup>, Edith Filippini<sup>\*\*</sup>, Miriam Palomeque<sup>\*\*\*</sup> y Cecilia Estrabou<sup>\*\*\*\*</sup>

### **Resumen**

El presente trabajo pretende destacar la importancia del monitoreo ambiental como proceso de observación con el objeto de identificar la calidad del comportamiento de un sistema, subsistema o proceso, para uno o más elementos químicos o biológicos en el espacio y el tiempo, basándose en parámetros obtenidos a partir de datos derivados del uso de métodos comparables y en lo posible, estandarizados.

Se está realizando un estudio sistemático de suelos y aire en forma conjunta, en la región sudeste de la provincia de Córdoba, en proximidades de la localidad de Marcos Juárez. Los resultados obtenidos hasta el momento muestran una importante variación en la concentración de especies contaminantes (metales pesados y compuestos organoclorados) en suelo, entre las distintas campañas realizadas, aumentando notoriamente en época de siembra.

En lo relacionado con los estudios llevados a cabo en aire, utilizando diversas comunidades de líquenes, se evidencia que en ambientes urbanos la comunidad se reduce y homogeniza, posiblemente en relación al efecto sinérgico de contaminantes provenientes de diferentes fuentes y naturaleza.

Como resultado de este estudio, se está generando una base de datos útil a los efectos de propiciar un monitoreo continuo en la región, que permita realizar e introducir los ajustes o cambios necesarios y oportunos orientados al cuidado del entorno.

### **Palabras claves:**

Monitoreo ambiental. Suelo. Aire.

## ***The monitoring systems value for health and environment: air and soil***

Quality assessment of soil and air

Mara Avendaño, Edith Filippini, Miriam Palomeque y Cecilia Estrabou

### **Summary**

The aim of this paper is to highlight the importance of the environmental monitoring and observation process in order to identify the quality of the behavior of a system or a subsystem. It is carried out based on parameters obtained by using data from comparable and standardized methods determining one or more chemical or biological elements, in space and time.

A systematic study of soil and air is being done simultaneously in the south eastern region of the province of Córdoba, near of Marcos Juárez city. The results obtained so far shown a significant variation in the concentration of pollutant species (heavy metals and organochlorine compounds) in soil, between different samplings (in the time), increasing markedly in sowing season.

\* Lic. en Química, Becaria Doctoral, CONICET-MINCYT, FCEFYN, CICTERRA (CONICET-UNC). e-mail: [avendano.mc@gmail.com](mailto:avendano.mc@gmail.com)

\*\* Bióloga, Becaria Doctoral, CONICET-MINCYT, CERNAR, FCEFYN, UNC. e-mail: [edithfilippini@gmail.com](mailto:edithfilippini@gmail.com)

\*\*\* Dra. en Química, Investigadora FCEFYN, CICTERRA (CONICET-UNC). e-mail: [miriampalomeque@gmail.com](mailto:miriampalomeque@gmail.com).

\*\*\*\* Dra. en Biología, Investigadora y Directora CERNAR, FCEFYN, UNC. e-mail: [cecilia.estrabou@gmail.com](mailto:cecilia.estrabou@gmail.com)

*El valor de los sistemas de monitoreo para la salud y el ambiente: aire y suelo*

Studies carried out in air by using several lichen communities appears diminished and homogenized in urban environments. Possibly it is related to the synergistic effect of pollutants from different sources and nature.

Finally, this study is generating a useful basis for the purpose of promoting continuous monitoring in the region, and allows to insert necessary adjustments or changes and timely oriented to care environment.

**Keywords:**

Environmental monitoring. Soil. Air.

## Introducción

El interés por el tema “Evaluación de Riesgos” ha ido incrementándose y ha sido ampliamente considerado por organismos internacionales, entre ellos la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), la Organización Mundial de la Salud (OMS, en el contexto de su Programa Internacional sobre Seguridad Química IPCS), la Unión Europea y La Organización de Protección Fitosanitaria del Mediterráneo (EPPO), el Consejo de Europa y el Centro Europeo de Ecotoxicología y Toxicología de Sustancias Químicas (ECETOC) (Mercier M.; 1988, EPPO Bull 1993; ECETOC 1992, 1993, 2004) y la Comunidad Europea (Hansson S.O. & Rude C., 2006), entre otras.

Originalmente, las evaluaciones del riesgo se centraron en analizar riesgos para los seres humanos, sin embargo, actualmente se ha comenzado a considerar las consecuencias ecológicas de la contaminación ambiental a gran escala, debido a que los efectos ecológicos negativos causados por ejemplo, por la deforestación, la agricultura, el consumo excesivo de energía, así como la producción y el uso de productos químicos, han comenzado a amenazar la diversidad biológica y la integridad del ecosistema, y por lo tanto la existencia misma de la humanidad.

