

## Evaluación de impactos ambientales en un laboratorio de análisis físico químico de combustibles

### Evaluation of environmental impacts in a physical chemical analysis laboratory for fuels

Niurka Carrión Santa Cruz<sup>a,\*</sup> (0000-0002-1098-5152).  
Odalys Quevedo Alvarez<sup>a</sup> (0000-0002-1998-7875).  
Yamila Navarro Sosa<sup>a</sup> (0000-0002-6053-2872).

<sup>a</sup> Centro de Investigación del Petróleo, Calle Churruca No.481 e/Vía Blanca y Washington, Cerro, La Habana, Cuba

\*niurkacs@ceinpet.cupet.cu

Recibido: 03 de marzo de 2022;

Aceptado: 13 de abril de 2022;

#### RESUMEN

Las organizaciones, tienen un impacto sobre el medio ambiente y a su vez pueden verse afectadas por el mismo. Para lograr una gestión ambiental eficaz, las organizaciones deben identificar los elementos de sus actividades, productos y servicios que interactúan o puedan interactuar con el medio ambiente, lo que se define como aspecto ambiental. El objetivo de la investigación consistió diagnosticar los aspectos e impactos ambientales de un laboratorio de análisis físico químico de combustibles para contribuir a la mejora de su gestión ambiental. Se analizaron las entradas, salidas, emergencias y riesgos en cada actividad del laboratorio. La evaluación del impacto asociado a los aspectos ambientales identificados se realizó según la guía metodológica elaborada por Conesa. El diagnóstico realizado contactó que la gestión ambiental del laboratorio no es adecuada. Los aspectos ambientales con mayor significancia fueron la emisión de gases, el manejo inadecuado de productos químicos y la generación de residuos tóxicos y peligrosos. Se diseñó un programa de acciones para minimizar al máximo los impactos negativos que genera el laboratorio, prevenir totalmente la ocurrencia de impactos ambientales negativos, así como implementar un sistema de gestión ambiental.

**Palabras claves:** impacto ambiental, gestión ambiental, análisis de combustibles.

#### ABSTRACT

Organizations have an impact on the environment and in turn can be affected by it. To achieve effective environmental management, organizations must identify the elements of their activities, products and services that interact or may interact with the environment, which is defined as an environmental aspect. The objective of the research consisted of diagnosing the environmental aspects and impacts of a physical chemical analysis laboratory for fuels in order to contribute to the improvement of its environmental management. The entrances, exits, emergencies and risks in each activity of the laboratory were analyzed. The evaluation of the impact associated with the identified environmental aspects was carried out according to the methodological guide prepared by Conesa. The diagnosis made contacted that the environmental management of the laboratory is not adequate. The most significant environmental aspects were the emission of gases, the improper handling of chemical products and the generation of toxic and dangerous waste. An action program was designed to minimize the negative impacts generated by the laboratory, totally prevent the occurrence of negative environmental impacts, as well as implement an environmental management system.

**Keywords:** environmental impact, environmental management, fuel analysis.

## INTRODUCCION

Las organizaciones, ya sean públicas o privadas, grandes o pequeñas, pertenecientes a economías desarrolladas o emergentes, poseen un impacto sobre el medio ambiente. Actualmente, existe un entendimiento cada vez mayor de que el desarrollo y bienestar humano están sujetos a la preservación y conservación de los recursos naturales, de los que depende toda la actividad y productividad humana. Lograr un desempeño ambiental sólido requiere un compromiso de la organización hacia un enfoque sistemático y la mejora continua de su sistema de gestión ambiental (NC, 2016).

Debido a las presiones sobre el medio ambiente originadas por el cambio climático, el consumo excesivo de recursos, así como la degradación de los ecosistemas y la pérdida de biodiversidad, la sociedad en general se ha hecho más exigente con respecto a la protección del entorno. Esto ha generado el establecimiento de regulaciones destinadas a prevenir efectos ambientales adversos y lograr un desarrollo económico y social sostenible. El gobierno cubano se propone, hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras.

