



LEARNING TOXICOLOGY
THROUGH OPEN EDUCATIONAL
RESOURCES

ESQUEMA DE MONITOREO AMBIENTAL Y ACTIVIDADES RELACIONADAS

Camelia DRAGHICI, Ileana MANCIULEA

Transilvania University of Braşov

c.draghici@unitbv.ro, i.manciulea@unitbv.ro



Erasmus+

This work is licensed under a Creative
commons attribution – non commercial 4.0
international license



1. INTRODUCCION

Esta unidad contiene lo siguiente:

- Objetivos de monitoreo ambiental;
- Esquema de monitoreo ambiental;
- Actividades relacionadas;
- Qué significa caracterizar la calidad del medio ambiente.

Al final de esta unidad, los estudiantes podrán entender:

- La importancia de la actividad de monitoreo ambiental;
- La estructura de los sistemas de monitoreo - esquema de flujo y actividades relacionadas;
- Las actividades necesarias para someterse a las mediciones de contaminantes de muestras ambientales.

Para una mejor comprensión de la siguiente presentación, se necesita la definición de monitoreo ambiental. Por lo tanto, el **monitoreo ambiental (MA)** es una actividad compleja basada en la adquisición de datos sobre el estado de la calidad ambiental, obtenida luego de mediciones a largo plazo y sistemáticas de parámetros e indicadores ambientales, con cobertura espacial y temporal, organizados de tal manera para asegurar la contaminación a controlar.

Los especialistas en monitoreo ambiental están concentrando sus esfuerzos en las modificaciones de las "propiedades" ambientales, registradas como consecuencia de la contaminación y/u otros factores naturales o antropogénicos. Por lo tanto, diferentes tipos de monitoreo han sido delimitados y desarrollados, como:

- *monitoreo geofísico* - estudio de modificaciones geofísicas;
- *monitoreo químico* - estudio de los cambios en la composición química que ocurren en el medio ambiente;
- *control físico*: estudio de las propiedades físicas (ruido, radioactividad);
- *monitoreo bioquímico* - estudio de los cambios bioquímicos.

Debido a la complejidad de la composición de los compartimentos ambientales, el monitoreo químico siempre tendrá un enfoque interdisciplinario, un equipo de trabajo con especialistas con diferentes antecedentes: químicos, bioquímicos, biólogos, ecologistas, hidrólogos, meteorólogos, geógrafos, estadísticos, especialistas en TIC, físicos, toxicólogos, epidemiólogos, y otros.

La siguiente presentación se centrará en el **monitoreo químico**, principalmente en el proceso analítico de muestras de diferentes compartimentos ambientales (aire, agua, suelo). Los resultados del monitoreo están diseñados para ser útiles para evaluar el estado del medio ambiente y la influencia de la contaminación en la salud pública.

2. SEGUIMIENTO DE FLUJO Y ACTIVIDADES RELACIONADAS

El monitoreo puede realizarse teniendo dos objetivos principales diferentes, afectados por la contaminación y/u otros factores naturales o antropogénicos que influyen:

- *monitoreo ambiental* - relevamiento de los componentes del medio ambiente;
- *monitoreo biológico*: estudio del estado de salud de las plantas y los animales.

En la Figura 1 se presenta una descripción general de las etapas del flujo de monitoreo ambiental, que incluye los procesos más importantes involucrados, y se presentará más detalladamente:

1. etapa de planificación,
2. etapa de ejecución
3. y etapa de evaluación.