El monitoreo del ambiente es un proceso de observación que tiene como fin identificar, de manera sistemática, la calidad del desempeño de un sistema, subsistema o proceso, para uno o más elementos químicos o biológicos en el espacio y el tiempo, utilizando métodos comparables y en lo posible, estandarizados. De esta manera se pueden realizar e introducir los ajustes o cambios pertinentes y oportunos para el logro de sus resultados y cuidado del entorno.

El seguimiento se lleva a cabo para asegurar que se están cumpliendo con estándares preestablecidos y persigue varios propósitos (Billett, M. F., 1996) como: verificar la eficacia de los controles y su cumplimiento; alertar cuando se detectan cambios adversos en la salud humana y el medio ambiente; poder predecir acontecimientos futuros en base a análisis de series de tiempo y poder reconocer y clarificar procesos subyacentes. Además, se busca “verificar la validez de una hipótesis, retroalimentarla y consecuentemente tomar decisiones estratégicas y operativas fundamentadas sobre una base empírica”, y por lo tanto el monitoreo se traduce “en un proceso de producción y gestión de conocimientos empíricos y en una fuente de aprendizaje que contribuye a una mayor pertinencia y efectividad” (Bobadilla Diaz, P. 2010).

El rol de un monitoreo es muy importante tanto en la gestión del medio ambiente como en gestión de riesgos para la salud. Tanto el monitoreo biológico (determinación de metales en sangre o en orina, sustancias como tejido adiposo o sangre, metabolitos específicos de un producto químico en la orina o compuestos volátiles en el aliento exhalado), como el de efectos bioquímicos (determinación de productos de adición de una sustancia química específica a ADN o una proteína, o la variación en los niveles de las actividades enzimáticas específicas) son métodos necesarios para ayudar a entender mejor las complejas relaciones entre la exposición externa e interna y, como consecuencia de ello, los posibles efectos adversos para la salud. Estos deben considerarse como métodos de seguimiento de la exposición con una alta especificidad para la sustancia que se está midiendo. Ambos dan una medida de la exposición total real, independientemente de la vía de exposición (ECETOC, 2005).

La apropiada gestión de sustancias potencialmente peligrosas requiere que se monitoreen sus concentraciones y niveles en el ambiente, con el fin de mitigar riesgos tanto para los ecosistemas como para la salud humana. Las correctas decisiones de política ambiental están directamente relacionadas con la veracidad de los programas de monitoreo ambiental para lo cual se necesita identificar contaminantes claves, investigar su destino medioambiental, examinar el cumplimiento con los límites legales, anticipar posibles riesgos para la salud y el ambiente, estableciendo valores de base y tendencias temporales.

## *El valor de los sistemas de monitoreo para la salud y el ambiente: aire y suelo*

Los requisitos necesarios para el monitoreo de muchas sustancias químicas se pueden encontrar en muchas legislaciones nacionales e internacionales, a menudo con vista orientada al medio o asociadas al sector de una actividad en particular.

Mientras cientos de nuevos productos químicos entran en el mercado, gran parte de la información disponible de monitoreo, se refiere a muy pocos de ellos (a menudo sustancias químicas persistentes). El conocimiento de los efectos a largo plazo de sustancias nuevas o emergentes, se restringe a pocos casos de estudio. Por lo tanto, el número de químicos que son regulados y monitoreados es limitado.

Con el objeto de identificar y estudiar contaminantes nuevos en diferentes medios, es necesario definir programas de monitoreo y principios claros de manera que los conceptos de monitoreo científicos resulten sólidos y viables. Las estrategias de muestreo deben estar en relación a la política ambiental y responder a objetivos de monitoreo con un apropiado diseño de muestreo (número de muestras, frecuencia, localización), diseño analítico (parámetros, protocolos de muestreo, métodos) y reglas de decisión.

Para evaluar la calidad del sistema que se desea seguir y describir la información sobre su estado, se utilizan "indicadores". Así, diferentes indicadores componen un sistema de monitoreo que permita evaluar el impacto de los agrotóxicos sobre el ecosistema y, eventualmente, sobre la salud para generar bases de datos que permitan sustentar y crear políticas adecuadas para una sociedad justa y sana.

En esta investigación se busca generar un sistema de monitoreo de calidad de suelo y aire, de manera constante y precisa, y que no requiera la utilización de aparatos costosos para su desarrollo.

Argentina posee un extenso territorio y una variedad climática que permite que las actividades agrícolas sean uno de los pilares fundamentales de la economía. Dichas actividades han provocado un incremento en el interés por conocer los efectos y consecuencias que las mismas tienen sobre los ecosistemas.

El suelo, como parte de la litosfera, es un componente esencial del ecosistema terrestre que puede contaminarse química, biológica o físicamente de forma natural o antropogénica. En particular, los contaminantes presentes en el suelo pueden tener un impacto a corto o largo plazo sobre la salud humana y de otros animales, debido a las distintas y variadas vías de exposición (por ej. la inhalación, la ingestión pasiva de polvos generados por los suelos y el contacto dérmico) (Van Wijnen J.H. et. al 1990, Ryan J. A. et. al 2004 y Madrid F. et. al, 2008)

Muchos especialistas argentinos expertos en áreas de ecología ligadas a la actividad agropecuaria, coinciden en destacar como principales problemas ambientales el uso de fertilizantes y plaguicidas, los residuos de animales (producción animal en espacios reducidos), así como la degradación del suelo (pérdida de materia orgánica, nutrientes y erosión) y pérdida de diversidad (Hartemink A.E., McBratney A.B. and Ravendra Naidu, Ed., 2008).