La Unión Cuba Petróleo (CUPET), pertenece al Ministerio de Energía y Minas. Desarrolla actividades como la exploración– producción, refinación, comercialización y otras de apoyo a la rama petrolera. Operaciones consideradas de gran impacto económico y ambiental (CUPET, 2018).

La presente investigación tiene como objetivos: identificar y evaluar los aspectos e impactos ambientales de un laboratorio de análisis físico químico (LAFQ) de combustibles (petróleos crudos y derivados) - con el fin de contribuir a mejorar su desempeño ambiental.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la actualidad existen diversas metodologías para la realización de diagnósticos medioambientales, las cuales se encuentran dirigidas a sectores concretos, ya sea el sector productivo, ecosistemas ambientales, unidades políticas administrativas, u otras actividades específicas. En la actual investigación, para estos fines se propone y aplica una metodología (Figura 1) que combina lo establecido por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba (CITMA, 2013), para la ejecución de diagnósticos ambientales y los requisitos de la NC-ISO 14001:2015 (NC, 2015). Solo se utilizaron aquellos aspectos que son afines al laboratorio. Esta metodología se emplea para la obtención del reconocimiento ambiental nacional.



**Fig. 1.** Metodología para el diagnóstico y mejora de la gestión ambiental.

### Diagnóstico inicial

El diagnóstico ambiental inicial constituye una herramienta preliminar muy importante para la mejora de la gestión ambiental de una organización. Para ello se revisó la normativa ambiental vigente relacionada con temas como: emisiones atmosféricas, calidad de vertidos líquidos y residuos sólidos, y manejo de desechos peligrosos, entre otros. Posteriormente, se realizó un estudio de las áreas del laboratorio, teniendo en cuenta los equipos existentes y los ensayos que se realizan, elaborándose una hoja informativa con los posibles indicadores ambientales y operacionales. Se determinaron de niveles de ruido y de calidad de aire y vertidos líquidos. Así como el consumo de energía eléctrica, agua y combustible.

### Identificación de aspectos ambientales

La valoración detallada de la situación ambiental del laboratorio se efectuó, teniendo en cuenta las actividades que se desarrollan en sus cinco áreas. Zona 1: se ejecutan los ensayos de azufre a alta temperatura y de lámpara e insolubles en tolueno y pentano. En esta se ubican además el almacén de solventes y el área de recepción de muestras; zona 2: es el cuarto de preparación de disoluciones y se realizan los siguientes ensayos: estabilidad de diesel y turbocombustible, número total de base (TBN), número de acidez y sedimentos totales; zona 3: tipos de hidrocarburos en productos del petróleo líquido por fluorescencia, contenido de asfaltenos, agua por destilación, presión de vapor, azufre por Fluorescencia de Rayos X, destilación atmosférica, punto de inflamación (Pensky-Martens y Tag copa cerrada) y contenido de sulfuro de hidrógeno. Además, está instalado el cuarto caliente; zona 4: se ubica el almacén de reactivos y, por último, en la 5: se efectúan los análisis de viscosidad cinemática, determinación de espuma y punto de inflamación copa abierta.

En cada actividad se analizaron las entradas, salidas, y emergencias y riesgos que pudieran ocurrir. Para ello se tuvieron en cuenta los cuatro procesos que acontecen en el laboratorio: atención al cliente, preparación de disoluciones y ejecución de ensayos, aseguramiento y manejo de desechos. Lo anterior permitió identificar los aspectos ambientales asociados, así como una correcta identificación de los impactos ambientales derivados.

### Valoración de impactos ambientales

Para la evaluación del impacto asociado a los aspectos ambientales identificados se utilizó la “Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental” propuesta por Conesa (Conesa Fernández-Vitora, 2010), en la cual se tienen en cuenta diez parámetros y se evalúa el impacto en función de su importancia o significancia. La matriz de importancia permite obtener una valoración cualitativa del efecto de cada acción impactante sobre cada factor impactado, ya sea medio físico, biológico o socioeconómico.

