

Universidad de Costa Rica  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**Uso de una herramienta para determinar las condiciones de seguridad de los laboratorios de la Universidad de Costa Rica y su verificación mediante inspección en unidades seleccionadas de la Sede Rodrigo Facio.**

Informe de Proyecto de Graduación sometido a consideración por parte de la Escuela de Ingeniería Química como requisito final para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Química

GABRIEL PACHECO ESTRADA

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio  
San José, Costa Rica

2023



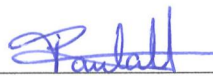

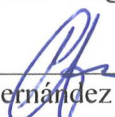


# Tribunal Examinador

---

Proyecto de Graduación sometido a consideración por parte de la Escuela de Ingeniería Química como requisito final para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Química.

Sustentante: Gabriel Pacheco Estrada.

Aprobado por:

|  |                         |
|--|-------------------------|
| <br>_____<br>M. Sc. Paula Solano Sánchez    | Presidente del Tribunal |
| <br>_____<br>M. Sc. Ariel Alfaro Vargas     | Director del proyecto   |
| <br>_____<br>M. Sc. Bryan Fernández Solano | Miembro Lector          |
| <br>_____<br>M. Sc. Adolfo Ulate Brenes   | Miembro Lector          |
| <br>_____<br>Lic. Natalia Montero Rambla  | Miembro Lector Invitado |

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio Brenes  
2023



## *Dedicatoria*

Este proyecto está dedicado a todas aquellas personas que aportaron, colaboraron y fueron guía para culminar la carrera de Ingeniería Química. Especialmente a mi familia, principal pilar de apoyo. No me bastan las palabras para expresar lo que agradezco el constante soporte diario a mi mamá. A mi papá por los recuerdos que le tengo y las enseñanzas a través de vivencias que compartimos. Este logro también va dedicado a aquellas personas que de alguna manera han influenciado en la persona que soy. A mis profesores y colegas que, por sus palabras, acciones y sugerencias asistieron en el proceso de mi desarrollo profesional.



# Agradecimiento

---

Al profesor Bryan Fernández Solano por todo el apoyo brindado, conversaciones, paciencia, disponibilidad, enseñanzas, asistencia, comprensión, dedicación y consejos tanto en el desarrollo del proyecto como en mi crecimiento como persona y profesional. Gracias por la amistad y toda la ayuda brindada.

A Ariel Alfaro Vargas por facilitar la información, los puntos de vista, la proposición y contribución al proyecto. Se agradece cada consejo y corrección que tuvieron un impacto de mejora en este trabajo.

Al profesor Adolfo Ulate Brenes por las recomendaciones, correcciones y su participación en el proyecto.

A la Unidad de Regencia Química por brindarme la información necesaria para plantear y ejecutar mi proyecto final de graduación.

A Montenegro, a Rayman y a otros compañeros de la Universidad por la buena amistad, por la influencia que tuvieron en mi desarrollo profesional, por los trabajos en los que llegamos a colaborar y enseñarme a analizar desde distintas perspectivas.





## Resumen

---

Se realizó un análisis a la estructura de la herramienta utilizada por parte de la Unidad de Regencia Química para evaluar porcentajes de seguridad en unidades académicas y administrativas que cuentan con bodegas y laboratorios donde se manipulan y almacenan sustancias químicas de la Universidad de Costa Rica.

Se revisó cada pregunta del cuestionario de seguridad anterior, con 150 ítems en total y se propuso cambios de ortografía, estructura e idea, brindando las razones por las cuales los cambios se efectuaron. Algunos ítems se movieron de sección, otros se eliminaron, editaron o agregaron. La versión del cuestionario que se editó en este proyecto cuenta con 151 ítems, donde además se agregó un párrafo que sirve como guía para la página web de la Unidad de Regencia Química y documentos útiles para las unidades inspeccionadas.

Luego de efectuados todos los cambios del instrumento, se envió el documento a los cincuenta y tres sitios distribuidos en todas las Sedes y Recintos de la Universidad de Costa Rica. Después se definió las diez unidades por inspeccionar (tres centros de investigación, dos institutos, tres Escuelas, una Facultad, y un laboratorio), tomando como criterio los porcentajes de seguridad calculados a partir de las respuestas de cada cuestionario que fue respondido, además de la conveniencia y calendarización para realizar inspecciones.

Sólo veintinueve de las cincuenta y tres unidades respondieron el cuestionario. Una vez que se obtuvo las notas de los porcentajes de seguridad, con las respuestas de cada herramienta, se propuso inspeccionar los siguientes laboratorios: Escuela de Geología, Facultad de Medicina, Centro de Investigación en Nutrición Animal, Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares, Laboratorio de Ensayos Biológicos, Jardín Botánico Lankester, Centro de Investigación en Granos y Semillas, Escuela de Biología, Escuela de Artes Plásticas y el Instituto Clodomiro Picado. Sin embargo, no fue posible coordinar una inspección con los dos últimos y se decidió inspeccionar dos centros que no respondieron el cuestionario: la Escuela de Química y el Laboratorio de Análisis y Asesoría Farmacéutica.

Se procedió a elaborar un informe de cada inspección, mencionando las observaciones de cada visita y las recomendaciones para cada lugar. También se cambiaron las respuestas de los ítems que fueron mal contestados y las razones por las cuales se considera que fueron puntos mal respondidos; además de corregir la nota del porcentaje de seguridad.

Se hizo un análisis FODA a la seguridad de los laboratorios en la UCR. Las fortalezas y oportunidades con base en las respuestas de los cuestionarios y la experiencia de las inspecciones. Las debilidades y amenazas se establecieron respecto a la Unidad de Regencia Química, la Rectoría y la Unidad de Salud Ocupacional y Ambiental.

Se recomienda utilizar un sistema de puntos, que asigne un valor a cada ítem, de manera que el cálculo del porcentaje tenga un mayor reflejo de lo que realmente impacta la seguridad del laboratorio. También, entregar retroalimentación después de realizar la visita, ya que durante algunas de las visitas se hizo mención de que no siempre se entregaba después de que se inspeccionara el sitio. Finalmente, dar seguimiento al comportamiento del porcentaje de seguridad tras cada inspección realizada de manera que se busque siempre la mejora en el fungir de los laboratorios y almacenes o bodegas dentro de cada unidad.

# Índice General

---

|   | Página |
|---|--------|
| Tribunal Examinador.....                              | i      |
| <i>Dedicatoria</i> .....                              | iii    |
| Agradecimiento .....                                  | v      |
| Resumen .....   | vii    |
| Índice General .....                                  | ix     |
| Índice de Cuadros.....                                | xix    |
| Índice de Figuras .....                               | xxi    |
| Capítulo 1. Introducción.....                         | 1      |
| 1.1 Justificación.....                                | 1      |
| 1.2 Objetivos.....                                    | 3      |
| 1.2.1 Objetivo General .....                          | 3      |
| 1.2.2 Objetivos específicos.....                      | 3      |
| Capítulo 2. Marco Teórico .....                       | 4      |
| 2.1 Unidad de Regencia Química Institucional.....     | 4      |
| 2.2 Seguridad en Laboratorios.....                    | 5      |
| 2.3 Registros y documentos.....                       | 7      |
| 2.4 Gestión de Residuos .....                         | 7      |
| 2.5 Buenas prácticas de laboratorio.....              | 9      |
| 2.6 Norma NFPA 704.....                               | 11     |
| 2.7 Ley para la Gestión Integral de Residuos.....     | 14     |
| 2.8 Clasificación de residuos.....                    | 16     |
| 2.9 Tratamiento de Residuos .....                     | 17     |
| Capítulo 3. Revisión de la herramienta .....          | 20     |
| 3.1 Metodología para revisión de la herramienta ..... | 20     |
| 3.2 Versión anterior de la herramienta .....          | 22     |

|   |    |
|---|----|
| 3.2.1 Registros y documentos .....                                    | 22 |
| 3.2.2. Congeladores y refrigeradores .....                            | 22 |
| 3.2.3 Sistemas de extracción.....                                     | 23 |
| 3.2.4 Duchas de emergencias y lavaojos .....                          | 23 |
| 3.2.5. Equipos de protección individual (EPI).....                    | 23 |
| 3.2.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros) ..... | 23 |
| 3.2.7 Manejo de emergencias y seguridad .....                         | 24 |
| 3.2.8 Almacenamiento de productos químicos .....                      | 25 |
| 3.2.9 Cilindros de gases .....  | 26 |
| 3.2.10 Residuos químicos .....  | 26 |
| 3.2.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo).....     | 26 |
| 3.2.12 Buenas prácticas de laboratorio .....                          | 27 |
| 3.2.13 Manipulación de sustancias químicas y cristalería .....        | 27 |
| 3.3.14 Cálculo del porcentaje de seguridad de laboratorio .....       | 28 |
| 3.3 Edición del cuestionario.....                                     | 28 |
| 3.3.1 Registros y documentos .....                                    | 29 |
| 3.3.2 Congeladores y refrigeradores .....                             | 30 |
| 3.3.3 Sistemas de extracción.....                                     | 31 |
| 3.3.4 Duchas de emergencias y lavaojos .....                          | 32 |
| 3.3.5 Equipos de protección individual (EPI).....                     | 32 |
| 3.3.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros) ..... | 32 |
| 3.3.7 Manejo de emergencias y seguridad .....                         | 33 |
| 3.3.8 Almacenamiento de productos químicos .....                      | 33 |
| 3.3.9 Cilindros de gases .....  | 35 |
| 3.3.10 Residuos químicos .....  | 36 |
| 3.3.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo).....     | 37 |
| 3.3.12 Buenas prácticas de laboratorio .....                          | 37 |
| 3.3.13 Manipulación de sustancias químicas y cristalería .....        | 38 |

|   |    |
|---|----|
| Capítulo 4. Aplicación del cuestionario .....   | 39 |
| 4.1 Metodología para la aplicación de la herramienta.....   | 39 |
| 4.2 Modo de ejecución de las inspecciones.....  | 42 |
| 4.3 Respuestas de la herramienta por parte de centros de la Universidad de Costa Rica               | 43 |
| 4.4 Discusión de los resultados de los porcentajes obtenidos de cada pregunta del cuestionario..... | 50 |
| 4.4.1 Registros y documentos .....  | 50 |
| 4.4.2 Congeladores y refrigeradores.....  | 54 |
| 4.4.3 Sistemas de extracción .....  | 55 |
| 4.4.4 Ducha de emergencia y lavaojos .....  | 56 |
| 4.4.5 Equipos de protección individual (EPI) .....  | 57 |
| 4.4.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería y otros).....                                     | 58 |
| 4.4.7 Manejo de emergencias y seguridad .....   | 59 |
| 4.4.8 Almacenamiento de productos químicos .....  | 61 |
| 4.4.9 Cilindros de gases.....   | 64 |
| 4.4.10 Residuos químicos.....   | 65 |
| 4.4.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) .....                                  | 66 |
| 4.4.12 Buenas prácticas de laboratorio.....   | 67 |
| 4.4.13 Manipulación de sustancias químicas y cristalería .....                                      | 67 |
| 4.5 Discusión de notas obtenidas en la herramienta.....   | 68 |
| Capítulo 5. Inspecciones de laboratorios por parte de la Unidad de Regencia Química ....            | 72 |
| 5.1 Metodología para la realización de las inspecciones.....  | 72 |
| 5.2 Inspección a la Escuela de Geología .....   | 73 |
| 5.2.1 Registros y documentos .....  | 73 |
| 5.2.2 Congeladores y refrigeradores.....  | 74 |
| 5.2.3 Sistemas de extracción .....  | 74 |
| 5.2.4 Duchas de emergencia y lavaojos .....   | 74 |
| 5.2.5 Equipos de protección individual (EPI) .....  | 74 |

|   |    |
|---|----|
| 5.2.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros) .....           | 74 |
| 5.2.7 Manejo de emergencias y seguridad .....                                   | 75 |
| 5.2.8 Almacenamiento de productos químicos .....                                | 75 |
| 5.2.9 Cilindros de gases .....  | 75 |
| 5.2.10 Residuos químicos .....  | 76 |
| 5.2.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo).....               | 76 |
| 5.2.12 Buenas prácticas de laboratorio .....                                    | 76 |
| 5.2.13 Manipulación de sustancias y cristalería.....                            | 76 |
| 5.3 Inspección al Laboratorio de Ensayos Biológicos (LEBI).....                 | 76 |
| 5.3.1 Registros y documentos .....  | 77 |
| 5.3.2 Congeladores y refrigeradores .....                                       | 77 |
| 5.3.3 Sistemas de extracción.....   | 77 |
| 5.3.4 Duchas de emergencia y lavaojos .....                                     | 77 |
| 5.3.5 Equipos de protección individual (EPI).....                               | 78 |
| 5.3.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros) .....           | 78 |
| 5.3.7 Manejo de emergencias y seguridad .....                                   | 78 |
| 5.3.8 Almacenamiento de productos químicos .....                                | 79 |
| 5.3.9 Cilindros de gases .....  | 79 |
| 5.3.10 Residuos químicos .....  | 79 |
| 5.3.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo).....               | 80 |
| 5.3.12 Buenas prácticas de laboratorio .....                                    | 80 |
| 5.3.13 Manipulación de sustancias y cristalería.....                            | 80 |
| 5.4 Inspección al Centro de Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS) ..... | 80 |
| 5.4.1 Registros y documentos .....  | 81 |
| 5.4.2 Congeladores y refrigeradores .....                                       | 81 |
| 5.4.3 Sistemas de extracción.....   | 81 |
| 5.4.4 Duchas de emergencia y lavaojos .....                                     | 82 |
| 5.4.5 Equipos de protección individual (EPI).....                               | 82 |

|  |    |
|--|----|
| 5.4.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros).....                                     | 82 |
| 5.4.7 Manejo de emergencias y seguridad .....  | 82 |
| 5.4.8 Almacenamiento de productos químicos .....   | 83 |
| 5.4.9 Cilindros de gases.....  | 84 |
| 5.4.10 Residuos químicos.....  | 84 |
| 5.4.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) .....                                       | 85 |
| 5.4.12 Buenas prácticas de laboratorio.....  | 85 |
| 5.4.13 Manipulación de sustancias y cristalería .....  | 85 |
| 5.5 Inspección a la Escuela de Biología .....  | 85 |
| 5.5.1 Registros y documentos .....   | 86 |
| 5.5.2 Congeladores y refrigeradores.....   | 86 |
| 5.5.3 Sistemas de extracción .....   | 86 |
| 5.5.4 Duchas de emergencias y lavajojos .....  | 87 |
| 5.5.5 Equipos de protección individual .....   | 87 |
| 5.5.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros).....                                     | 87 |
| 5.5.7 Manejo de emergencias y seguridad .....  | 87 |
| 5.5.8 Almacenamiento de productos químicos .....   | 88 |
| 5.5.9 Cilindros de gases.....  | 89 |
| 5.5.10 Residuos químicos.....  | 89 |
| 5.5.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) .....                                       | 90 |
| 5.5.12 Buenas prácticas de laboratorio.....  | 90 |
| 5.5.13 Manipulación de sustancias y cristalería.....   | 90 |
| 5.6 Inspección al Centro de Investigación en Ciencias Atómicas Nucleares y<br>Moleculares (CICANUM)..... | 91 |
| 5.6.1 Registros y documentos .....   | 91 |
| 5.6.2 Congeladores y refrigeradores.....   | 92 |
| 5.6.3 Sistemas de extracción .....   | 92 |
| 5.6.4 Duchas de emergencia y lavajojos .....   | 92 |

|   |     |
|---|-----|
| 5.6.5 Equipos de protección individual.....                               | 93  |
| 5.6.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros) .....     | 93  |
| 5.6.7 Manejo de emergencias y seguridad .....                             | 93  |
| 5.6.8 Almacenamiento de productos químicos .....                          | 93  |
| 5.6.9 Cilindros de gases .....  | 94  |
| 5.6.10 Residuos químicos .....  | 94  |
| 5.6.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo).....         | 95  |
| 5.6.12 Buenas prácticas de laboratorio .....                              | 95  |
| 5.6.13 Manipulación de sustancias y cristalería.....                      | 95  |
| 5.7 Inspección al Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA)..... | 95  |
| 5.7.1 Registros y documentos .....  | 96  |
| 5.7.2 Congeladores y refrigeradores .....                                 | 96  |
| 5.7.3 Sistemas de extracción.....   | 96  |
| 5.7.4 Duchas de emergencia y lavaojos .....                               | 96  |
| 5.7.5 Equipos de protección individual (EPI).....                         | 97  |
| 5.7.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros) .....     | 97  |
| 5.7.7 Manejo de emergencias y seguridad .....                             | 97  |
| 5.7.8 Almacenamiento de productos químicos .....                          | 98  |
| 5.7.9 Cilindros de gases .....  | 98  |
| 5.7.10 Residuos químicos .....  | 99  |
| 5.7.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo).....         | 99  |
| 5.7.12 Buenas prácticas de laboratorio .....                              | 100 |
| 5.7.13 Manipulación de sustancias y cristalería.....                      | 100 |
| 5.8 Inspección a la Facultad de Medicina .....                            | 100 |
| 5.8.1 Registros y documentos .....  | 100 |
| 5.8.2 Congeladores y refrigeradores .....                                 | 101 |
| 5.8.3 Sistemas de extracción.....   | 101 |
| 5.8.4 Duchas de emergencia y lavaojos .....                               | 101 |



|  |     |
|--|-----|
| 5.8.5 Equipos de protección individual (EPI) .....                               | 102 |
| 5.8.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros).....             | 102 |
| 5.8.7 Manejo de emergencias y seguridad .....                                    | 102 |
| 5.8.8 Almacenamiento de productos químicos .....                                 | 103 |
| 5.8.9 Cilindros de gases.....  | 104 |
| 5.8.10 Residuos químicos.....  | 104 |
| 5.8.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) .....               | 105 |
| 5.8.12 Buenas prácticas de laboratorio.....                                      | 105 |
| 5.8.13 Manipulación de sustancias y cristalería .....                            | 105 |
| 5.9. Inspección a la Escuela de Química .....                                    | 105 |
| 5.9.1 Registros y documentos .....   | 106 |
| 5.9.2 Congeladores y refrigeradores.....   | 106 |
| 5.9.3 Sistemas de extracción .....   | 106 |
| 5.9.4 Duchas de emergencia y lavaojos .....                                      | 107 |
| 5.9.5 Equipos de protección individual (EPI) .....                               | 107 |
| 5.9.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros).....             | 107 |
| 5.9.7 Manejo de emergencias y seguridad .....                                    | 107 |
| 5.9.8 Almacenamiento de productos químicos .....                                 | 107 |
| 5.9.9 Cilindros de gases.....  | 108 |
| 5.9.10 Residuos químicos.....  | 108 |
| 5.9.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) .....               | 108 |
| 5.9.12 Buenas prácticas de laboratorio.....                                      | 109 |
| 5.9.13 Manipulación de sustancias y cristalería .....                            | 109 |
| 5.10 Inspección al Laboratorio de Análisis y Asesoría Farmacéutica (LAYAFA)..... | 109 |
| 5.10.1 Registros y documentos .....  | 109 |
| 5.10.2 Congeladores y refrigeradores .....                                       | 109 |
| 5.10.3 Sistemas de extracción .....  | 110 |
| 5.10.4 Duchas de emergencia y lavaojos .....                                     | 110 |

|  |     |
|--|-----|
| 5.10.5 Equipos de protección individual.....                           | 110 |
| 5.10.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros) ..... | 110 |
| 5.10.7 Manejo de emergencias y seguridad .....                         | 110 |
| 5.10.8 Almacenamiento de productos químicos .....                      | 110 |
| 5.10.9 Cilindros de gases .....  | 111 |
| 5.10.10 Residuos químicos .....  | 111 |
| 5.10.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo).....     | 111 |
| 5.10.12 Buenas prácticas de laboratorio .....                          | 111 |
| 5.10.13 Manipulación de sustancias y cristalería.....                  | 111 |
| 5.11 Inspección al Jardín Botánico Lankester .....                     | 112 |
| 5.11.1 Registros y documentos .....                                    | 112 |
| 5.11.2 Congeladores y refrigeradores .....                             | 112 |
| 5.11.3 Sistemas de extracción.....                                     | 112 |
| 5.11.4 Duchas de emergencia y lavaojos .....                           | 112 |
| 5.11.5 Equipos de protección individual.....                           | 112 |
| 5.11.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros) ..... | 113 |
| 5.11.7 Manejo de emergencias y seguridad .....                         | 113 |
| 5.11.8 Almacenamiento de productos químicos .....                      | 113 |
| 5.11.9 Cilindros de gases .....  | 113 |
| 5.11.10 Residuos químicos .....  | 114 |
| 5.11.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo).....     | 114 |
| 5.11.12 Buenas prácticas de laboratorio .....                          | 114 |
| 5.11.13 Manipulación de sustancias y cristalería.....                  | 114 |
| Capítulo 6. Análisis FODA.....   | 115 |
| 6.1 Metodología y definición del análisis FODA .....                   | 115 |
| 6.2 Evaluación interna.....  | 116 |
| 6.2.1 Fortalezas .....   | 117 |
| 6.2.2 Debilidades .....  | 118 |

|   |     |
|---|-----|
| 6.3. Evaluación externa .....   | 121 |
| 6.3.1. Oportunidades .....  | 121 |
| 6.3.2. Amenazas .....   | 123 |
| Capítulo 7. Conclusiones y Recomendaciones .....  | 125 |
| 7.1 Conclusiones.....   | 125 |
| 7.2 Recomendaciones .....   | 125 |
| Nomenclatura .....  | 127 |
| Referencias Bibliográficas .....  | 128 |
| Apéndices .....   | 132 |
| Apéndice A. Herramienta modificada por última vez en 2016.....  | 132 |
| Apéndice B. Herramienta actualizada en 2021 .....   | 140 |
| Apéndice C. Muestra de Cálculo.....   | 147 |
| C.1 Cálculo del porcentaje de seguridad para la Escuela de Biología. ....   | 147 |
| C.2 Cálculo del porcentaje de unidades que respondieron “Sí” a la pregunta 10 de Registros y documentos. ....       | 147 |
| C.3 Cálculo del porcentaje de unidades que respondieron “No” a la pregunta 10 de Registros y documentos. ....       | 147 |
| C.4 Cálculo del porcentaje de unidades que respondieron “No aplica” a la pregunta 10 de Registros y documentos..... | 147 |
| Apéndice D. Registros de respuestas del cuestionario .....  | 149 |
| Apéndice E. Archivo fotográfico de las inspecciones.....  | 165 |



