



Guía de Prácticas Ambientalmente Sostenibles en Laboratorios

Nº 2016-1-ES01-KA202-024977



www.ecvetlab.eu
info@ecvetlab.eu



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

"El apoyo de la Comisión Europea para la elaboración de esta publicación no implica la aceptación de sus contenidos, que es responsabilidad exclusiva de los autores. Por tanto, la Comisión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida."

novotec

FUNDACIÓN **equipo humano**

MMC Mediterranean
Management Centre

 Πανεπιστήμιο Κύπρου
University of Cyprus

ITE
PIB


3s

eurolab

Título: Guía de Prácticas Ambientalmente Sostenibles en Laboratorios

Autores: Skoczylas Katarzyna, Popi Karaolia, Costas Michael, Toumazis Toumazi, Yiota Photiou, Despo Fatta-Kassinis, Carolina Schneider, Silvia Pascual y Maria Knais

Editores científicos: Isabel Dominguez

Revisión técnica: EUROLAB TCQA members

Nosotros también recibimos la contribución de Laboratorios Europeos.

Diseño gráfico: Anaïs de Gracia y Beatriz Blanco

Edición: Clara Borja

ISBN 6130365057860

Guía de Prácticas Ambientalmente Sostenibles en Laboratorios ha sido desarrollada bajo el proyecto ECVET-Lab de Erasmus +: "Implementación y Validación de Formación No-formal para trabajadores de Laboratorios de Control Ambiental". Este proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación solo refleja la visión del autor, y la Comisión no puede hacerse responsable de cualquier uso que se pueda hacer de la información contenida dentro.

Publicado: Mayo 2018

Valencia (España)

Proyecto Erasmus +: 2016 – 1 – ES01 – KA202 – 024977



Tabla de contenidos

1. Antecedentes	04
2. Objetivo de la guía	05
3. Público objetivo	06
4. Fases de elaboración	07
• Invitación a laboratorios y otras partes interesadas	07
• Desarrollo de cuestionarios	07
• Desarrollo de grupos de trabajo	07
• Selección de buenas prácticas	08
5. Buenas Prácticas en Laboratorios	09
USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS	10
GESTIÓN DE RESIDUOS	28
GESTIÓN DE LA ENERGÍA	40
GESTIÓN DEL AGUA	47
USO DE OTROS RECURSOS	52
RUIDO	53
EMISIONES ATMOSFÉRICAS	57
AGUAS RESIDUALES	62
GESTIÓN AMBIENTAL	63
6. Conclusiones	72
7. Laboratorios involucrados	74
8. Universidades colaboradoras y Centros FP	78
9. Socios desarrolladores del proyecto	79
10. Bibliografía	80
11. Apéndice 1	83

1. Antecedentes

ECVET-Lab es un proyecto financiado por el programa ERASMUS+ de la Comisión Europea. El proyecto contribuye a la implementación y validación de formación no reglada sobre prácticas ambientalmente sostenibles, dirigida a técnicos de laboratorios de control ambiental.

Las operaciones realizadas por los laboratorios de control ambiental pueden tener un impacto ambiental significativo, desde el consumo de energía y otros recursos hasta el uso de químicos y equipamientos y la producción de residuos.

La experiencia demuestra que, en muchos casos, este impacto podría reducirse o incluso evitarse de una forma eficiente en costes sin comprometer la seguridad.

Recopilar las **buenas prácticas** que están aplicando algunos laboratorios es esencial para impulsar su implementación en otros, siendo éste uno de los objetivos del proyecto.

El intercambio de conocimiento y experiencias entre laboratorios de distintos países europeos se considera de suma importancia para definir las **mejores prácticas** aplicables al sector, así como para promocionar su implementación.

2. Objetivo de la guía

El objetivo de esta guía consiste en presentar ejemplos de **buenas prácticas** mediante la descripción de casos aplicados en toda Europa. Estas **buenas prácticas** pueden ser aplicadas en otros laboratorios, tal y como son explicadas en la guía, o bien adaptadas a las necesidades de los laboratorios y técnicos.

Las prioridades de la guía se centran en:

1. Mejorar el conocimiento y comprensión sobre cuestiones relativas a la sostenibilidad ambiental en el lugar de trabajo.
2. Mejorar la preparación técnica en el laboratorio sobre los métodos de trabajo sostenibles.

Más específicamente, la guía pretende trabajar en la mejora de las áreas clave fomentando la sensibilización del personal de laboratorio, de forma que puedan implementar las mejores prácticas en sus respectivos laboratorios para:

- Conservar los recursos naturales, agua, energía y materias primas, consumidos en las actividades desarrolladas en el laboratorio.
- Aplicar medidas en los equipos de laboratorio y los sistemas de iluminación, para mejorar la eficiencia en el uso de la energía, así como utilizar fuentes de energía renovables.
- Proteger a las personas y entorno ambiental del laboratorio, de riesgos químicos y biológicos, a través de la prevención de la contaminación del agua residual y la gestión segura de residuos.



3. Público objetivo

El principal grupo objetivo de esta guía son los técnicos que trabajan en laboratorios de control ambiental; sin embargo, las **buenas prácticas** descritas también pueden ser útiles para cualquier tipo de laboratorio que tenga impactos similares.

Mediante esta guía, los técnicos se beneficiarán mejorando su conocimiento y promoviendo un cambio de comportamiento en relación a temas ambientales.

Otros públicos incluyen distintas partes interesadas que pueden influir en el comportamiento en los laboratorios. Estos pueden ser, entre otros:

- Centros educativos relacionados con la formación profesional, tanto inicial como continua, así como colegios y universidades.
- Organismos públicos responsables de elaborar políticas en los campos de la educación y del medio ambiente, por consiguiente de integrar las **buenas prácticas** en las estrategias públicas y en la normativa.
- Institutos tecnológicos, que tienen capacidad de dirigir la innovación hacia las **mejores prácticas**.
- Organismos de certificación, auditores y directores de calidad, que tienen un papel en la evaluación de los laboratorios.
- Clientes y organizaciones de la sociedad civil que actúan como motores de cambio.

4. Fases de elaboración

Dos herramientas han sido claves para identificar las *buenas prácticas* descritas en esta guía. Por una parte, se preparó una lista de chequeo que incluía un listado de posibles *buenas prácticas* de forma que los laboratorios pudieran señalar y describir aquellas que habían implementado. Por otra parte, se celebraron tres grupos de trabajo para debatir sobre *buenas prácticas*.

- **Invitación a laboratorios y otras partes interesadas**

El consorcio identificó un gran número de laboratorios, los cuales fueron contactados e invitados a participar en el proyecto para identificar sus buenas prácticas.

Otras partes interesadas, como autoridades e instituciones que imparten formación profesional, fueron invitadas a participar en las actividades junto con el personal de los laboratorios, en particular durante el desarrollo de la guía.

- **Desarrollo de cuestionarios**

Los laboratorios participantes en el proyecto fueron invitados a rellenar una lista de chequeo elaborada como herramienta para identificar y recopilar *buenas prácticas* ambientales, con la intención de elegir las más relevantes para la guía. Esta lista de chequeo incluía una lista de posibles *buenas prácticas* de aplicación de un laboratorio.

- **Desarrollo de grupos de trabajo (focus groups)**

Los socios organizaron grupos de trabajo en tres países europeos (España, Chipre y Polonia), donde fueron invitados representantes de laboratorios y otras partes interesadas locales, para debatir sobre las prácticas implementadas en la actualidad.

También fueron invitados expertos ambientales, incluyendo investigadores y científicos que podían contribuir al debate en relación a la evaluación de las *buenas prácticas*, y que aportaron información adicional sobre prácticas innovadoras para la elaboración de la guía.

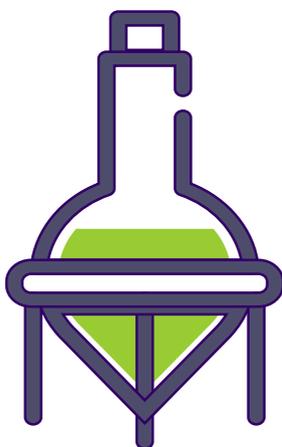
Environmental experts were also invited, including researchers and scientists that could contribute to the discussions regarding the **best practice** evaluation, and that were able to provide additional information regarding innovative **best practices** to be considered in the preparation of this guide.

- Selección de buenas prácticas

Gracias a las listas de chequeo y a los grupos de trabajo, se recopilieron 60 **buenas prácticas** que fueron analizadas posteriormente por parte de los socios.

Durante el taller organizado por Nireas-IWRC, en junio de 2017 en la Universidad de Chipre, los socios seleccionaron 42 buenas prácticas a partir de las 60 recopiladas, considerando en el proceso de decisión criterios como la mejora ambiental, la viabilidad técnica y económica, y la innovación. Además, se valoró poder contar con una amplia representación de diferentes organizaciones (laboratorios y otras partes interesadas), procedentes de diferentes países.

Cuarenta y cuatro organizaciones, de 14 países, participaron en el proyecto proporcionando sus **buenas prácticas**.



5. Buenas Prácticas en Laboratorios

Las **buenas prácticas** han sido organizadas según los diferentes aspectos ambientales que los técnicos de laboratorio deben gestionar en sus lugares de trabajo, y en cada práctica se ha indicado su marco de aplicación (laboratorio/universidad/centros de formación profesional, etc.)

Se han considerado dos niveles de prácticas ambientales:

A) Buenas prácticas: relacionadas con el mínimo/básico nivel de cumplimiento, que proporcionan el resultado operativo deseado.

B) Best practices: aquellas que aportan valor añadido por encima de las expectativas, indicando un nivel de cumplimiento óptimo.

A continuación se describen ejemplos concretos de prácticas clasificadas según los distintos aspectos ambientales.



USO DE PRODUCTOS QUÍMICOS

En primer lugar, el personal de laboratorio debe tener formación para trabajar de forma segura durante la manipulación de productos químicos.

Los principios siguientes deben ser tenidos en cuenta como ***buenas prácticas***:

A) En relación con la identificación e información sobre químicos:

- Etiquetado.
- Uso según las Hojas de Datos de Seguridad, que deben estar disponibles para los técnicos de laboratorio.
- Información y formación relativa al manejo, empleo y riesgos disponible.
- Control desde la recepción en el laboratorio hasta su recogida y disposición final.

B) En relación con el almacenamiento:

- Separación de productos químicos según incompatibilidades.
- Almacenamiento de productos químicos en una habitación separada, segura y apropiada, bien ventilada y con acceso restringido.
- No deben almacenarse químicos debajo de pilas/fregaderos
- Almacenamiento en contenedores grandes y resistentes, especialmente los líquidos, en una altura por debajo del hombro.
- No deben sobrecargarse las estanterías.
- Las botellas de gas deben almacenarse fuera del área del laboratorio (cerradas y protegidas).
- Aislamiento o confinamiento de determinados productos (cabinas de seguridad).
- Disposición de salas refrigeradas o congeladores para los productos que lo requieran.
- Buena limpieza.