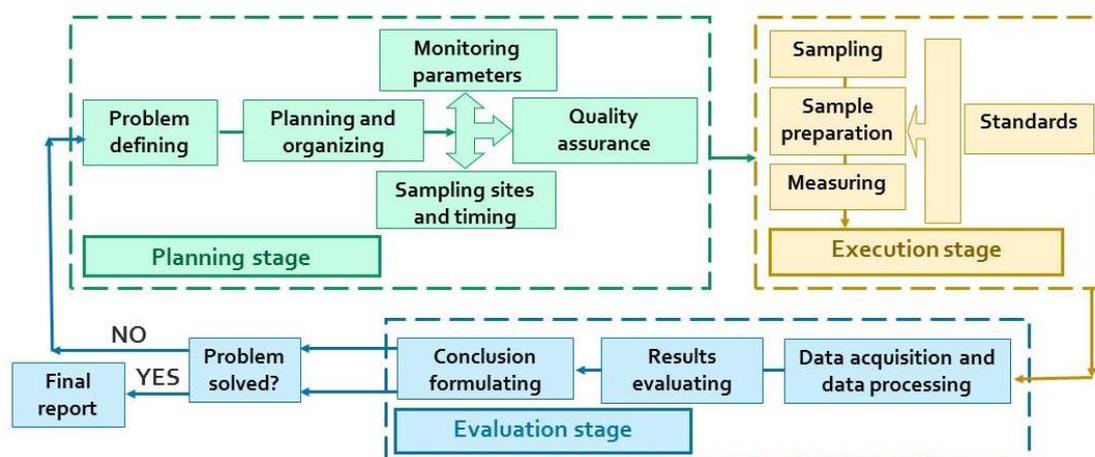


Figura 1. Principales etapas del flujo de monitoreo ambiental.

2.1. ETAPA DE PLANIFICACIÓN

La primera etapa de las actividades de monitoreo ambiental es la planificación, que comienza con la definición del problema (Figura 2).

Definición de problema

Cuando ocurre un evento ambiental indeseable, el problema debe ser cuidadosamente definido, a fin de permitir la formulación de los objetivos y sus acciones relacionadas, planificando los procedimientos requeridos.

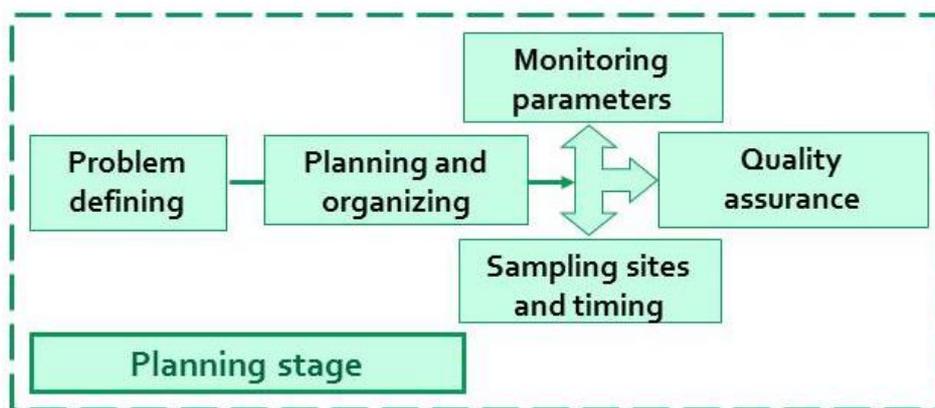


Figura 2. Etapa de planificación del flujo de monitoreo ambiental

La definición del problema significa responder en primer lugar a las siguientes preguntas:

- tenemos un problema ambiental o no;**
- ¿Hay alguna actividad con impacto ambiental significativo identificado?**

Si las respuestas son positivas, se establecen el propósito y los objetivos para el monitoreo ambiental.

Planeando y organizando

Después de definir el problema ambiental, el siguiente paso es organizar el sistema, que sigue varios aspectos:

- establecer las instituciones responsables y competentes a cargo de llevar a cabo el programa de monitoreo ambiental;
- organizar los laboratorios responsables con personal especializado con equipos y métodos analíticos adecuados;
- organizar el programa de monitoreo, estableciendo los parámetros de monitoreo de interés, puntos de muestreo y calendario/campañas, muestreo y procedimientos analíticos, procedimientos de evaluación de datos.

Todas las actividades involucradas están sujetas a un control interno de la calidad y un sistema externo de control de calidad.

2.2. ETAPA DE EJECUCIÓN

La segunda etapa del flujo de actividades de monitoreo ambiental es la ejecución. Durante esta etapa, se produce el proceso analítico (Figura 3.).