Por lo expuesto, el monitoreo del suelo es esencial para evaluar la sostenibilidad del recurso suelo en respuesta a necesidades del hombre, como el uso del suelo y su probable contaminación (Billett, M. F. 1996).

El planteo de un programa de monitoreo para suelos se lleva a cabo con el fin de proporcionar información de referencia del suelo: un conjunto de datos que permita probar y validar modelos de simulación, evaluar los efectos sobre la calidad del suelo y finalmente realizar un seguimiento de los cambios en los parámetros utilizados. En particular la evaluación del estado de fertilidad de los suelos y del riesgo de los sitios contaminados, requieren de la cuantificación de disponibilidad química de las distintas especies y de parámetros inherentes a cálculos de riesgo (Kabata-Pendias, 2004). Además, requiere de un muestreo de referencia. El principio básico de la toma de muestras de

referencia consiste en tomar muestras en una misma ubicación en diferentes períodos de tiempo, en sitios que deben ser representativos del área en estudio.

Los posibles efectos sobre la salud, de especies químicas potencialmente peligrosas en el suelo, han sido ampliamente discutidos (Plumlee G.S. et. al 2007; National Research Council of the National Academies 2003 ; Morman S. A. et. al 2009; Thums C. R. et. al 2008; Reviews 2005, Reviews 2010) y por otro lado, numerosos estudios epidemiológicos recientes han aportado pruebas fehacientes de la asociación de la concentración de material particulado en el aire y sus efectos adversos sobre la salud (Pope C.A. et. al 2002). De allí la importancia de estudiar las porciones de suelo más superficiales y de ellas, la fracción de partículas de menor tamaño.

La regulación de contaminantes en muchos países se basa en contenidos totales de especies orgánica e inorgánicas potencialmente peligrosas. Para indicar si cierto impacto en el suelo puede representar un peligro para los humanos, las plantas o la vida animal, se utilizan valores estándares en función de las prácticas de uso de la tierra (DEFRA/EA).

Estudios de campo y de laboratorio han demostrado que los efectos biológicos de estas especies, no están relacionados directamente con su concentración total en suelo o sedimentos. Los organismos receptores se ven afectados por la fracción biológicamente disponible (biodisponible). Esta fracción depende de las interacciones de los contaminantes con los componentes del suelo, tanto por las propiedades del suelo como de las propiedades intrínsecas de los contaminantes (Hartemink A.E., McBratney A.B. and Ravendra Naidu, Ed., 2008).

El comportamiento de los contaminantes en los suelos es controlado tanto por su naturaleza, tipo y propiedades físico-químicas (estado de oxidación, estructura molecular, polaridad, solubilidad en el agua, lipofilidad, etc.) como por las propiedades fisicoquímicas del suelo (composición mineralógica, pH, materia orgánica, carga superficial, etc). Estas propiedades y el tiempo de contacto (envejecimiento), afectan a la fracción de contaminantes que pueden estar disponibles en un suelo determinado. Esto es particularmente importante en el caso de los estudios de suelo, dado que las diferentes especies químicas presentes interactúan con los componentes de los mismos, pudiendo transformarse a formas no disponibles para los receptores.

Los métodos químicos utilizados para evaluar cuantitativamente estos efectos desde el punto de vista toxicológico, incluyen mediciones de referencia de la composición química total del suelo y "test" para estimar el porcentaje disponible para ser absorbido por los organismos receptores. La norma ISO/DIS 17402 (ISO 2006) proporciona una lista de métodos disponibles para evaluar biodisponibilidad. La movilidad, disponibilidad externa y/o persistencia de metales y de compuestos orgánicos se evalúa aplicando una serie de métodos de extracción estandarizados (Dean J. R., 2007, Cummings S.P. (ed.), 2010], los que permiten diferenciar distintas fracciones de las especies químicas en el suelo (Madrid F., 2008; Morman S. A. et. al 2009 ; Makris K. C. et. al 2008 ; Juhasz A.L. et. al 2009; Turner A. et. al 2007; Sialelli J. et. al 2009; Matthew J. R. et. al 2013 ; Poggio L. et. al 2009; Rosende M. et. al 2013).

En base a lo planteado se está realizando estudios de suelos en zonas expuestas a agroquímicos fijando puntos de muestreo en el sudeste de la provincia de Córdoba, más precisamente en proximidades de la localidad de Marcos Juárez, que actualmente brindan valores de referencia y posteriormente serán monitoreados.