- Control de cantidades: reducción del stock al mínimo necesario, evitando acumulación.

Aparte de estas ***buenas practicas***, se pueden aplicar algunas ***mejores prácticas*** en el uso de productos químicos en las actividades de laboratorio:

Mejor Práctica

Sustitución de productos tóxicos por otros menos tóxicos

La sustitución de materiales tóxicos por otros menos tóxicos es uno de los medios más efectivos de eliminar o reducir la exposición a materiales peligrosos, además de proteger el medio ambiente.

Esta práctica interrumpe la exposición entre el material peligroso y el trabajador/medio, y resulta en la reducción del riesgo o eliminación del daño al trabajador, protegiendo el medio ambiente de residuos y aguas residuales peligrosas y/o ayudando a reducir las emisiones contaminantes. Aunque la sustitución elimina el peligro en origen, la selección de un sustituto puede ser un proceso complejo.

Algunas de las mayores consideraciones relativas a la sustitución deben incluir la efectividad, compatibilidad, medidas de control existentes, tratamiento de residuos y evaluación de riesgos ambientales.

Algunos ejemplos implementados en laboratorios se recogen en la [Tabla 1](#).

Material Original	Sustituto	Cuándo puede usarse
Acetamida	Ácido esteárico	En cambio de fase y depresión del punto de congelación
Acetonitrilo	Metanol	En algunas aplicaciones líquido-masa (HPLC-SPE on line-MS / MS) para la determinación de algunos compuestos ⁽¹⁾
Benceno	Ciclohexano; disolución de cloruro de sodio	Reducción del punto de congelación
Peróxido de benzoilo	Peróxido de lauroil	Cuando se usa como catalizador de polímero
Tetracloruro de carbono	Ciclohexano	En ensayos con iones haluro
Tetracloruro de carbono	Tetracloroetileno	Ensayos de aceites/grasas
Cloroformo	Kits de extracción ADN	Extracción ADN
Soluciones de limpieza de ácido crómico	Alconox, Micro, Pierce RBS-35, o detergents similares	En limpieza de material de vidrio p.e. para el análisis de compuestos de butilestaño, fenilestaño y ftalatos (técnica analítica: microextracción L-L-CG-MS)
Mezcla crómica (Consumo más bajo $K_2Cr_2O_7$)	Termodesinfectante para limpieza	

Tabla 1. Ejemplos de sustitución de químicos en laboratorios de control ambiental (Fuente: <http://ehs.yale.edu/sites/default/files/files/chemical-substitution-tips.pdf>)

Material Original	Substituto	Cuándo puede usarse
Formaldehido, Formol	'Sustituto del formol' o Etanol	Para el almacenamiento de especímenes biológicos
Disolventes halogenados	Disolventes no halogenados	En lavadoras de piezas y otros procesos de disolventes
Reactivo de cloruro de mercurio	Amitrol (Kepro Circuit Systems)	Grabado de placa de circuito
Sales de mercurio	Catalizadores libres de mercurio (sulfato de cobre, sulfato de potasio, dióxido de titanio)	Digestiones Kjeldahl
Termómetros de mercurio	Alcoholes minerales, acero inoxidable, bimetálico, digital	Medida de temperatura
Cloruro de mercurio (biocida)	5-10% Cloruro de metileno, 1% Formol, 1 N Ácido hidroclicóricu, Hipoclorito de sodio	Como biocida
N-Hexano	Ciclohexano	Técnica analítica: Microextracción L-L-CG-MS. Determinación de ftalatos (Di (2-etilhexil) ftalato, ftalato de dimetilo, ftalato de dietilo, ftalato de dibutilo, bencilbutil ftalato y Di-n-octil ftalato)

Material Original	Substituto	Cuándo puede usarse
Dicromato de sodio	Hipoclorito sódico	Tratamiento de metales Inhibidor de corrosión
Ion sulfuro	Ion hidróxido	En análisis de metales pesados
Metal de madera	Aleación fusible de cebolla	Fluido de acoplamiento de alta temperatura en baños de calor
Xileno o Tolueno	Alcoholes simples y cetonas	Tinción celular
Xileno o Tolueno	Centelleo líquido propio no peligroso	En estudios de marcadores radiactivos

⁽¹⁾ **Determinación de compuestos como:**

- Organofosfatos.
- Triacinas.
- Organonitrogenados.
- Ureas.
- Carbamatos.
- Otras sustancias.

Para más información, ir al [Apéndice 1](#).

Mejor Práctica

Aplicación de métodos que requieren menos cantidad de químicos

Cualquier método propuesto y elegido por un laboratorio debe estar basado en sólidos principios científicos y debe estar probado que se obtienen resultados reproducibles con una variedad de muestras.

Cada etapa del método debería ser evaluada y comprobada por un experto cualificado antes de aplicarse en muestras reales. Algunos ejemplos de buenos tests analíticos con menos cantidades de químicos son:

1. En el análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), el tamaño de la muestra y el consumo de químicos durante el análisis puede ser reducido después de estudios de validación.
2. Aplicación de la Cromatografía Iónica que utiliza menos químicos, en lugar de métodos volumétricos y espectrofotométricos.
3. En el análisis de oxígeno, el método por sonda es usado en lugar del método volumétrico.
4. Sustitución de la extracción tradicional líquido-líquido por la microextracción líquido-líquido. En microextracción líquido-líquido sólo se usa 1 a 1,5 ml de disolvente por muestra. La extracción tradicional líquido-líquido utiliza entre 30 y 90 ml (Fig. 2). La técnica analítica usada es la microextracción L-L-GC-MS en todos los métodos descritos a continuación, excepto para la determinación de hidrocarburo, lo cual es microextracción L-L-GC-FID.

Métodos en los cuales es aplicado:

- Determinación de compuestos fenólicos (Fenol, o-Cresol, m, p-Cresol, 2-Clorofenol, Diclorofenoles, Triclorofenoles, Tetraclorofenol and Pentaclorofenol.

- Determinación de Ortofenilfenol, 4-Tert-Octilfenol, 4-n-Octilnonilfenol, 4-Nonilfenol y Bisfenol-A.
- Determinación de Nonilfenol Técnico.
- Determinación de compuestos de Butilestaño (Monobutilestaño, Dibutilestaño y Tributilestaño).
- Determinación de compuestos de Fenilestaño (Monofenilestaño, Difenilestaño y Trifenilestaño).
- Determinación de ftalatos (Di (2-etilhexil) ftalato, Dimetil ftalato, Dietil ftalato, Dibutil ftalato, bencil butil ftalato, Di-n-octil ftalato).
- Determinación de C10-C40 hidrocarburos.

5. En cromatografía líquida-espectrometría de masas (LC-MS) la extracción de fase sólida Online es usada en lugar de la extracción en fase sólida Offline.

Esta sustitución puede desarrollarse en la determinación de los siguientes compuestos:

- Determinación de Organofosfatos: Omethoate, Dimethoate, Diazinon, Malation, Methyl-Pirimiphos, Trichlorfon.
- Determinación de Triacinas: Metribucine, Metthopucine, Simethrin, Cyanazine, Ametrine, Atrazine, Simacine, Terbutilacin, Terbutryn, Trietazine, Propazine, Desisopropyl-Atrazine, Desethyl-Atrazine, Prometrine, Destil-Terbutylazine, Destil-.
- Determinación de Organonitrogenados: Propizamide, Molinate.
- Determinación de Ureas: Diuron, Linuron, Isoproturon, Diflubenuron, Flufenoxuron, Lufenuron, Clortoluron.
- Determinación de Carbamatos: Aldicarb, Carbaryl, Carbofuran, Pirimicarb, Metiocarb, Benfuracarb.
- Otros: Metomyl, Oxamyl, Metamitron, Bromacil, Imazalil, Thiabendazole, 3,4-Dichloroaniline, 4-Isopropylaniline, Carbenazima, Quinoxifene,, Metalaxyl, Miclobutanil, Dichlorvos, Cibutrina, Imidacloprid, Tiacloprid, Ciprodinil, Triadimenol, Oxadiazon, Triallat, Thiamethoxam, Clotianidin, Acetamiprid, Spinosin A and D y Fosmet.

6. Establecimiento de un procedimiento para reutilizar disolventes usados o recuperados para el primer enjuague del material de vidrio, y reducir de ese modo las cantidades de disolvente puro que sólo deben ser utilizadas en el enjuagado final.
7. Utilización de la técnica de extracción de barra con desorción térmica (twister) en sustitución de la extracción en fase sólida para la extracción de plaguicidas en aguas, con objeto de evitar la utilización de disolventes (Fig. 1).



Fig. 1. Desorción térmica (twister) (Fuente: fotografía proporcionada por un laboratorio participante)



Fig. 2. L-L Microextracción (Fuente: fotografía proporcionada por un laboratorio participante)

Mejor Práctica

Reducción de tamaño en la compra de químicos (especialmente en centros educativos)

Esta práctica se aplica principalmente en Universidades y/o Centros de Formación Profesional con fines educativos. Si es posible, los procedimientos deberían ser aplicados a menor escala para minimizar el uso de químicos y la generación de residuos. Afortunadamente, la instrumentación de los laboratorios modernos requiere menos cantidades de químicos que los instrumentos utilizados antiguamente para conseguir resultados analíticos satisfactorios. En los laboratorios de enseñanza, los instructores deben planear experimentos basados en la menor escala posible. Ejemplos relativos al dimensionado de químicos serían:

1. Uso de kits de reactivos para prácticas de laboratorio en lugar de grandes envases de productos (Fig. 3).
2. Ajuste de las cantidades de químicos utilizadas a las necesidades básicas requeridas por las prácticas de laboratorio (distintas de aquellas que se necesitan según las normas utilizadas en los laboratorios acreditados).
3. Centralización de las compras y gestión de los químicos de laboratorio: una persona responsable para proporcionar/distribuir de forma específica las cantidades requeridas.
4. Los estudiantes pueden trabajar en equipo para reducir el número de químicos a utilizar.



Fig. 3. Ejemplo de kits de reactivos químicos (a) kit de reactivos para la determinación de amonio y (b) kit de extracción de ADN (Fuente: imágenes proporcionadas por un laboratorio participante)

Mejor Práctica

Métodos de ensayo a microescala (utilizados principalmente en centros educativos)

Los procedimientos y equipos a microescala a nivel educativo usan una menor cantidad de reactivos por cuestiones de seguridad y, en consecuencia producen menos cantidades de residuos. Los esfuerzos para desarrollar microexperimentos para cursos de química general, orgánica e inorgánica y físico-química han sido y continúan siendo satisfactorios.

Un modo económico de obtener un nivel inicial de un procedimiento a microescala, consistiría en usar tubos de polietileno pequeños y flexibles en lugar de tubos de vidrio curvado para transferir gases, usando micropipetas, microburetas y embudos de filtración Hirsch en lugar de los equivalentes de mayor tamaño utilizados tradicionalmente. Un ejemplo de experimento a microescala es la valoración redox de manganeso: adaptación de métodos oficiales con objeto de reducirlos al máximo, disminuyendo el número de reactivos utilizados y el uso de instrumentos más pequeños, los cuales a su vez utilizan cantidades menores de químicos (Fig. 4, 5).