La importancia se calcula según la siguiente expresión:

$$I = \pm (3I + 2Ex + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

#### Donde:

I: Importancia (puede ser de naturaleza negativa o positiva en función de la variación de la calidad ambiental)

I: Intensidad (incidencia de la acción: baja, media, alta, muy alta, total)

Ex: Extensión (área de influencia: puntual, parcial, extenso, total, crítica)

MO: Momento en que se manifiesta (largo plazo, medio plazo, inmediato, crítico)

PE: Persistencia (permanencia del efecto: fugaz, temporal, permanente)

RV: Reversibilidad (por medidas naturales: corto plazo, medio plazo, irreversible)

SI: Sinergia (sin sinergismo, sinérgico, muy sinérgico)

AC: Acumulación (incremento progresivo: simple, acumulativo)

EF: Efecto (relación causa-efecto: indirecto, directo)

PR: Periodicidad (regularidad de la manifestación: discontinuo, periódico, continuo)

MC: Recuperabilidad (reconstrucción por medios humanos: recuperable de manera inmediata, a medio plazo, mitigable, irrecuperable).

La importancia del impacto se determina por la valoración de los anteriores elementos. De esta manera si el valor es:  $< 25$  se clasifica como irrelevante o compatible (CO),  $\geq 25$  y  $< 50$  moderado (M),  $\geq 50$  y  $< 75$  severo (S) y  $\geq 75$  crítico.

### **Propuesta de plan de acciones**

Una vez valorados los impactos se elaboró un plan de acciones donde se plantean los objetivos y metas a alcanzar. En la realización de dichas acciones se asignaron responsabilidades a las personas involucradas. Se especificaron los plazos y medios requeridos para llevar a cabo lo dispuesto en el plan.

## **DISCUSIÓN y RESULTADOS**

La industria petrolera tiene un impacto económico importante en la sociedad, sin embargo, las operaciones que se llevan a cabo en la misma provocan consecuencias directas sobre el medio ambiente. La contaminación de aguas subterráneas; las fugas de oleoductos, tanques y pozos; la liberación incontrolada de grandes volúmenes de petróleo; la emisión a la atmósfera de partículas y gases como el metano ( $\text{CH}_4$ ), el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), los óxidos de nitrógeno ( $\text{N}_x\text{O}_y$ ) y el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ); el daño de áreas ecológicas frágiles, así como la pérdida de hábitats de especies amenazadas, constituyen algunas de las situaciones ambientales problemáticas que genera dicho sector (Córdova Durán, 2016). En los últimos años, dentro de la industria petrolera se ha producido un incremento en el interés por disminuir los impactos ambientales y provocar menos daños a la humanidad. Por ejemplo, compañías petroleras consideradas líderes en el ámbito internacional han logrado la aplicación y el funcionamiento de Sistemas de Gestión Ambiental propuestos en la literatura.

### **Diagnóstico inicial**

Con la revisión de la legislación vigente se identificaron los requerimientos legales bajo los cuales debe operar el LAFQ:

- Decreto ley 225: 2001 de los explosivos industriales, medios de iniciación, sus precursores químicos y productos químicos tóxicos (Consejo de Estado, 2001).
- NC 111: 2004. Calidad del aire—reglas para la vigilancia de la calidad del aire en asentamientos humanos (NC, 2004).

- NC 229: 2014. Seguridad y salud en el trabajo-productos químicos peligrosos—medidas para la reducción del riesgo (NC, 2014).
- NC 27: 2012. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones (NC, 2012).
- NC 871: 2011 Seguridad y salud en el trabajo — ruido en el ambiente laboral — requisitos higiénico sanitarios generales (NC, 2011 a).
- NC 872: 2011 Seguridad y salud en el trabajo — sustancias nocivas en el aire de la zona de trabajo — evaluación de la exposición laboral — requisitos generales (NC, 2011 b).
- NC 133: 2001. Residuos sólidos urbanos- almacenamiento, recolección y transportación - requisitos higiénico sanitarios y ambientales (NC, 2001).
- Resolución No. 253: 2021. Reglamento para el manejo de los productos químicos peligrosos de uso industrial, de consumo de la población y de los desechos peligrosos (CITMA, 2021).