Como parámetros de seguimiento se utilizan pH, carbono orgánico e inorgánico, concentración de metales (Pb: plomo, Cr: cromo, Cd: cadmio, Ni: níquel, Zn: cinc, Cu: cobre) (Naidu R. 2008) y la determinación de la presencia de compuestos organoclorados (por ser estos de mayor persistencia) (Bayat S, et. al, 2014).

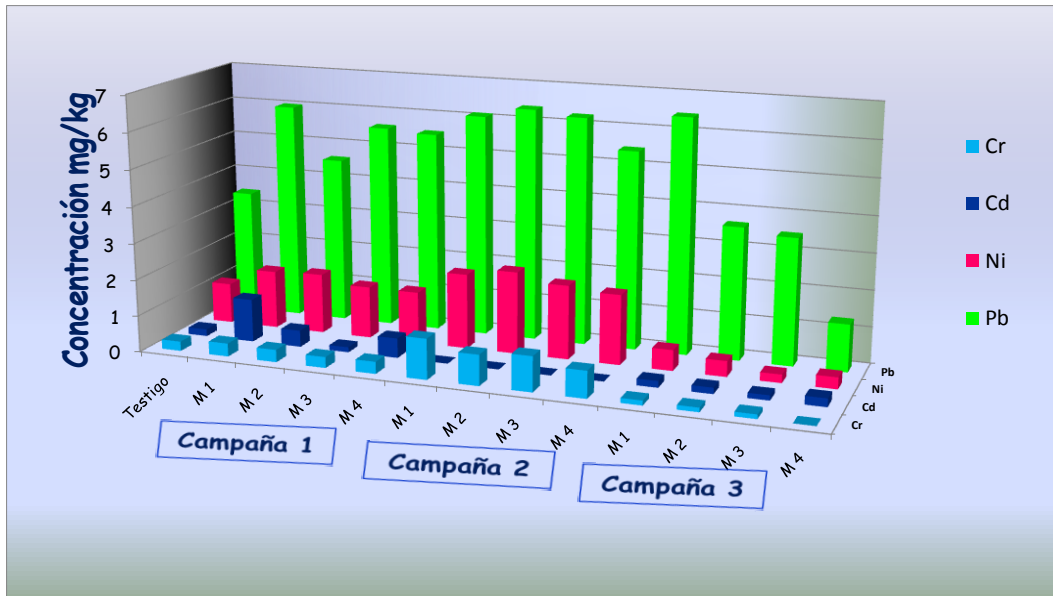
Los muestreos se iniciaron en abril de 2010, extrayendo la fracción disponible de metales con el método propuesto por la Comisión de Comunidades Europeas, Bureau of Reference (BCR) y modificado, al que se denomina BCR simplificado (Jimoh M. et. al 2005) mientras que la extracción

## El valor de los sistemas de monitoreo para la salud y el ambiente: aire y suelo

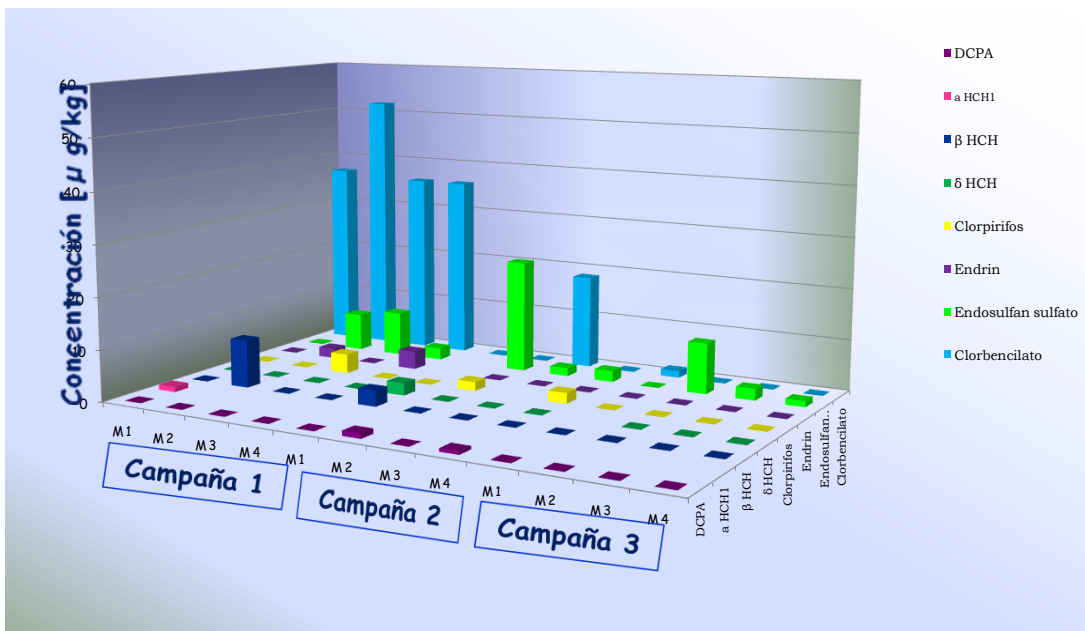
de plaguicidas organoclorados se llevó a cabo según las normas EPA 3550B (Method 3550B) y 8081B (Method 8081B). Los plaguicidas fueron separados y determinados por cromatografía gaseosa con columna capilar (HP-5; 30mx0,25; 0,25 $\mu$ m) y detector de captura electrónica.