# Índice de Cuadros

---

|   | Página |
|---|--------|
| <b>Cuadro 2.1</b> Cuadro de niveles de riesgo para sustancias según la Norma NFPA 704 (Center for Chemical Process Safety, 1998) .....  | 12     |
| <b>Cuadro 4.1</b> Lista de centros existentes en la Universidad de Costa Rica, respuesta del cuestionario y fechas de inspecciones para el 2021-2022.....                             | 40     |
| <b>Cuadro 4.2</b> Cuestionario corregido y porcentaje de respuesta de las unidades que respondieron el cuestionario en el plazo definido. ....  | 43     |
| <b>Cuadro 4.3</b> Notas de los porcentajes de seguridad en los laboratorios de la Universidad de Costa Rica, obtenidas por parte de los Centros que respondieron la herramienta ..... | 67     |
| <b>Cuadro D.1</b> Respuestas del cuestionario de seguridad de la Escuela de Geología.....   | 146    |
| <b>Cuadro D.2</b> Respuestas del cuestionario de seguridad de la Facultad de Medicina .....   | 146    |
| <b>Cuadro D.3</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro de Investigación en Nutrición Animal.....   | 147    |
| <b>Cuadro D.4</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares .....  | 147    |
| <b>Cuadro D.5</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del Laboratorio de Ensayos Biológicos.....   | 148    |
| <b>Cuadro D.6</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del Jardín Botánico Lankester ...  | 148    |
| <b>Cuadro D.7</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro de Investigación en Granos y Semillas.....  | 149    |
| <b>Cuadro D.8</b> Respuestas del cuestionario de seguridad de la Escuela de Biología.....   | 149    |
| <b>Cuadro D.9</b> Respuestas seleccionadas después de inspeccionar la Escuela de Química.   | 150    |
| <b>Cuadro D.10</b> Respuestas seleccionadas después de hacer la inspección al Laboratorio de Análisis y Asesoría Farmacéutica .....   | 150    |
| <b>Cuadro D.11</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental.....   | 151    |
| <b>Cuadro D.12</b> Respuestas del cuestionario de seguridad de la Escuela de Artes Plásticas  | 151    |
| <b>Cuadro D.13</b> Respuestas del cuestionario de seguridad de la Sede del Atlántico .....  | 152    |
| <b>Cuadro D.14</b> Respuestas del cuestionario de seguridad de la Escuela de Ingeniería en Biosistemas.....   | 152    |
| <b>Cuadro D.15</b> Respuestas del cuestionario de seguridad de la Sede del Caribe .....   | 153    |
| <b>Cuadro D.16</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro de Electroquímica y Energía Química.....   | 153    |
| <b>Cuadro D.17</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del CIA.....  | 154    |
| <b>Cuadro D.18</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del CIEMic.....   | 154    |
| <b>Cuadro D.19</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del CIET.....   | 155    |
| <b>Cuadro D.20</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos .....  | 155    |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Cuadro D.21</b> Respuestas del cuestionario de seguridad de la Estación Experimental<br>Alfredo Volio Mata.....                 | 156 |
| <b>Cuadro D.22</b> Respuestas del cuestionario de seguridad de la Escuela de Geografía (Física)<br>.....                           | 156 |
| <b>Cuadro D.23</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del Recinto de Grecia .....  | 157 |
| <b>Cuadro D.24</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del Instituto Clodomiro Picado.  | 157 |
| <b>Cuadro D.25</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del Instituto de Investigaciones en<br>Ingeniería .....                | 158 |
| <b>Cuadro D.26</b> Respuestas del cuestionario de seguridad de Intersedes .....  | 158 |
| <b>Cuadro D.27</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del Laboratorio Nacional de<br>Materiales y Modelos Estructurales..... | 159 |
| <b>Cuadro D.28</b> Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro de Investigación en<br>Ciencias del Mar y Limnología.....   | 159 |
| <b>Cuadro D.29</b> Respuestas del cuestionario de seguridad de la Facultad de Microbiología<br>.....                               | 160 |
| <b>Cuadro D.30</b> Respuestas del cuestionario de seguridad de la Sede de Puntarenas .....   | 160 |
| <b>Cuadro D.31</b> Respuestas del cuestionario de seguridad de la Escuela de Tecnología de<br>Alimentos .....                      | 161 |

# Índice de Figuras

---

|   | Página |
|---|--------|
| <b>Figura 2.1</b> Rombo compuesto para cada sustancia según la Norma NFPA 704. (Alfaro, A., 2020).....  | 12     |
| <b>Figura 2.2</b> Esquema generalizado para el tratamiento de residuos y disposición final. (Cavallini, <i>et al</i> , 2014).....                               | 18     |
| <b>Figura 4.1</b> Gráfico del rango del porcentaje de nota de seguridad respecto al número de lugares que respondieron la herramienta.....                      | 68     |
| <b>Figura E.1</b> Fotografías de la ducha de emergencia, refrigerador, manta antishock, capilla e instalaciones del laboratorio de la Escuela de Geología ..... | 162    |
| <b>Figura E.2</b> Fotografías del almacenamiento y laboratorio de la Escuela de Geología .....  | 162    |
| <b>Figura E.3</b> Fotografías del almacén de productos, refrigerador y un cilindro de dióxido de carbono del LEBi .....   | 163    |
| <b>Figura E.4</b> Fotografías de la capilla, ducha de emergencia y almacenamiento del LEBi .....  | 163    |
| <b>Figura E.5</b> Fotografías del laboratorio y del almacenamiento del CIGRAS .....   | 164    |
| <b>Figura E.6</b> Fotografías del refrigerador, almacén, capilla y un cilindro de gas del CIGRAS .....  | 164    |
| <b>Figura E.7</b> Fotografías de una salida de emergencia, almacenamiento de cilindros, ducha de emergencia y almacén de reactivos del CIGRAS.....              | 165    |
| <b>Figura E.8</b> Fotografías de un cilindro de gas y de los cuartos de almacenamiento del CIGRAS .....   | 165    |
| <b>Figura E.9</b> Fotografías del almacenamiento de reactivos en laboratorio y de los refrigeradores para muestras de la Escuela de Biología.....               | 166    |
| <b>Figura E.10</b> Fotografías del almacenamiento y residuos de la Escuela de Biología .....  | 166    |
| <b>Figura E.11</b> Fotografías del almacenamiento de reactivos de la Escuela de Biología.....   | 167    |
| <b>Figura E.12</b> Fotografías del laboratorio y almacenamiento de reactivos del CIGRAS.....  | 167    |
| <b>Figura E.13</b> Fotografías de extintores, laboratorio y almacenamiento de reactivos del CIGRAS .....  | 168    |
| <b>Figura E.14</b> Fotografías de residuos químicos en área verde, laboratorios y refrigeradores del CINA .....   | 168    |
| <b>Figura E.15</b> Fotografías del almacenamiento de residuos y reactivos del CINA .....  | 169    |
| <b>Figura E.16</b> Fotografías de duchas de emergencia, lavajos y extintores del CINA.....  | 169    |
| <b>Figura E.17</b> Fotografías del almacenamiento de reactivos y refrigerador de la Facultad de Medicina.....   | 170    |
| <b>Figura E.18</b> Fotografías de los extintores, cilindros de gas y del laboratorio de la Facultad de Medicina .....   | 170    |
| <b>Figura E.19</b> Fotografías del almacén de residuos y almacenamiento de reactivos de la Facultad de Medicina .....   | 171    |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura E.20</b> Fotografías del laboratorio y del almacenamiento en la Escuela de Química .....   | 171 |
| <b>Figura E.21</b> Fotografías de las capillas de extracción, ducha de emergencia, lavaojos y refrigerador de la Escuela de Química.....                         | 171 |
| <b>Figura E.22</b> Fotografías de las instalaciones del laboratorio, un extintor mal colocado y cilindros de hidrógeno y nitrógeno de la Escuela de Química..... | 172 |
| <b>Figura E.23</b> Fotografías del almacenamiento de cilindros de gas y residuos en LAYAFA .....   | 172 |
| <b>Figura E.24</b> Fotografías de un extintor, ducha de emergencia, lavaojos y las instalaciones del laboratorio en LAYAFA .....                                 | 173 |
| <b>Figura E.25</b> Fotografías de un extintor mal colocado, almacenamiento de reactivos, refrigerador e instalaciones de laboratorio en LAYAFA.....              | 173 |
| <b>Figura E.26</b> Fotografías del laboratorio y del almacenamiento en LAYAFA.....   | 174 |
| <b>Figura E.27</b> Fotografías del almacenamiento en el Jardín Botánico Lankester .....  | 174 |
| <b>Figura E.28</b> Fotografías de la ducha de emergencia, lavaojos, refrigeradores, instalaciones y extintor de incendios del Jardín Botánico Lankester .....    | 175 |



# Capítulo 1. Introducción

---

## 1.1 Justificación

Durante el año 2020, cuando surgió la alerta global por la pandemia del coronavirus, la sociedad se vio sometida a cambios drásticos. Un gran número de aspectos que se podrían considerar social y culturalmente normales se han modificado a causa de la pandemia. Para mantener la seguridad colectiva durante estos cambios cada individuo utiliza mascarilla, respeta la distancia social aconsejada, limita su exposición hacia grupos grandes de personas, lava y desinfecta sus manos con mayor frecuencia y los lugares que por su naturaleza de negocio reciben gran flujo de personas se desinfectan constantemente. La sociedad ha aprendido a aceptar y manejar los riesgos a los que está sujeta día a día. Es imposible tener un ambiente completamente libre de riesgos. La Ingeniería Química es una profesión cuya área de campo incluye el trabajo de laboratorio. En los laboratorios y bodegas o almacenes de productos químicos hay una exposición a peligros que conciernen al área de salud ocupacional. La evaluación de los riesgos asociados al trabajo de laboratorio y las malas prácticas determinan los puntos críticos de seguridad en estos sitios.

En el 2016 se aprobó y publicó en La Gaceta Universitaria el Reglamento de la Unidad de Regencia Química (URQ) de la Universidad de Costa Rica (UCR). Este documento regula las obligaciones y actividades de la URQ, así como otras funciones de los miembros que la componen. Actualmente, con el propósito de poder evaluar las condiciones de seguridad en los laboratorios, que utilizan reactivos químicos, se emplea el documento para la inspección de seguridad en laboratorios químicos, el cual calcula un porcentaje de seguridad basado en las respuestas positivas. El cuestionario elaborado en el 2009 se revisó en el 2016, sin embargo, es necesario hacer una nueva edición para redefinirlo según la experiencia adquirida por los funcionarios a cargo de la regencia en los últimos cinco años, además de ejecutar el cuestionario como herramienta para evaluar la seguridad de los laboratorios en la actualidad. Existe la necesidad de brindar respuesta a la situación de las condiciones de seguridad para cada unidad en particular, así como medir la seguridad de cada laboratorio.

Después de ejecutar la evaluación de este cuestionario en cada laboratorio, se brindan medidas correctivas a seguir para cada centro de investigación, Unidad académica o administrativa, mediante un informe escrito. (La Gaceta Universitaria, 2016).

Las Unidades académicas y administrativas de la UCR que tienen a cargo laboratorios químicos o almacenes de productos químicos deben notificar anualmente al Regente Químico Institucional el inventario y uso de reactivos; así como una declaración por concepto de residuos. La URQ elabora mensualmente reportes de sustancias controladas a escalas nacional e internacional con base en esta información, además se brinda información al Laboratorio de Tratamiento de Residuos (LTR) para que planifiquen y ejecuten el tratamiento y disposición de las sustancias. Es necesario instar a los laboratorios que tienen residuos almacenados a brindar un reporte de existencias en bodega al LTR. Los residuos almacenados de forma ineficiente se pueden volver un peligro para el ser humano y ambiente (La Gaceta Universitaria, 2016).

El cuestionario posee información respecto a existencia de registros y documentos que se deben mantener actualizados. También del estado de congeladores y refrigeradores, sistemas de extracción y requerimientos de la capilla extractora de gases, zona de duchas de emergencia y lavaojos, equipos de protección individual, equipos de laboratorio en general (eléctricos, cristalería, ...), manejo de situaciones de emergencia y seguridad, almacenamiento de productos químicos, estado de cilindros de gases, almacenamiento de residuos químicos, condiciones de trabajo en las instalaciones de los laboratorios, buenas prácticas de laboratorio, así como manipulación de sustancias químicas y cristalería.

Debido al requerimiento de realizar investigaciones para complementar el proceso educativo en aulas de ciencias naturales, tanto profesores como estudiantes deben estar al tanto de lo que afecta principalmente la seguridad y frecuencia de accidentes dentro de los laboratorios. Como principales causas de graves peligros en laboratorios se ha identificado el congestionamiento de estudiantes en aulas, falta de disciplina y diseño pobre de las instalaciones. La preparación y entrenamiento en servicio de los profesores debe incluir profundizar la materia en tema, así como instrucciones de seguridad, y procurar minimizar

la frecuencia de accidentes. Los encargados de laboratorios deben realizar inspecciones de seguridad regularmente (West, S. S., *et al.*, 2002).

Es necesario mantener un estándar mínimo en todos los laboratorios y bodegas de la Universidad de Costa Rica, debido a esto, se recomienda ejecutar medidas de corrección, en plazos establecidos, para los laboratorios donde se dé almacenamiento, manipulación, y/o disposición de reactivos o residuos de forma incorrecta, ya que se puede volver peligroso para el ser humano y el ambiente. También existe la necesidad de robustecer el sistema existente mediante la creación de un inventario institucional actualizado en el que se pueda ingresar declaraciones de existencias de residuos químicos, así como identificar cuáles puntos de la UCR cuentan con una mayor cantidad de residuos acumulados.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Evaluar las condiciones de seguridad en las que se encuentran actualmente los laboratorios que utilizan productos químicos en la Sede Rodrigo Facio para verificar sus porcentajes de seguridad por medio de una herramienta.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Actualizar la herramienta existente utilizada por la Unidad de Regencia Química para medir la seguridad de laboratorios y bodegas de la Universidad de Costa Rica.
2. Obtener información de las condiciones de seguridad actuales de los sitios en la Universidad de Costa Rica por medio de la evaluación de la nueva herramienta.
3. Evaluar el nivel de seguridad actual en los laboratorios de la Universidad de Costa Rica cuantificando por medio de porcentajes de seguridad determinados después de validar la herramienta.
4. Sugerir mejoras para aumentar los porcentajes de seguridad en los laboratorios de la Universidad de Costa Rica mediante las acciones que implicarían un aumento de las respuestas positivas de la herramienta.

## Capítulo 2. Marco Teórico

---

### 2.1 Unidad de Regencia Química Institucional

La Unidad de Regencia Química Institucional (URQ) es la dependencia de la UCR que vela por el cumplimiento de las regulaciones que la legislación nacional exige en sitios donde se cuente con productos químicos y residuos. La URQ está constituida por dos dependencias: la Regencia Química Institucional y el Consejo Coordinador de la Unidad de Regencia. A su vez, la Regencia Química Institucional la integran el Regente Químico Institucional y el Laboratorio de Tratamiento de Residuos (LTR). El Consejo Coordinador lo integran el Regente Químico Institucional y el representante o enlace de cada unidad docente o administrativa que almacene productos químicos en laboratorios y almacenes o bodegas (La Gaceta Universitaria, 2016). En el Consejo Coordinador hay cincuenta miembros, uno por cada unidad docente o administrativa donde existan laboratorios químicos o almacenes de productos químico; dentro de estas cincuenta unidades hay un total de trescientos tres laboratorios y dos bodegas institucionales (Oficina de Servicios Generales y Oficina de Suministros).

El regente tiene las siguientes obligaciones generales (La Gaceta Universitaria, 2016):

- Inscribir su condición de regente y a la UCR como empresa ante el Colegio de Químicos de Costa Rica.
- Efectuar trámites para obtener permisos sobre productos químicos de la UCR.
- Realizar el correcto control, seguimiento y realizar reportes de las sustancias químicas controladas ante los distintos entes gubernamentales por parte de la UCR.
- Coordinar el LTR.
- Presentar un informe anual de sus actividades ante la Escuela de Química, Vicerrectoría de Administración, y Rectoría de la UCR.

El LTR asesora a las unidades para que se dé una correcta gestión de sus residuos, también realiza el tratamiento de los residuos que se producen en distintos laboratorios de la UCR en

función de sus capacidades. Ninguna unidad de la UCR puede descartar residuos químicos sin el asesoramiento y visto bueno de la URQ (La Gaceta Universitaria, 2016).

## **2.2 Seguridad en Laboratorios**

En un laboratorio donde se manejen sustancias químicas se debe trabajar de manera tal que se minimicen las probabilidades de que suceda un accidente o la exposición a compuestos químicos. Se debe practicar el hábito de la prevención de accidentes, utilizar equipo de protección personal todo el tiempo que se esté en el laboratorio, utilizar la menor cantidad de reactivo para efectuar experimentos, sustituir compuestos químicos peligrosos por otros de menor riesgo o toxicidad y tener presente las posibles consecuencias del trabajo a realizar en el laboratorio (ACS, 2002).