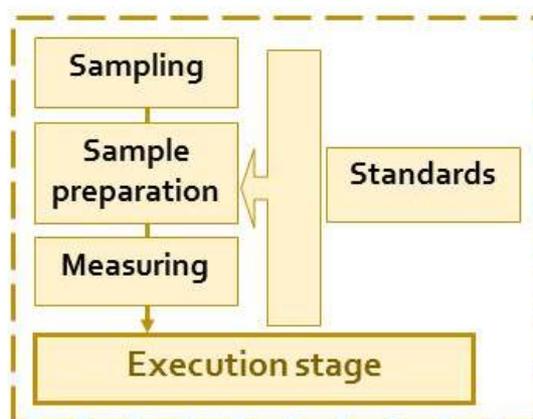


Figura 3. Etapa de ejecución del flujo de monitoreo ambiental.

El proceso analítico consiste en todas las actividades realizadas para determinar el valor de los parámetros de interés, desde el muestreo hasta las mediciones.

El muestreo es un término genérico que define dos actividades realizadas en muestras ambientales: (1) toma de muestras de medios ambientales (también simplemente utilizada como "muestreo") y (2) preparación de muestras o pretratamiento de muestras.

Por lo tanto, mientras que el **muestreo** implica la toma/recolección de muestras de aire, aguas, suelos o biota, la **preparación de muestras** involucra todas las actividades llevadas a cabo por métodos y técnicas específicas, para traer el compuesto de interés (contaminante) presente en diferentes matrices, a una forma medible.

La **medición** del parámetro ambiental se basa en métodos analíticos específicos y técnicas disponibles y aplicables para diferentes matrices de muestras y para diferentes contaminantes.

Para muestras ambientales, existen **métodos estandarizados** para todos los pasos analíticos, muestreo, preparación de muestras y medición.

2.3. ETAPA DE EVALUACIÓN

La etapa de ejecución, incluido el proceso analítico, es seguida por la evaluación (Figura 4). Esto consiste en actividades diseñadas para convertir la información obtenida de las mediciones (datos) en información útil basada en resultados.



Figura 4. Etapa de evaluación del flujo de monitoreo ambiental.

Adquisición de datos y procesamiento de datos

Los datos de medición se registran en un sistema de base de datos (adquisición de datos) específico para cada instrumento y equipo de medición. Los datos se procesan en función de las leyes físico-químicas, las fórmulas y los cálculos se utilizarán para finalmente expresarlos como información útil, como resultados.

Evaluación de resultados

Los resultados se evalúan y se presentan como tales, **en tablas** o se usan para diseñar **gráficos di(multidimensionales)** más relevantes.

Comúnmente, los gráficos de monitoreo muestran la evolución en el espacio o en el tiempo de los parámetros ambientales, que se presentan con mayor frecuencia como concentración de contaminantes. La forma gráfica de presentar los resultados del monitoreo permitirá a los tomadores de decisiones formular conclusiones y tomar decisiones relevantes.

Formulación de conclusión

Si las conclusiones responden al problema identificado, se puede completar un informe de monitoreo final (Figura 1.). Si las conclusiones no responden al problema formulado, se reanuda el ciclo de los pasos de monitoreo, y comienza identificando las etapas fallidas en la resolución de problemas.

Para resumir, la Figura 1, muestra el ciclo del programa de monitoreo ambiental, que incluye las principales etapas de las actividades llevadas a cabo, desde la definición del problema hasta la finalización del informe final.

3. ACTIVIDADES DE MONITOREO AMBIENTAL Y RESULTADOS RELACIONADOS

El monitoreo ambiental es un complejo proceso de vigilancia que busca entregar la información más relevante sobre la presencia de los contaminantes en los componentes / compartimentos ambientales: aire, agua, suelo y biota.

Siguiendo las mismas etapas principales del ciclo de monitoreo ambiental, presentaremos las actividades relacionadas con los productos relacionados. Las etapas de planificación, ejecución y evaluación se mantuvieron con los mismos colores que se muestran en el esquema anterior (Figura 1.), y los resultados de las actividades correspondientes se presentan en recuadros rojos (Figura 5.).

3.1. COMPONENTES AMBIENTALES

Nuestra presentación adicional estará dedicada al monitoreo ambiental, interesándose en muestras tomadas de diferentes componentes ambientales y sus subsistemas específicos:

- aire - aire exterior e interior;
- agua - aguas superficiales y aguas subterráneas;
- suelo - suelos y subsuelo;
- biota - microorganismos, plantas y animales.