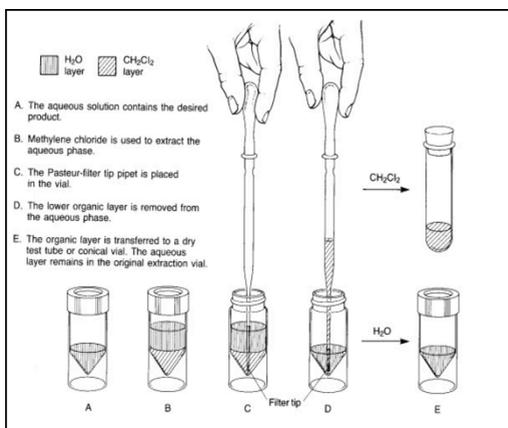


Fig. 4. Procedimiento de extracción a microescala, donde la extracción implica el uso de un disolvente pesado como diclorometano (Fuente: <http://www.chemistry.mcmaster.ca/~chem2o6/labmanual/microscale/complete.html>)

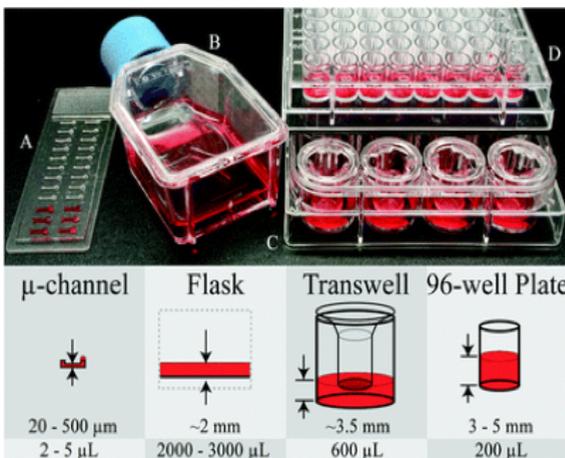


Fig. 5. Volúmenes usados en métodos de microdilución de experimentos biológicos, que implican pequeños volúmenes de reactivos (Fuente: <http://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleHtml/2009/IB/b823059e>)

Mejor Práctica

Control de químicos: Listados de gestión de productos químicos

Una gestión precisa, actualizada y que permita una fácil recuperación de los registros de químicos y de las actividades donde se manejan estos, es esencial para minimizar responsabilidades en el cumplimiento de la legislación, reducir la limpieza y los costes de inspección en las instalaciones y ser capaz de proporcionar información a los usuarios.

Gestionar los inventarios de químicos de forma efectiva puede evitar muchos otros problemas como un excesivo stock y un inadecuado consumo de materiales, lo cual puede llevar a impactos ambientales (p.e. derrames de productos peligrosos) y/o riesgos de seguridad y salud.

Por consiguiente, gestionando inventarios de químicos de una forma simple y efectiva, es posible evitar muchos de los problemas mencionados. El sistema de conservación de registros debe permitir que todos los documentos sean archivados, así como facilitar que todos los que necesiten información sean capaces de obtenerla.

Además, todos los productos químicos que llegan al laboratorio deben estar identificados y toda la información necesaria debe incluirse en una base de datos (Fig. 6).

Algunos ejemplos de listados de gestión de químicos son:

Area		Chemical Name	Chemical Formula
Cabinet	Shelf	Chloroform	CHCl ₃
2	1	Methanol	CH ₃ OH
2	2		

Chemical Name	Lot No.	Order Code	File	Quality	Amount of packaging	TODAY	Ex.Date	STATUS	Arrival Date	Opening Date	Minimum Quantity to Order	Analyst
						7/28/2017		42881 - Exp. to Order				
						7/28/2017		42881 - Exp. to Order				
						7/28/2017		42881 - Exp. to Order				

CHEMICAL STOCK LIST / CHEMICAL CABINET EXPIRATION DATE CONTROL FORM					
No.	Control Date	Control List	Person	Confirming	NOTE
<small> (Reopen/Check only) 1. Reopen/Check only 2. Reopen/Check only 3. Reopen/Check only 4. Reopen/Check only 5. Reopen/Check only 6. Reopen/Check only 7. Reopen/Check only 8. Reopen/Check only 9. Reopen/Check only 10. Reopen/Check only </small>					

Fig. 6. Ejemplo de Listados de Gestión de Químicos.

Fuente: imágenes proporcionadas por un laboratorio participante)

Mejor Práctica

Almacenamiento de productos líquidos: Uso de cubetos/ bandejas anti-derrame

El manejo de líquidos inflamables, combustibles, tóxicos para el medio ambiente o incluso explosivos, se explica a los técnicos de laboratorio, reforzando sus conocimientos básicos sobre la normativa de seguridad y salud. Para conseguir un control efectivo de los derrames, es importante que los productos se almacenen en lugares donde sea posible aplicar una respuesta rápida. Un ejemplo de almacenamiento seguro de líquidos en laboratorios es:

- El uso de diferentes tipos (tamaño o color) de recipientes para transportar y recoger posibles derrames de químicos (Fig. 7).



Fig. 7. Ejemplos de recipientes anti-derrames (Fuente: fotografías proporcionadas por un laboratorio participante, <https://www.calpaclab.com/storage-totes-and-trays/>)

Esta práctica también puede evitar la contaminación de suelo o agua y la generación de residuos peligrosos debida a la limpieza de derrames.

Mejor Práctica

Acondicionamiento de las estanterías de almacenaje

Algunos ejemplos para mejorar el almacenamiento de químicos en estanterías podrían incluir:

- Barreras/topes delante de las estanterías para evitar caídas (Fig. 8).
- Bandejas debajo de las estanterías en los armarios de almacenaje, resistentes a disolventes.
- Materiales antideslizantes en cada estante para evitar el giro de las botellas.



Fig. 8. Ejemplo de armario de almacenamiento de productos químicos en laboratorio (Fuente: fotografía proporcionada por un laboratorio participante)

Otros ejemplos de prácticas aplicadas por los laboratorios participantes en el proyecto son:

- Para artículos almacenados por debajo de la altura de los hombros, los trabajadores deben asegurarse de que son ligeros o que se usan de forma poco frecuente y que existe un medio de acceso seguro (p.e. banquetas con peldaños o escaleras).
- Las estanterías centrales sobre bancadas debe tener bordes en relieve para impedir que los artículos puedan ser empujados fuera de la estantería desde el otro lado (Fig. 8).

Mejor Práctica

Control de derrames

Los derrames de productos químicos son difícilmente evitables en los laboratorios pero hay formas de conseguir su control.

Algunas prácticas aplicadas para prevenir o controlar los derrames de químicos en el puesto de trabajo son:

- El personal debe utilizar el equipo necesario como guantes, gafas, etc. para su propia protección y para proteger el medio ambiente durante el manejo de químicos.
- Los químicos son almacenados en salas específicas con sumideros o simples contenedores de plástico.
- Los armarios de almacenamiento están anclados a los muros y suelos.
- Los químicos almacenados son inspeccionados periódicamente para detectar pérdidas de contenido, prácticas de almacenamiento incorrectas, u otros problemas.
- Existen kit anti-derrames disponibles (Fig. 9).



Fig. 9. Ejemplo de kit anti-derrames (Fuente: fotografía proporcionada por un laboratorio participante)

Es importante que los productos que requieran control de derrames sean almacenados donde sea posible aplicar una respuesta rápida ante el derrame. El laboratorio debe mantener registros de derrames y fugas y dejar constancia de por qué y cómo han ocurrido los incidentes, con el fin de evitar su repetición en el futuro.

Mejor Práctica

Emergencias ambientales: Planificación de Emergencias

Las emergencias ambientales en los laboratorios relacionadas con el uso de químicos pueden incluir, entre otros:

- Derrames de sustancias peligrosas, tales como químicos, aceite, residuos peligrosos, etc.
- Fugas de vapores tóxicos.
- Emisión de gases peligrosos.

El técnico que gestione las emergencias ambientales debe seguir los siguientes pasos.

El primer paso es conocer los peligros de los químicos en el laboratorio (identificación y evaluación de riesgos ambientales). Debe elaborarse un plan para evitar emergencias en el cual todos los problemas potenciales deberán estar incluidos, junto con la clase de peligro de todos los químicos empleados. Debe tenerse especial precaución con las siguientes propiedades de los químicos: inflamabilidad, reactividad al aire o al agua, corrosión y nivel de toxicidad.

En este primer paso, debe considerarse la disponibilidad de todo el equipamiento requerido y la formación del personal.

El segundo paso es elaborar procedimientos de respuesta para enfrentarse a estos peligros (Fig. 10). Estos procedimientos deberían detallar:

1. Los pasos iniciales a aplicar cuando ocurre una emergencia ambiental.
2. Las acciones y responsabilidades del personal.
3. Los métodos de comunicación o instrucciones para la respuesta a la emergencia.

4. La elaboración de informes y registros de los incidentes.
5. La definición y planificación de acciones correctivas, si es necesario.

EMERGENCY PLAN		DATE
		EDITION
CHEMICALS SPILLAGE		
What to do	Who	Resources

Fig. 10. Ejemplo de plan de respuesta de emergencias para derrames de productos químicos (Fuente: imagen proporcionada por un laboratorio participante)

Asimismo es muy importante analizar la respuesta ante emergencias, una vez se ha aplicado el protocolo planificado después de un incidente, con objeto de determinar qué mejoras se pueden aplicar para evitar esta clase de problemas en el futuro.

Adicionalmente, se planificarán simulacros para verificar la eficacia de los procedimientos de respuesta ante emergencias. Todos los empleados del laboratorio participarán en estos simulacros.

GESTIÓN DE RESIDUOS

El personal del laboratorio será formado para trabajar de forma segura durante la manipulación de residuos peligrosos.

Algunas buenas prácticas aplicadas en relación a la gestión de residuos se listan a continuación:

- Uso de contenedores específicos para cada tipo de residuo.
- No mezclar residuos.
- No tirar residuos químicos por la pila.
- Uso de contenedores cerrados herméticamente para el almacenamiento de residuos.
- Manejo de los residuos almacenados con cuidado para evitar daños a los contenedores y producir derrames.
- Etiquetado de los contenedores de residuos con el contenido y los detalles relativos a sus principales peligros.

El uso de etiquetas para la gestión externa de cada tipo de residuo peligroso (Fig. 11, 12) según legislación local/nacional es una buena práctica que debe ser aplicada en los laboratorios por los técnicos.

- Almacenamiento: instalación específica para almacenar residuos fuera del laboratorio, en condiciones adecuadas para la prevención de la contaminación (Fig. 13).
 - Zona techada y pavimento no permeable.
 - Contenedores con residuo líquido: uso de bandejas/cubetos.
 - Contenedores adecuadamente cerrados y etiquetados.
 - Sistemas de protección contra incendios.