Mediante la revisión de los equipos y las actividades que se realizan en las áreas del LAFQ, así como la aplicación de encuestas al personal del laboratorio se identificaron los siguientes indicadores de tipo ambiental y operacional:

- Emisiones de solventes volátiles (tolueno, xileno, isooctano, n-heptano, acetona y pentano, entre otros).
- Emisiones de hidrocarburos volátiles y de otros compuestos provenientes de las muestras que se analizan, como por ejemplo sulfuro de hidrógeno.
- Niveles de ruido elevado cuando se ejecuta el ensayo para determinar por fluorescencia los tipos de hidrocarburos presentes en productos de petróleo líquido.
- Vertidos líquidos no controlados y sin una caracterización adecuada.
- Derrame de muestras de petróleo o derivados.
- Consumo de electricidad.
- Consumo y pérdida de agua.

### **Determinación de emisiones a la atmósfera**

En la Tabla 1 se muestran los niveles de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S (g)), óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub>, hidrocarburos alifáticos saturados, tolueno y xileno en las cinco áreas de trabajo del LAFQ. Como se observa, los niveles de concentración de los contaminantes H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> cumplen con lo regulado de acuerdo a la normativa cubana tomada como referencia, por lo que no causan daños a la salud. En relación con los niveles de hidrocarburos alifáticos saturados se aprecia que, en todas las áreas analizadas, excepto en el local 4, los valores de concentración no cumplen con la disposición. Los niveles de tolueno y xileno en todas, se encuentran por encima de la concentración promedio admisible y específicamente en el área 3, se excede la concentración máxima admisible. No ocurre esta situación en el área 4.

Los resultados demuestran que se incumplen los parámetros de varios de los contaminantes estudiados. Tales como, la concentración promedio admisible (CPA) y

concentración máxima admisible (CMA) (NC, 2011 b). Medidas establecidas por la norma de seguridad y salud en el trabajo, concerniente a la evaluación de la exposición laboral a sustancias nocivas en el aire de la zona laboral. Aspectos que provocan afectaciones en la salud de los trabajadores.

**Tabla 1.** Concentraciones de contaminantes en las diferentes áreas de trabajo del LAFQ. CPM y CMA (NC, 2011b).

Área del laboratorio	Concentración (mg/m <sup>3</sup> )					
	Hidrocarburos alifáticos saturados (C1-C10)	H <sub>2</sub> S (g)	SO <sub>2</sub> (g)	NO <sub>x</sub> (g)	Xileno	Tolueno
1	870	0,369	0,032	0,030	480	367
2	2403	0,254	0,022	0,050	555	473
3	1880	1,87	0,041	0,016	870	1880
4	0	0,355	0,039	0,054	0,026	0
5	450	0,072	0,006	0,010	506	461
<b>CMA</b>	300	20	20	5	650	560
<b>CPA</b>	100	10	10	5	430	350

### Niveles de ruido

El laboratorio presenta pocas fuentes de ruido. Este se genera principalmente a través del método de ensayo “Determinación de hidrocarburos en productos líquidos del petróleo por adsorción de indicador fluorescente”. El nivel de ruido que se genera es de 75 dBA, valor que no sobrepasa la cantidad máxima permisible para este tipo de instalaciones (80 dBA), según lo establecido por la norma cubana de seguridad y salud en el trabajo asociada con los niveles de ruido en el ambiente laboral (NC, 2011 a). Se evidencia que el LAFQ no viola dicha disposición legal.

### Calidad de los vertidos líquidos

Los residuales líquidos que se generan en el laboratorio son fundamentalmente a partir de la limpieza de la cristalería empleada para realizar los análisis. Los mismos pueden contener además de detergente, pequeñas cantidades de solventes orgánicos. En la Tabla 2 se presenta la caracterización de los efluentes del laboratorio. Se consideraron los parámetros demanda química de oxígeno (DQO), pH y conductividad a 25°C, demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), sulfuros (S), sólidos sedimentables (SS), grasas y aceites (G y A), fenoles y cromo VI.