El **aire y el agua** son sistemas complejos, en estados de agregación fluida, principalmente homogéneos. Debido a sus propiedades de movilidad, el aire y el agua se consideran vectores de la propagación de contaminantes.

Tanto para el aire como para el agua, las emisiones y las inmisiones se pueden controlar por separado. Las **emisiones** consisten en contaminantes emitidos en el ambiente de diferentes fuentes (llamadas emisores), mientras que las **inmisiones** consisten en el contenido total de contaminantes en el medio ambiente, como resultado de la exposición a una combinación de emisiones (emisiones totales).

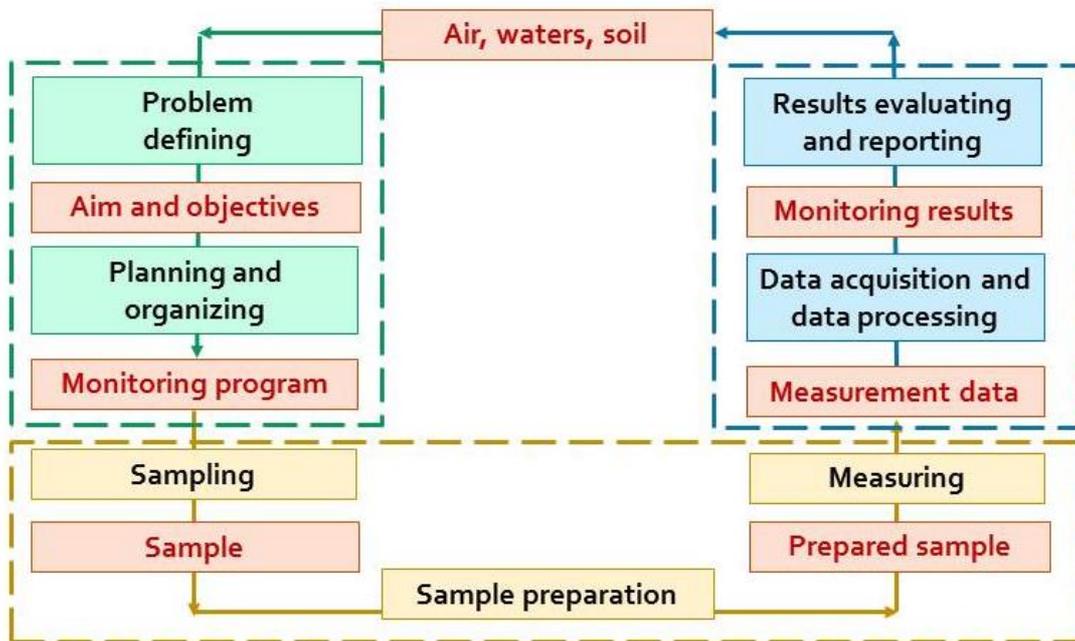


Figura 5. Flujo de monitoreo ambiental y resultados relacionados.

La presencia de contaminantes en el aire y el agua se evalúa como:

- concentración,
- velocidad de dispersión,
- flujo.

El **suelo** es un sistema más complejo, más heterogéneo, considerado como una interfaz que absorbe y retiene contaminantes del aire y el agua.

La presencia de contaminantes en el suelo se evalúa de la siguiente manera:

- concentración,
- tiempo de retención,
- otros indicadores de retención.

Biota que consiste en plantas y animales, participa en procesos como la biotransformación, la bioacumulación y la biomagnificación de los contaminantes, por lo que se utilizan como biomonitores.

Como se esperaba, la presencia de contaminantes en la biota se evalúa mediante diferentes parámetros en cuanto a su presencia en el aire, el agua y el suelo:

- concentración (cantidad),
- tasa de bioacumulación,
- otros indicadores de bioacumulación.

Las emisiones y las inmisiones son términos sin relevancia relacionados con la caracterización de la calidad del suelo y la biota.

3.2. PROPOSITOS Y OBJETIVOS DE MONITOREO AMBIENTAL

Como resultado de la definición del problema, se pueden formular el propósito y los objetivos del programa de monitoreo de la calidad ambiental. Estos pueden variar según el tipo de programa de monitoreo, basado en proyectos de investigación o en mediciones institucionales sistémicas.