Por su naturaleza, los laboratorios en el área de ciencias siempre presentan un grado de riesgo asociado. Este se minimiza mediante el uso de buenas prácticas en el laboratorio. Se debe realizar un chequeo rutinario a las demostraciones e investigaciones en el laboratorio para mantener un ambiente seguro. Los pilares que sostienen la seguridad en el laboratorio se basan en procedimientos de laboratorio, bienestar del estudiantado, estado de suministros, ubicación de los instrumentos, y eso del equipo de protección individual (Klein, J. I., 2008). Los profesores y asistentes de profesores deben utilizar equipo de protección personal en las prácticas y liderar a través del ejemplo. Su obligación es hacer cumplir las reglas de seguridad, procurando por una ejecución correcta de procedimientos y prácticas; además de demostrar y promover conductas seguras. Deben inspeccionar equipo de seguridad y primeros auxilios según lo solicite la administración, notificar si existe algún peligro identificado en el laboratorio (peligro químico o equipo de seguridad en mal estado), además de mantener registros en entrenamiento de seguridad del personal, así como incidentes en el laboratorio. También deben educar a los estudiantes y trabajadores en el uso y ubicación correcta de todo equipo de seguridad o emergencias antes de utilizar el laboratorio. Dentro de sus funciones se preparan reactivos a utilizar en las prácticas, por lo que deben realizar inventarios (actualizándolos al menos anualmente), no guardar comida o bebidas con reactivos, cerciorarse que los reactivos estén debidamente etiquetados, sólo almacenar

reactivos en lugares diseñados para tal fin, saber cómo se almacena, manipula y dispone cada reactivo, además de consultar las Fichas de Datos de Seguridad (FDS) para que los reactivos se descarten de forma apropiada siguiendo las debidas regulaciones (NIOSH, 2006).

Antes de cualquier práctica en el laboratorio, los partícipes y encargados deberán hacer una evaluación de todos los peligros y riesgos, además de tener en cuenta las propiedades fisicoquímicas y toxicológicas de las sustancias a utilizar. Los encargados de laboratorio deben tener en cuenta los lineamientos para la atención de emergencias con productos químicos. No se debe permitir a un estudiante realizar prácticas u operar equipos de trabajo sin conocimiento previo o autorización de los responsables. Se debe trabajar en orden y procurar mantener el laboratorio limpio (Alfaro, A., 2020).

Se debe contar con un programa de prevención de accidentes para mantener un ambiente de trabajo seguro. Este programa debe contar con inspecciones de seguridad cada tres meses, revisión del funcionamiento correcto de los sistemas de ventilación, capacitación formal y regular para el personal que se encuentre tiempo completo en las instalaciones (uso adecuado de equipos, y procedimientos en casos de emergencia), y procesos para la disposición adecuada de residuos (ACS, 2002).

Se debe seguir los lineamientos para el almacenamiento de sustancias químicas. Siempre se debe procurar tener un almacén de productos químicos seguro. Los inventarios de los productos almacenados se deben actualizar en formato físico y electrónico al menos una vez al año. El lugar para almacenar productos químicos debe ser externo al laboratorio, debe estar señalizado correctamente y estar acondicionado para su uso. En los laboratorios sólo se deben guardar los productos imprescindibles para el uso diario, procurando utilizar la menor cantidad posible. Los productos peligrosos especiales se deben aislar y almacenar en armarios adecuados con acceso restringido. Los estantes deben estar equipados con bandas de seguridad para evitar la caída de productos químicos. En caso de manipular productos peligrosos, se debe tener ventilación adecuada. Si se almacenan cilindros, deben permanecer en áreas ventiladas, lejos de fuentes de calor e instrumentos eléctricos; además de estar debidamente sujetos (Alfaro, A., 2020).

### **2.3 Registros y documentos**

Una de las tareas que requiere más tiempo invertido en el laboratorio, es manejo del inventario. Esta labor se lleva a cabo mediante un documento con cada reactivo entrante, se toman sus detalles y se lleva un registro de las fechas en que se comienza a utilizar el reactivo y en la que expira. Además de llevar un control de múltiples reactivos simultáneamente, se debe registrar el inventario antes y después de utilizar (Azees, R. & Boehm, H., 2021).

El registro de esta información muchas veces se hace en medio de la ejecución de experimentos. Este tipo de tareas manuales traen ligadas consigo riesgos de errores humanos o descuidos, por lo que muchas veces se deben repetir experimentos (que se refleja en tiempo y recursos derrochados). Como estos errores se acumulan por ser registros manuales, la falta de precisión se acumula en forma de cascada en todo el proyecto de docencia, lo que puede afectar la ejecución de otros proyectos y la reproducibilidad de los estudios (Azees, R. & Boehm, H., 2021).

Un sistema de captura digital libre de errores y rápido puede resumirse en menos tiempo invertido en tareas o impedimentos relacionados al registro de reactivos. Tener un inventario digital centralizado donde los miembros del laboratorio pueden echar un vistazo a los registros del laboratorio en tiempo real minimiza el tiempo de búsqueda. Estos sistemas de manejo de inventario son fáciles de utilizar y fácilmente adaptables a flujos de trabajo sin mucho entrenamiento de más (Azees, R. & Boehm, H., 2021).

### **2.4 Gestión de Residuos**

Los residuos son materiales (sólido, semisólido, líquido, contenedor de gases o una mezcla) que no tienen valor de uso directo. Los residuos por su parte pueden ser reutilizados según su naturaleza. A todo residuo generado se le debe dar manejo debido, tratamiento, transporte, disposición final y fiscalización; todo esto a través de un sistema de gestión. Este dependerá del tipo de residuo a considerar, y también debe de tenerse gran cautela en su planteamiento, pues se debe contar con un sistema robusto que preste atención especial a los residuos que por su naturaleza o su cantidad puedan ser peligrosos (Martínez, J., 2005).

Los residuos se pueden clasificar según su origen, se suele hacer por sectores, sin embargo, no existe límite respecto al número de categorías que se pueden realizar. Por lo general se dividen en urbanos/municipales, industriales, docencia, investigación, mineros, hospitalarios, de construcción, portuarios, radiactivos, agrícolas, ganaderos, y forestales (Martínez, J., 2005).

Los residuos peligrosos tienen las mismas propiedades que los materiales peligrosos (corrosivos, reactivos, tóxicos e inflamables), u otras características físicas, químicas o biológicas que puedan causar un daño directo al ambiente o al ser humano si se maneja de manera incorrecta. Las distintas regulaciones locales basadas muchas veces en convenciones internacionales se fundamentan en el origen del residuo, apoyado en sus características o si se incluyen en listas de residuos peligrosos (World Bank Group, 2007).

En Costa Rica el Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos N° 3778-S-MINAE establece las condiciones y requisitos para clasificar los residuos peligrosos, además de procedimientos y normas para su gestión desde una perspectiva sanitaria y ambientalmente sostenible. Este Reglamento también menciona un conjunto de definiciones de lo que se considera residuo peligroso, además de sus distintas categorías según sus propiedades físico-químicas (PGR, 2013).

Algo conocido por administradores de laboratorios es que se debe disponer reactivos que han expirado, algunas veces inclusive sin ser utilizados. Los reactivos expirados muchas veces se tornan en otro residuo. Predecir el uso de los reactivos en un laboratorio es una tarea casi imposible si se tiene un registro de inventario poco organizado. No siempre se tiene acceso a una base de datos en tiempo real que indique la disposición de insumos en el laboratorio, por lo que muchas veces se pierden oportunidades de planear experimentos antes de que los reactivos expiren (Azees, R. & Boehm, H., 2021).

Todo lo que implica realizar el manejo de residuos peligrosos constituye un ciclo, el cual empieza por la primera fase: el manejo de los residuos “adentro” de la instalación. De igual manera, las fases de “adentro” y “afuera” están ligadas, pues las medidas realizadas en el



establecimiento prepararán los residuos para las acciones que se llevarán a cabo “afuera” (Cavallini, S., *et al.*, 2014).

Algo usual es clasificarlos según los potenciales efectos derivados del manejo. Por lo que se clasifican en: residuos peligrosos (deben ser analizados minuciosamente, ya que son inherentemente peligrosos, por lo que pueden ser adversos contra el ser humano o el ambiente), peligrosos no reactivos (se han sometido a algún tratamiento en el que perdieron su naturaleza de ser peligrosos), inertes (nulas transformaciones física, químicas o biológicas relevantes), y no peligrosos (residuos domésticos, de barrido y poda) (Martínez, J., 2005).

En los generadores de residuos es usual establecer prioridades en la puesta en marcha de actividades basándose en un entendimiento correcto de los riesgos e impactos potenciales de ambiente, salud y seguridad; así como las consecuencias del manejo inadecuado. Se establece una jerarquía en el manejo de residuos que tome en cuenta prevención, reducción, reutilización, recuperación, reciclaje, remoción, y finalmente disposición de residuos. Se debe hacer lo posible por generar la menor cantidad de residuos que sea posible, y en caso de no poder evadirse, se debe recuperar y reutilizar el residuo. En caso de residuos que no pueden ser aprovechados, se debe tratar y disponer de una manera ambientalmente amigable (World Bank Group, 2007).

## **2.5 Buenas prácticas de laboratorio**

Toda persona que realice prácticas en instituciones académicas está consciente de que los accidentes de laboratorio y otros accidentes como incendios, derrames, explosiones/implosiones de cristalería, fugas y utilización incorrecta de equipos (donde no necesariamente hay heridos) ocurren con regularidad. Las actividades en el laboratorio pueden traer consigo accidentes con distintos grados de severidad. Los factores que contribuyen a los accidentes pueden variar: el individuo, el laboratorio, el departamento, la institución y la disciplina en sí. Muchas veces las políticas y procedimientos se dictan alrededor de la seguridad se desarrollan de manera reaccionaria, en lugar de tener bases sólidas, comprensivas y empíricas (Ménard, A.D. & Trant, J.F., 2020).

Las primeras enseñanzas aprendidas en la educación universitaria respecto a seguridad en laboratorios son las bases de las actitudes y acercamientos. Muchas veces los estudiantes de primer ingreso pueden percibir estas enseñanzas como mandatos; ya que por el diseño de las prácticas los riesgos suelen ser mínimos y la información enseñada algunas veces puede parecer estar fuera de contexto. Sin embargo, estas posturas negativas hacia la seguridad en laboratorios son un problema más adelante cuando se trabaja en laboratorios más avanzados, cuando se trabaja con reactivos y procesos peligrosos (Ménard, A.D. & Trant, J.F., 2020).

La mayoría de los accidentes en laboratorios ocurren en los de enseñanza, mientras que un porcentaje menor en laboratorios de investigación y de fabricación. Los factores determinantes en los accidentes de laboratorio se pueden organizar como ocurren, en múltiples niveles: riesgos relacionados con los materiales o el equipo utilizado, riesgos asociados a las destrezas, conocimiento y decisiones del personal que realiza el estudio, características o cualidades del investigador principal, así como del laboratorio de investigación, y factores de riesgo que surgen a nivel del departamento o institución. Aún es necesario llevar a cabo estudios donde se detalle cómo habilidades, conocimiento, experiencia o actitudes de los investigadores se asocie con la ocurrencia de accidentes en laboratorios (Ménard, A.D. & Trant, J.F., 2020).

Al realizar análisis de cromatografía líquida de alta precisión (HPLC o UHPLC por sus siglas en inglés) se presenta el riesgo de estar expuesto a vapores de disolventes producto de utilizar cobertores mal diseñados que permiten que se volatilicen solventes tanto en el contenedor de alimentación como en el de desecho. Si el reservorio de la fase móvil y el contenedor de disolvente de desecho no están debidamente sellados, entonces existirá mayor exposición debido a la evaporación del disolvente. Además de la seguridad en el laboratorio, otro problema con la evaporación de disolventes es que afecta la reproducibilidad de los experimentos debido a que se puede presentar un gradiente de concentraciones de disoluciones en agua con el tiempo. Una práctica muy común en laboratorios donde se utiliza equipos de HPLC y UHPLC es que las entradas de los reservorios se cubran con guantes de

nitrito o papel aluminio, lo cual es ineficiente debido a que no se minimizan las pérdidas por evaporación (Mac-Mod, s.f.).

Una manera de minimizar la exposición a vapores de disolventes es utilizando cierres que sellen adecuadamente el reservorio sin impactar el desempeño de la cromatografía o la recolección de residuos. Esto se puede alcanzar mediante el uso de tapas que funcionen como válvulas de check de un solo paso equipadas con filtros de politetrafluoroetileno (PTFE), donde el vacío que se produce cuando el disolvente sale del reservorio es ocupado por aire que logra entrar gracias a la válvula (Mac-Mod, s.f.).

## **2.6 Norma NFPA 704**

Esta norma define un sistema de identificación de peligros de los productos o materiales en caso de que, en un eventual incendio o emergencia, las personas afectadas puedan reconocer los riesgos de los materiales y su nivel de peligrosidad. Este peligro se establece por medio de un rombo seccionado en cuatro partes de cuatro colores distintos, donde se indican los grados de peligrosidad de la sustancia a calificar por medio de números. Consta de cuatro rombos: rojo (peligro de inflamabilidad), amarillo (reactividad), azul (salud) y blanco (riesgos especiales). El grado de peligrosidad se mide mediante números dentro de cada rombo (donde cero es sin riesgo y cuatro es el máximo riesgo) (Alfaro, A., 2020).

Este pictograma se debe colocar para el almacenamiento correcto de sustancias química. Esta información se encuentra en las hojas de seguridad, o en páginas de entidades reconocidas (tales como la NFPA 704, “NATIONAL FIRE CODES”), o bien, en el caso de la UCR, solicitando información a la Unidad de Regencia.

El rombo debe ser colocado en sistemas de almacenamientos fijos y voluminosos. Tanques de combustibles o bodegas de productos, pero no es obligatorio (por legislación) colocarlo en etiquetas.



**Figura 2.1.** Rombo compuesto para cada sustancia según la Norma NFPA 704. (Alfaro, A., 2020).

A continuación, se muestra un cuadro de resumen de cada categoría:

**Cuadro 2.1** Cuadro de niveles de riesgo para sustancias según la Norma NFPA 704 (Center for Chemical Process Safety, 1998).

| Nivel de riesgo | Salud (Azul)  | Inflamabilidad (Rojo)  | Reactividad (Amarillo)  |
|-----------------|---|--|---|
| 4 Severo        | Materiales que, bajo condiciones de emergencia, pueden ser letales. | Materiales que rápidamente se vaporizan a presión y temperatura ambiente, o que al estar dispersos en el aire se quemen rápidamente. | Materiales que en sí mismos son capaces de detonar, o descomponer explosivamente, o explotar reactivamente a temperatura y presión normales. Esto incluye materiales sensibles a choque térmico o mecánico a temperaturas y presiones normales. Los materiales que tengan una densidad de poder instantánea (producto del calor de reacción y tasa de reacción) a 250 °C de más de 1000 W/mL. |

|               |  |  |   |
|---------------|--|--|---|
| 3<br>Serio    | Materiales que, bajo condiciones de emergencia, pueden causar daños serios o permanentes.      | Líquidos y sólidos que pueden quemarse bajo casi cualquier condición en temperatura ambiente. Materiales en esta categoría producen atmósferas peligrosas en el aire bajo casi cualquier temperatura ambiente, o aquellas que, aunque no estén afectadas por temperaturas ambiente, están listas para quemarse bajo cualquier condición.   | Materiales que en sí mismos son capaces de detonar o reaccionar de forma explosiva, pero que requieren una fuente iniciante grande, o que se deba calentar bajo confinamiento antes de la iniciación. Esto incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiales que tengan una densidad de poder instantánea (producto del calor de reacción y tasa de reacción) a 250 °C de 100 W/mL a 1 000 W/mL.</li> <li>• Materiales que reaccionan explosivamente con agua sin necesidad de adicionar calor.</li> </ul> |
| 2<br>Moderado | Materiales que, bajo condiciones de emergencia, pueden causar incapacidades o lesión residual. | Materiales que deben ser moderadamente calentados o expuestas a altas temperaturas antes de que se dé la ignición. Materiales en esta categoría bajo condiciones normales no pueden formar atmósferas peligrosas en el aire, pero bajo un calentamiento moderado pueden generar el vapor suficiente para producir una atmósfera peligrosa. | Materiales que fácilmente experimentan cambios químicos a temperaturas y presiones elevadas. Esto incluye: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiales que poseen una densidad de poder instantánea (producto del calor de reacción y tasa de reacción a 250 °C) de más de 10 W/mL o menos de 100 W/mL</li> <li>- Materiales que reaccionan violentamente con el agua o formando mezclas con agua potencialmente explosivas.</li> </ul>   |
| 1<br>Leve     | Materiales que, bajo condiciones de emergencia, pueden causar                                  | Materiales que debe ser precalentados antes de que ocurra ignición. Los materiales en esta categoría requieren precalentamiento, bajo  | Materiales que en sí normalmente son estables, pero que se pueden hacer inestables a elevadas temperaturas y presiones. Esto incluye:   |

|             |   |   |  |
|-------------|---|---|--|
|             | irritación significativa.   | cualquier temperatura atmosférica, antes de que ocurra la combustión. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiales que tengan una densidad de poder instantánea mayor a 0.01 W/mL o menor a 10 W/mL.</li> <li>- Materiales que reaccionen vigorosamente con agua, pero no violentamente.</li> <li>- Materiales que cambian o se descomponen en exposición al aire, luz, o humedad.</li> </ul> |
| 0<br>Mínimo | Materiales que, bajo cualquier condición de emergencia, no causan ningún peligro mayor al de materiales combustibles. | Materiales que no se quemán.  | Materiales que en sí son normalmente estables, incluso estando bajo fuego.   |

## 2.7 Ley para la Gestión Integral de Residuos

La legislación que se usa en Costa Rica para regir el manejo y gestión de residuos peligrosos se encuentra en la Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839, la cual tiene como propósito regular la gestión integral de residuos, además del uso eficiente de recursos según planificación y ejecución de distintas acciones. Esta ley es muy amplia, trata muchos conceptos relacionados a la gestión y manejo de residuos. Contiene 59 artículos, además de reglamentos que derivan de ella. Presenta objetivos, alcance, principios generales y definiciones. Define que la competencia institucional será el Ministerio de Salud (MS) y su jerarca será el rector en cuanto a gestión integral de residuos (además de indicar sus funciones) (PGR, 2010).

Establece que los generadores deben tener un programa actualizado de manejo integral de residuos, implementado por el generador y monitoreado por el MS. El MS se responsabiliza del funcionamiento del sistema nacional de información sobre gestión de residuos, que a su

vez refleja la situación nacional. Se menciona que el MS en conjunto con el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) se responsabilizan de gestionar la importación y producción de productos valorizables, así como establecer ciertas restricciones respecto a no valorizables.

Toda persona física o jurídica, pública o privada que se dedique a la gestión total o parcial de residuos debe estar registrada ante el MS, así como cumplir con los requisitos que establece su reglamento, además de otras legislaciones ambientales, sociales o de salud pertinentes. Los gestores deben indicar cómo se recupera, procesa, y manipulan los residuos para después valorizarse. Los residuos de manejo especial deben ejecutar medidas para mitigar o compensar su impacto ambiental (PGR, 2010).