Se presentan algunos de los resultados de los tres primeros muestreos (Figuras 1 y 2)

**Figura 1.** Concentración de metales pesados encontrada en las tres primeras campañas en relación a una muestra testigo.



**Figura 2:** Concentración de compuestos organoclorados encontrado en muestras de las tres primeras campañas.



Utilizando herramientas estadísticas (Análisis de Componentes Principales) se ha demostrado que existe aumento de las concentraciones de los metales en la fracción disponible durante los períodos de siembra y cosecha (período de mayor aplicación). Cabe destacar que no existen en nuestra

legislación valores guía de metal disponible, solo existen valores guía de su concentración total en suelo. Aun cuando los valores de concentración de metales disponibles encontrados no superan los valores totales permitidos para este tipo de muestras, claramente se observa que un aumento de la porción biodisponible con respecto a los valores correspondientes a la muestra testigo.

En relación a los estudios y análisis realizados con compuestos organoclorados, se evidencia el uso de plaguicidas tales como Clorobencilato,  $\beta$ -HCH, entre otros actualmente prohibidos y Endosulfán Sulfato (derivados de endosulfán). Se observa una variación importante en la concentración de los mismos entre campañas, siendo muy altas en época de siembra.

Si bien todos los químicos ofrecen algún grado de peligrosidad, a la hora de aprobar o discontinuar el uso de muchos de ellos se tienen en cuenta distintos elementos basándose en las posibilidades efectivas de control de la exposición o el resultado del análisis de casos registrados, como así también el progreso en el conocimiento científico, la capitalización de la experiencia internacionalmente adquirida y determinados compromisos asumidos en el espacio internacional. En este marco, el Ministerio de Salud de la Nación Argentina elabora y actualiza cada cierto tiempo el listado de químicos cuyo uso se encuentra restringido o prohibido en el país. Para ello, se consultan organismos e instituciones oficiales, cooperando representantes del INAL/ANMAT, de la Cancillería Nacional y de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, a las que se suman la Primera Cátedra de Toxicología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires y la Cátedra de Farmacología y Toxicología de la Universidad Nacional de Rosario a través del SERTOIX, como efectores asociados en la difusión del trabajo.

Dentro de los químicos encontrados en las muestras estudiadas en este trabajo, los pesticidas que poseen una prohibición total de uso y comercialización son los siguientes:

Aldrin (Decreto N° 2121/90)

Clorobencilato (Decreto 2121/90)

D.D.T. (Decreto N° 2121/90)

Endrin (Decreto N° 2121/90)

H.C.H.: ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  y  $\delta$  Hexacloro Ciclo Hexano, Ley 22289/80 y Disposición ANMAT 7292/98)

Heptacloro (Resolución SAGyP N° 1030/92)

Clorpirifós (Resolución MSN 456/2009)

Clordano (Decretos 2143/68 y 18073/69; Ley 26778/69 y Disposición ANMAT 7292/98)

Dieldrin (Ley 22.289/80)

Metoxicloro (Resolución SAGPyA 750/00; ANMAT 7292/98)

Mención aparte merece el Endosulfán (Resolución 511/2011) cuya restricción progresiva de elaboración y uso rige desde 07/2012, mientras que la prohibición de importación de su principio activo y los formulados se prohibió a partir del 07/2013.

En cuanto al control de la calidad del aire, la legislación vigente es pobre y obsoleta a la hora de responder a problemáticas actuales y en relación al desarrollo que el conocimiento ha alcanzado. En el ámbito provincial no existen programas que evalúen, menos aún que monitoreen la calidad del aire, ignorando el carácter esencial de ésta para garantizar la salud de las personas.

## *El valor de los sistemas de monitoreo para la salud y el ambiente: aire y suelo*

Desde hace más de 10 años, en la ciudad de Córdoba se emplea un enfoque alternativo y complementario a las técnicas de mediciones de compuestos contaminantes puntuales, basado en el estudio de líquenes como bioindicadores.

En general, podemos definir a un organismo bioindicador como aquel cuyas funciones vitales se relacionan con efectos ambientales, tanto naturales como antropogénicos, por lo que pueden ser utilizados para señalar la presencia de alguno de estos efectos (Hawksworth, 1992). Cualquier organismo vivo que muestra cambios en su fisiología o en su composición cuando es expuesto a un contaminante o a una mezcla de ellos es un organismo sensible a la contaminación y por lo tanto puede ser un bioindicador. Asimismo, su respuesta fisiológica puede ser evaluada como indicadora de contaminación (degradación de clorofilas, alteraciones en las membranas, etc.).