El monitoreo ambiental puede ser un tema de interés para proyectos desarrollados por equipos de **investigación**. Proponen proporcionar información objetiva sobre la calidad del aire, el agua y los suelos, con el objetivo de determinar la relación entre la presencia de contaminantes en el medio ambiente y su impacto en los organismos vivos, mediante:

- identificar la exposición de la población y su impacto en la salud;
- estudiando la relación dosis-respuesta;
- identificar amenazas a los ecosistemas naturales.

El segundo tipo de monitoreo se basa en mediciones sistémicas, organizadas por instituciones autorizadas. En este caso, el objetivo es determinar los contaminantes presentes en el medio ambiente (control de la contaminación), pero también identificar la exposición de la población y evaluar su impacto en la salud.

Teniendo en cuenta que el monitoreo ambiental sistémico es parte del sistema de gestión ambiental, los principales **objetivos** son:

- proporcionar información objetiva para la gestión de la calidad del aire y el agua, la planificación del uso del suelo;
- determinar el cumplimiento de las regulaciones nacionales o internacionales; los resultados se comparan con los límites aceptados de las concentraciones de contaminantes en el aire, el agua y el suelo;
- identificar la distribución de fuentes de contaminación, causando modificaciones en la calidad ambiental;
- identificar amenazas a los ecosistemas naturales;
- informar al público sobre la calidad del medio ambiente y establecer sistemas de alerta;
- desarrollar y validar herramientas de gestión tales como modelos y sistemas de información geográfica;

- desarrollar políticas y establecer prioridades para las acciones de gestión ambiental;
- cuantificar las tendencias para identificar problemas futuros o avances en el logro de los objetivos de gestión o control.

Con base en el procesamiento estadístico de los datos registrados por las bases de datos de monitoreo ambiental y salud pública, se establecen los límites aceptados de las concentraciones de contaminantes en los compartimentos ambientales.

3.3. PROGRAMA DE MONITOREO

El resultado de la etapa de planificación y organización es el programa de monitoreo, teniendo en cuenta lo siguiente:

- establecer los parámetros o indicadores a monitorear;
- fijar la posición de los sitios y puntos de muestreo;
- fijar las campañas de monitoreo, en términos de duración del programa de monitoreo, muestreo y ritmo de las mediciones;
- elegir los métodos y técnicas de muestreo y medición;
- establecer los procedimientos para la adquisición y el procesamiento de los datos de medición, a fin de obtener los resultados del monitoreo;
- arreglar el ritmo y la forma de informar.

Por lo tanto, al presentar los componentes ambientales, establecer la meta y los objetivos, así como el programa de monitoreo, los resultados de la etapa de planificación del MA se completan (Figura 6.).

3.4. MUESTRAS AMBIENTALES

La **muestra** es una parte de un sistema (en nuestro caso del entorno) representativa del lugar y momento del muestreo. Después de las operaciones de muestreo, las muestras se recogen de los compartimentos del entorno y luego se preparan para el análisis.

Las muestras ambientales, al ser mezclas de componentes múltiples, son muy complejas, debido a varias consideraciones:

1. estado de agregación de muestra:

- *gaseoso*, como el aire atmosférico, el aire interior, cualquier emisión gaseosa;
- *líquido*, como aguas (superficie, aguas subterráneas), aguas residuales, lixiviados;
- *sólido*, como suelo, biota, lodos de aguas residuales, sedimentos;

2. naturaleza de la muestra, de origen mineral (compuestos inorgánicos) o de origen biológico (compuestos orgánicos);

3. composición de muestra:

- (más) *homogéneo*, como el aire, las aguas;
- (principalmente) *heterogéneo*, como aerosoles, humo, aguas con materia en suspensión, lodo de aguas residuales, sedimentos, suelo, biota;

4. solubilidad de los compuestos de las muestras:

- compuestos solubles en agua (hidrófilos);
- compuestos insolubles en agua (hidrófobos).