Asimismo se recomienda que esta instalación tenga un acceso restringido y/o un control de seguridad (Fig. 14).

- Los residuos deben ser gestionados a través de una empresa autorizada, responsable de su recogida, transporte y tratamiento final.



Fig. 11. Ejemplo de etiquetado y envasado de residuos (Fuente: fotografía proporcionada por un laboratorio participante)



Fig. 12. Ejemplo de contenido de una etiqueta de residuos peligrosos (Fuente: Environmental Protection Agency (EPA))



Fig. 13. Ejemplo de almacenamiento de residuo peligroso fuera del laboratorio (Fuente: fotografía proporcionada por un laboratorio participante)



Fig. 14. Ejemplo de acceso controlado de un almacén de residuos peligrosos (Fuente: fotografía proporcionada por un laboratorio participante)

Contenedores de residuos: Unificación de envasado

El uso del mismo tipo de contenedor para cada tipo de residuo es una práctica que puede favorecer una adecuada separación y recogida, así como facilitar su reciclaje (Fig. 15).



Bottles for liquids
5 y 30 L



Containers for solids
30 y 60 L



Big-bag for bulky waste
1000 L



Sanitary waste 30L



Sanitary waste



Sharp bio waste

Fig. 15. Ejemplo de unificación de envasado para contenedores de residuos (Fuente: imagen proporcionada por un laboratorio participante)

Mejor Práctica

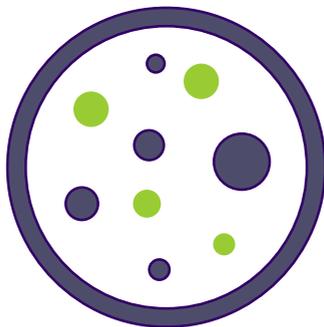
Separación de residuos peligrosos líquidos en origen

La segregación de residuos líquidos peligrosos según su origen constituye una práctica muy recomendable.

Algunos ejemplos incluyen residuos que proceden principalmente de ácidos, y serán considerados como residuos de agua ácida. Asimismo los residuos que proceden de una base, los cuales se considerarán como residuos de agua básica.

En los casos en los que su origen no ha sido definido por la persona que los produce, su pH debe ser medido o averiguado.

Finalmente, los residuos peligrosos producidos serán segregados en función de su naturaleza en contenedores o bidones preparados para este propósito en cada sección del laboratorio.



Identificación de residuos peligrosos: Etiquetado para uso interno del laboratorio

Residuo peligroso es un material sólido, líquido o gaseoso que posee al menos una característica de peligrosidad o está señalado de forma específica en la lista de residuos como peligroso.

Los residuos no son listados por sus nombres químicos, sino que son regulados como residuos peligrosos porque presentan una o más características de peligrosidad. Estas características incluyen inflamabilidad, corrosividad, reactividad y toxicidad. El uso de etiquetas de uso interno para cada tipo de residuo peligroso producido en el laboratorio es una forma sencilla de identificar cada tipo de residuo (Fig. 16).

Halogenated solvent	Non-halogenated solvent	Acid waters	Basic waters	Laboratory remains	Contaminated glass
Substances whose halogen content (F, Cl, Br, I) exceeds 2%	Substances whose halogen content doesn't exceed 2%	Concentrated acids whose estimated acid concentration exceeds 20% Solutions whose percentage exceeds 100 in: mercury, sulfate, potassium dichromate, chrome, cadm, chrome, V, tin, chloride, chromic, nitrate	Samples whose percentage exceeds 10% in: PHCO ₄ , sulfur, stock, solutions, fissile, reactive, potassium, ferrocyanide, splash catch	Chlorines, vials, chromatography, mercury thermometers, absorbent cloths, radioactive samples, gas filters, test strips	Packages of reagents/patterns that carry the pictogram: 

Fig. 16. Ejemplo de etiquetado de uso interno utilizado en laboratorio (Fuente: imagen proporcionada por un laboratorio participante)

Además del etiquetado para uso interno, una breve instrucción para el manejo seguro debe estar disponible, próxima a los contenedores de residuos peligrosos. Esta instrucción de seguridad debe incluir, al menos, la identificación de los riesgos, medidas de primeros auxilios, lucha contra incendios, protección personal/control de exposición, estabilidad y reactividad.

Reutilización de residuos y reciclado: devolución de residuos no peligrosos a los proveedores de productos y otras prácticas de reutilización/reciclaje

Estrategias eficaces de minimización de residuos que pueden ser aplicadas en laboratorios son la reutilización y el reciclaje de residuos. Cuando sea posible y seguro, el uso de materiales lavables o reutilizables de laboratorio en lugar de artículos desechables debe permitirse para reducir el volumen de residuos. Algunos productos deben ser artículos de un sólo uso debido a la integridad del proyecto o por seguridad, pero es posible reutilizar otros tras un adecuado proceso de descontaminación y limpieza. Algunas prácticas recomendables mencionadas por los laboratorios participantes son:

- Para tareas con requisitos menos sensibles, las cajas porta pipetas pueden reutilizarse rellenándolas con puntas de pipetas compradas en bolsas.
- La recuperación de residuos por devolución al proveedor, p.e. tubos y viales de laboratorio vacíos, toners y cartuchos de tinta, envases reutilizables de acetona, metanol y diclorometano (Fig. 17).



Fig. 17. Ejemplos de recuperación de residuos por un laboratorio (Fuente: imágenes proporcionadas por un laboratorio participante)

- Las prácticas de reutilización incluyen el uso de químicos sobrantes procedentes de empresas de laboratorios con fines educativos en escuelas, centros de formación profesional, institutos, etc.

Optimización de procedimientos de reciclaje de residuos

Residuos reciclables no peligrosos generados en un laboratorio incluyen materiales como:

- Botellas de plástico.
- Cajas de cartón ondulado.
- Embalajes ligeros de cartón.
- Papel p.e. papel de oficina blanco y de color.
- Metales p.e. latas de aluminio y bidones.
- Botellas de vidrio verdes, marrones y transparentes.
- Contenedores de plástico p.e. recipientes graduados y bandejas.
- Embalajes de poliestireno.

Todos los materiales mencionados podrían ser reciclados externamente por empresas de reciclaje autorizadas.

Investigadores y trabajadores de laboratorio son los que mejor conocen los análisis y procesos químicos, y por esa razón, son los más indicados para determinar cómo minimizar residuos. Dos *mejores prácticas* sugeridas por los investigadores para reciclar residuos peligrosos son:

- La reutilización de frascos/botellas de muestreo microbiológico para muestreo de químicos.
- La destilación de disolventes de extracción o limpieza.

Tratamiento de residuos microbiológicos: Descontaminación de residuos biológicos por autoclavado, tratamiento con cloro o calor

Los residuos microbiológicos pueden ser muy peligrosos para el medio ambiente, pero también para los trabajadores, debido a una posible contaminación, cuando se encuentran en zonas exteriores. Por consiguiente, es esencial que estos residuos se introduzcan en una bolsa de autoclave transparente o en una bolsa especial para riesgo biológico de color rojo. La mayoría de laboratorios aplican un ciclo de autoclave de 60 minutos (sin incluir el tiempo de extracción) para lograr que el centro de la carga alcance la temperatura deseada y conseguir una suficiente penetración del vapor (Fig. 18). Otras prácticas usadas para la descontaminación de residuos biológicos son:

- El uso de una cinta indicadora de autoclave sobre la cara externa de la bolsa indicando que el residuo ha sido procesado (Fig. 18).



Fig. 18. Autoclave y bolsa de riesgo biológico usada en laboratorios para la descontaminación de residuos biológicos (Fuente: Finlab Nigeria Limited, A MedXwaste Company)

- Los residuos biológicos deben ser conservados en contenedores específicos en áreas de almacenamiento a baja temperatura, específicamente diseñadas y utilizadas para los residuos biológicos producidos en el laboratorio. Asimismo es importante que los residuos

biológicos no permanezcan en bolsas más de 5 días. Legislaciones nacionales/locales podrían incluir requisitos más exigentes.

- Los lugares de almacenamiento deben estar ventilados y sólo deben almacenarse residuos biológicos en estas áreas.
- Durante el proceso de descontaminación, los técnicos de laboratorio deben estar cualificados para este tipo de tareas y deben ser conscientes de los riesgos.
- Los métodos de descontaminación incluyen entre otros el uso de cloro (Fig. 19) o calor (Fig. 18).



Fig. 19. Cloro utilizado en laboratorios para la descontaminación de residuos biológicos (Fuente: Sanitize RV Water)



Fig. 20. Uso de calor en laboratorios para la descontaminación de residuos biológicos (Fuente: United States Department of Labor)

Base de datos de residuos: aplicación informática para la gestión de residuos

Una base de datos es una herramienta muy útil para laboratorios o empresas con muchos puntos de generación de residuos y altos volúmenes. Mantener un registro tiene muchos beneficios ya que ahorra un tiempo valioso y recursos, y permite una toma de decisiones más eficaz y eficiente en relación a la gestión de residuos.

Una aplicación para la gestión de residuos permite un registro digital de todas las etapas del proceso de gestión (aplicación interactiva para todos los implicados) pero también puede funcionar para comprar y vender subproductos (o entregar de forma gratuita), de forma que puedan ser reutilizados para otros fines.

La información que una base de datos debe incluir es, al menos la siguiente:

- Solicitud de recogida del residuo por parte del área productora (cantidad, tipo, etc).
- Indicación de la fecha de recogida.
- Solicitud al gestor autorizado externo para la recogida y transporte.
- Envío de la documentación de la gestión de residuos por parte del gestor autorizado.
- Registro de cantidades por tipo y tratamiento final.
- Envío de información de cada área productora de residuos: cantidad, costes, etc.

El resultado final es un registro muy completo y trazable de la producción de residuos.

Hay diversas aplicaciones de gestión de residuos disponibles para uso en laboratorios, incluyendo a modo de ejemplo: los módulos EMS, CHEMATIX, LabCup and ADVISE, que son herramientas de software de análisis de ciclo de vida, que incluyen el reporte del seguimiento, documentación y cumplimiento.

Mejor Práctica

Información sobre la gestión de residuos: “factura” informativa de la gestión de los residuos del laboratorio

La gestión de residuos también incluye una “factura” de residuos, donde el laboratorio productor tiene la siguiente información:

- Las cantidades de cada tipo de residuo.
- El coste de tratamiento para el residuo producido.
- El tratamiento final del residuo.

El objetivo de esta “factura” informativa es acentuar la importancia de implementar buenas prácticas de gestión de residuos en los laboratorios.