**Tabla 2.** Caracterización de los vertidos líquidos generados en el LAFQ.

Parámetros	pH	Cond ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Concentración (mg/L)						
			DQO	DBO <sub>5</sub>	S	SS	G y A	Fenoles	Cr VI
	7,37 $\pm$ 0,01	1478 $\pm$ 2	307 $\pm$ 2	$\square$ 3,0	$\square$ 1,0	29	2,80 $\pm$ 0,03	$\square$ 0,02	0,24
<b>LMPP*</b>	6 - 9	$\square$ 4000	$\square$ 700	$\square$ 300	5,0	$\square$ 10	$\square$ 50	$\square$ 5	0,5

\*LMPP: límite máximo permisible promedio para los parámetros de residuales líquidos a verter al alcantarillado (NC, 2012).

De acuerdo a los resultados de los parámetros evaluados en la caracterización de los residuales líquidos, el LAFQ cumple con lo establecido en la NC 27: 2012 para el vertimiento al alcantarillado. No siendo así, para los sólidos sedimentables, cuyo valor superan en más de dos veces el límite máximo permisible promedio según dicha disposición.

### Inspección a las diferentes áreas del LAFQ

En el LAFQ se encuentran bien identificadas las rutas de escape en caso de emergencias, incendios y explosiones. En el almacén de reactivos estas sustancias se almacenan según los criterios de compatibilidad, están debidamente identificadas, ordenadas y protegidas de la intemperie; sin embargo, el local posee escasa ventilación. Existen derrames accidentales de muestras de combustibles, así como de los tanques donde se acumulan los desechos de hidrocarburos. En ocasiones, tienen lugar derrames accidentales tanto de las muestras como de los solventes empleados por manipulación inadecuada.

En el laboratorio se constata que no se realiza una adecuada gestión ambiental. Un componente fundamental de este resultado se relaciona con el personal y los métodos de trabajo del laboratorio como consecuencia de la no existencia de una política ambiental, ni de objetivos y metas ambientales. El capital humano no se encuentra capacitado en materia de gestión ambiental, por lo que su actuar no responde a una toma de conciencia previa con vista a lograr un buen desempeño ambiental.

### Identificación de aspectos ambientales y valoración de impactos ambientales

La Tabla 3 muestra los aspectos ambientales identificados por procesos y actividades, asociados con los impactos adversos que ocasionan. A continuación, se describe la leyenda utilizada:

#### Aspectos ambientales

1: Generación de productos químicos caducos (GPQC); 2: Consumo de papel (CP); 3: Consumo de electricidad (CE); 4: Generación de residuos sólidos urbanos (GRSU); 5: Emisión de gases (EG); 6: Derrame accidental (DA); 7: Generación de materiales sólidos impregnados con hidrocarburos (GMH); 8: Consumo de agua (CA); 9: Generación de Ruido y vibración (GRu); 10: Consumo de sustancias químicas (CSQ); 11: Consumo de combustible (CC); 12: Manejo inadecuado de productos químicos (MIPQ); 13:

Generación de residuales líquidos (GRL); 14: Generación de residuos tóxicos y peligrosos (GRTP) y 15: Generación de sustancias que afectan la capa de ozono (GSCO).

### **Impactos ambientales**

A –Atmósfera (contaminación del aire); B –Suelo (Contaminación del suelo); C –Agua (Agotamiento del recurso agua; contaminación las aguas superficiales y subterráneas); D – Biota (agotamiento del recurso flora); E -Factor Humano (afectación a la salud humana); F -Factor socioeconómico (agotamientos de las fuentes de energía no renovables, entre otros).

Como se puede apreciar (Tabla 3), el proceso de preparación de disoluciones y ejecución de ensayos es el que posee más incidencias negativas para el medio ambiente, específicamente las actividades de disposición de desechos, manejo y uso de sustancias químicas y filtración a temperatura ambiente y en caliente. Le siguen en importancia por el número de aspectos ambientales involucrados, los procesos de aseguramiento y manejo de desechos.

Los aspectos ambientales que tienen mayor frecuencia son: emisión de gases, manejo inadecuado de productos químicos, derrame accidental, consumo de electricidad, consumo de sustancias químicas, generación de materiales sólidos impregnados con hidrocarburos y generación de residuos tóxicos y peligrosos. Los factores más impactados son: el humano, la atmósfera y el socioeconómico. Estos resultados fueron valorados por un grupo de expertos, los cuales determinaron que solo siete de los quince aspectos ambientales identificados fueron considerados en la matriz de importancia.