Los líquenes u hongos liquenizantes, son simbiosis entre hongos y algas u hongos y cianobacterias. Lo que los hace particularmente interesantes para su empleo como bioindicadores y determina su sensibilidad, es que están desprovistos de cutícula (lo que protege a las plantas del medio que las rodea) y carecen de estomas que posibiliten el intercambio de gases, en consecuencia los contaminante atmosféricos se acumulan en su interior.

Las experiencias llevadas a cabo, demuestran que estos organismos son muy eficaces para evaluar y monitorear este subsistema (Estrabou 1998; Estrabou *et al.*, 2004, Estrabou *et al.*, 2011). De hecho, el Municipio de Córdoba goza de una ordenanza (N° 9976/98) que regula lo referido a metodología para el control de calidad de aire, incorporando el estudio de bioindicadores liquénicos, aunque su aplicación es nula en la actualidad.

Si bien en muchos países del hemisferio norte el monitoreo del aire con bioindicadores es una política ambiental que data de décadas (Nimis *et al.*, 2002), en América del Sur se transitan fases iniciales y en áreas puntuales que aún no alcanzan una continuidad en el tiempo. Más aún, en áreas rurales y/o urbanas rodeadas de tierras con aplicación de agrotóxicos, no existen trabajos referidos a calidad del aire.

En este sentido, existen diferentes sistemas de monitoreo que emplean líquenes: los llamados monitoreos activos (que implica transplantar estos organismos desde zonas de baja contaminación atmosférica a zonas contaminadas y estudiar su respuesta) y el monitoreo pasivo, en el cual se estudian in situ, desde daños morfológicos y alteraciones en las estrategias reproductivas a nivel de especie, hasta parámetros comunitarios como la variación en la diversidad, cobertura y composición de especies. Desde hace tres años se viene desarrollando este último tipo de monitoreo en el sudeste de la provincia de Córdoba, conjuntamente con los estudios de monitoreo de suelo, por considerarlo el más apropiado para determinar la calidad del aire en zonas expuestas a agrotóxicos. Al igual que en el caso de suelos, es imprescindible conocer primero el estado de los bioindicadores en su lugar de exposición, lo cual aporta valores de referencia como base para su seguimiento temporal.

Los estudios que realizamos se basan en el desarrollo de conocimientos acerca de la ecología de comunidades liquénicas que habitan en cortezas del arbolado urbano y de pequeños bosques remanentes de lo que otrora fue la provincia fitogeográfica del Espinal. En la actualidad, estos ecosistemas se restringen a pequeñas áreas cercadas por campos de cultivo y además presentan un estado avanzado de fragmentación e invasión de especies exóticas.

Sin embargo, en la corteza de estos bosques, se desarrollan comunidades de líquenes que responden de manera diferencial al grado de exposición a los campos cultivados, esto es desde aquellas que se encuentran en los primeros árboles colindantes hasta las que están en árboles del centro del bosque. El número de especies, el porcentaje de cobertura y la composición en la comunidad (número de especies sensibles, tolerantes, resistentes) son algunos de los parámetros que se analizan como indicadores de calidad aire.



En ecosistemas urbanos la situación ambiental se hace más compleja, ya que no sólo la periferia urbana está expuesta a los campos de cultivo sino que también las fuentes de contaminación atmosférica se diversifican y aumentan con las emisiones provenientes de las fábricas y el parque automotor.

Esta conjugación de diferentes contaminantes impacta directamente en las comunidades de líquenes, simplificando su composición y afectando su cobertura. Lo que se evidencia es un aumento en la cobertura de aquellas especies nitrofilicas (tolerantes a la polución), seguido por un estado en que la comunidad se reduce a pocas de éstas especies, hasta situaciones extremas donde ya no es posible la vida de las mismas.

A continuación se expresan algunos indicadores, a modo de resumen, de los valores de referencia para estas comunidades (Tabla 1).

**Tabla 1.** Comunidades de líquenes en ecosistemas de bosques y urbanos. N: número de árboles analizados, N° de especies: número de especies líquénicas y % de cobertura: valores medios de porcentaje de cobertura de líquenes sobre la corteza de árboles.

	Bosque de Espinal (Estancia Yucat)	Bosque de Espinal (General Deheza)	Marcos Juárez (ciudad)	Villa Mará (ciudad)
N	40	40	48	50
N° de especies	40	37	17	10
% cobertura	31.89	33.36	14.86	11.03
Observaciones	Comunidades diversas con especies sensibles	Comunidades diversas con especies sensibles	Comunidades pobres con especies tolerantes	Comunidades pobres con especies tolerantes

Cabe destacar que las comunidades no son estrictamente comparables en cuanto a sus parámetros de comunidad, ya que existen otras variables en juego que son propias de cada ecosistema. Sin embargo, es evidente que en ambientes urbanos la comunidad de líquenes se reduce y homogeniza, posiblemente en relación al efecto sinérgico de contaminantes provenientes de diferentes fuentes y naturaleza, como se mencionó anteriormente.

Es imprescindible conocer la diversidad para entender el comportamiento de estos organismos en ecosistemas con diferentes situaciones ambientales y cómo ésta varía en el tiempo.