GESTIÓN DE LA ENERGÍA

Se pueden implementar en el laboratorio las siguientes *buenas prácticas* relativas a la gestión de la energía:

- Desenchufar el equipo de laboratorio (GC, ICP, incubador, horno, centrífuga, reactor, destilador, sistema de tratamiento de agua destilada, etc) cuando no esté en uso durante un largo periodo de tiempo.
- Cuando sea posible, programar el apagado automático del equipamiento de laboratorio.
- Cuando no sea viable, p.e. para detectores MS de cromatógrafo, deben activarse métodos de ahorro para minimizar el consumo de gas y energía.
 - Cerrar la campana del laboratorio cuando no esté en uso puede ahorrar una importante cantidad de energía.
 - Reducir la duración del análisis de algunos métodos puede minimizar el consumo de energía.
- Optimizar el uso de equipos de aire acondicionado.
- Aplicar técnicas de ahorro de energía en los ordenadores.
- Usar al máximo la luz natural; adaptar la iluminación a las necesidades lumínicas de cara área del laboratorio.

Equipamiento energéticamente eficiente: lámparas de alta eficiencia

Debido a la naturaleza del trabajo desarrollado, los laboratorios consumen grandes cantidades de energía; por ese motivo la selección del equipamiento en relación al consumo de energía debe tenerse en cuenta. Aunque algunas cuestiones no están directamente relacionadas con el trabajo del laboratorio, como es el caso del uso de lámparas eficientes y sensores, también son importantes.

La iluminación LED (Light-Emitting Diode) es una opción prometedora y una de las soluciones más aplicadas, para el suministro de iluminación de alta eficiencia. Está demostrado que reduce los costes de mantenimiento ya que dura mucho más (unos 5 años), reduce la mano de obra de colocación de lámparas y el tiempo de inactividad por falta de luz. Adicionalmente, las lámparas LED reducen el consumo energético en más de un 60% en comparación con las lámparas tradicionales, ya que tienen baja potencia en comparación con los fluorescentes y otros tipos de lámparas. Como consecuencia, la huella de carbono global de la iluminación del laboratorio presenta un alto potencial de reducción, reduciendo al mismo tiempo las cuestiones relacionadas con la disposición final de las lámparas (Fig. 21).



Fig. 21. Un ejemplo de uso de iluminación efectiva con LED en un laboratorio (Fuente: <https://www.labdesignnews.com/article/2015/06/lighting-path-efficient-lab-design>)

Mejor Práctica

Equipamiento energéticamente eficiente: sensores automáticos

Otra medida no relacionada directamente con la actividad propia del laboratorio, pero que debe ser tomada en cuenta para reducir el consumo de energía de la instalación, consiste en colocar sensores de iluminación automáticos (encendido/apagado) en pasillos y en el exterior del edificio. Los sensores de iluminación automáticos pueden ahorrar energía y minimizar el impacto sobre el medio ambiente debido a las tecnologías y sistemas de eficiencia energética. Una buena instalación de estos sensores en lugar de interruptores manuales puede también ahorrar tiempo y dinero (Fig. 22).

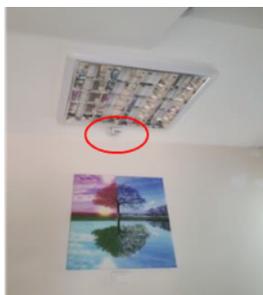


Fig. 22. Un ejemplo de uso de sensores de iluminación automáticos en un laboratorio (Fuente: imágenes proporcionadas por un laboratorio participante)

Selección de equipamiento de laboratorio de alta eficiencia energética

La selección de equipamiento eléctrico de laboratorio entre las opciones existentes (p.e. A, A++, Fig. 23) es una forma de ahorrar energía y dinero. Por ejemplo, la elección de equipamiento considerando la etiqueta de eficiencia energética puede ser importante para reducir el consumo de energía en el laboratorio.



Fig. 23. Escala A- G de eficiencia energética de aparatos de laboratorio (Fuente: European Union-EP)

Más específicamente, esta práctica ofrece:

- Costes razonables por el uso de equipamiento de alta eficiencia.
- Minimización de las necesidades energéticas del laboratorio utilizando menos energía.

Después de seleccionar equipamiento de alta eficiencia energética, un paso muy importante para conseguir un bajo consumo es su mantenimiento preventivo, que todos los laboratorios deberían planificar asimismo para prolongar la vida de los equipos.

Energías renovables: sistemas fotovoltaicos

Los sistemas de energías renovables tienen muchos beneficios y constituyen una práctica que puede ser aplicada en laboratorios.

En particular, los sistemas fotovoltaicos que utilizan paneles solares producen energía de forma ecológica, constituyendo una fuente energética fiable. Al mismo tiempo contribuyen a mejorar la salud pública, en especial en aquellos países que reciben una alta radiación solar. Estos sistemas pueden proporcionar un alto rendimiento en términos de energía a cualquier tipo de instalación, incluyendo laboratorios.

Los sistemas fotovoltaicos autónomos (no conectados a una red eléctrica) generan electricidad que se almacena en baterías o se usa directamente. Estos sistemas son frecuentes en áreas remotas o para el suministro de electricidad a pequeñas instalaciones (Fig. 24).

Los sistemas fotovoltaicos a gran escala son instalados mayoritariamente en los tejados de edificios, y vuelcan la electricidad que producen a la red eléctrica, o bien la utilizan localmente en el mismo edificio donde es producida (Fig. 24).



Fig. 24. Dos ejemplos de sistemas fotovoltaicos que podrían ser utilizados por laboratorios para producir energía renovable en países donde existen altos niveles de radiación solar (Fuente: <http://www.k-energy.com.cy/en/services/photovoltaic-systems/18-k-energy-photovoltaics-and-solar-panels>, www.arimec.eu)

Mejor Práctica

Energías renovables: paneles solares para calentar agua

Calentar agua es también muy caro ya que requiere una gran cantidad de energía, y por eso, los paneles solares son una buena forma de reducir los costes energéticos asociados al calentamiento de agua, especialmente en países que reciben un alto nivel de radiación solar. En el caso de los paneles solares térmicos, la energía solar se utiliza para calentar el agua que puede emplearse para diferentes fines dentro del laboratorio (Fig. 25).

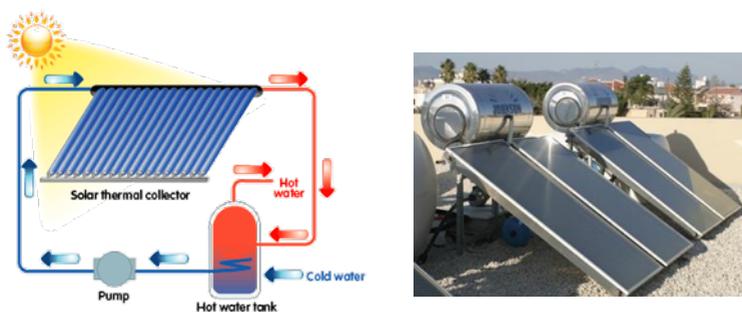
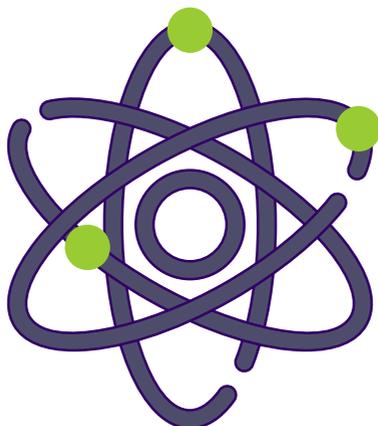


Fig. 25. Diagrama de un sistema de calentamiento de agua mediante paneles solares, y fotografía de un panel solar que calienta el agua situada en el interior del depósito, en Chipre (Source: <http://www.3m.co.uk/intl/uk/3Mworldly-wise/primary-bldg-southside-6-solar-panel.htm>, <http://www.solarthermalworld.org/content/cyprus-system-replacements-increase-efficiency>)

Diseño energéticamente eficiente de un edificio

En general, hay muchas estrategias para diseñar un edificio eficiente desde el punto de vista energético, pero los dos principales objetivos para conseguirlo son minimizar las pérdidas y maximizar las ganancias solares. Los laboratorios deben proporcionar adecuados niveles de seguridad, climatización y calidad de aire interior, con requerimientos superiores a los de edificios de oficinas convencionales. Para esto, los diseños de laboratorios de investigación normalmente presentan un mínimo consumo de energía.

Es esencial diseñar laboratorios energéticamente eficientes que ofrezcan a la comunidad investigadora ahorros de costes y condiciones de trabajo seguras. Por ejemplo, el diseño del edificio podría incluir grandes y abundantes ventanas para maximizar la luz solar o los materiales del edificio podrían ser aislantes para mantener la climatización interior.



GESTIÓN DEL AGUA

En relación al consumo de agua dentro del laboratorio, una **buena práctica** básica para medir los niveles de agua consumida consiste en la instalación de un contador en cada zona del edificio. De esta forma, se puede conocer la cantidad de agua consumida periódicamente (p.e. cada mes) y medir la eficiencia de los métodos aplicados para el ahorro.

Para ahorrar agua, se pueden optimizar los procesos de limpieza, por ejemplo:

- Aplicar opciones de limpieza adecuadas como por ejemplo no utilizar detergentes para productos no grasos.
- Reutilizar el agua de limpieza.
- Evitar dejar grifos abiertos.

Otras **buenas prácticas** a considerar serían:

- Funcionamiento de los equipos cuando estén completamente cargados (lavavajillas, etc).
- Prevención de fugas inspeccionando las tuberías de agua (mantenimiento).
- Minimización del material usado en el análisis.
- Cuando sea posible, refrigeración por agua reemplazada por enfriadores.
- Reutilización de corrientes de agua o recogida de agua de lluvia para el riego de plantas.

Instalación de grifos de alta eficiencia

La mayoría de laboratorios utilizan cantidades significativas de agua, principalmente para cubrir sus necesidades de enfriamiento y operación.

La eficiencia hídrica de un laboratorio puede mejorarse realizando cambios en algunos equipos, como sistemas de tratamiento y esterilización de agua.

Asimismo, para reducir el consumo de agua, pueden instalarse grifos especiales. Gracias a ello, se consigue un alto poder de limpieza y ahorros de agua.

Por ejemplo, pueden instalarse aireadores en los grifos, que introducen aire en el agua proporcionando una presión más elevada y un flujo mayor, y en consecuencia reduciendo el tiempo utilizado y el consumo de agua (Fig. 26).

Otro ejemplo de eficiencia hídrica en laboratorios es el uso de dispositivo de presión reducida que evita el flujo de retorno, que incluye dos válvulas de control con una válvula de escape localizada entre ellas (Fig. 27). Una válvula de control es una válvula de una dirección, que sólo se abre para permitir el flujo de agua en una única dirección.