Las personas físicas o jurídicas que generen residuos tienen responsabilidad directa en los daños que se ocasionen a la vida, la salud, el ambiente o los derechos de terceros a través del ciclo de vida de los residuos. En caso de transferencia de un generador a un gestor, se debe asegurar el manejo adecuado de estos, y evitar que generen daños al ambiente y la salud. Los generadores de residuos peligrosos deben envasar y etiquetar según la legislación nacional. Los recipientes que contengan residuos peligrosos deben estar adecuadamente etiquetados con información de riesgo, precauciones ambientales y sanitarias, de manejo y almacenamiento. Los gestores deben asegurar adecuada manipulación, trasiego, transporte, tratamiento y disposición final; además deben llevar un registro de los productos peligrosos incluyendo información que garantice rastreabilidad del flujo de residuos. Deben presentar informes semestrales al MS y contar con áreas de almacenamiento temporales cuyas características cumplan los reglamentos vigentes (PGR, 2010).

El MS considera como infracciones gravísimas depositar residuos peligrosos y de manejo especial en sitios no autorizados para este tipo de residuos, también quemar, incinerar, enterrar, almacenar o abandonar residuos peligrosos en sitios no autorizados.

El tiempo máximo de almacenamiento de una sustancia se establece entre tres a cinco años según la naturaleza de la sustancia y para un residuo químico es de hasta un año.

## 2.8 Clasificación de residuos

En Costa Rica se utiliza el sistema CRETIB (corrosivo, radiactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológico), tal y como se menciona en el Reglamento sobre las características y listado de residuos peligrosos industriales No. 27000 del MINAE. Este sistema cita explícitamente las características técnicas para clasificar residuos industriales como peligrosos. A continuación, se brinda las clasificaciones de residuos peligrosos (PGR, 1998):

- **Corrosivo:** en disolución acuosa poseen un pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12,5. A una temperatura de 55 °C el líquido puede corroer el acero a una velocidad de 6,35 mm por año. Pueden causar daños graves en tejidos vivos. También pueden provocar daños peligrosos en transportes.
- **Reactivo:** a condiciones normales (25 °C y 1 atm) se polimeriza violentamente sin detonar, y al ponerse en contacto con HCl 1 M y NaOH 1 M en relación residuo disolución de 5:1, 5:3, y 1:1 reacciona violentamente generando gases o vapores tóxicos. Poseen sulfuros o cianuros que al exponerse a pH de entre 2 y 12,5 pueden generar cantidades mayores a 250 mg HCN/kg residuo o 500 mg H<sub>2</sub>S/kg de residuo. Pueden producir radicales libres, o explotar si se exponen a agentes iniciadores fuertes. También pueden ser termoexplosivos o mecanosensibles. Se incluyen en esta categoría materiales oxidantes y peróxidos orgánicos.
- **Explosivos:** poseen una constante de explosividad mayor o igual a la del dinitrobenceno. Reaccionan explosivamente en condiciones normales.
- **Tóxicos:** puede causar la muerte o lesiones graves a la vida humana si se ingieren o tocan la piel. Las sustancias tóxicas pueden causar efectos retardados o crónicos o ser cancerígenos. También tienen efectos adversos en el ambiente debido a la bioacumulación o ser tóxico hacia sistemas bióticos.
- **Inflamables:** disoluciones con más de un 24% de alcohol en volumen. Líquidos con puntos de inflamación menor a 60,5 °C y punto de ignición menor a 16 °C. No necesariamente líquidos, pero capaces de producir fuego por fricción, absorción de humedad



o cambios químicos en condiciones estándar. Lo conforman gases comprimidos inflamables y agentes oxidantes que estimulen la combustión.

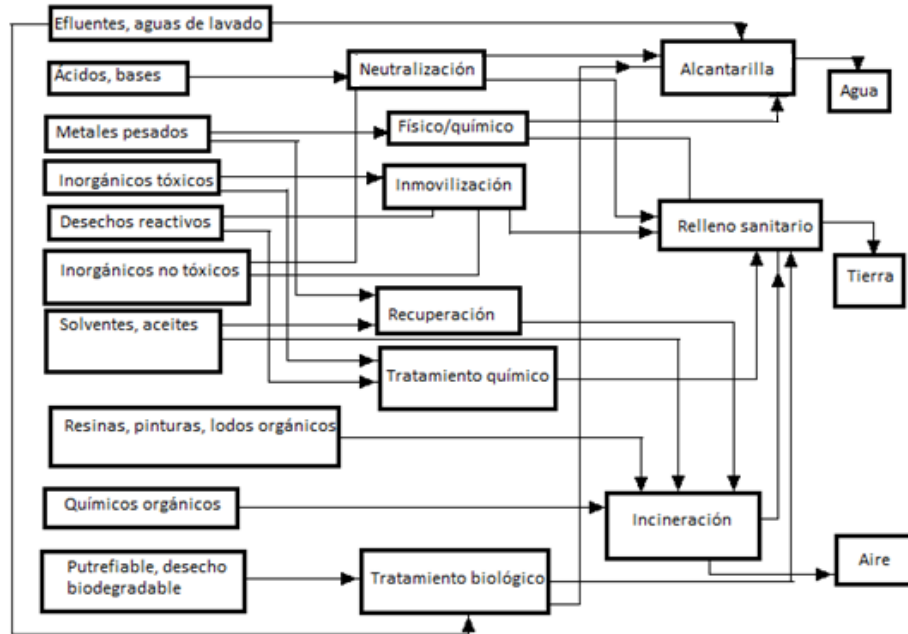
- **Biológico:** posee virus, bacterias u otros microorganismos que produzcan infección. Tienen toxinas producidas por microorganismos que son nocivas hacia los seres humanos. Además de estas clasificaciones, hay otras clases conocidas que pertenecen a una categoría aparte por ser persistentes. Se consideran persistentes por no biodegradarse en la naturaleza. Las principales dos clases de compuestos persistentes son los orgánicos halogenados y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (Cavallini, *et al*, 2014).

## **2.9 Tratamiento de Residuos**

El productor o encargado de los residuos debe tratarlos o contratar otro establecimiento o empresa para realizar dicho tratamiento. El residuo peligroso debe estar almacenado en condiciones que aseguren la protección de la salud y del ambiente. Deben estar etiquetados y envasados según las regulaciones vigentes. Las empresas que traten, produzcan, transporten o reciban residuos peligrosos desde una base profesional deben mantener un registro con orden cronológico donde exista información de la cantidad, naturaleza, y origen del residuo; también se puede incluir destino, frecuencia de recolecta, método de transporte, método de posible tratamiento y deben disponer esta información a autoridades competentes (Cavallini, *et al*, 2014).

El propósito de tratar residuos peligrosos es eliminar la peligrosidad o convertir el material en uno que sea menos perjudicial o ambientalmente benigno por medio de procesos químicos, físicos, biológicos o térmicos, seguido de la correcta disposición de los productos/residuos sólidos, líquidos o gaseosos. Debido a que existe una gran variedad de características físicas y químicas para residuos peligrosos, las tecnologías utilizadas para realizar el tratamiento deben estar cuidadosamente ligadas al tipo de residuo, considerando su naturaleza, el grado de reducción de peligrosidad requerido; así como factores económicos, entre otros. Las tecnologías para el tratamiento de residuos peligrosos se dividen en procesos: biológicos, térmicos, físicos, químicos y fisicoquímicos. En la Figura

2.2 se brinda un esquema donde se generaliza el tratamiento para algunos residuos y su disposición final (Cavallini, *et al*, 2014).



**Figura 2.2** Esquema generalizado para el tratamiento de residuos y disposición final (Cavallini, *et al*, 2014).

A continuación, se mencionan características del tipo de procesos de tratamiento utilizados (Feree, G., 2009):

- Procesos físicos: separación sólido-líquido (sedimentación, filtración, centrifugación, flotación, y tecnologías con separación de membrana), se utilizan en conjunto con otros procesos físicos, biológicos, químicos o fisicoquímicos. Para residuos de disolventes orgánicos y residuos oleosos se puede utilizar evaporación, destilación o arrastre con aire.
- Procesos fisicoquímicos: adsorción en carbono, intercambio iónico, electrólisis, y oxidación con aire húmedo. Este tipo de procesos se utiliza para residuos orgánicos e inorgánicos en disolución. Los constituyentes químicos se obtienen de forma más pura en el sustrato adsorbente o electrodo.

- Procesos químicos: agentes químicos oxidan o reducen compuestos en formas no peligrosas, como la oxidación de cianuros a cianatos o la reducción de cromo hexavalente a cromo trivalente mediante una reacción con sulfato ferroso o dióxido de azufre. También se recurre muchas veces a la precipitación, donde un contaminante disuelto (como una sal de un metal pesado) se precipita con la adición de cal o sulfuro de sodio. El hidróxido o sulfuro resultante se remueve por decantación o filtración. Finalmente, se neutraliza el agua de residuo para posteriormente ser descartada.

Además de estos, se incluye el tratamiento biológico y la incineración. En todos estos procesos se recicla y reutilizan materiales de residuo, se reduce el volumen y la toxicidad de la corriente de residuo, produciendo un desecho final que se puede disponer sin mayor problema.

Las características del medio que requiera tratamiento determinarán la eficacia del contaminante tratado o controlado; esto porque los residuos se pueden encontrar en suelos, lodos o sedimentos. Debido a esto, las características como tamaño de partícula, contenidos sólidos, y altas concentraciones de contaminante influyen en el tipo de tecnología que se utilice para tratar el residuo. El tamaño de partícula es una característica limitante a la hora de aplicar tecnologías de tratamiento a medios porosos. La mayoría de las tecnologías de tratamiento trabajan bien en sedimentos y suelos arenosos. Los sólidos con tamaños de partículas muy pequeños presentan mayor dificultad para deshidratarse, además de separarse por medios mecánicos como filtración o decantación. Los sólidos arcillosos son cohesivos, por lo que también presentan dificultades a la hora de tratarlos (Vallero, D.A., 2019)

## **Capítulo 3. Revisión de la herramienta**

---

El presente capítulo muestra la metodología para actualizar la herramienta, utilizada por parte de la URQ, para evaluar la seguridad en laboratorios de la UCR, donde se tomó el archivo existente y se consideraron distintas razones para editar los ítems de este archivo.

### **3.1 Metodología para revisión de la herramienta**

Se realizó un análisis a la estructura del cuestionario, donde su contenido tiene la intención de medir las condiciones de seguridad en los laboratorios a través del cálculo del porcentaje de seguridad. Para esto se evaluó cada pregunta del cuestionario, que no se revisaba desde 2016, realizando consultas al Regente Químico Institucional de la Universidad de Costa Rica, además de tomar la opinión de los lectores de este proyecto. La evaluación de cada pregunta se realizó considerando estructura, ortografía, contenido y evitando la subjetividad. El cuestionario contempla legislación del Reglamento nacional de protección contra incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, además del Decreto No. 27434-MTSS del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (referente a Salud y Seguridad Ocupacional). A partir de este análisis se realizaron modificaciones a la herramienta contemplando los cambios necesarios en ortografía, evitando preguntas abiertas y reestructurando el contenido de algunos puntos de manera que presente mayor aplicabilidad en laboratorios, así como disposiciones más recientes en materia de seguridad en laboratorios dadas en los últimos cinco años y tomando en cuenta la experiencia de los funcionarios de la Unidad de Regencia Química y personal encargado de laboratorio.

La herramienta se utiliza por parte de la Unidad de Regencia Química para ayudar a identificar las carencias de cada lugar de la Universidad de Costa Rica que maneje productos químicos, donde este archivo se hace llegar por vía electrónica. La evaluación revisada en el 2016 consiste en 150 ítems, donde cada uno tiene el mismo valor a la hora de calcular el porcentaje de seguridad y sólo se puede responder con “Sí”, “No”, o “No Aplica”. A partir

de las respuestas totales de este cuestionario se obtiene un porcentaje de seguridad para el laboratorio en cuestión.

El proceso convencional consiste en aplicar el cuestionario, para posteriormente agendar inspecciones en cada sitio y generar un informe con faltas y recomendaciones que se entrega al encargado del laboratorio. Las inspecciones brindan más información respecto a la seguridad de los laboratorios que la aplicación del cuestionario debido a la revisión del estado físico de los laboratorios y entrevista al personal encargado del sitio, por lo que después de que se aplicó la herramienta se programaron visitas a los lugares. Estas inspecciones complementan la aplicación de la herramienta, ya que es necesario verificar si las instalaciones de los laboratorios cumplen lo que se respondió, de manera que se pueda brindar retroalimentación a cada lugar respecto de los niveles de seguridad en sus laboratorios con las correcciones que vengan al caso. La información por obtener en las inspecciones estará en parte determinada por las respuestas de cada punto presente en el contenido de la herramienta y en preguntas al personal encargado respecto de lo que se observe en la visita. En este proyecto se realizó una inspección en diez sitios de la Universidad de Costa Rica, lo cual se discutirá en los próximos capítulos.

El fin de esta herramienta utilizada para evaluar seguridad en laboratorios es que sea respondida por la persona de enlace con la URQ de la forma más honesta posible según lo que dicte la realidad del laboratorio y/o bodega antes de realizar la inspección de seguridad, de manera que se tenga un punto de partida para lo que se debe llegar a inspeccionar; así como formular una serie de preguntas al personal encargado según lo que se respondió para obtener más criterios y comprobar si lo que respondieron aplica o no. También es necesario evaluar si hay respuestas brindadas que se invaliden por lo inspeccionado. La herramienta revisada fue evaluada por los miembros del tribunal. Las correcciones planteadas en este proyecto se consideraron en la aplicación de la herramienta a la hora de inspeccionar a los laboratorios, lo cual está desarrollado en los Capítulos 4 y 5.

## **3.2 Versión anterior de la herramienta**

El cuestionario antes de implementar los cambios presentaba 150 preguntas divididas en trece secciones. Las secciones del cuestionario son las siguientes: registros y documentos, congeladores y refrigeradores, sistemas de extracción, duchas de emergencia y lavajos, equipos de protección individual (EPI), equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros), manejo de emergencias y seguridad, almacenamiento de productos químicos, cilindros de gases, residuos químicos, laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo), buenas prácticas de laboratorio y manipulación de sustancias químicas y cristalería. Seguidamente se detalla lo que contempla la herramienta en cada una de sus secciones.

### **3.2.1 Registros y documentos**

Contempla la existencia de planes en: salud ocupacional (incluyendo una comisión), atención de emergencias, gestión ambiental (incluyendo una comisión) y compra de reactivos. Además, se debe contar con un programa de inspecciones de seguridad en los laboratorios y otro de capacitaciones para los empleados. Se deben tener instructivos para la gestión correcta de sustancias, tratamiento de residuos químicos y la atención de emergencias debidas a accidentes causados por productos químicos. Se lleva un registro de las sustancias controladas (precursores). Existe un inventario actualizado de las sustancias químicas almacenadas que incluya residuos (físico y electrónico) y se debe contar con un archivo con FDS de todas las sustancias presentes. Se debe tener disponibles publicaciones sobre seguridad que incluya bibliografía de datos toxicológicos. Un representante de la unidad u oficina debe pertenecer a la Regencia Química.

### **3.2.2 Congeladores y refrigeradores**

Los equipos de refrigeración deben ser adecuados para utilizar en un laboratorio, no son domésticos. Los refrigeradores deben estar identificados correctamente, no se utilizan para almacenar alimentos que se vayan a consumir, deben estar limpios y sin derrames. Los envases deben estar bien etiquetados y cerrados.

### **3.2.3 Sistemas de extracción**

Se tiene una capilla de extracción cuando el trabajo lo requiera. Las capillas funcionan correctamente y su extracción debe ser revisada con regularidad. Poseen pantallas de protección, están limpias cuando no están siendo utilizadas y no almacenan productos químicos dentro de ellas. Los enchufes están colocados fuera de la capilla de extracción de gases. Se cuenta con un sistema de contención de derrames. El almacén de productos presenta ventilación con capacidad de renovar el aire de la habitación en poco tiempo (sin sentir olores). Existe extracción localizada en el laboratorio si el trabajo lo amerita.

### **3.2.4 Duchas de emergencias y lavaojos**

Existe un sistema para el lavado de ojos en caso de contaminación y una ducha de emergencia. No debe haber nada encima o alrededor de los sistemas de duchas y lavaojos. La ducha y el lavaojos son accesibles a todo el personal y se inspeccionan al menos cada quince días (en el sistema estadounidense se recomienda que sea al menos una vez por semana). Las válvulas de las duchas están debidamente señalizadas y abren en todas direcciones y permanecen abiertas hasta que se cierran manualmente. Estos equipos están a menos de diez segundos de cualquier punto del laboratorio. Es recomendable que se les dé mantenimiento por lo menos una vez al año.

### **3.2.5 Equipos de protección individual (EPI)**

Hay disponibilidad de EPI en cantidad suficiente. Los empleados están capacitados en el uso de EPI y se utilizan correctamente. Se realiza revisión periódica de los EPI. Se da mantenimiento y limpieza a los EPI y se guardan adecuadamente.

### **3.2.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros)**

La cristalería es de borosilicato de buena calidad. Hay pinzas y guantes de uso especial al alcance del personal. Los mecheros de gas deben estar lejos de sustancias inflamables y explosivas. Las extensiones eléctricas (extensiones y regletas) están conectadas individualmente (no a otras extensiones). El equipo eléctrico en el laboratorio debe estar ordenado. Los interruptores deben contar con cubiertas respectivas. Sólo debe haber equipo eléctrico autorizado en el laboratorio. Las conexiones eléctricas no deben presentar ningún

daño, en caso contrario, deben reemplazarse de forma inmediata. Se debe comprobar que la instalación esté seca antes de conectar equipo eléctrico y se limpia cualquier derrame cercano. Se deben utilizar guantes de distintos materiales (laminados, nitrilo, neopreno, o alcohol polivinílico) según el tipo de sustancias que se esté manipulando y su compatibilidad con los materiales a manipular. Hay protección antichispa en el equipo eléctrico con el que se opere en áreas expuestas a grandes cantidades de vapores inflamables. Toda base de enchufe eléctrico tiene una conexión de toma a tierra con clavija tripolar.

### **3.2.7 Manejo de emergencias y seguridad**

Todo accidente se debe registrar ante la URQ e investigar. Hay una alarma en buen estado cercana a cada laboratorio. Los contactos telefónicos de atención de emergencias y los responsables de laboratorio se encuentran en un lugar visible. Se debe tener al menos una salida de emergencia si se atiende a más de 25 personas; la cual debe estar iluminada, marcada y llevar hacia un sitio seguro. El material de primeros auxilios (aprobado por un médico consultor) se debe encontrar fácilmente disponible. Existen cerca salas de emergencias especializadas en intoxicación por sustancias químicas y cuadrillas/estaciones de bomberos. Hay mantas antishock y para protección de heridos. Se tiene personal especializado en reanimación. Los botiquines se encuentran adecuadamente etiquetados.

Hay a disposición extintores adecuados y en cantidad suficiente (capacidad) para el tipo de material (hay extintores de clases A, B, C, D y K). Los extintores están en áreas accesibles, se encuentran colocados adecuadamente y reciben inspección periódicamente. El mantenimiento de los extintores se debe hacer de forma mensual. Todo el personal se encuentra capacitado en operar varios tipos de extintores. El personal es capaz de localizar y utilizar todo el equipo de seguridad. Los derrames con productos químicos peligrosos se adsorben con materiales adecuados y se limpia el área. El laboratorio se inspecciona a menudo y a profundidad, además se toman medidas para corregir posibles condiciones inseguras. Se debe realizar simulacros periódicos según el plan de emergencias. Se cuenta con agentes neutralizadores contra derrames de las sustancias peligrosas utilizadas más



comunes. En el laboratorio y el almacén se debe utilizar símbolos y señales de seguridad normalizados en color, tamaño, entre otros.

### **3.2.8 Almacenamiento de productos químicos**

Los reactivos almacenados fuera del laboratorio se encuentran en un lugar que presenta todas las condiciones de seguridad. En el almacén hay iluminación adecuada para leer etiquetas, además de estar limpio y ordenado. Los productos químicos almacenados en el laboratorio son los que se utilizarán durante la semana o están colocados en gabinetes especiales. Las sustancias muy peligrosas están encima de bandejas colectoras. La estantería tiene sistema anticaída y es compatible con los productos almacenados. Los líquidos volátiles y/o inflamables están lejos de fuentes de calor e ignición. Las sustancias tóxicas están almacenadas por separado y se encuentran correctamente etiquetadas.