Es evidente que el espacio rural atraviesa un fuerte proceso de modificación, a tal extremo que gran parte de la superficie de la provincia de Córdoba se destina sólo a la agricultura y casi exclusivamente al monocultivo. Es en las condiciones de este espacio, donde los suelos se explotan al máximo y la aplicación de agrotóxicos aumenta año tras año, donde está viviendo nuestra sociedad, en pueblos y ciudades que progresan económicamente, pero que de algún modo están comenzando a advertir el impacto de estas actividades en su salud y la biodiversidad local.

Es por ende de fundamental importancia, la evaluación de riesgos a través de la implementación de un apropiado plan de monitoreo que permita minimizar los daños que se pueda provocar a la población y permita, a la vez, un buen desarrollo agroeconómico. El seguimiento continuo en base a

normas bien establecidas y claras permitiría un mejor control y, correcta y oportuna implementación de medidas frente a casos con tendencias a situación de riesgo.

## **Bibliografía**

Bayat S., Geiser F., Kristiansen P., Wilson S. (2014) , Organic contaminants in bats: Trends and new issues Environment International 63, 40–52

Billett, M. F. (1996). The Monitoring of Soil Properties. In: Soils, Sustainability and the Natural Heritage, Taylor, A.G., Gordon, J.E., and Usher, M.B. (eds.). Her Majesty's Stationary Office, Edinburgh. pp. 55-68.

Bobadilla Díaz, P (2010) “Diseño de indicadores para el monitoreo y evaluación de la Gestión Ambiental” ". <http://www.slideshare.net/tarazonajimenez>

Cummings S.P. (ed.), (2010), Bioremediation, Methods in Molecular Biology 599, chapter 1 and 2, DOI 10.1007/978-1-60761-439-5 2, Humana Press, part of Springer Science&Business Media, LLC

Hartemink A.E., McBratney A.B. and Ravendra Naidu, Ed., (2008), Chemical Bioavailability In Terrestrial Environments, Developments in Soil Science (32), Elsevier.

Dean J. R., (2007), Bioavailability, Bioaccessibility and Mobility of Environmental Contaminants, Ed. John Wiley & Sons, Ltd.

DEFRA/EA, Potential Contaminants for the Assessment of Land, R&D Publication CLR 8, Environmental Agency, UK , <http://www.environment-agency.gov.uk>

ECETOC Technical Report 50. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals. (1992). Estimating environmental concentrations of chemicals using fate and exposure models. Brussels, Belgium.

ECETOC Technical Report 51. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals. (1993). Environmental hazard assessment of substances. Brussels, Belgium.

ECETOC Technical Report 92. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals. (2004). Soil and sediment risk assessment of organic chemicals. Brussels, Belgium.

ECETOC Technical Report 93. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals. (2004). Targeted Risk Assessment. Brussels, Belgium.

EPPO Bull 23:1-165. European and Mediterranean Plant Protection Organization and Council of Europe. (1993). Decision making scheme for the environmental risk assessment of plant protection products.

ECETOC Document No 44. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (2005). Guidance for the interpretation of biomonitoring data. Brussels, Belgium.

Estrabou C, (1998). Lichen species identification and distribution according tolerance to airborne contamination in the city of Córdoba, Argentina. En: M.P. Marcelli & M.R.D. Seaward (eds.). Lichenology in Latin America: History, Current Knowledge and Applications. M. R. D. CETESB, São Paulo, pp. 165-169.

Estrabou, C., Stiefkens, L., Hadid, M., Rodríguez, J. M., & Pérez, A. (2004). Efectos de los contaminantes atmosféricos sobre la morfología y reproducción en cuatro especies de líquenes de Córdoba, Argentina. Ecología en Bolivia 39(2): 33-45.

Estrabou C., Filippini E., Soria J. P., Schelotto G. & Rodriguez J. M. (2011). Air quality monitoring system using lichens as bioindicators in Central Argentina. Environmental Monitoring Assessment 182 (1-4) :375-83.

Hansson S. O. and Rude C., (2006), FORUM, Priority Setting in the REACH System, Toxicological Sciences 90(2), 304–308.

Hawksworth D. L., (1992). Litmus tests for ecosystem health: the potential of bioindicators in the monitoring of biodiversity. En: Swaminathan MS, Jana WS (Eds.) Biodiversity: Implications for global food security. Madras, Macmillan India: 184-204.

Jimoh M., Frenzel W., Müller V., (2005), Microanalytical flow-through method for assessment of the bioavailability of toxic metals in environmental samples, Anal. Bioanal. Chem. 381, 438–44.

Juhasz A.L, Weber J., Smith E., Naidu R., Rees M., Rofe A., Kuchel T. and Sansom LL., (2009), Assessment of Four Commonly Employed in Vitro Arsenic Bioaccessibility Assays for Predicting in Vivo Relative Arsenic Bioavailability in Contaminated Soils, Environ. Sci. Technol. 43, 9487–9494

Kabata-Pendias (2004), A. Soil-plant transfer of trace elements - an environmental issue. Geoderma, 122, 143.