En la Tabla 4 se resumen los valores de Importancia (I) de los impactos provocados por la ejecución de las actividades en el LAFQ. Una valoración absoluta y relativa de los resultados demuestra que la emisión de gases originada por la emanación de sustancias gaseosas procedentes de muestras y reactivos es la acción más impactante, con -167 unidades absolutas y -29.85 unidades relativas. La cual ha provocado afectaciones severas a la salud humana con -52 unidades y daños moderados al factor atmósfera con -32 unidades, conllevando a contaminación atmosférica. Su impacto es irrelevante a los factores socioeconómicos, suelo, agua y biota.

**Tabla 4.** Matriz de importancia.

<b>Factores impactados</b>	<b>Atmósfera</b>	<b>Suelo</b>	<b>Agua</b>	<b>Biota</b>	<b>Factor humano</b>	<b>Factor socioeconómico</b>	<b>Importancia absoluta</b>	<b>Importancia relativa</b>
<b>Acciones impactantes</b>								
Emisión de gases	-32	-7	-7	-20	-52	-23	-167	-29.85
Derrame accidental	-25	-27	-11	-18	-32	-19	-142	-24.65
Generación de residuos tóxicos y peligrosos	-27	-7	-12	0	-35	45	-49	-12.6
Generación de materiales sólidos impregnados con hidrocarburos	-35	-15	-10	0	-35	30	-81	18.6
Consumo de sustancias químicas	-24	-9	-10	0	-35	-56	-142	-26.15
Consumo de energía eléctrica	-23	0	0	0	0	-41	-64	-11.9
Manejo inadecuado de productos químicos	-23	-17	-27	-20	-29	-27	-146	-25.0
Unidades de importancia	250	150	200	50	200	150		
Importancia absoluta	-189	-82	-77	-58	-218	-91	-791	
Importancia relativa	-47.25	-16.95	-24.4	-2.9	-43.6	-13.65		-111.55

En nivel de importancia le continúa, el manejo inadecuado de productos químicos con -146 unidades absolutas y -25 unidades relativas. El cual impacta de manera moderada a los factores humano, socioeconómico y agua con -29, -27 y -27 unidades, respectivamente, induciendo afectaciones a la salud humana, conllevando a gastos económicos por el consumo y manejo incorrecto de productos químicos, trayendo consigo el agotamiento del recurso agua. La alta incidencia de esta acción se debe a las unidades de importancia de los factores implicados (efecto moderado) y no a la cantidad de factores sobre los que influye la misma, por lo que es necesario tenerla en cuenta en la toma de decisiones.

Las acciones de derrame accidental y consumo de sustancias químicas le siguen por su importancia con -142 unidades absolutas cada una y -24.65 y -26.15 unidades relativas, respectivamente. El derrame accidental induce impactos moderados en los factores, humano con -32 unidades, suelo y atmósfera con -27 y -25 unidades, respectivamente. Implica afectación a la salud y contaminación del suelo y la atmósfera. Por su parte, el consumo de sustancias químicas impacta de manera severa el factor socioeconómico con -56 unidades y de forma moderada al factor humano con -35 unidades. Provoca gastos financieros por consumo de reactivos y afectaciones a la salud.

El próximo, es la generación de materiales sólidos impregnados con hidrocarburos con -81 unidades absolutas y 18.6 unidades relativas. Valores que inducen positivamente un impacto moderado en el factor socioeconómico con 30 unidades por el aprovechamiento energético de dichos desechos y provocando impactos moderados en los factores humano y atmósfera con -35 unidades. Los mismos han conllevado a afectaciones a la salud y a la contaminación atmosférica.

Por su nivel de importancia en menor medida, el consumo de electricidad con -64 unidades absolutas y -11.9 unidades relativas, impactando moderadamente al factor socioeconómico con -41 unidades, conllevando a gasto por el alto consumo de energía eléctrica que generan la mayor parte de los servicios que presta el laboratorio, debido a que implican el uso de equipos altamente consumidores.