Los materiales peligrosos deben guardarse en pequeñas cantidades. Con las sustancias inflamables almacenadas se evitan las cargas electrostáticas. Los estañones y envases de vidrio están almacenados sobre tarimas o en los primeros anaqueles (altura baja), no sobre el piso. Los recipientes con materiales peligrosos están herméticamente cerrados si no se están utilizando. El almacenamiento de productos tiene una ventana o puerta delantera. Las botellas con éter o sustancias químicas que formen peróxidos se etiquetan con fecha de entrada y de apertura, además a estas sustancias se les realiza pruebas de peróxidos cada 3, 6 o 12 meses según qué tan fácil sea que se formen.

Se sigue un sistema adecuado para almacenar sustancias químicas que contemple las incompatibilidades químicas. Todo recipiente que contenga sustancias químicas está etiquetado correctamente. Los recipientes que contengan productos químicos y sus tapas están en buen estado. El almacén de productos químicos tiene sistemas de contención de derrames o suficiente material adsorbente. El piso del almacén es adecuado (sin grietas, no absorbente, fácil de limpiar). Sólo debe haber sustancias químicas que se utilicen. Si la cantidad de productos inflamables lo requiere, debe haber detector de humo o calor. El techo del almacén es de material resistente y fácil de limpiar.

### **3.2.9 Cilindros de gases**

Los cilindros deben estar almacenados de forma correcta fuera de la construcción del laboratorio. Los cilindros vacíos deben estar identificados y almacenados correctamente. Para el transporte de cilindros se tiene que utilizar una carretilla especial. Los cilindros deben estar asegurados contra caídas (sujeciones de cadena, straps, o prensas de mesa) para evitar accidentes. Los cilindros de gases inflamables se deben encontrar lejos de fuentes de ignición. Todo cilindro tiene puesta su capucha.

### **3.2.10 Residuos químicos**

Los residuos químicos deben estar almacenados correctamente (considerando incompatibilidades). Debe existir un sistema adecuado para eliminar residuos químicos que no afecte la infraestructura, salud o ambiente. Se debe eliminar el contenido de frascos sin etiqueta de forma adecuada. Los residuos no deben estar acumulados en el suelo, rincones o debajo de las mesas. Los recipientes de almacenamiento de residuos y su contenido tienen que ser compatibles entre sí. Deben existir áreas asignadas para la eliminación de residuos. Los envases de residuos deben estar identificados con la debida etiqueta (fecha, nombre común, concentración, quién preparó la disolución...) y ser revisados periódicamente. El recipiente debe tener la fecha desde la que se empezó a acumular. El inventario de residuos químicos tiene que estar actualizado. No deben existir residuos con más de seis meses en el almacén antes de tratarse. Los asistentes de laboratorio tienen que manejar los métodos adecuados de almacenamiento y eliminación de residuos. Los contenedores de residuos o productos químicos peligrosos se deben eliminar como si fueran residuos peligrosos.

### **3.2.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)**

El laboratorio está ordenado y aseado. Las tuberías de gas están debidamente identificadas. Las pilas de lavado tienen rejillas y jabón. Los desagües de laboratorio están separados de los de uso común. En los bebederos de agua hay vasos desechables. Los aparatos frágiles y voluminosos están fijos a la mesa de laboratorio. Las mesas de laboratorio cuentan con dimensiones adecuadas para trabajar y están hechas de material resistente a sustancias químicas. Hay sillas y bancos con las dimensiones adecuadas. Los pisos de laboratorios no

son resbaladizos y son de material adecuado. La iluminación es la adecuada para leer escalas y aparatos.

### **3.2.12 Buenas prácticas de laboratorio**

No se hacen experimentos nuevos sin autorización. Al menos dos personas deben estar trabajando simultáneamente en el laboratorio. Se trabaja sin maquillaje y con el cabello recogido. La basura se retira al final del día. El mantenimiento y la limpieza del laboratorio están contemplados dentro del programa de calendario de actividades del laboratorio. Se calientan sustancias haciendo uso del vidrio reloj. Tanto el personal como los visitantes deben mantener la disciplina y seguir las reglas de seguridad. El personal de mantenimiento está instruido en métodos adecuados de manipulación de productos químicos. En los laboratorios y almacenes no se come, bebe o fuma. No se lava los dientes o platos de comida en las pilas del laboratorio. Toda persona que entre al laboratorio o almacén de productos químicos utiliza gabacha.

### **3.2.13 Manipulación de sustancias químicas y cristalería**

Se pipetea con medios mecánicos. Cuando se trasvasa de recipientes grandes a botellas se hace por medio de una bomba. Si se reutilizan botellas, se deben rellenar con productos o disoluciones que contenían originalmente. Las sustancias del laboratorio se retiran sólo con autorización. Hay carretillas especiales para garrafas y recipientes grandes. Los trasvases de productos peligrosos se realizan con medidas de seguridad correctas (ventilación, se evitan cargas electrostáticas, entre otros). Las sustancias peligrosas sólo las trabajan personas expertas o autorizadas. Para calentar líquidos inflamables se utilizan mantas o calentadores-agitadores. Al trabajar con sustancias peligrosas (corrosivos, inflamables, cancerígenos) se toma las medidas de precaución más aptas contra derrames, incendios, salpicaduras, entre otros. Las botellas de ácido se enjuagan antes de abrirse. No se realizan mezclas de sustancias no compatibles. El traslado de reactivos en un mismo piso se hace por medio de carritos especiales y entre diferentes pisos con ascensores para carga. La cristalería está en buen estado (sin fracturas o quebrada) y se lava con guantes adecuados.

### 3.2.14 Cálculo del porcentaje de seguridad de laboratorio

El porcentaje de seguridad para el centro donde se aplique la herramienta se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ de Seguridad} = \left[ \frac{\text{Respuestas positivas}}{\text{Puntos totales} - \text{Respuestas de "No Aplica"}} \right] \times 100 \quad (1)$$

### 3.3 Edición del cuestionario

La edición del cuestionario se realizó tomando en cuenta la totalidad de ítems de todas las partes. Se propuso agregar nuevos puntos a algunas secciones, o que los existentes se tengan que editar o eliminar. La decisión sobre los cambios se tomó basándose en la experiencia del comité y las referencias bibliográficas.

En un cuestionario de este tipo cada punto debe redactarse de forma objetiva, de modo que se realice la evaluación desde un punto de vista técnico y que se pueda obtener más información al diagnóstico aplicado para evitar puntos imparciales.

Se hizo la observación de que es recomendable emplear un sistema de puntos según la importancia de cada ítem de la herramienta. Por ejemplo, es muy determinante que cada sitio tenga planes de salud ocupacional, de emergencias y compras de reactivos, además de que estos vienen siendo más determinantes dentro de lo que se contempla en la seguridad de los laboratorios, que otros ítems, como poseer vasos desechables en fuentes de agua para beber. Se recomendó asignar un multiplicador con un valor de entre 1 y 5 a cada pregunta, según la importancia de cumplir el punto en cuestión, respecto a lo determinante que sea hacia la seguridad en laboratorios.

Se hicieron los cambios pertinentes de ortografía o de estructura de algunos ítems, además de que se agregaron tres preguntas nuevas y se eliminaron dos preguntas del cuestionario anterior.

Además de esto, se agregó el párrafo introductorio de guía que se presenta a continuación: “El siguiente cuestionario tiene como fin evaluar las condiciones de seguridad en unidades donde se utilicen sustancias químicas. Esta herramienta está basada en las guías e instructivos generados por la Unidad de Regencia Química de la Universidad de Costa Rica. En caso de existir alguna inquietud con el contenido del cuestionario, por favor guiarse con la información en el presente en el sitio web: <http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr>”.

A continuación, se muestran los cambios que se propusieron a algunas secciones del cuestionario y las razones por las cuales fueron aceptados los cambios propuestos, o no.

### **3.3.1 Registros y documentos:**

Se propuso editar el ítem 4 como: “Existe un plan de compra de reactivos y el lugar no carece de ninguna sustancia requerida en las actividades a realizar.”, sin embargo, este cambio no procede porque si el sitio no tuviera en su almacenaje alguna sustancia para ejecutar las actividades no se estaría afectando directamente la seguridad en el laboratorio. El desabastecimiento de reactivos afecta la ejecución de trabajos en el laboratorio y por lo tanto el calendario de actividades, por lo que esto se ve reflejado en un plan de compra de reactivos bien estructurado.

Se editó el ítem 6 como: “Existe un programa de capacitaciones para los empleados, además se incluye a los conserjes y personal de mantenimiento.”. Añadir esta última parte eliminará algunas preguntas en otras secciones que contemplaban al personal de limpieza y administrativo. Las capacitaciones deben incluir a conserjes y personal de mantenimiento por ser funcionarios que requieren criterio de acción en caso de que sucediera un accidente en el laboratorio.

Respecto al ítem 6, se propuso agregar un nuevo ítem: “Periódicamente se evalúa a los empleados para cerciorarse de que están debidamente capacitados.”. Este ítem no se agregó debido a que en el ítem 6 en sí contempla que el programa de capacitaciones esté completo y sea implementado continuamente.

Se propuso cambiar la pregunta 12 por “Se tiene un archivo MSDS de todas las sustancias presentes, incluyendo residuos.”. Si bien se sugirió este cambio, la pregunta 12 definitiva se modificó por la siguiente: “Se tiene un archivo con las FDS de todas las sustancias presentes.”. Este cambio se debe a que el Reglamento para el Registro de Productos Peligrosos N° 28113-S no solicita FDS de residuos, sólo de reactivos. El Estándar de Comunicación de Peligros (HCS, por sus siglas en inglés), revisado en 2012, requiere que el fabricante, distribuidor o importador provea las Fichas de Datos de Seguridad para cada sustancia peligrosa. La información contenida en las FDS es diferente que la contenida en el MSDS, con la principal diferencia de que las FDS se deben presentar en un formato de dieciséis secciones, más amigable para el usuario (OSHA, 2022).

El ítem 15: “Existe un programa de limpieza y mantenimiento del laboratorio.” anteriormente estaba contemplado en la sección de Buenas prácticas de laboratorio y fue movido a esta sección por el contenido de su estructura respecto a esta sección.

Para las inspecciones, los incisos del 1 al 9 se recomienda solicitar más información en observaciones (¿quién lo hizo?, ¿cuándo se hizo?, ¿cuándo se revisó?, ¿está completo y actualizado?). Además, el contenido de estas secciones debería estar basado en instructivos existentes por parte de Regencia, adaptándolo según las actividades que se realicen en cada lugar. Si bien esta información puede tenerse o no, se considera que estas primeras nueve preguntas son partes críticas del cuestionario debido a que se le da seguimiento directo a la existencia de estos planes y el personal encargado de estos, además de que estos puntos tienen influencia directa en otros puntos de la herramienta. Los planes existentes en cada unidad determinan de qué manera se ejecutan las actividades del sitio.

### **3.3.2 Congeladores y refrigeradores**

Se modificó el punto 2 de la siguiente manera: “Los equipos de refrigeración se encuentran libres de alimentos para consumo humano.”; hay centros de investigación y otros laboratorios donde se realizan análisis de alimentos y es normal que se almacenen en el refrigerador sin que estos se consuman. Se propuso modificar la pregunta 3 por: “Los

equipos y el área que ocupan se encuentran bien identificados.”, sin embargo, esta modificación, propuesta para la pregunta 3, se cambió por la siguiente: “Los equipos de refrigeración se encuentran bien identificados y tienen la rotulación adecuada, incluyendo el rombo NFPA 704.”. Esto se debe a que la demarcación por Reglamento nacional de protección contra incendios del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica debe contemplar simbología de la NFPA 704 para las sustancias almacenadas, incluyendo lo que se almacena dentro de los equipos de refrigeración, también se debe tener en cuenta que los reactivos inflamables deben estar en refrigeradores provistos de protección antichispa. Se editó la redacción del punto 4 a: “Los equipos de refrigeración se encuentran limpios y sin derrames.”.

Se propuso agregar un nuevo ítem: “Periódicamente se realiza una inspección por parte de un técnico para verificar que los equipos de refrigeración no consumen más electricidad de lo que deberían.”. Sin embargo, este ítem no se agregó porque si bien un equipo de refrigeración en mal estado puede consumir más electricidad de la que debería, esto no corresponde a algo que comprometa la seguridad del laboratorio del lugar.

### **3.3.3 Sistemas de extracción**

El anterior ítem 5: “No se almacenan productos químicos en las capillas.” se eliminó porque en la pregunta 6 de la sección de Almacenamiento de productos químicos se contempla que en los sistemas de extracción no deben almacenarse sustancias químicas. Esto se debe a que las capillas se utilizan para retirar vapores o gases irritantes, no para almacenar reactivos o residuos.

Se propuso mover el ítem 7 (anterior ítem 8): “El almacén de productos tiene ventilación capaz de cambiar el aire de toda la habitación en poco tiempo (no se sienten olores).” a la sección de Almacenamiento de productos químicos por la ubicación del sistema de extracción, sin embargo, este cambio no será implementado debido a que todo lo referente a sistemas de extracción estará en esta sección, aunque el sistema de extracción no se encuentre en el laboratorio, sino en el almacén de productos.

Se propuso agregar el siguiente ítem: “Las capillas están bien rotuladas y el personal está capacitado en su uso.”, sin embargo, esta modificación no cabe debido a que en la capacitación del personal se incluye el uso de capillas, además de que no están demarcadas debido a que sólo poseen perillas para activar ventilación y luz.

#### **3.3.4 Duchas de emergencias y lavaojos**

No se realizó ninguna modificación en los ítems existentes, sin embargo, se recomienda poner cuidado a las respuestas de esta sección, ya que si el sitio no tiene duchas instaladas otras de las preguntas se pueden responder como “No aplica”, entonces el porcentaje de seguridad no se vería tan afectado por el hecho de que el lugar no tenga duchas y/o lavaojos, aunque la existencia de estos equipos en un laboratorio sea fundamental para hacer frente a emergencias que se puedan presentar por manipulación incorrecta de sustancias químicas por parte del personal.

#### **3.3.5 Equipos de protección individual (EPI)**

Se incluyó el nuevo ítem 6: “Se usan guantes adecuados para lavar cristalería”, el cual antes estaba en la sección de Manipulación de sustancias químicas y cristalería.

#### **3.3.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros)**

Se agregó el nuevo ítem 1: “La cristalería es de borosilicato de buena calidad y está en buen estado (libre de fracturas o no está quebrada)”, el cual antes estaba parcialmente contemplado en el anterior punto 15 de la sección de Manipulación de sustancias químicas y cristalería, pero se decidió incorporarlo a este punto por ser un punto referente a equipo de cristalería. También se agregó el punto 2, que también está relacionado con cristalería: “Se desecha de forma adecuada la cristalería que se encuentra agrietada o en mal estado”.

Se editó la redacción del ítem 5 (anterior ítem 3): “Las extensiones eléctricas (extensiones, regletas) están conectadas individualmente (no están conectadas a otras extensiones)”. Se modificó la oración del ítem 7 (anterior ítem 5) a: “Los interruptores tienen las cubiertas respectivas”. Se cambió el contenido del punto 9 (anterior punto 5) por: “Se remplazan inmediatamente todas las conexiones eléctricas si presentan signos de algún daño”. Se



agregó el nuevo punto 13: “Todo el equipo que no se está utilizando se desconecta del enchufe”.

### **3.3.7 Manejo de emergencias y seguridad**

Se modificó el punto 1 como: “Todos los accidentes se registran, se investigan y reportan a la Unidad de Regencia Química”. Para la Unidad de Regencia Química la información, obtenida a través de la incidencia de accidentes, es muy valiosa porque tiene como fin identificar en qué tipo de actividades se pueden presentar más frecuentemente accidentes y minimizar las incidencias, conociendo la raíz de los riesgos, de manera que se pueda evitar futuros accidentes de tal clase.

Se propuso modificar el inciso 10 por: “Los botiquines están etiquetados y equipados adecuadamente.”, sin embargo, esta propuesta no procede porque el botiquín bien equipado se contempla en el ítem 6, al mencionar que se cuenta con material de primeros auxilios que esté aprobado por un médico. El botiquín de primeros auxilios debe contener lo estipulado en el Artículo 24 la Reforma Reglamento General de los Riesgos de Trabajo y Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo N° 39611-MTSS (PGR, 2016).

Se consideró agregar el siguiente ítem: “Tanto el personal como personas trabajando en el laboratorio están enterados de los peligros y precauciones que se deben tomar cuando se utilicen las instalaciones para minimizar accidentes.”, sin embargo, esta información está contemplada en la capacitación de personal en la sección de Registros y documentos. Se recomienda a cada sitio realizar inspecciones internas al menos una vez al año, incluyendo la evaluación a sus empleados para cerciorarse que están capacitados para trabajar en el laboratorio, según la frecuencia de accidentes y el nivel de riesgo de las actividades que realicen.

### **3.3.8 Almacenamiento de productos químicos**

Se incluyó el nuevo ítem 2: “El almacén de productos químicos se encuentra rotulado de manera adecuada, incluyendo el rombo de NFPA 704, según norma NFPA 704”. Se agregó

la señalización de la norma NFPA 704 por estar en el Reglamento nacional de protección contra incendios, vigente para almacenes de productos químicos.

Se agregó el nuevo ítem 3: “El equipo refrigerador donde hay productos químicos se encuentra rotulado de manera adecuada, incluyendo el rombo NFPA 704.” porque antes las sustancias en refrigeración no estaban contempladas respecto al almacenamiento de productos químicos, pero la rotulación es tan importante como utilizar los refrigeradores adecuados.

Se editó el nuevo ítem 6 (anterior punto 4) como: “Si se almacenan productos químicos en el laboratorio, estos son los que se consumirán en la semana o están en gabinetes especiales, no están en capillas extractoras.”, ya que anteriormente no almacenar sustancias químicas en capillas extractoras estaba contemplado como un punto aparte en la sección de Sistemas de extracción. Las capillas extractoras se utilizan para retirar vapores o gases irritantes, corrosivos o tóxicos, no para almacenar productos químicos. En el laboratorio es fundamental mantener el orden en la disposición de todas las sustancias que se utilicen.

Se cambió la redacción del nuevo punto 13 (anterior ítem 11) por: “Los estañones y envases de vidrio están almacenados sobre tarimas o en los primeros anaqueles (poca altura) y no sobre el piso directamente.” Se modificó la redacción del nuevo punto 20 (anterior ítem 18): “Los recipientes de productos químicos y sus tapas están en buen estado”.

El anterior punto 14 se dividió en dos puntos nuevos 16 y 17: “El éter y otros productos químicos que forman peróxidos se etiquetan con la fecha de entrada y de apertura de la botella” y “Se realizan pruebas de peróxidos cada 3, 6 meses o 1 año dependiendo de la facilidad de formación”. Esta división es porque se debe tomar como dos puntos separados y no como parte de un todo, aunque estos se encuentren relacionados. Un punto se refiere al etiquetado correcto de los éteres y otros productos que se descompongan en peróxidos, mientras que el otro punto corresponde a un procedimiento que los laboratorios deben ejecutar periódicamente si poseen productos que produzcan peróxidos, los cuales pueden

explotar con la fricción generada al mover, manipular o golpear el recipiente, así como al abrir la tapa.