Madrid F., Biasioli M., Ajmone-Marsan F., (2008), Availability and Bioaccessibility of Metals in Fine Particles of Some Urban Soils, Arch Environ Contam Toxicol 55, 21–32.

Makris K. C., Quazi S., Nagar R., Sarkar D., Data R. and Silvia V.L., (2008), In Vitro Model Improves the Prediction of Soil Arsenic Bioavailability: Worst-Case Scenario Environ. Sci. Technol. 42, 6278–6284.

Manitoba Agriculture and Food. (2001). "Soil Sampling Strategies for Site Specific Management: Benchmark Soil Sampling." Web page accessed 26 March, 2003. Available at <http://www.gov.mb.ca/agriculture/soilwater/soilfert/fbd01s02.html#benchmark%20Soil%20Sampling>

Markert B., Oehlmann J. & Roth M. (1997). General aspects of heavy metal monitoring by plants and animals. En: Environmental Bimonitoring – Exposure assessment and Specimen Banking. Subramanian, K.S. & Iyengar, G.V., eds. ACS Symposium Series 654, American Chemical Society, Washington, DC, pág. 18-19.

Matthew J. R., Kieron J. D., Francis L. M., Kevin C. J., Kirk T. S. (2013), [Chemical measures of bioavailability/bioaccessibility of PAHs in soil: Fundamentals to application](#) Journal of Hazardous Materials, 261, 687–700.

Mercier M. (1988). Risk assessment of chemicals: a global approach. In Richardson ML, ed, Risk Assessment of Chemicals in the Environment. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, pp 73-91.

Method 3550B, “Ultrasonic extraction”, U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Monitoring and Support Laboratory, Cincinnati.

Method 8081B, “Organochlorine pesticides by gas chromatography”, U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Monitoring and Support Laboratory, Cincinnati.

Morman S. A., Plumlee G.S., Smith D. B., (2009), Application of in vitro extraction studies to evaluate element bioaccessibility in soils from a transect across the United States and Canada, Applied Geochemistry, 24,8, 1454-1463.

Naidu R., (2008), Developments in Soil Science, Chemical Bioavailability In Terrestrial Environments, vol. 32, Ed. Elsevier.

National Research Council of the National Academies, (2003), Bioavailability of Contaminants in Soils and Sediments: Processes, Tools, and Applications Committee on Bioavailability of Contaminants in Soils and Sediments, disponible en: <http://www.nap.edu/catalog/10523.html>. The National Academies Press, Washington, D.C.

Nimis P.L., Scheidegger C. & Woseley P, (2002). Monitoring with lichens- Monitoring lichens. Science Series IV, Earth and Environmental. Sciences. Dordrevht, Kluwer Academic Publishers.

Plumlee G.S., Ziegler T.L., (2007). The medical geochemistry of dusts, soils, and other earth materials. In: Lollar, B.S., Holland, H.D., Turekian, K.K. (Eds.), Treatise on Geochemistry, vol. 9. Elsevier, Oxford, pp. 1–61 (Chap. 7).

<http://www.sciencedirect.com/science/referenceworks/0080437516>.

Poggio L., Vrščaj B., Schulín R., Hepperle E., Marsan F. A., (2009), Metals pollution and human bioaccessibility of topsoils in Grugliasco (Italy) , Environ. Pollution, 157, 2, 680-689.

Pope C.A., (2002), Burnett R.T., Thun MJ., Calle E.E., Krewski D., Ito K., Thurston G.D., J Am Med Assoc 287(9),1132–1141.

Reviews, (2005), Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, Ed Springer, vol 184.

Reviews, (2010), Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, Ed Springer, vol 203.

Rosende M., Miró M. (2013), [Recent trends in automatic dynamic leaching tests for assessing bioaccessible forms of trace elements in solid substrates](#). Review Article TrAC, Trends in Analytical Chemistry, 45, 67-78.

Ryan J. A., Scheckel K. G., Berti W. R., Brown S. L., Casteel T. W., Chaney R. L., Hallfrish J., Doolan M., Grevat P., Maddaloni M., Mosby D., (2004), Reducing children’s Risk from Lead in Soil., , Environmental Science & Technology, 1, 19A.

Sialelli J., Davidson C. M., Hursthouse A.S., Ajmone-Marsan Human F., (2009), bioaccessibility of Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in urban soils from the city of Torino, Italy, Environ Chem Lett DOI 10.1007/s10311-009-0263-5 D.

Thums C. R., Farago M. E., Thornton I.; Bioavailability of trace metals in brownfield soils in an urban area in the UK , 2008, Environ Geochem Health 30, 549–563.

Turner A., and Ka-Hei Ip, (2007), Bioaccessibility of Metals in Dust from the Indoor Environment: Application of a Physiologically Based Extraction Test, Environ. Sci. Technol., 41 (22), 7851-7856

Van Wijnen J.H., Clausing P., Brunekreef B., (1990). Estimated soil ingestion by children. Environ. Res. 51, 147–162.