El valor absoluto indica el nivel de deterioro intrínseco de un factor y el valor relativo, la participación del deterioro intrínseco de ese factor respecto al deterioro total del medio. Por lo que es posible plantear que en el caso de estudio los factores más impactados por el conjunto de acciones que se llevan a cabo en el LAFQ son el factor humano en primer lugar y en segundo el factor atmósfera. Necesarios tenerlo en cuenta al elaborar el plan de acción.

### **Propuesta de plan de acciones**

Se diseñó un programa de acciones con tres objetivos, en el que se incluyeron medidas de mitigación, prevención y control.

### **Objetivo 1: Minimizar los impactos ambientales negativos que genera el LAFQ.**

#### **Metas:**

- Implementar un sistema de trabajo en el laboratorio que asegure el cumplimiento de la legislación ambiental aplicable.
- Controlar los impactos ambientales negativos generados por el laboratorio.
- Disminuir las emisiones de gases que contaminan el aire y los puestos de trabajo.
- Disminuir el manejo inadecuado de los productos químicos.
- Disminuir los derrames accidentales
- Manejar adecuadamente los desechos de materiales impregnados con hidrocarburos.
- Evitar la generación de residuos y emisiones.

#### **Procedimiento:**

- Identificar los aspectos ambientales por proceso y evaluar sus impactos.
- Capacitar al personal del laboratorio en función de la legislación ambiental aplicable.

- Evaluar el cumplimiento de las normas y legislaciones vigentes.
- Realizar monitoreos periódicos en tiempo real de calidad del aire, agua y niveles de ruido.
- Dar seguimiento a la gestión de la ventilación de almacén de reactivos químicos.
- Capacitar al personal en las buenas prácticas de laboratorio y controlar su cumplimiento.
- Verificar el cumplimiento de lo establecido en los métodos de ensayos.
- Cumplir los requisitos establecidos para el manejo de residuos oleaginosos.
- Realizar simulacros de derrames de combustibles y productos químicos.
- Establecer un sistema de rotación de los reactivos para evitar la generación de los productos químicos caducos.

**Responsabilidades:** Jefe de laboratorio, representante de calidad y medio ambiente del laboratorio, así como su personal técnico.

**Objetivo 2: Prevenir la ocurrencia de impactos ambientales negativos.**

**Metas:**

- Mantener un control de los aspectos ambientales no significativos para evitar que se conviertan en significativos.
- Ejecutar acciones de capacitación dirigidas a incrementar los conocimientos y la conciencia ambiental de los trabajadores.

**Procedimiento:**

- Efectuar un seguimiento de los aspectos ambientales identificados.
- Verificar que los equipos a adquirir por inversiones tengan un bajo consumo energético.
- Desarrollar actividades de comunicación (conferencias, charlas, boletines, matutinos) con vistas a incrementar la conciencia ambiental del personal.
- Ejecutar acciones de capacitación ambiental, entre ellas cursos sobre riesgo ambiental, evaluación de impactos ambientales en laboratorios químicos, y productos químicos caducos, entre otros.

**Responsabilidades:** Jefe de laboratorio y representante de calidad y medio ambiente del laboratorio.

### **Objetivo 3: Implementar un sistema de gestión ambiental en el laboratorio.**

#### **Metas:**

- Identificar los aspectos ambientales por proceso y evaluar sus impactos.
- Incorporar al Sistema de Gestión de la Calidad del laboratorio los elementos de gestión ambiental.

#### **Procedimiento:**

- Establecer metodología para la determinación y evaluación de los aspectos ambientales.
- Modificar y/o implementar la documentación relacionada con la gestión ambiental del laboratorio.

**Responsabilidades:** Representante de calidad y medio ambiente del laboratorio.

#### **Implantación y operación**

El jefe de laboratorio es responsable del control ambiental, asegurándose de que las acciones señaladas en el plan sean establecidas y puestas en práctica. La protección del medio ambiente es una responsabilidad propia del personal técnico del laboratorio.