Se agregaron los puntos 26 y 27: “Los cilindros se encuentran correctamente almacenados, esto incluye la rotulación del almacén de cilindros, con el código NFPA 704 respectivo.” y “Los residuos químicos se almacenan correctamente, incluyendo las incompatibilidades.” Respecto a los cilindros, esto también aplica para los cilindros que se encuentren vacíos. Los residuos deben estar almacenados en un área asignada para tal fin, ya que no es aceptable que estén en el piso, al aire libre o dispuestos de forma peligrosa; además se debe tomar en cuenta las incompatibilidades para que no ocurra un accidente por mezclas de sustancias que produzcan reacciones peligrosas e indeseadas.

Se propuso agregar el siguiente ítem: “Todo contenedor debe incluir la fecha de apertura del envase.”, sin embargo, no se procederá a agregar este punto porque si bien algunos reactivos pueden ser higroscópicos o modificar su pureza una vez que el contenedor está abierto y, a su vez, podría cambiar la aplicabilidad de un estudio o experimento, esto no termina comprometiendo la seguridad en el laboratorio. La aplicabilidad de los estudios no concierne directamente al nivel de seguridad de los laboratorios.

### **3.3.9 Cilindros de gases**

Se modificó el punto 2 como: “Los cilindros vacíos se encuentran identificados”.

Se editó el punto 5 como: “Los cilindros de gases inflamables están lejos de fuentes de ignición.”

Se eliminó el anterior punto 7: “El área designada para cilindros está demarcada correctamente.”, ya que a la sección de Almacenamiento de productos químicos se agregaron tres puntos que sustituyen este, además de contemplar más información respecto al uso del área del laboratorio.

### **3.3.10 Residuos químicos**

Se eliminó el anterior ítem 1: “Se almacenan separadamente los residuos químicos y están almacenados correctamente, incluyendo incompatibilidades” porque en esta sección ya existen los nuevos puntos 4 y 5, que contemplan lo mencionado en este punto.

El anterior ítem 2: “El personal de laboratorio no realiza mezclas de residuos incompatibles en un mismo recipiente” se editó y se trasladó de esta sección a la de Manipulación de sustancias debido a que constituye una mala práctica en el laboratorio respecto al manejo de sustancias químicas.

Se editó el contenido del anterior ítem 4: “Se elimina el contenido de los frascos sin etiqueta” para incluir el nuevo punto 2: “Se gestiona adecuadamente los residuos sin identificación”. Esta gestión puede ir desde el tratamiento en el mismo sitio, o enviar el residuo no identificado al Laboratorio de Tratamiento de Residuos para realizar pruebas de identificación para luego darle el tratamiento químico más adecuado para poder disponer de forma adecuada.

Se modificó el nuevo punto 3 (anterior punto 5) por: “No hay residuos en el suelo, rincones o bajo las mesas.”, por seguridad de los usuarios y las instalaciones, los residuos deben estar en el área asignada para su almacenamiento, no estar en otros lugares del laboratorio donde se puedan agregar riesgos adicionales.

Se eliminó el anterior punto 8: “Los envases de residuos están correctamente etiquetados y son revisados periódicamente.”, para complementar el nuevo punto 4: “Los envases que contienen los residuos están correctamente etiquetados, son compatibles con el contenido y se revisan periódicamente”. Los residuos no deben estar más de seis meses almacenados y el material del envase no debe reaccionar con el contenido. Cada recipiente de residuos debe estar etiquetado con la información primordial y revisarse periódicamente.

### **3.3.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)**

Se propuso editar el punto 3 como: “Las pilas del laboratorio tienen rejillas y jabón, además de encontrarse ordenadas y limpias.”, sin embargo, no se implementó este cambio debido a que el orden en el laboratorio se contempla en toda la instalación de trabajo.

Se agregó el nuevo ítem 12: “Las tuberías se encuentran en buen estado”. Esto se debe a que las fugas en un laboratorio no son deseables, además de que comprometen el orden en el laboratorio y podrían agregar un riesgo adicional al laboratorio debido a que puede resultar en tropiezos del personal en el área de trabajo.

### **3.3.12 Buenas prácticas de laboratorio**

Se eliminó el anterior ítem 5 de esta sección: “Hay un programa de limpieza y mantenimiento del laboratorio.”, ya que no corresponde a esta sección y fue movido a la sección de Registros y documentos.

Se propuso editar el anterior punto 6 como: “Se repasan las buenas prácticas de laboratorio según el trabajo que se esté realizando.” porque las buenas prácticas de laboratorio conllevan mucho más que algunas de las prácticas que se aprenden en laboratorios básicos de química. Sin embargo, se decidió cambiar la redacción del nuevo ítem 5 de la siguiente manera: “Se siguen las buenas prácticas de laboratorio, por ejemplo, se usan vidrios de reloj al calentar sustancias para evitar salpicaduras, se pipetea con medios mecánicos”. Se debe tener en cuenta que las buenas prácticas de laboratorio van a variar en cada lugar según las actividades que se realicen en el laboratorio, por lo que las buenas prácticas a seguir no serán iguales en todo sitio.

Se eliminó el anterior ítem 8: “Los conserjes y otro personal de mantenimiento están instruidos en métodos adecuados de manipulación y peligros de productos químicos.” porque está contemplado en la sección de Registro y documentos.

Se modificó la redacción del ítem 11: “Todo el personal que ingresa al laboratorio o almacén de productos químicos utiliza gabacha, lentes de seguridad y cabello recogido.”

### **3.3.13 Manipulación de sustancias químicas y cristalería**

El anterior punto 1: “El personal pipetea con medios mecánicos.” se eliminó porque ya está contemplado en la sección de Buenas prácticas de laboratorio.

Se editó la redacción del nuevo ítem 5 (anterior punto 6) como: “Cuando hay trasvase de productos peligrosos se hace con las medidas de seguridad adecuadas (ventilación, evitando cargas electrostáticas, entre otros)”.

Se movió el anterior punto 13 de esta sección debido a que corresponde al nuevo ítem 6 de la sección de Equipos de protección individual.

Se excluyó el anterior ítem 14: “La cristalería es de buena calidad (borosilicato) y está en buen estado (libre de fracturas o no está quebrada).” de esta sección debido a que fue incluida como complemento del punto 1 de la sección de Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros).

El anterior punto 15: “La cristalería que se encuentra en los estantes está limpia.” se elimina porque esto está contemplado en el orden del laboratorio.

## **Capítulo 4. Aplicación del cuestionario**

---

En el presente capítulo se incluirá lo concerniente a la metodología de aplicación del cuestionario y la discusión de las respuestas obtenidas para los veintinueve lugares que respondieron la herramienta en el plazo establecido. También se discute respecto a los porcentajes de las respuestas obtenidos de los sitios y los puntos a los que se les debe prestar mayor cuidado según el valor de los porcentajes negativos que se contestaron por los laboratorios. Se menciona los criterios de selección para elegir los lugares a los que se les realizó la inspección.

### **4.1 Metodología para la aplicación de la herramienta**

El cuestionario se modificó según los puntos contemplados en la sección anterior. Una vez que recibió el visto bueno de parte del comité asesor del presente proyecto, el Regente Químico Institucional envió la herramienta por correo electrónico. Hay cincuenta y tres lugares institucionales a los cuales se les realiza inspección de seguridad a sus laboratorios. La versión de la herramienta a evaluar quedó definida para el 13 de octubre de 2021; fecha en la cual se envió el cuestionario a todas las unidades. A partir de esta fecha, se esperó dos semanas para que la mayor cantidad de los centros respondieran antes de definir el calendario de inspecciones. Sólo veintinueve unidades respondieron la herramienta en el periodo definido.

Esta sección no contempla la selección de respuestas a preguntas que invaliden lo que fue respondido en distintas preguntas de la misma sección u otras, ya que esto se comprueba al hacer la inspección y se discutirá en las siguientes secciones.

Una vez que se tabularon las respuestas para todos los lugares que respondieron el cuestionario en el plazo establecido se observaron los porcentajes de respuestas de modo que se pueda analizar las tendencias que existen en laboratorios de la UCR respecto a la seguridad en laboratorios químicos, así como tener una base para los principales detalles a

observar en las inspecciones. Se discutió acerca del contenido de cada pregunta relacionado con las respuestas de cada unidad en particular y la relación de la respuesta a cada pregunta respecto del impacto que puede tener sobre un ambiente de laboratorio saludable para sus funcionarios y colaboradores.

**Cuadro 4.1.** Lista de lugares sujetos a la inspección por parte de la URQ en la UCR, respuesta del cuestionario y fechas de inspecciones para el 2021-2022.

| <b>Lugar</b>                                 | <b>¿Respondieron el cuestionario?</b> | <b>Fecha inspección</b> |
|--|---------------------------------------|-------------------------|
| <b>Escuelas</b>                              |                                       |                         |
| Escuela de Artes Plásticas                   | Sí                                    | 20-07-2022              |
| Escuela de Tecnología de Alimentos           | Sí                                    | 26-07-2022              |
| Escuela de Zootecnia                         | No                                    | 27-07-2022              |
| Escuela de Biología                          | Sí                                    | Realizada               |
| Escuela Centroamericana de Geología          | Sí                                    | Realizada               |
| Escuela de Química                           | No                                    | Realizada               |
| Escuela de Geografía                         | Sí                                    | 02-08-2022              |
| Escuela de Ingeniería Química                | No                                    | 03-08-2022              |
| Escuela de Ingeniería Agrícola y Biosistemas | Sí                                    | 09-08-2022              |
| Escuela de Medicina                          | Sí                                    | Realizada               |
| Escuela de Tecnologías en Salud              | No                                    | 10-08-2022              |
| Escuela de Ingeniería Civil                  | No                                    | 16-08-2022              |
| <b>Facultades</b>                            |                                       |                         |
| Facultad de Farmacia                         | No                                    | 17-08-2022              |
| Facultad de Microbiología                    | Sí                                    | 23-08-2022              |
| Facultad de Odontología                      | No                                    | 24-08-2022              |
| Facultad de Ciencias                         | No                                    | 06-04-2022              |
| <b>Recintos</b>                              |                                       |                         |
| Recinto de Turrialba (Sede del Atlántico)    | Sí                                    | 03-05-2022              |
| Recinto de Liberia (Sede de Guanacaste)      | No                                    | 17-05-2022              |
| Sede Regional del Caribe                     | Sí                                    | 03-05-2022              |
| Recinto de San Ramón (Sede de Occidente)     | No                                    | 31-05-2022              |
| Recinto de Grecia (Sede de Occidente)        | Sí                                    | 31-05-2022              |
| Recinto de Puntarenas (Sede del Pacífico)    | Sí                                    | 01-06-2022              |
| Sede Interuniversitaria de Alajuela          | Sí                                    | 14-06-2022              |



|   |    |            |
|---|----|------------|
|   |    |            |
| <b>Centros de Investigación</b>   |    |            |
| Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA)                                     | Sí | 19-04-2022 |
| Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (CIBCM)                 | No | 20-04-2022 |
| Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares (CICANUM) | Sí | Realizada  |
| Centro de Investigación en Ciencia e Ingeniería de Materiales (CICIMA)          | No | 26-04-2022 |
| Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR)                | Sí | 27-04-2022 |
| Centro en Investigación en Contaminación Ambiental (CICA)                       | Sí | 10-05-2022 |
| Centro de Investigación en Electroquímica y Energía Química (CELEQ)             | Sí | 11-05-2022 |
| Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales (CIET)                       | Sí | 24-05-2022 |
| Centro de Investigación en Estructuras Microscópicas (CIEMic)                   | Sí | 25-05-2022 |
| Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS)                       | Sí | Realizada  |
| Centro de Investigación en Hematología y Trastornos Afines (CIHATA)             | No | 07-06-2022 |
| Centro Investigación Nutrición Animal (CINA)                                    | Sí | Realizada  |
| Centro de Investigación en Productos Naturales (CIPRONA)                        | No | 08-06-2022 |
| Centro de Investigación en Protección de Cultivos (CIPROC)                      | No | 29-03-2022 |
| Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA)                     | Sí | 15-06-2022 |
| Centro de Investigación en Neurociencias (CIN)                                  | No | 21-06-2022 |
|   |    |            |
| <b>Institutos</b>   |    |            |
| Instituto de Investigaciones Agrícolas (IIA)                                    | No | 28-03-2022 |
| Instituto Clodomiro Picado (ICP)  | Sí | 22-06-2022 |
| Instituto de Investigaciones en Ingeniería (INII)                               | Sí | 28-06-2022 |
| Instituto de Investigaciones Farmacéuticas (INIFAR)                             | No | Realizada  |
| Instituto de Investigaciones en Salud (INISA)                                   | No | 29-06-2022 |
|   |    |            |
| <b>Estaciones experimentales</b>  |    |            |
| Agrícola Fabio Baudrit Moreno   | No | 05-07-2022 |

|  |    |            |
|--|----|------------|
| Ganado Lechero Alfredo Volio Mata                                    | Sí | 30-03-2022 |
| Jardines Botánicos Lankaster   | Sí | 05-04-2022 |
| <b>Oficinas</b>  |    |            |
| Oficina de Servicios Generales                                       | No | 06-07-2022 |
| Oficina de Suministros   | No | Realizada  |
| Oficina de Bienestar y Salud   | No | 12-07-2022 |
| <b>Laboratorios</b>  |    |            |
| Laboratorio de Ensayos Biológicos (LEBi)                             | Sí | Realizada  |
| Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME) | Sí | 13-07-2022 |
| Laboratorio de Tratamiento de Residuos (LTR)                         | No | 19-07-2022 |
| Laboratorio de Análisis y Asesoría Farmacéutica (LAYAFA)             | No | Realizada  |

## 4.2 Modo de ejecución de las inspecciones

Las inspecciones a los centros se suelen calendarizar contemplando dos años seguidos debido al gran número de unidades que existen en la Universidad y la logística que implica agendar cada visita. Cuando no se responde previamente la información contenida en la herramienta antes de realizar la visita se presenta el inconveniente de que la inspección se debe realizar a mayor profundidad, además de que la ausencia de información hace imposible formular una serie de preguntas al personal encargado para que la visita logre ser más provechosa al obtener información puntual de la realidad del sitio según los encargados. Si bien se envió un recordatorio a cada lugar que no había respondido el cuestionario una semana después de enviado, sólo se obtuvo la respuesta total del 53,7 % de todas las unidades.

La calendarización de las visitas no sólo se realiza contemplando la disponibilidad de los encargados de cada sitio en particular, sino también de los funcionarios de la Unidad de Regencia que realizan inspecciones, sumado a la necesidad de pedir el préstamo de un vehículo en la Unidad de Transportes, en caso de que el lugar a inspeccionar no se encuentre en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, así como los trámites adicionales

interinstitucionales que esto implica. Cuando no se responde el cuestionario antes de la fecha para la cual se agendó la visita, de igual manera la inspección se lleva a cabo. Esto repercute en que la información que se logra obtener durante la comprobación estará limitada por la falta de referencia.

### 4.3 Respuestas de la herramienta por parte de centros de la Universidad de Costa Rica

A continuación, se muestra las respuestas para cada pregunta del cuestionario como porcentaje de las unidades que respondieron el cuestionario (veintinueve de cincuenta y cuatro). El contenido de cada pregunta para cada lugar que respondió el cuestionario se encuentra en la sección de anexos.

**Cuadro 4.2** Cuestionario corregido y porcentaje de respuesta de las unidades que respondieron el cuestionario en el plazo definido

|   | Sí (%) | No (%) | No Aplica (%) |
|---|--------|--------|---------------|
| <b>Registros y documentos</b>   |        |        |               |
| 1. Existe un plan de salud ocupacional (incluyendo una comisión)  | 62,07  | 37,93  | 0             |
| 2. Existe un plan de atención de emergencias  | 55,17  | 44,83  | 0             |
| 3. Existe un plan ambiental (incluyendo una comisión)   | 44,83  | 55,17  | 0             |
| 4. Existe un plan de compra de reactivos  | 79,31  | 20,69  | 0             |
| 5. Existe un programa de inspecciones de seguridad en los laboratorios  | 31,03  | 68,97  | 0             |
| 6. Existe un programa de capacitaciones para los empleados, además se incluye a los conserjes y personal de mantenimiento | 27,59  | 72,41  | 0             |
| 7. Hay instructivos para la correcta gestión de sustancias químicas   | 65,52  | 34,48  | 0             |
| 8. Hay instructivo para el tratamiento de residuos químicos   | 68,97  | 31,03  | 0             |
| 9. Hay instructivo para atender emergencias con productos químicos  | 51,72  | 48,28  | 0             |
| 10. Se lleva un registro de las sustancias controladas  | 75,86  | 20,69  | 3,45          |
| 11. Hay un inventario actualizado de las sustancias químicas almacenadas, incluyendo los residuos (físico y electrónico)  | 93,10  | 6,90   | 0             |
| 12. Se tiene un archivo con las FDS de todas las sustancias presentes   | 62,07  | 37,93  | 0             |
| 13. Hay disponible fácilmente publicaciones sobre seguridad, incluyendo bibliografía de datos toxicológicos               | 48,28  | 51,72  | 0             |

|  |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|
| 14. Hay un representante de la unidad u oficina en la Regencia Química   | 93,10 | 6,90  | 0     |
| 15. Existe un programa de limpieza y mantenimiento del laboratorio   | 82,76 | 17,24 | 0     |
| <b>Congeladores y refrigeradores</b>   |       |       |       |
| 1. Los equipos de refrigeración son los adecuados (no domésticos)  | 55,17 | 34,48 | 10,34 |
| 2. Los equipos de refrigeración se encuentran libres de alimentos libres para consumo humano   | 86,21 | 3,45  | 10,34 |
| 3. Los equipos de refrigeración se encuentran bien identificados y cuentan con rotulación adecuada, incluyendo el rombo NFPA 704                               | 72,41 | 20,69 | 6,90  |
| 4. Los equipos de refrigeración se encuentran limpios y sin derrames   | 89,66 | 3,45  | 6,90  |
| 5. Todos los envases se encuentran bien etiquetados, ordenados y cerrados  | 89,66 | 3,45  | 6,90  |
| <b>Sistemas de extracción</b>  |       |       |       |
| 1. Se cuenta con capilla extractora cuando los trabajos lo ameriten  | 93,10 | 6,90  | 0     |
| 2. Las capillas funcionan bien y se revisa su extracción regularmente  | 79,31 | 20,69 | 0     |
| 3. Las capillas tienen pantallas de protección   | 93,10 | 6,90  | 0     |
| 4. Las capillas se encuentran limpias cuando no están en uso   | 100   | 0     | 0     |
| 5. Las bases de los enchufes para capillas de extracción de gases se hallan colocadas fuera de las mismas  | 93,10 | 6,90  | 0     |
| 6. Las capillas tiene sistemas de contención para derrames   | 68,97 | 31,03 | 0     |
| 7. El almacén de productos tiene ventilación capaz de cambiar el aire de toda la habitación en poco tiempo (no se sienten olores)                              | 58,62 | 31,03 | 10,34 |
| 8. Hay extracción localizada en el laboratorio cuando los trabajos lo ameritan   | 72,41 | 24,14 | 3,45  |
| <b>Ducha de Emergencia y lavaojos</b>  |       |       |       |
| 1. Se tiene un sistema para lavar los ojos en caso de contaminación  | 86,21 | 13,79 | 0     |
| 2. Se cuenta con una ducha de emergencia   | 82,76 | 17,24 | 0     |
| 3. Se encuentran estos dispositivos libres (nada almacenado en o cerca de estos)   | 82,76 | 10,34 | 6,90  |
| 4. Se encuentran (ducha y lavaojos) accesibles a todo el personal  | 86,21 | 6,90  | 6,90  |
| 5. Las condiciones son las adecuadas y se inspeccionan (ducha y lavaojos) por lo menos cada 15 días  | 51,72 | 41,38 | 6,90  |
| 6. Las válvulas de las duchas de seguridad están claramente etiquetadas y se abren en todas direcciones y permanecen abiertas hasta que se cierran manualmente | 62,07 | 24,14 | 13,79 |
| 7. Los equipos se encuentran cerca de cualquier punto del laboratorio (menos de 10 segundos)   | 75,86 | 17,24 | 6,90  |
| <b>Equipos de protección individual (EPI)</b>  |       |       |       |
| 1. Se tienen EPIs en cantidad suficiente   | 68,97 | 31,03 | 0     |