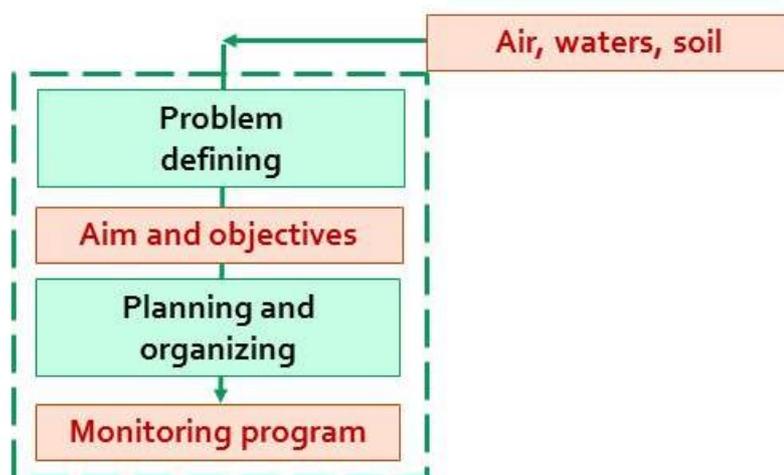


Figura 6. Etapa de planificación de monitoreo ambiental y resultados relacionados.

3.5. DATOS DE MEDICIONES

Después de recolectar y preparar muestras tan complejas, la caracterización de una muestra consiste en determinar los parámetros de calidad, en particular la concentración de los contaminantes presentes en las muestras ambientales, en base a las mediciones:

- *análisis cualitativo*, respondiendo a la pregunta "¿qué contaminantes están presentes en la muestra?"
- *análisis cuantitativo*, respondiendo a la pregunta "¿cuánto de cada contaminante está presente?".

Las mediciones se basan en métodos analíticos que utilizan el equipo adecuado. Para análisis ambientales, están disponibles **métodos analíticos estándar**, regulados por instituciones y organizaciones acreditadas. En los laboratorios para el análisis ambiental, también se aceptan **métodos no estándar**, tanto los

métodos estándar como los métodos no estándar están sujetos a la **validación del método** antes de su uso.

Las mediciones proporcionan datos, expresados en unidades específicas para el método analítico y el equipo. Los datos se adquieren y almacenan en sistemas de adquisición de datos. La mayoría de ellos, hoy en día, son software especializado entregado junto con el equipo de medición. Estos programas aseguran no solo la adquisición de datos, sino también el procesamiento de datos preliminar, y pueden mostrar datos en diferentes modos: tablas, gráficos, diagramas.

Con los datos de medición, se presentaron la etapa de ejecución y los productos relacionados del MA (Figura 7.).