Fig. 26. Grifos de alta eficiencia utilizados en laboratorios (Fuente: <https://www.labdesignnews.com/article/2010/04/understanding-laboratory-plumbing-systems-water>)



Fig. 27. Dispositivo de presión reducida que evita el flujo de retorno, incorpora dos válvulas de control y una válvula de escape situada entre ambas (Fuente: <https://www.labdesignnews.com/article/2010/04/understanding-laboratory-plumbing-systems-water>)

Selección de equipamiento con bajos requerimientos hídricos

Para reducir el consumo de agua, la incorporación de equipamiento de alta eficiencia hídrica (bajo consumo de agua) en las operaciones diarias debe ser implementada en los laboratorios, ya que estas operaciones requieren grandes volúmenes de agua. La instalación de estos equipos también proporciona oportunidades de reducción de costes en el recibo del agua. Ejemplos de equipos que pueden utilizar menos agua incluyen torres de refrigeración y lavavajillas del material de vidrio (Fig. 28).



Fig. 28. Máquina lavavajillas para vidrio de laboratorio (Fuente: imágenes proporcionadas por un laboratorio participante)

Reutilización de corrientes de agua residual o agua de lluvia

Reciclaje es un término que es principalmente aplicado a latas de aluminio, vidrio, botellas de plástico, y periódicos, pero el agua puede ser reciclada también. El reciclaje del agua es la reutilización del agua procedente de las operaciones de laboratorio para otros fines beneficiosos. La reutilización de corrientes de agua ofrece ahorros de recursos y financieros; por ejemplo, cuando un laboratorio recicla el agua utilizada en procesos de enfriamiento.

Un tipo frecuente de reciclado de agua es el agua de lluvia, que puede ser usada en equipos de ultrasonidos como sonicadores y equipo de enfriamiento y también para otros usos no relacionados directamente con la actividad de laboratorio como el riego de plantas y césped alrededor del edificio. Adicionalmente, el personal de laboratorio puede implementar medidas de ahorro de agua como el lavado en contenedores de plástico.

Recirculación de corrientes de agua para reutilización

Reutilizar corrientes de agua es una práctica que puede ser de gran utilidad en el laboratorio. Esto se debe al hecho de que grandes cantidades de agua son ya utilizadas en el laboratorio para limpieza y otros fines.

Algunos ejemplos de recirculación de agua son:

- El agua de enfriamiento utilizada para el análisis de muestras puede ser desviada a un depósito para ser reutilizada.
- El agua residual para el proceso de producción de agua desionizada puede ser almacenada en depósitos y utilizada en los lavabos.
- El desvío del agua caliente desde el agua residual del destilador puede ser usado para el lavado de diversos materiales.
- La reutilización del agua residual en algunos ensayos dependiendo de su idoneidad (p.e. tests de embalaje).

USO DE OTROS RECURSOS

28 USO DE OTROS RECURSOS

Mejor Práctica

Eficiencia en el uso de otros recursos

En el laboratorio, el uso de papel es enorme. La razón es que el papel es un material versátil con muchos usos, incluyendo escritura, impresión, embalaje, limpieza y un número elevado de procesos de laboratorio. Por tanto, es importante reducir el consumo de papel.

Esto se puede conseguir mediante la reducción del uso de impresoras, la digitalización de informes (informes de análisis digitalizados enviados a clientes), la eliminación del uso de papel en procesos de calibración elaborándolos en soporte informático, y también sustituyendo las toallas de papel por toallas de manos individuales.

En relación al uso de combustibles en los vehículos utilizados en la recogida de muestras desde diferentes lugares, es de gran importancia optimizar las rutas de los técnicos de muestreo para ahorrar combustible y proteger el medio ambiente (Fig. 29).



Fig. 29. (Fuente: fotografía proporcionada por un laboratorio participante)

Aislamiento de equipamiento ruidoso

El nivel de ruido global en un laboratorio depende de un número de factores que incluyen su localización, los materiales utilizados en la construcción del edificio, así como la instrumentación y equipamiento empleados en el desarrollo de las tareas del laboratorio. Como altos niveles de ruido pueden suponer una variedad de problemas médicos para el personal del laboratorio y el medio ambiente, el técnico del laboratorio debe desarrollar estrategias para reducir el nivel de ruido. Un modo de reducir las molestias es el aislamiento de los equipos ruidosos. Esta práctica aplica un enfoque de minimización del ruido emitido al entorno y garantiza la seguridad y salud de los trabajadores.

Algunos ejemplos:

Aparatos que emiten ruido colocados en espacios separados:

- Campana de extracción de humos, enfriadores ICP y bombas de vacío, baños de sonicación, etc. puede ser instalados **en áreas separadas**, tan alejadas como sea posible, para no afectarse mutuamente y afectar al personal, o incluso en el exterior del edificio (p.e. generadores de nitrógeno).
- Si se requiere, los equipos muy ruidosos pueden **aislarse** (p.e. colocarse en armarios aislados).

- En los casos en los que no es posible la separación física, se pueden utilizar **carcasas de aislamiento de ruido** (p.e. para minimizar el ruido de las bombas de vacío de los detectores de masas) (Fig. 30).



Fig. 30. Ejemplo de carcasa de aislamiento para bombas de vacío (Fuente: imágenes proporcionadas por un laboratorio participante)

Selección de equipamiento con bajo nivel de emisiones de ruido. Mantenimiento de equipos

El objetivo es aplicar criterios de aislamiento y control de ruido en el diseño de los edificios y los equipos.

Es importante resaltar que un laboratorio adquiere un comportamiento acústico determinado cuando los elementos de construcción relevantes son seleccionados y ensamblados.

Una forma excelente de reducir los niveles de ruido en el laboratorio es seleccionar aparatos que sean diseñados para generar menos ruido, pero también el mantenimiento preventivo frecuente del equipamiento.

Un ejemplo es el uso de tecnologías LC-MS que vienen con un suministro de depósitos de gas nitrógeno, en lugar de seleccionar la opción de instalar un generador de nitrógeno para la producción in situ, ya que esta última es una opción ruidosa. La selección de tecnologías que producen menos ruido favorece la reducción de los niveles acústicos en el interior y en los alrededores de las instalaciones del laboratorio. Otro ejemplo es el uso de compresores de aire sin aceite, en lugar de compresores que funcionan con aceite, para la depuración de aire.

Adicionalmente, pueden realizarse mediciones de ruido para comprobar si un determinado equipo se encuentra dentro de los niveles recomendados (p.e. campana de humos).

Seguimiento de ruido: métodos para el seguimiento de ruido

La medición de los niveles de ruido y la exposición de los trabajadores es la parte más importante de un programa de control de ruido y conservación de la audición. Ayuda a identificar los puntos donde existen problemas de ruido en el lugar de trabajo, los trabajadores afectados, y los puntos donde se requieren medidas adicionales. Para los fines de higiene ocupacional, el nivel de presión sonora es medido para determinar la exposición al ruido. Diversos instrumentos y técnicas pueden ser utilizados. La elección depende del ruido que exista en el lugar de trabajo y la información que se necesite. No obstante, el primer paso es determinar si hay un problema de ruido en el lugar de trabajo. Los instrumentos que podrían utilizarse para medir ruido incluyen sonómetros que miden niveles de presión sonora en dB (Fig. 31).



Fig. 31. Ejemplo de sonómetro (Fuente: https://www.pce-instruments.com/english/measuring-instruments/test-meters/sound-level-meter-noise-level-meter-pce-instruments-sound-level-meter-pce-318-det_61498.htm)

Adicionalmente, deben realizarse auditorías acústicas en el exterior del laboratorio para verificar que las actividades de los laboratorios no producen ruido que pueda causar impacto en el medio ambiente.

EMISIONES ATMOSFÉRICAS

32 EMISIONES ATMOSFÉRICAS

Mejor Práctica

Equipamiento para reducir emisiones: sistemas de depuración de aire

Un número de factores que incluyen la ubicación del laboratorio, los materiales utilizados en la construcción del edificio, así como la instrumentación y el equipamiento utilizado para desarrollar las tareas de la instalación, pueden afectar a la calidad del aire dentro del laboratorio; por tanto, deben ser tenidos en consideración. Altos niveles de contaminantes pueden conducir a una variedad de problemas médicos para el personal del laboratorio y el medio ambiente. En consecuencia, el técnico de laboratorio debe desarrollar estrategias para reducir las emisiones contaminantes.

De forma más específica, la instalación y el uso de armarios de seguridad o campanas extractoras equipadas con filtros adecuados en función del tipo de químico emitido, son modos de reducir las emisiones atmosféricas (Fig. 32).

También es importante considerar el tratamiento adecuado de los filtros después de su uso, así como el seguimiento de la velocidad del flujo de aire y la uniformidad para verificar si la contaminación del aire permanece dentro de los niveles recomendados.

These practices are effective approaches towards minimizing air emissions and ensuring that health and safety of the occupants are optimized.

Otros sistemas para la depuración de emisiones atmosféricas:

- Sistemas de depuración para extraer vapores ácidos.
- Campanas de humos bio-seguras para el análisis de suelos.
- Cabinas con filtros HePA para muestras con amianto.

Estas prácticas son aproximaciones efectivas para reducir las emisiones al aire y garantizar la protección de la salud y seguridad de los trabajadores.



Fig. 32. Cabinas de bioseguridad de clase II con tecnología de flujo laminar (Fuente: fotografía proporcionada por un laboratorio participante)

Mejor Práctica

Reducción de la emisión de vapores nocivos

Un punto crítico consiste en documentar el tipo y cantidad de contaminantes atmosféricos emitidos al aire procedentes de las actividades del laboratorio. Esto puede lograrse por el monitoreo de la cantidad de químicos utilizados y la cantidad de estos químicos que se convierte en residuo. Usando un enfoque de balance de masas, se pueden realizar cálculos para determinar las emisiones del laboratorio. Estos cálculos pueden realizarse para todos los puntos de emisión del laboratorio.

Por ejemplo, para mejorar la calidad del aire en el interior del laboratorio, una forma de hacerlo es la instalación de tapones de seguridad para botellas en fase móvil (p.e. COVs) en equipo LC-MS. Esto puede evitar la emisión de vapores nocivos (Fig. 33).

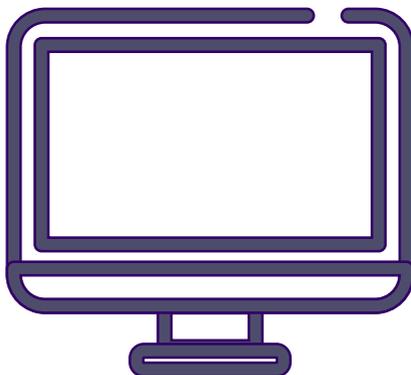


Fig. 33. Ejemplo de tapones de seguridad para botellas de Compuestos Orgánicos Volátiles – COVs (Fuente: fotografías proporcionadas por un laboratorio participante)

Mantenimiento de equipos

El mantenimiento y la inspección regular del equipamiento de laboratorio son partes esenciales de una operación de laboratorio adecuada. Muchos de los accidentes que ocurren en el laboratorio pueden deberse a un uso o mantenimiento indebido del equipamiento del laboratorio. El mantenimiento preventivo y las inspecciones pueden ser realizadas en:

- Equipos de filtración de emisiones (campanas de gases / vitrinas) y equipos que producen otras emisiones atmosféricas (equipos de combustión p.e. calderas).
- Equipos de aire acondicionado que contienen gases de efecto invernadero (GEI), cuyas fugas deben ser controladas.
- Los vehículos utilizados por los técnicos que toman muestras / inspectores.