|  |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|
| 2. Están los empleados capacitados en el uso de los EPIs y los utilizan correctamente  | 79,31 | 20,69 | 0     |
| 3. Hay revisión periódica de los EPIs  | 72,41 | 27,59 | 0     |
| 4. Se da mantenimiento a los EPIs incluyendo la limpieza   | 72,41 | 27,59 | 0     |
| 5. Se guardan adecuadamente  | 75,86 | 20,69 | 3,45  |
| 6. Se usan guantes adecuados para lavar la cristalería   | 82,76 | 13,79 | 3,45  |
| <b>Equipos en general (eléctricos, cristalería y otros)</b>  |       |       |       |
| 1. La cristalería es de borosilicato de buena calidad y está en buen estado (libre de fracturas o no está quebrada)                          | 93,10 | 3,45  | 3,45  |
| 2. Se desecha de forma adecuada la cristalería que se encuentra agrietada o en mal estado  | 89,66 | 6,90  | 3,45  |
| 3. Hay pinzas o guantes de usos especiales y se encuentran al alcance del personal   | 86,21 | 6,90  | 6,90  |
| 4. Los mecheros de gas están alejados de sustancias inflamables y explosivas   | 41,38 | 0     | 58,62 |
| 5. Las extensiones eléctricas (extensiones, regletas) están conectadas individualmente (no conectadas a otras extensiones)                   | 89,66 | 3,45  | 6,90  |
| 6. No hay equipo eléctrico tirado por todo el laboratorio  | 72,41 | 20,69 | 6,90  |
| 7. Los interruptores eléctricos tienen las cubiertas respectivas   | 68,97 | 27,59 | 3,45  |
| 8. Se encuentra sólo equipo autorizado en el laboratorio (no tostadores, microondas, entre otros)  | 79,31 | 17,24 | 3,45  |
| 9. Se reemplazan inmediatamente todas las conexiones eléctricas si presentan signos de algún daño  | 93,10 | 6,90  | 0     |
| 10. El personal tiene instrucciones de comprobar si la instalación está seca antes de conectarla y limpiar cualquier tipo de derrame cercano | 89,66 | 10,34 | 0     |
| 11. El equipo eléctrico con el que se opera en áreas expuestas a grandes cantidades de vapores inflamables lleva protección antichispa       | 24,14 | 31,03 | 44,83 |
| 12. Todas las bases de enchufes eléctricos llevan una conexión de toma a tierra que requiere clavija tripolar                                | 79,31 | 13,79 | 6,90  |
| 13. Todo el equipo que no se está utilizando se desconecta del enchufe   | 72,41 | 24,14 | 3,45  |
| <b>Manejo de emergencias y seguridad</b>   |       |       |       |
| 1. Todos los accidentes se registran, se investigan y se reportan a la Unidad de Regencia Química  | 68,97 | 20,69 | 10,34 |
| 2. Se tiene una alarma cercana a cada laboratorio y se encuentra en buen estado  | 51,72 | 48,28 | 0     |
| 3. Los números telefónicos para la atención de emergencias y de los responsables del laboratorio están en un lugar visible                   | 41,38 | 58,62 | 0     |

|  |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|
| 4. Si el laboratorio atiende a más de 25 personas tiene al menos una salida de emergencia  | 58,62 | 10,34 | 31,03 |
| 5. Las salidas de emergencia están iluminadas, claramente marcadas y no dan a lugares inseguros                                      | 79,31 | 17,24 | 3,45  |
| 6. El material de primeros auxilios está fácilmente disponible y fue aprobado por un médico consultor                                | 55,17 | 37,93 | 6,90  |
| 7. Hay salas de emergencia especializadas en sustancias químicas cerca   | 13,79 | 82,76 | 3,45  |
| 8. Hay mantas antishock y para protección de heridas   | 6,90  | 89,66 | 3,45  |
| 9. Hay alguien especializado en reanimación  | 34,48 | 62,07 | 3,45  |
| 10. Los botiquines están etiquetados adecuadamente   | 65,52 | 31,03 | 3,45  |
| 11. Hay cuadrillas o estaciones de bomberos cercanos   | 58,62 | 41,38 | 0     |
| 12. Hay extintores adecuados para el tipo de material y se encuentran en cantidad suficiente (capacidad y cantidad)                  | 96,55 | 3,45  | 0     |
| 13. Los extintores se encuentran en áreas accesibles y se encuentran colocados adecuadamente   | 100   | 0     | 0     |
| 14. El personal nuevo sabe operar varios tipos de extintores   | 48,28 | 44,83 | 6,90  |
| 15. Se inspeccionan los extintores periódicamente  | 96,55 | 3,45  | 0     |
| 16. El personal está capacitado para localizar y utilizar todo el equipo de seguridad  | 72,41 | 24,14 | 3,45  |
| 17. Cuando hay derrames con productos químicos peligrosos se adsorben con materiales adecuados y se limpia el lugar                  | 82,76 | 17,24 | 0     |
| 18. El laboratorio se inspecciona a menudo y a fondo, tomándose rápidamente medidas para corregir posibles condiciones inseguras     | 48,28 | 51,72 | 0     |
| 19. Se hacen simulacros periódicos siguiendo el plan de emergencias  | 20,69 | 75,86 | 3,45  |
| 20. Se tiene a mano agentes neutralizadores para derrames de las sustancias peligrosas más comunes usadas                            | 51,72 | 48,28 | 0     |
| 21. Se utilizan señales y símbolos de seguridad normalizados en color, tamaño, entre otros en el laboratorio                         | 51,72 | 48,28 | 0     |
| <b>Almacenamiento de productos químicos</b>  |       |       |       |
| 1. Los reactivos químicos se almacenan fuera del laboratorio en un lugar que reúne las condiciones adecuadas de seguridad            | 65,52 | 34,48 | 0     |
| 2. El almacén de productos químicos se encuentra rotulado de manera adecuada, incluyendo el rombo de NFPA 704, según norma NFPA 704. | 34,48 | 62,07 | 3,45  |
| 3. El equipo refrigerador donde hay productos químicos se encuentra rotulado de manera adecuada, incluyendo el rombo NFPA 704.       | 6,90  | 68,97 | 24,14 |
| 4. El almacén se encuentra limpio y ordenado   | 68,97 | 24,14 | 6,90  |
| 5. En el almacén hay iluminación adecuada para leer las etiquetas  | 72,41 | 20,69 | 6,90  |

|  |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|
| 6. Si se almacenan productos químicos en el laboratorio, estos son los que se consumirán en la semana, no están en capillas extractoras o están en gabinetes especiales. | 79,31 | 20,69 | 0     |
| 7. Las sustancias muy peligrosas se ponen en bandejas colectoras   | 34,48 | 37,93 | 27,59 |
| 8. Los estantes tienen sistemas anticaídas y son compatibles con los productos a almacenar   | 58,62 | 34,48 | 6,90  |
| 9. Los líquidos volátiles están lejos de fuentes de calor e ignición   | 89,66 | 10,34 | 0     |
| 10. Las sustancias tóxicas se almacenan separadamente y están correctamente etiquetados  | 72,41 | 24,14 | 3,45  |
| 11. Los materiales peligrosos se guardan en pequeñas cantidades  | 65,52 | 24,14 | 10,34 |
| 12. En el almacenamiento de sustancias inflamables se evitan las cargas electrostáticas  | 72,41 | 20,69 | 6,90  |
| 13. Los estañones y envases de vidrio están almacenados en tarimas o en los primeros anaqueles (poca altura) y no sobre el piso directamente.                            | 65,52 | 24,14 | 10,34 |
| 14. Todos los recipientes con materiales peligrosos se encuentran herméticamente cerrados cuando no se usan  | 89,66 | 6,90  | 3,45  |
| 15. El almacén de productos tiene una ventana o abertura en la puerta que da directamente fuera del mismo  | 51,72 | 37,93 | 10,34 |
| 16. El éter y otros productos químicos que forman peróxidos se etiquetan con la fecha de entrada y de apertura de la botella   | 34,48 | 41,38 | 24,14 |
| 17. Se realizan pruebas de peróxidos cada 3, 6 meses o 1 año dependiendo de la facilidad de formación  | 0     | 75,86 | 24,14 |
| 18. Se sigue algún sistema adecuado para el almacenamiento de sustancias químicas que incluye las incompatibilidades químicas  | 82,76 | 13,79 | 3,45  |
| 19. Todos los recipientes que contienen productos químicos se encuentran correctamente etiquetados   | 79,31 | 17,24 | 3,45  |
| 20. Los recipientes y tapas de los productos químicos están en buen estado   | 82,76 | 13,79 | 3,45  |
| 21. El almacén de productos químicos cuenta con sistemas de contención de derrames o con suficiente material adsorbente  | 41,38 | 48,28 | 10,34 |
| 22. Los pisos del almacén son los adecuados (sin grietas, no absorbente, fácil de limpiar)   | 62,07 | 27,59 | 10,34 |
| 23. En el almacén sólo se encuentran productos químicos que se utilizan  | 31,03 | 58,62 | 10,34 |
| 24. Hay detectores de humo o de calor cuando la cantidad de productos inflamables lo requiere  | 51,72 | 44,83 | 3,45  |
| 25. El techo del almacén es de material resistente y es fácil de limpiar   | 51,72 | 41,38 | 6,90  |

|  |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|
| 26. Los cilindros se encuentran correctamente almacenados, esto incluye la rotulación del almacén de cilindros, con el código NFPA 704 respectivo. | 31,03 | 37,93 | 31,03 |
| 27. Los residuos químicos se almacenan correctamente, incluyendo las incompatibilidades.   | 62,07 | 34,48 | 3,45  |
| <b>Cilindros de gases</b>  |       |       |       |
| 1. Los cilindros que se encuentran en uso en el laboratorio están en la cantidad y posición adecuadas.   | 75,86 | 3,45  | 20,69 |
| 2. Los cilindros vacíos se encuentran identificados.   | 51,72 | 10,34 | 37,93 |
| 3. Se utilizan carretillas especiales para el transporte cilindros de gases  | 62,07 | 17,24 | 20,69 |
| 4. Los cilindros de gases están debidamente asegurados contra caídas   | 75,86 | 6,90  | 17,24 |
| 5. Los cilindros de gases inflamables están lejos de fuentes de ignición   | 72,41 | 3,45  | 24,14 |
| 6. Todos los cilindros tienen sus capuchas puestas   | 62,07 | 3,45  | 34,48 |
| <b>Residuos químicos</b>   |       |       |       |
| 1. Se tiene un sistema adecuado para eliminar residuos químicos que no afecte a la salud, el ambiente o la infraestructura.                        | 51,72 | 48,28 | 0     |
| 2. Se gestiona adecuadamente los residuos sin identificación.  | 58,62 | 34,48 | 6,90  |
| 3. No hay residuos en el suelo, rincones o bajo las mesas  | 65,52 | 34,48 | 0     |
| 4. Los envases que contienen los residuos están correctamente etiquetados, son compatibles con el contenido y se revisan periódicamente            | 65,52 | 31,03 | 3,45  |
| 5. Se tienen áreas específicas para la eliminación de residuos   | 55,17 | 41,38 | 3,45  |
| 6. Los recipientes tienen el inicio de las fechas de acumulación   | 48,28 | 48,28 | 3,45  |
| 7. Se tiene un inventario actualizado de los residuos químicos   | 65,52 | 31,03 | 3,45  |
| 8. Los residuos nunca duran más de un año en el almacén antes de ser tratados  | 17,24 | 79,31 | 3,45  |
| 9. Los asistentes de laboratorio están instruidos en métodos adecuados de almacenamiento y eliminación de residuos                                 | 55,17 | 34,48 | 10,34 |
| 10. Los frascos vacíos que contenían residuos o productos químicos peligrosos se eliminan como si fueran un residuo peligroso                      | 68,97 | 17,24 | 13,79 |
| <b>Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)</b>   |       |       |       |
| 1. El laboratorio se encuentra ordenado y limpio   | 100   | 0     | 0     |
| 2. Las tuberías de gas se encuentran correctamente identificadas   | 65,52 | 3,45  | 31,03 |
| 3. Las pilas del laboratorio tienen rejillas y jabón   | 89,66 | 10,34 | 0     |
| 4. Los desagües del laboratorio se encuentran separados de los de uso común  | 48,28 | 51,72 | 0     |
| 5. En las fuentes de agua para beber hay vasos desechables   | 13,79 | 31,03 | 55,17 |



|  |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|
| 6. Los aparatos frágiles y voluminosos están fijos a la mesa de laboratorio para prevenir golpes y caídas  | 41,38 | 41,38 | 17,24 |
| 7. Las mesas de laboratorio tienen las dimensiones adecuadas para trabajar   | 89,66 | 10,34 | 0     |
| 8. Los materiales de las mesas de trabajo son resistentes a productos químicos   | 79,31 | 20,69 | 0     |
| 9. Si el personal tiene que trabajar mucho tiempo en el laboratorio hay sillas o bancos de las dimensiones adecuadas   | 86,21 | 13,79 | 0     |
| 10. Los pisos del laboratorio no son resbaladizos y son de material adecuado   | 75,86 | 24,14 | 0     |
| 11. En el laboratorio hay iluminación adecuada para leer diferentes escalas o aparatos   | 96,55 | 3,45  | 0     |
| 12. Las tuberías se encuentran en buen estado.   | 93,10 | 6,90  | 0     |
| <b>Buenas prácticas de laboratorio</b>   |       |       |       |
| 1. Hay instrucciones de no hacer experimentos nuevos sin autorización  | 79,31 | 13,79 | 6,90  |
| 2. Siempre hay al menos dos personas al trabajar en el laboratorio   | 68,97 | 27,59 | 3,45  |
| 3. El personal se recoge el cabello y trabaja sin maquillaje   | 79,31 | 17,24 | 3,45  |
| 4. Se recoge la basura al final del día para que no pase toda la noche en el laboratorio   | 89,66 | 6,90  | 3,45  |
| 5. Se siguen las buenas prácticas de laboratorio, por ejemplo, se usan vidrios de reloj al calentar sustancias para evitar salpicaduras, se pipetea con medios mecánicos | 89,66 | 6,90  | 3,45  |
| 6. Se mantiene la disciplina y las reglas de seguridad se hacen cumplir a todo el personal, requiriéndose asimismo cumplirlas a los visitantes                           | 96,55 | 3,45  | 0     |
| 7. Se cumple con no comer, beber o fumar dentro del almacén o laboratorio  | 96,55 | 3,45  | 0     |
| 8. Se cumple con no lavarse los dientes o platos de comida en el laboratorio   | 96,55 | 3,45  | 0     |
| 9. Todo el personal que ingresa al laboratorio o almacén de productos químicos utiliza gabacha, lentes de seguridad y tiene el cabello recogido.                         | 82,76 | 17,24 | 0     |
| <b>Manipulación de sustancias químicas y cristalería</b>   |       |       |       |
| 1. Los trasvases de los recipientes grandes a botellas se hacen con bombas   | 31,03 | 31,03 | 37,93 |
| 2. Cuando se usan botellas vacías, estas se llenan con los productos que contenían originalmente o con disoluciones de los mismos  | 58,62 | 27,59 | 13,79 |
| 3. Se retiran productos del laboratorio sólo con autorización  | 89,66 | 10,34 | 0     |

|  |       |       |       |
|--|-------|-------|-------|
| 4. Se usan carretillas especiales para garrafas y recipientes grandes  | 51,72 | 41,38 | 6,90  |
| 5. Cuando hay trasvase de productos peligrosos se hace con las medidas de seguridad adecuada (ventilación, evitando cargas electrostáticas, entre otros)                       | 86,21 | 6,90  | 6,90  |
| 6. Sólo trabajadores expertos o autorizados trabajan con material peligroso  | 89,66 | 3,45  | 6,90  |
| 7. Se usan mantas o calentadores-agitadores para calentar líquidos inflamables   | 65,52 | 10,34 | 24,14 |
| 8. Se toma las medidas de precaución adecuadas (derrames, incendio, salpicaduras, entre otros) para trabajar con compuestos peligrosos (corrosivos, inflamables, cancerígenos) | 86,21 | 10,34 | 3,45  |
| 9. Las botellas de ácido siempre se enjuagan antes de abrirse.   | 62,07 | 34,48 | 3,45  |
| 10. El personal de laboratorio no realiza mezclas de sustancias incompatibles  | 79,31 | 13,79 | 6,90  |
| 11. El traslado de reactivos entre un mismo piso se realiza con carritos especiales  | 58,62 | 20,69 | 20,69 |
| 12. El traslado de reactivos entre diferentes pisos se realiza en ascensores para carga  | 17,24 | 13,79 | 68,97 |

#### **4.4 Discusión de los resultados de los porcentajes obtenidos de cada pregunta del cuestionario**

##### **4.4.1 Registros y documentos**

El 62,07 % de los lugares contestó que se cuenta con un plan de salud ocupacional, por lo que se insta al resto de las unidades que no lo tienen o no han actualizado el plan a conformar una comisión y definirlo. El Decreto No. 27434-MTSS del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social regula las funciones de los departamentos encargados de la Salud Ocupacional en centros laborales, además estipula que el empleador es el principal responsable de la salud ocupacional en el centro de trabajo a cargo. Se deben elaborar campañas de seguridad y salud ocupacional para disminuir la incidencia de accidentes y enfermedades laborales; de manera que se mejore la calidad de vida y se obtenga un mayor rendimiento en la productividad del sitio. Es necesario llevar a cabo un inventario de los riesgos existentes en el lugar de trabajo y catalogarlos según peligrosidad e incidencia. Un 44,83 % no cuenta con plan de atención de emergencias, lo cual representa un riesgo muy

grande porque no existen documentos que respalden un orden a seguir en los laboratorios para hacer frente ante una eventual emergencia. Cada sitio realiza sus propias actividades que a su vez definen los riesgos que se pueden presentar, por lo cual es necesario procurar que las emergencias o accidentes que se podrían presentar por los riesgos existentes tengan incidencia mínima y cada lugar debe contar con un documento que dicte las maneras de actuar en caso de que se presentaran emergencias en el laboratorio.

Respecto del plan ambiental y su comisión, un 55,17 % de los lugares no cuenta con este registro, lo cual es alarmante debido a que estos planes corrigen, mitigan o compensan el daño ambiental que se hace por actividades propias. La carencia de un plan de gestión ambiental puede tener como resultado catástrofes ambientales. El Reglamento para la Elaboración de Planes de Gestión Ambiental en el Sector Público de Costa Rica (No 36499-S-MINAE) estipula que estos se generarán para cada institución pública, según su estructura organizacional y espacial de la misma (PGR, 2011). Cada actividad genera riesgos de distinta calidad y tamaño en su impacto ambiental, según sea la operación que se lleve a cabo. El MINAE, por medio de DIGECA, realiza la revisión y seguimiento de los Planes de Gestión Ambiental. Respecto a las instituciones públicas, la puesta en operación de Planes de Gestión Ambiental se ve reflejada en planes operativos y presupuestos de cada una (incluyendo indicadores de gestión apropiados que garanticen seguimiento y evaluación). El cumplimiento de cada Plan de Gestión Ambiental a lo interno de cada institución es responsabilidad del máximo jerarca.

En relación con el plan de compra de reactivos, un 79,31 % indicó que lo poseen. El plan de compra de reactivos tiene como fin que cada sitio almacene sólo lo necesario, además el desabastecimiento de reactivos afecta al calendario de ejecución de actividades. Tener reactivos en exceso es un problema de mediano a largo plazo porque los que lleven almacenados por más de tres a cinco años (según su naturaleza) se les debe: dar salida, clasificar como desecho y tratar químicamente. Además de este impacto sobre la seguridad en laboratorios, también hay un gasto monetario innecesario cuando se adquieren reactivos a los que no se les da uso.