#### **Verificación y acción correctiva**

El LAFQ estableció procedimientos para el monitoreo de las actividades que causan impactos. Además, identifica y mantiene registros ambientales como: identificación de aspectos e impactos ambientales por actividad, inventario de desechos peligrosos y productos químicos ociosos, capacitación y resultados de auditorías y revisiones.

### **CONCLUSIONES**

El diagnóstico realizado permitió constatar que la gestión ambiental del LAFQ no es adecuada. Las deficiencias se relacionan con el manejo de los residuales líquidos y sólidos generados, la valoración de los riesgos ambientales, la identificación de aspectos ambientales y la evaluación de los impactos asociados, cumplimiento de buenas prácticas, así como con la capacitación del personal sobre temas ambientales. Los aspectos ambientales más significativos fueron la emisión de gases, el manejo inadecuado de productos químicos y la generación de residuos tóxicos y peligrosos. Además, de acuerdo a la evaluación de los impactos ambientales asociados a las actividades del laboratorio, los factores más afectados el humano y la atmósfera. Se diseñó un programa de acciones para minimizar al máximo los impactos negativos que genera el laboratorio, prevenir totalmente la ocurrencia de impactos ambientales negativos, así como implementar un sistema de gestión ambiental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NC ISO 14004:2016. Oficina Nacional de Normalización (NC). Sistema de gestión ambiental. Directrices generales sobre la implementación. Octubre del 2016. Cuba.
- Estrategia Ambiental de CUPET 2018-2020. 2018. Cuba.
- Metodología para la ejecución de los diagnósticos ambientales, para la obtención del reconocimiento ambiental nacional (RAN). CITMA. 2013. Cuba.
- NC ISO 14001:2015. Oficina Nacional de Normalización (NC). Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso. Cuba.
- Conesa Fernández-Vitora, V. 2010. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ediciones Mundi-Prensa Libros S.A, <http://www.mundiprensa.com>
- Córdova Durán, V. 2016. Implementación del proceso de gestión ambiental en la exploración de bloques evaluados para extracción de recursos minerales (gas natural y petróleo). (Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Geólogo, Universidad Pedagógica y Tecnológica, Colombia). <https://repositorio.uptc.edu.co>.
- Decreto ley N° 225 del 2001. Consejo de Estado. De los explosivos industriales, medios de iniciación, sus precursores químicos y productos químicos tóxicos. Gaceta Oficial ISSN 0864-0793. Cuba.
- NC 111: 2004. Oficina Nacional de Normalización (NC). Calidad del aire—reglas para la vigilancia de la calidad del aire en asentamientos humanos. Mayo del 2004. Cuba.
- NC 229: 2014. Oficina Nacional de Normalización (NC). Seguridad y salud en el trabajo-productos químicos peligrosos-medidas para la reducción del riesgo. Julio del 2014. Cuba.
- NC 27:2012. Oficina Nacional de Normalización (NC). Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones. Octubre del 2012. Cuba.
- NC 871: 2011a. Oficina Nacional de Normalización (NC). Seguridad y salud en el trabajo-ruido en el ambiente laboral-requisitos higiénicos sanitarios. Diciembre del 2011. Cuba.
- NC 872: 2011 b. Oficina Nacional de Normalización (NC). Seguridad y salud del trabajo-sustancias nocivas en el aire de la zona de trabajo-evaluación de la explosión laboral-requisitos generales. Diciembre del 2011. Cuba.
- NC 133: 2001. Oficina Nacional de Normalización (NC). Residuos sólidos urbanos-almacenamiento, recolección y transportación - requisitos higiénico sanitarios y ambientales. 2001. Cuba.
- Resolución No. 253: 2021. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Reglamento para el manejo de los productos químicos peligrosos de uso industrial, de consumo de la población y de los desechos peligrosos. Gaceta Oficial N°. 2 Ordinaria del 7 de enero del 2022. Cuba.

## CONTRIBUCIÓN AUTORAL

**Niurka Carrión Santa Cruz:** Conceptualización, Curación de datos, Análisis fromal, Adquisicion de datos, Investigacion, Metodologia, Recursos, Redaccion del borrador original.

**Odalys Quevedo Alvarez:** Administracion de proyectos, Software, Supervisión.

**Yamila Navarro Sosa:** Validación, Visualización