Medición de contaminación de aire

La toma de muestras y análisis es un aspecto particularmente difícil del monitoreo ambiental y se podría requerir el equipamiento utilizado por los especialistas. Ambas etapas de la medición de emisiones atmosféricas requieren un elevado nivel de competencia y control de calidad, para proporcionar el nivel de precisión y resolución necesario.

El seguimiento de la contaminación del aire debe considerar que:

- Deben realizarse mediciones en el exterior del laboratorio de posibles contaminantes atmosféricos emitidos, p.e. HF, HCl, SO₂, COVs y otras sustancias emitidas por el sistema de tratamiento que extrae los gases, con objeto de verificar el cumplimiento con los límites ambientales permitidos.
- El análisis de emisiones puede proporcionar información adicional y advertir a los usuarios de la presencia de gases inflamables o tóxicos en los laboratorios.

AGUAS RESIDUALES

36 AGUAS RESIDUALES

Mejor Práctica

Separación de corrientes de agua residual

En primer lugar, las aguas residuales deben separarse en su origen en distintas corrientes, según sus características químicas, con objeto de asegurar el tratamiento final más adecuado. Por ejemplo, ácidos, álcalis, agua y disolventes, aguas de limpieza, residuos que contienen nutrientes, etc. deben ser separados en diferentes corrientes.

Asimismo, el pH de las muestras de ensayos de aguas ácidas o básicas, deben neutralizarse antes de ser vertidas.

Es importante resaltar que todas las corrientes de agua residual deberían ser periódicamente analizadas antes del vertido para comprobar si se encuentran dentro de los niveles autorizados.

Asimismo, es esencial separar los residuos líquidos peligrosos de otras clases de residuos.

Adicionalmente, las aguas residuales del lavado de equipos o material de vidrio de laboratorio son consideradas "aguas industriales", y deben ser gestionadas adecuadamente según la legislación local y nacional aplicable.

GESTIÓN AMBIENTAL

Para lograr un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) de alta calidad, es necesario un buen sistema de gestión de la información y documentación, que debería incluir las principales regulaciones, guías y otros materiales de gestión ambiental. De forma específica, debe incluir los procedimientos para asegurar el cumplimiento de cada normativa, la política ambiental, una descripción de los roles y responsabilidades para la implementación y mantenimiento del SGA, así como un sistema de seguimiento de los requisitos con actualizaciones periódicas (Fig. 34).

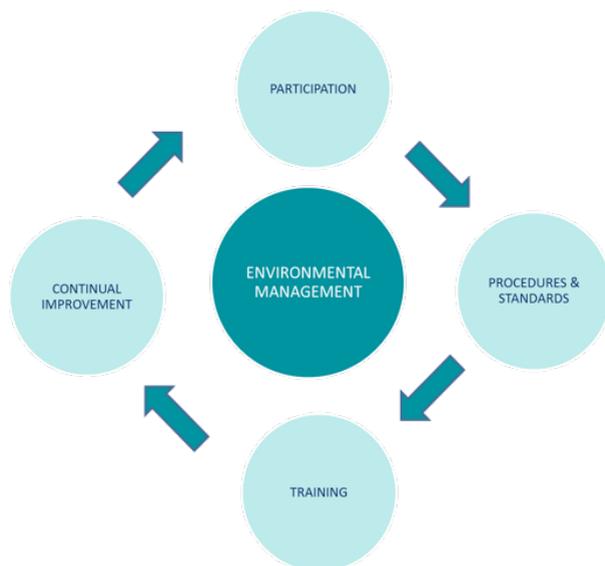


Fig. 34. Aspectos clave en un SGA a aplicar en un laboratorio (Fuente: base de datos propia)

Se recomienda que un SGA esté basado en un enfoque de mejora continua. Para ello, debe seguirse la metodología conocida como Planificar-Hacer-Revisar-Actuar (en inglés PDCA), que representa un modelo de mejora

continua y revisa periódicamente si las normas de gestión ambiental y los objetivos establecidos están siendo implementados en el laboratorio (Fig. 35):



Fig. 35. Metodología PDCA para Sistemas de Gestión Ambiental (Fuente: <http://iso9001-2008awareness.blogspot.com.cy/2014/04/pdca-cycle.html>)

- **Planificar:** establecer objetivos y procesos necesarios para obtener resultados de acuerdo con la política ambiental de la organización.
- **Hacer (Do):** implementar los procesos.
- **Revisar (Check):** hacer seguimiento y medir los procesos verificando la política ambiental, objetivos y metas, requisitos legales y otros requisitos, y reportar los resultados.
- **Actuar:** emprender acciones para mejorar el desempeño del sistema de gestión ambiental.

Política ambiental

Los laboratorios desarrollan actividades que podrían causar impactos en el medio ambiente. Una política ambiental es una forma de reconocer sus acciones potencialmente nocivas, y comprometerse a abordarlas minimizando su impacto. Representa un compromiso de proteger el medio ambiente de una manera responsable, cumplir con todas las obligaciones ambientales, y mejorar el desempeño ambiental. Puede servir también para:

- Identificar y rectificar prácticas ineficientes y dañinas.
- Resaltar modos de trabajar que ahorren costes y sean más eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

Una política ambiental es un gran punto de partida para cumplir con el deber de proteger el medio ambiente.

Planificación: aspectos, objetivos

Una cuestión muy importante para conseguir un sistema de gestión ambiental eficaz es diseñar un proceso sistemático para la identificación y evaluación de los aspectos ambientales de las actividades del laboratorio. Este proceso es previo a las decisiones principales y establecimiento de compromisos puesto que proporciona información para la toma de decisiones sobre las consecuencias ambientales de las acciones propuestas, pero también para fomentar el respeto al medio ambiente y el desarrollo sostenible a través de diferentes medidas.

Estos fines pueden conseguirse:

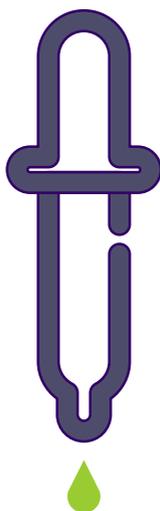
- Estableciendo objetivos: Por ejemplo, una planificación detallada puede desarrollarse con objetivos claramente definidos. Por cada aspecto ambiental, es mejor separar los objetivos en corto y largo plazo. Esto asegura que hay un fin realista definido y cada actividad puede encaminarse a conseguir unos objetivos concretos.
- Identificando herramientas/recursos para conseguir estos objetivos: Por ejemplo, es importante identificar responsables, fuentes de financiación y otras consideraciones de planificación.

Mejor Práctica

Formación y sensibilización

Sensibilizar sobre cuestiones ambientales a los trabajadores es clave para el éxito del desarrollo e implementación de la política ambiental.

También puede ser un paso para crear compromisos positivos que un laboratorio pueda desarrollar en el futuro para minimizar el daño al medio ambiente.



Procedimientos escritos

Documentar políticas, procedimientos, y delegaciones de autoridad ayudará al laboratorio a organizar actividades y prepararse ante emergencias, pero también solucionar y gestionar los errores que puedan ocurrir al implementar los procedimientos. Los procedimientos escritos deben ser:

- De fácil acceso: un sistema on-line actualizado permitirá que las personas que utilizan o están afectadas por las políticas y procedimientos tengan acceso a los que necesitan.
- Rentabilidad: disponer de procedimientos escritos adecuados puede proporcionar menos pérdidas de tiempo y menos errores.
- Capacidad de respuesta: la capacidad de actualizar rápidamente y difundir los procedimientos permite al laboratorio adaptarse a los cambios.
- Rendición de cuentas: procedimientos y políticas disponibles y claramente escritos son uno de los cimientos de cualquier sistema.

Algunos ejemplos de procedimientos/instrucciones ambientales que se deben desarrollar para controlar los aspectos ambientales de un laboratorio serían:

- Gestión de químicos.
- Gestión de residuos.
- Control de aguas residuales.
- Conservación de recursos naturales.
- Control del ruido.

- Control de emisiones atmosféricas.
- Inspecciones ambientales.
- Preparación y respuesta ante emergencias.
- Mantenimiento de equipos e infraestructuras, etc.

Estos procedimientos deberían abarcar la forma de implementar las ***buenas prácticas*** en el laboratorio.

Mejor Práctica

Compra verde en laboratorios

Compra verde es un conjunto de procesos en los cuales los laboratorios buscan bienes y servicios de bajo impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida. Utilizando el poder de compra para elegir este tipo de bienes y servicios, se puede contribuir de forma importante al consumo y producción sostenibles.

Asimismo, la compra verde asegura los beneficios ambientales directos y reduce los impactos negativos, mediante el uso de productos con la misma o incluso mejor calidad, funcionalidad o buena relación calidad-precio que la opción convencional.

La compra verde puede ser una práctica poderosa para proporcionar un fuerte estímulo para la eco-innovación, contribuyendo a los esfuerzos de la UE para una economía más eficiente en recursos.

Seguimiento del desempeño

Para ayudar a un laboratorio a realizar el seguimiento de su desempeño, debe escribirse un procedimiento para identificar actividades o prácticas que puedan dañar al medio ambiente. Un laboratorio debe identificar actividades que minimicen las acciones y prácticas nocivas, pero también crear compromisos positivos que ayudarán a proteger el medio ambiente. El seguimiento continuo del correcto desempeño ayuda a identificar errores de una forma rápida y es una de las actividades más importantes para avanzar hacia la mejora continua. Este seguimiento puede ser desarrollado usando listas de chequeo, entrevistas, inspecciones visuales, mediciones, etc.

6. Conclusiones

En conclusión, se han recopilado **buenas (básicas) y mejores (excelentes) prácticas** ambientalmente sostenibles en laboratorios de control ambiental, y han sido presentadas en esta guía. Estas prácticas fueron seleccionadas mediante cuestionarios y a través de debates en grupos de trabajo (focus groups) celebrados en tres países (España, Chipre y Polonia).

Las prácticas están relacionadas con el uso de recursos y los procedimientos de análisis de los laboratorios de control ambiental. Más específicamente, estas prácticas están relacionadas con las áreas de:

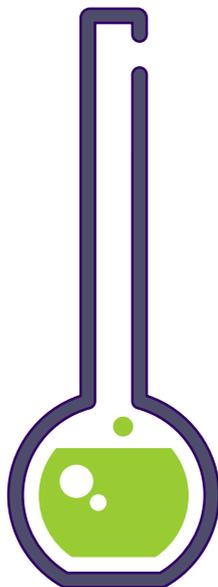
- 1) Uso de productos químicos.
- 2) Gestión de residuos.
- 3) Gestión de la energía.
- 4) Gestión del agua.
- 5) Otros recursos.
- 6) Ruido.
- 7) Emisiones atmosféricas.
- 8) Aguas residuales.
- 9) Sistemas de gestión ambiental.