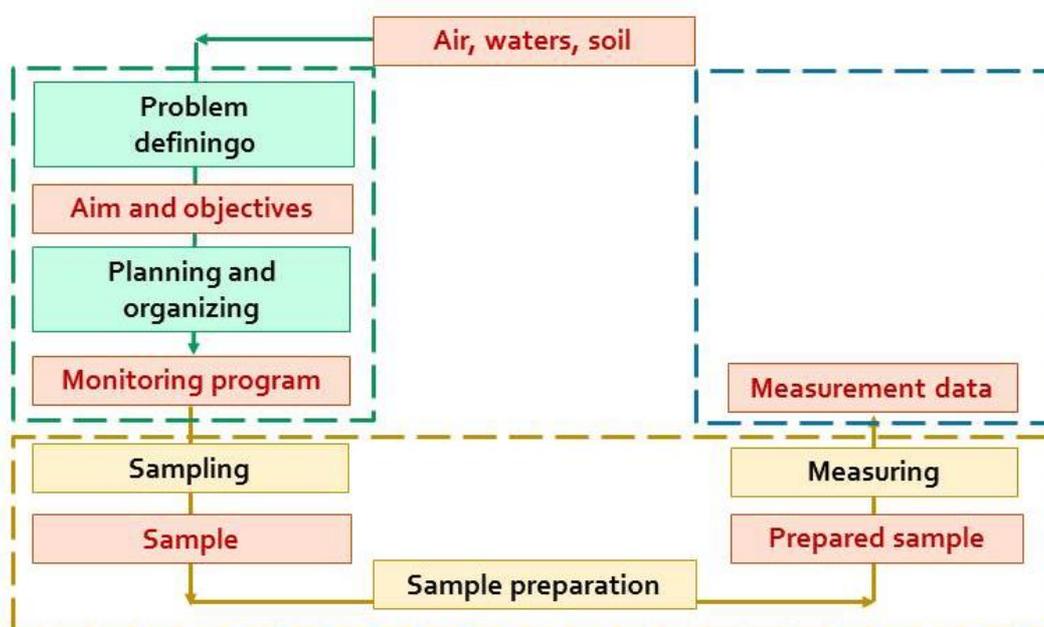


Figura 7. Etapa de ejecución de monitoreo ambiental y resultados relacionados

3.6. RESULTADOS DEL MONITOREO

Los datos obtenidos de las mediciones se procesan sobre la base de leyes físico-químicas, transformándose en resultados. Los resultados del monitoreo se expresan como concentraciones de contaminantes, en unidades de acuerdo con las regulaciones.

Concentración significa cualquier reporte del contenido del analito (contaminante) a la muestra. Las unidades de concentración dependen del

estado de agregación de la muestra (gaseoso, líquido o sólido) y del nivel de cantidad del analito y de la muestra.

En la Tabla 1, se presentan ejemplos de unidades de concentración de contaminantes específicos del contenido de los contaminantes en muestras gaseosas, líquidas y sólidas, de acuerdo con las reglamentaciones:

- en muestras gaseosas, las concentraciones se expresan como la relación entre la masa de contaminante (mg, μg) y el volumen de muestra gaseosa (m^3);
- en muestras líquidas, las concentraciones se expresan como la relación de la masa contaminante (mg, μg , ng) al volumen de muestra líquida (L, mL);
- en muestras sólidas, las concentraciones se expresan como relación de masa contaminante (mg, μg , ng) a masa de muestra sólida (g, kg).

Tabla 1. Unidades de concentración para contenido de contaminantes en muestras ambientales.

Estado de agregación de muestra	Ejemplos de muestras	Unidades de concentración*
gaseoso	emisiones gaseosas, aire atmosférico / interior	mg/m^3 ; $\mu\text{g}/\text{m}^3$
líquido	aguas, fluidos biológicos	ppm: mg/L ; $\mu\text{g}/\text{mL}$ ppb: $\mu\text{g}/\text{L}$; ng/mL
sólido	suelos, sedimentos, lodos cloacales, biota	ppm: mg/kg ; $\mu\text{g}/\text{g}$ ppb: $\mu\text{g}/\text{kg}$; ng/g (masa de muestra seca)

* ppm – partes por millón; ppb – partes por billón

Los resultados del monitoreo se informan a las instituciones autorizadas o a cualquier grupo que haya lanzado un programa de monitoreo y que sean objeto de análisis estadístico, revisión y publicación o diseminación.

Con la presentación de los informes de concentración de contaminantes, se completó la última etapa del monitoreo ambiental, el de evaluación (Figura 5.). Los resultados deben responder al propósito y los objetivos del programa de monitoreo, cerrando así el ciclo de las etapas de monitoreo.

REFERENCIAS

1. Chunlong C.Z., Fundamentals of Environmental Sampling and Analysis, John Wiley & Sons, Hoboken NJ, USA, 2007.
2. Colbeck, I., Draghici, C., Perniu, D., (Eds), Environmental Pollution and Monitoring, in EnvEdu series, ISSN 1584-0506, ISBN 973-27-1169-8, Romanian Academy Press, Bucharest, 2003.
3. Draghici, C., Chirila, E., Complex Characterization of Polluted Samples, in L. Simeonov, M. Hassanien (Eds.), Exposure and Risk Assessment of Chemical Pollution – Contemporary Methodology, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2009, 165-180.
4. Manahan S.E., Environmental Chemistry, CRC Press LLC, Boca Raton FL, USA, 2001.
5. Patnaik P., Handbook of Environmental Analysis, 2nd Edition, CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton FL, USA, 2010.
6. <https://www.eea.europa.eu/>
7. <https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/environmental-monitoring>



**VNiVERSiDAD
DSALAMANCA**

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



South-Eastern Finland
University of Applied Sciences

U. PORTO



**Universitatea
TRANSILVANIA
din Braşov**



**UNIVERZITA
KARLOVA**



ИКИТ

<https://toxoeer.com>

Project coordinator: Ana I. Morales
Headquarters office in Salamanca.
Dept. Building, Campus Miguel de Unamuno, 37007.
Contact Phone: +34 663 056 665