Los ejemplos de prácticas más relevantes dirigidas a la protección ambiental aplicadas por los laboratorios participantes han sido incluidos en esta guía, junto con las prácticas más significativas obtenidas tras una detallada revisión bibliográfica.

Se puede concluir que existe un amplio margen de mejora en el desarrollo sostenible de los laboratorios de control ambiental, ya que hay muchas prácticas en todas las áreas mencionadas que podrían ser aplicadas para conservar recursos y proteger el medio físico, por parte de los laboratorios de toda Europa.

Como resultado, esta guía proporciona a los laboratorios de control ambiental las herramientas y las bases de partida para crear un marco de prácticas ambientalmente sostenibles, que con el tiempo serán imprescindibles para operar de forma adecuada.

Como esta guía está basada, tanto en la experiencia, como en la revisión de una amplia bibliografía de prácticas disponibles, procedentes de organizaciones nacionales/internacionales, es recomendada como herramienta clave para los laboratorios y su personal hacia el desarrollo sostenible y la mejora del desempeño ambiental.



7. Laboratorios participantes

> Aristos Loucaides Chemical Laboratory Ltd.



> Crop Science Lab, Department of Agricultural Sciences, Biotechnology and Food Science, Cyprus University of Technology



> Cyprus University of Technology - Department of Environmental Science and Technology. Oikotoxicologia-Research Group in Environmental Toxicology



> Microbiology Lab, School of Science and School of Medicine, European University Cyprus



> C. P. Foodlab Ltd.



> State General Laboratory, Cyprus



STATE GENERAL
LABORATORY

> Geological Survey Department of Cyprus, Chemical Laboratory



> Pankemi Laboratory, Cyprus



> Gaia Laboratory of Environmental Engineering, University of Cyprus



> Laboratory Institute for Water Quality, Resource and Waste Management (TU Wien)



> IPROMA



> AUDIOTEC Ingeniería Acústica S.A.



> AMBITEC Laboratorios



> ADIMME



> NGI's Environmental Laboratory



> Laboratorios Tecnológicos de Levante



> AGROKONTROLA



> Textile Testing Institute



> AGUAS DO ALGARVE



> CEVRE



> ECON



> Laboratories of Environmental Biotechnology. Department (Silesian University of Technology)



> Department of Environmental Sciences Jozef Stefan Institute, Ljubljana



> Laboratorio Multidisciplinar, S.L.



> SIGGO



> EXOVA



> CTCV MAS-LMA



> UMA – Unidade de Microbiologia Aplicada do IPVCA



> GEMAR Environmental Measurement and Analysis Laboratory



> University of Environmental Sciences
in Radom



> Microbial Ecology Group (MEG) – CNR-
ISE, Verbania



> University of Architecture Civil
Engineering and Geodesy



> Institute for Sustainable Technologies,
National Research Institute, Environmental
Technologies Department



> Institute for Environmental Protection,
National Research Inst



8. Universidades colaboradoras y Centros FP

> IES Vicent Castell i Domènech



> Universitat Politècnica de València



> Universitat Jaume I



> Universitat de València



> Universidad Miguel Hernández



> CIPFP Canastell



> Laboratories of VET school IES Dr. Peset Aleixandre_FP Laboratorio de Análisis y de Control de Calidad

IES Dr. Peset Aleixandre

9. Socios desarrolladores del proyecto

> Novotec Consultores S.A

novotec

> FEH, Fundación Equipo Humano

FUNDACIÓN **equipo humano**

> MMC, Management Center Limited

MMC Mediterranean Management Centre

> ITeE-PIB, Instytut Technologii Eksploatacji - PIB



> UCY, University of Cyprus



> 3S, Research Laboratory - Forschungsverein



> EUROLAB, European Federation of National Associations of Measurement, Testing and Analytical Laboratories

eurolab

10. Bibliografía

Alliance for water efficiency (August 1998). Medical Facilities & Laboratories.

Berkeley University (2016). Sustainability & Energy: In your Lab.

Council Directive 98/24/EC of 7 April 1998 on the protection of the health and safety of workers from the risks related to chemical agents at work (fourteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC)

Covary, T., Preez, D. K., Götz, T., (December 2014). Appliances Guide: Energy Efficient Refrigerators.

Directive 2000/54/EC - biological agents at work of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on the protection of workers from risks related to exposure to biological agents at work (seventh individual directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC)

Directive 2004/37/EC - carcinogens or mutagens at work of 29 April 2004 on the protection of workers from the risks related to exposure to carcinogens or mutagens at work (Sixth individual Directive within the meaning of Article 16(1) Directive 89/391/EEC) as last amended by Directive (EU) 2017/2398 of the European Parliament and of the Council of 12 December 2017.

EHR University of Pennsylvania (July 2011). Laboratory Chemical Waste Management Guidelines.

EPA – US Environmental Protection Agency. Laboratories for the 21st Century: Best Practices.

EPA: US Environmental Protection Agency (October 2003). Laboratories for the 21st Century: Best Practices.

European Chemicals Agency. <https://echa.europa.eu>

European Commission (May 2008). EMAS Factsheet: EMAS and ISO/EN ISO 14001- differences and complementarities.

Froehlich, P. (August 2013). Noise Pollution in the Laboratory.

Froehlich, P., Media, P., Myers, K. and Corp, H.P. (April 2013). Eliminating Noise Pollution in the Lab.

Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS) (2011). New York and Geneva.

Gupta, A. (2014). Going Green: The Real Reasons for Labs to Invest in Water Conservation Technologies.

Hampshire College (November 2008). Lab Safety Manual: Chemical Management.

Retrieved January 27, 2017, from <https://www.hampshire.edu/ehs/lab-safety-manual-chemical-management>

Health and Safety Executive (June 2013). Personal Protective Equipment (PPE) at work: A brief guide.

Health and Safety Office (July 2012). Fume Cupboard Guidance.

lac acoustics – A division of Sound Seal. Comparative Examples of Noise Levels. Retrieved February 28, 2017, from: www.industrialnoisecontrol.com/comparative-noise-examples.htm

International Organization for Standardization (2015). ISO 14001: Key benefits.

Local Hazardous Waste Management Program in King County (December 2015). Laboratory Waste Management Guide. Washington.

McNay, G. (November 2011). Laboratory acoustics, 87.

Moore, C. and Hunt, N. (January 2014). Management of Laboratory Reagents, Chemicals and Solvents: Storage, handling, disposal and emergency procedures.

National Research Council (2011). Prudent practices in the laboratory: Handling and Management of chemical Hazards. Washington.

National Research Council. Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Management of Chemical Hazards.

Occupational Safety and Health Administration (August 2011). OSHA fact sheet: Laboratory Safety Noise.

Office of the German EMAS Advisory Board. EMAS INFO: From ISO 14001 to EMAS: mind the gap.

Paradise, A. (April 2016). A Greater, Greener Commitment. Retrieved April 1, 2017, from http://www.ourdigitalmags.com/publication/?i=295931&article_id=2440902&view=articleBrowser&ver=html5#%22issue_id%22:295931,%22view%22:%22articleBrowser%22,%22article_id%22:%222440902%22

Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006 (Text with EEA relevance)

Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93

and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC (Text with EEA relevance)

Safe, Successful and Sustainable Laboratories (S-Lab) and HEEPI (Higher Education for Environmental Performance Improvement) (October 2011). S-Lab Environmental Good Practice Guide for Laboratories – A Reference Document for the S-Lab Laboratory Environmental Assessment Framework.

Selvaggio, F. Four Steps for Improving Energy Efficiency in Laboratories.

The University of Queensland – Green Labs Program (March 2011). Water Efficient Labs.

The University of Queensland (2014). UQ Sustainability: Laboratory Water Use.

The University of Vermont. Safety in Laboratories: Chemical waste management.

U.S. Department of Energy. Federal Energy Management Program: Fume Hood Sash Stickers Increases Laboratory Safety and Efficiency at Minimal Cost.

U.S. Environmental Protection Agency (May 2000). EPA: Environmental Management Guide for Small Laboratories.

UC Santa Cruz (2012). Sustainability Office: Energy Efficiency.

Understanding Labelling. European Chemicals Agency. <https://echa.europa.eu/regulations/clp/understanding-clp>

University of California - Department of Civil and Environmental Engineering (March 2014). Environmental Engineering Laboratory User Guide and Chemical Hygiene Plan. California.

University of California (2016). Sustainability: Green Lab.

University of Regina (November 2010). Chemical and Laboratory Safety Program.

University of Wisconsin-Madison – Environment, Health & Safety. Laboratory Safety Guide: Appendix H-EPA Hazardous Waste Law.

University of Wisconsin-Madison – Environment, Health & Safety. Laboratory Safety Guide: Chapter 6 - Pollution Prevention and Waste Minimization.

Uptime Institute (2013). Cisco's Global Lab Energy Management Program.

Washington State Department of Ecology (January 2003). Step – by – step Guide to better Laboratory Management Practices.

11. Apéndice 1

(1) Determinación de compuestos como:

- Organofosfatos: Ometoato, Dimetoato, Diazinon, Malation, Methyl-Pirimiphos, Trichlorfon.
- Triacinas: Metribucine, Metthopucine, Simethrin, Cyanazine, Ametrine, Atrazine, Simacine, Terbutilacin, Terbutryn, Trietazine, Propazine, Desisopropyl-Atrazine, Desethyl-Atrazine, Prometrine, Destil-Terbuthylazine.
- Organonitrogenados: Propizamide, Molinate.
- Ureas: Diuron, Linuron, Isoproturon, Diflubenzuron, Flufenoxuron, Lufenuron, Clortoluron.
- Carbamatos: Aldicarb, Carbaryl, Carbofuran, Pirimicarb, Metiocarb, Benfuracarb.
- Otras sustancias: Metomyl, Oxamyl, Metamitron, Bromacil, Imazalil, Thiabendazole, 3,4-Dichloroaniline, 4-Isopropylaniline, Carbendazima, Quinoxifene, Metalaxyl, Miclobutanil, Dichlorvos, Cibutrina, Imidacloprid, Tiacloprid, Ciprodinil, Triadimenol, Oxadiazon, Triallat, Thiamethoxam, Clotianidin, Acetamiprid, Spinosin A and D and Fosmet.



N° 2016-1-ES01-KA202-024977



Para más información, pónganse en contacto con nosotros:
www.ecvetlab.eu
info@ecvetlab.eu

El curso Online ECVET-Lab de Gestión Medioambiental en laboratorios estará disponible en nuestra web muy pronto.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

"El apoyo de la Comisión Europea para la elaboración de esta publicación no implica la aceptación de sus contenidos, que es responsabilidad exclusiva de los autores. Por tanto, la Comisión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida."

novotec

FUNDACIÓN **equipo humano**

MMC

Mediterranean
Management Centre



Πανεπιστήμιο Κύπρου
University of Cyprus



eurolab