El 68,97 % no cuenta con un programa de inspecciones de seguridad en los laboratorios. Estas inspecciones de seguridad se realizan de forma interna por parte de cada sitio y tienen como resultado la identificación de condiciones inseguras, debilidades y amenazas de cada sitio. Se recomienda que estas inspecciones se adapten según las actividades que se realicen. La Unidad de Regencia Química brinda asesoría en este tema de forma generalizada, pero es responsabilidad de cada lugar acoplar la información en sus programas de inspecciones internas. Además de la inspección tanto interna como la que se realiza por parte de la URQ, es necesario que cada sitio brinde maneras correctivas para los puntos que no cumplan.

La mayoría (72,41 %) tampoco cuenta con un programa de capacitaciones para sus empleados (incluyendo conserjes y personal de mantenimiento). Estas capacitaciones se recomiendan para que todo el personal esté familiarizado con el tipo de actividades que se realizan en el laboratorio o almacenes, así como los peligros a los que se exponen, las sustancias que se utilicen comúnmente y la manera correcta de gestionarlas. Es importante incluir a conserjes y personal de mantenimiento por ser personal que puede tener relación directa o indirecta en las actividades que requieran el uso de sustancias químicas, además de que también pueden exponerse a accidentes según las actividades y sustancias que se utilicen, asimismo que sepan cómo actuar ante emergencias o derrames.

Un 65,52 % posee instructivos para la gestión correcta de sustancias químicas. Sería esperable que este porcentaje esté cercano al 100 %, ya que un laboratorio debería, como mínimo, tener instructivos para el manejo correcto de cada sustancia que se utilicen, considerando los peligros de manipular la sustancia, incompatibilidades con otras sustancias y potenciales efectos en la salud debido a la exposición prolongada.

Un 68,97 % cuenta con instructivos para el tratamiento de residuos químicos. Si bien no todos tienen reactivos o equipo en el laboratorio para tratarlos por acciones internas, es de suma importancia que existan instructivos de cómo almacenarlos, definir las clases que se generan y separar las sustancias residuales que se pueden tratar, con la capacidad instalada, de las que requieren tratamientos más especializados. El Laboratorio de Tratamiento de

Residuos (LTR) se encarga de tratar la mayoría de las sustancias que requieren procesos más especializados para así mitigar daños ambientales antes de descartar los residuos. Cada sitio tiene la responsabilidad de contactar al personal encargado de LTR para coordinar la entrega de residuos al menos una vez al año. Lo que no se trata por medio de este laboratorio, perteneciente a Regencia Química, se hace por medio de empresas externas a la Universidad, siempre procurando que cada residuo reciba su correcto tratamiento antes de descartarlo.

El 51,72 % posee instructivos para atender emergencias con productos químicos. Es importante que los sitios cuenten con instructivos como mínimo para las sustancias que utilizan con mayor frecuencia. Mediante la existencia y conocimiento de la información contenida en estos instructivos se logra controlar la incidencia de emergencias con sustancias químicas, según sea el caso.

El 20,69 % de los sitios no lleva un registro de sustancias controladas. La Universidad de Costa Rica, por medio del Regente Químico Institucional, debe presentar reportes mensuales de sustancias controladas al Instituto Costarricense sobre Drogas. Cada lugar debería contar con un registro al día de sustancias controladas, de manera que se facilite la incorporación de toda esta información institucional en conjunto y se facilite la edición del documento a entregar, de manera que refleje la realidad de toda la Universidad.

Sólo un 62,07 % cuenta con un archivo de las FDS de todas las sustancias presentes y un 48,28 % tiene publicaciones de seguridad (incluyendo bibliografía de datos toxicológicos). Las FDS tienen información como las propiedades químicas y físicas de cada sustancia, peligros a la salud y al ambiente, medidas de protección, así como precauciones para manipular, almacenar y transportar. Este archivo se divide en dieciséis secciones: la sección de la 1 a la 8 contienen información general de la sustancia, identificación, peligros, composición, practicas seguras para manipular y medidas de control en caso de emergencias (información fácil y rápidamente disponible). Las secciones de la 9 a la 11 y la 16 contienen información técnica y científica, tales como propiedades físicas y químicas, información de la estabilidad y reactividad, datos toxicológicos y de control de exposición, además de otra

información como fecha de modificación (OSHA, 2022). Es necesario instar a que cada sitio posea este archivo, o completarlo en caso de que no estén todas las sustancias que maneja, además de tener publicaciones acerca de seguridad e información toxicológica. Esta información es muy importante en caso de que se presentara una eventual emergencia.

El 6,90 % de los lugares no tiene un representante de unidad u oficina en la Regencia Química, por lo que se insta a que designen una persona. Por último, un 17,24 % no posee un programa de limpieza y mantenimiento del laboratorio. Esto va de la mano con la Salud y Seguridad Ocupacional, además de mantener un espacio físico apto para que se realicen las actividades.

#### **4.4.2 Congeladores y refrigeradores**

Un 55,17 % posee refrigeradores adecuados, mientras que un 38,71 % cuenta con refrigeradores domésticos. Se debe entender a los congeladores y refrigeradores como una extensión del almacén de productos. Hay tres tipos de refrigeradores: para aplicaciones de laboratorio, uso doméstico o en hogares y los que se construyen para el sector de abarrotes (Thermo Fischer Inc, 2010). Los refrigeradores y congeladores para laboratorio se utilizan para almacenar algunos reactivos sensibles a la temperatura, muestras críticas, enzimas, células, entre otros. Los equipos para refrigeración en laboratorio presentan muy buena respuesta a mantener el requerimiento de temperatura para estas sustancias de alto valor. Es muy importante que los lugares que poseen sustancias explosivas cuenten con refrigeradores o congeladores provistos de protección antichispa. La Facultad de Medicina respondió que cuentan con refrigeradores para reactivos que también almacenan alimentos que serán consumidos, lo cual no es recomendable porque puede darse contaminación cruzada.

Un 20,69% respondió no tener los equipos de refrigeración bien identificados, respecto a la lista de las sustancias almacenadas en cada refrigerador. En caso de que sucediera un accidente por alguna sustancia almacenada en el refrigerador, no hay manera de saber cuál pudo causar el problema. La Facultad de Medicina respondió no tener equipos de refrigeración limpios y sin derrames, se debe tener precaución porque se pueden contaminar

muestras y/o reactivos, además de que se pueden dar reacciones no deseadas, hasta poder ocasionar accidentes a mayor escala. Todo envase debe estar bien etiquetado con la información básica de la sustancia o muestra, además de presentar uso del espacio óptimo y no almacenar si el contenedor está abierto.

#### **4.4.3 Sistemas de extracción**

Las capillas extractoras se utilizan cuando se trabaja con sustancias que generan vapores irritantes o tóxicos, por lo cual es positivo que el 93,10% de los lugares cuente con una, sin embargo, la Facultad de Medicina y la Escuela de Ingeniería en Biosistemas respondieron que no tienen una instalada en laboratorios que la requieren. Además de contar con capilla, es recomendable revisar su extracción frecuentemente para comprobar que funciona y cambiar los filtros cuando estén saturados. Un 20,69 % no inspecciona sus sistemas de extracción regularmente. Todos respondieron que las capillas se encuentran limpias cuando no están en uso.

Las capillas deben contar con pantallas de protección para la cara y parte del cuerpo de los usuarios (la Escuela de Biología y la Facultad de Medicina respondieron que no tienen pantallas de protección en todas sus capillas), además de tener un sistema de contención de derrames para proteger las instalaciones del laboratorio en caso de que se derramaran sustancias (el 31,03 % no cuenta con sistemas para contener derrames). Sumado a esto, los enchufes de las capillas deben estar localizados afuera de la cámara de extracción para evitar un posible malfuncionamiento en el sistema eléctrico por reacciones secundarias debido a las sustancias que se utilizan (la Facultad de Medicina y la Escuela de Ingeniería en Biosistemas respondieron que no cuentan con este requerimiento).

El almacén de productos debe contar con un sistema de extracción de manera que no se perciba el olor de ninguna sustancia (un 31,03 % de las unidades no cuenta con esto) y deben existir extracción localizada en el laboratorio en caso de que fuera requerido por el tipo de actividades que se realizan (el 24,14 % respondió que no hay extracción localizada en el laboratorio).

#### **4.4.4 Ducha de emergencia y lavaojos**

Es indispensable que todo laboratorio y almacén posea un sistema de lavaojos y una ducha de emergencia (un 13,79 % de los lugares no posee lavaojos y el 17,24 % no cuenta con ducha). Estos equipos son de primera respuesta en caso de que ocurra accidente con alguna sustancia peligrosa. La regulación primaria que se encuentra en el 29 CFS1910.151 expresa: "...donde los ojos o el cuerpo de cualquier persona se pueda exponer a daños con materiales corrosivos, se deben proveer instalaciones para el lavado y remojo de ojos y cuerpo en el área de trabajo para su uso en caso de emergencias." (Guardian Equipment, s.f).

Los equipos deben estar libres, sin que exista nada almacenado encima de estos o alrededor que impida hacer uso en caso de una emergencia (la Escuela de Artes Plásticas, la Sede del Atlántico y el CIA marcaron que esto no se cumple). La ducha y lavaojos deben ser accesibles a todo el personal (el CIGRAS y la Escuela de Biología respondieron que no cumplen esto), además las condiciones deben ser las adecuadas (como no dejar que se empoce el agua alrededor de la ducha y que el suelo no sea resbaladizo) y se debe inspeccionar al menos cada quince días; el 41,38 % no cumple esto, por lo que se recomienda poner atención a las duchas y lavaojos en las próximas inspecciones. El 24,14 % respondió que las válvulas de las duchas de seguridad no están etiquetadas ni abren en todas direcciones, tampoco permanecen abiertas hasta que se cierran manualmente.

La selección de equipo correcto para lavado de ojos de emergencias y ducha involucra criterios de diseño y requerimientos de ingeniería. Se deben tener en cuenta la regulación y estándares de cumplimiento, tales como el ANSI/ISEA Z358.1, "Lavaojos de Emergencia y Equipo de Ducha" (Guardian Equipment, s.f.). Este punto de referencia sirve de guía para el diseño correcto, certificación, desempeño, instalación, uso y mantenimiento del equipo de emergencia. La ducha debe localizarse a 10 segundos caminando del lugar de donde ocurra el accidente (es decir, 55 pies o 16,75m), el 17,24 % no cumple este punto. Los sistemas de ducha y lavaojos deben estar instalados al mismo nivel del laboratorio, además de estar libre de obstrucciones y tan despejado como sea posible. Su diseño también debe contemplar el almacenamiento donde irá el agua de la ducha de manera que no cree un peligro (como



resbalarse por un charco) y tratar el volumen de residuo en caso de que se genere agua residual.

#### **4.4.5 Equipos de protección individual (EPI)**

El 31,03 % respondió que no poseen EPI en cantidad suficiente. Además, el 20,69 % de los lugares indicó que sus empleados no están capacitados en su uso o no los utilizan correctamente. Un 27,59 % de ellos contestó que no realiza revisión periódica de los EPI y que no se da mantenimiento a los EPI, incluyendo su limpieza. El 20,69 % de los respondió que los EPI no se guardan adecuadamente. Un 13,79 % de los lugares no utiliza guantes adecuados para lavar cristalería.

La protección en el laboratorio o bodegas/almacenes de reactivos se ocupa para tres áreas del cuerpo: cara, manos y el tronco junto a extremidades inferiores (Alfaro, A., 2020).

Los tres tipos de protección de manos y sus casos particulares, son:

- Guantes de neopreno o nitrilo para evitar que sustancias corrosivas, irritantes, tóxicas dañen el tejido cutáneo.
- Guantes aislantes para la manipulación de sustancias, objetos o aparatos fríos o calientes.
- Guantes de tela gruesos cuando hay peligro de cortarse por manipulación de objetos de vidrio.

La protección para la cara incluye tanto ojos como nariz (Alfaro, A., 2020). En el caso de la vista, esta se protege gracias al uso de los lentes de seguridad. La protección ocular en el laboratorio es de gran ayuda cuando existe riesgo de salpicadura, explosión o proyección. La protección respiratoria se utiliza cuando hay presencia de gases o vapores irritantes o tóxicos y se deben utilizar filtros para purificar el aire que se respira. Se recomienda trabajar en la capilla o utilizar protección respiratoria según la peligrosidad de los productos.

Las gabachas en sí no son un equipo de protección personal, pues es ropa de trabajo en el laboratorio, no aísla al usuario del peligro de una sustancia química, pero sí atrasa su efecto

y evita el contacto directo (Alfaro, A., 2020). Las gabachas deben ser de algodón grueso, preferiblemente llegar hasta la rodilla y las mangas deben cubrir todo el brazo.

#### **4.4.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería y otros)**

Los equipos en el laboratorio deben utilizarse de forma que no ocasionen ningún riesgo o daño por su mala práctica u omisión de uso. Las normas de seguridad deben cumplirse para el espacio físico del laboratorio. La cristalería debe ser de borosilicato y estar en buenas condiciones, sin fracturas ni quebraduras (el Recinto de Grecia marcó que no cumple esto); la cristalería que no cumpla lo anterior debe disponerse adecuadamente (el Recinto de Grecia y la Escuela de Biología respondieron que no cumplen esto). La Escuela de Biología y la Sede de Puntarenas contestaron que no cuentan con pinzas o guantes de usos especiales que estén al alcance del personal. Un 41,38 % tiene sus mecheros de gas alejados de sustancias inflamables y explosivos, mientras que el resto respondió que no posee líneas de gas o sustancias inflamables y explosivas.

Para evitar cortocircuitos en tomacorrientes se recomienda conectar las regletas y extensiones de forma individual (el CICANUM respondió que esta práctica no se acostumbra). Todo interruptor eléctrico debe contar con cubiertas respectivas (el 27,59 % de los lugares marcó que no cuenta con esto). Las bases de los enchufes deben tener clavija tripolar (un 13,79 % de los sitios contestó que esto no se cumple). Para evitar daño de equipo eléctrico, y de la instalación eléctrica, se debe desconectar del enchufe todo equipo que no se esté utilizando (el 24,14 % respondió que no se desconecta el equipo en desuso). Se debe limpiar cualquier derrame y tener los equipos secos antes de conectarlos (un 10,34 % respondió que no lo hace). Las conexiones eléctricas se deben reemplazar si presentan signos de daño (el 6,90% de los lugares respondió que no se sustituyen por cubiertas nuevas).

Hay otros peligros que se consideran en esta sección de forma general. En el laboratorio no debe haber equipos no autorizados como tostadores o microondas ya que presentan el problema de contaminación cruzada (el 17,24 % respondió que esto no se cumple). El equipo eléctrico debe estar dispuesto de forma ordenada (un 20,69 % no tiene su equipo

eléctrico bien organizado), de forma que el uso espacio del laboratorio esté lo más optimizado posible. Un 31,03 % no utiliza protección antichispa cuando se trabaja con sustancias que generen vapores inflamables, lo cual es un riesgo potencial al que se le debe poner especial cuidado debido a que la explosión dependerá de la cantidad de sustancia, de su potencial químico para oxidarse rápidamente y de factores externos como fuentes de ignición o chispas.

#### **4.4.7 Manejo de emergencias y seguridad**

Cada lugar debe registrar los accidentes, investigarlos y reportarlos a la Unidad de Regencia Química, un 20,69 % no realiza este registro y el 10,34 % respondió que “No aplica”; para efectos de este punto no se considera válido responder “no aplica”. Aunque no hayan tenido accidentes recientes, siempre deben estar reportando actividades respecto a riesgos o eventualidades a la Unidad de Regencia. Es necesario identificar los puntos clave en el laboratorio donde podría haber más accidentes y brindar medidas de seguridad para minimizar, en la medida de lo posible, todo accidente. Un 48,28 % respondió que no cuentan con una alarma cercana al laboratorio que se encuentre en buen estado y el 58,62 % de los sitios no posee números telefónicos de contactos de emergencia y encargados de laboratorio en un lugar visible. Siempre se debe estar preparado para hacer frente ante una emergencia en el laboratorio, aunque no ocurran con frecuencia.

El 10,34 % de los lugares afirma que, aunque se atiende a más de veinticinco personas, no cuentan con al menos una salida de emergencia. Esto trae consigo el potencial problema de obstrucción del paso en caso de que se requiera la evacuación del edificio. Las salidas de emergencias deben contar con buena iluminación, tener rotulación debida y no dar a sitios inseguros (un 17,24 % respondió que esto no se cumple). Las capacitaciones periódicas al personal y trabajadores del sitio contemplan la ubicación de las salidas de emergencia, así como el plan de evacuación.

El 37,93 % de los lugares no posee material de primeros auxilios que haya sido aprobado por un médico consultor y un 31,03 % no tiene sus botiquines etiquetados adecuadamente.

Un 82,76 % de los sitios no tienen salas de emergencia especializadas en sustancias químicas cerca, aunque esto tiene que revisarse porque en la Sede Rodrigo Facio sí se cuenta con una en las cercanías. El 89,66 % no posee mantas antishock y para protección de heridos. Un 62,07 % no cuenta con un colaborador que esté entrenado en reanimación. En el laboratorio y en otras áreas de trabajo es necesario que se cuente con este tipo de personal y materiales para atención de emergencias, ya que se debe estar preparado en caso de que se requiriera atender una situación de esta índole.

Un 41,38 % de los sitios marcó que no hay una estación de bomberos cercana al laboratorio. Sin embargo, para el caso de los laboratorios de la Sede Rodrigo Facio, puede que se deba al desconocimiento de la persona que completó el instrumento, ya que hay una estación de bomberos en Guadalupe que llegaría en menos de diez minutos, por lo que hay que revisar cuáles lugares ubicados en San Pedro de Montes de Oca marcaron que no tienen bomberos cercanos para hacer la observación cuando se realice la inspección.

Respecto a los extintores, se debe tener en cuenta que todo lo referente a su colocación, proveeduría y disposición es responsabilidad de la Unidad de Salud Ocupacional y Ambiental (USOA) de la Universidad de Costa Rica, y no de la Unidad de Regencia Química, razón por la cual lo que respecta a que cada sitio posea extintores en cantidad suficiente según el tipo de fuego que mitigan, que estén colocados de manera correcta y que reciban inspecciones periódicas es responsabilidad de la USOA. Los extintores deben ser adecuados para el tipo de material que se utilice en el laboratorio y estar disponibles en cantidad y capacidad suficiente (la Escuela de Biología no cumple este requerimiento de extintores). Los extinguidores deben estar en áreas accesibles y estar colocados a una altura de 90 cm respecto al suelo (todos marcaron que cumplen esto). El personal nuevo debe saber operar varios tipos de extintores (un 44,83 % respondió que esto no se cumple). La Escuela de Artes Plásticas marcó que sus extintores no reciben revisión periódica, por lo que se recomienda que contacten al personal de la USOA.

El personal debe estar capacitado en saber identificar, localizar, clasificar y utilizar equipo de seguridad; por lo que al 24,14 % de los sitios que no tienen su personal capacitado en uso de equipo de seguridad se le recomienda incluir esta materia en su programa de capacitaciones al personal y repararlo periódicamente con el personal existente. Un 17,24 % respondió que no cuenta con materiales adsorbentes adecuados para uso en derrames con sustancias químicas. El 48,28 % de los sitios contestó que no cuentan con agentes neutralizadores para derrames de sustancias peligrosas, por lo que se recomienda estar equipado con estas sustancias para evitar mayores complicaciones en caso de que se diera esta clase de derramamiento. En un laboratorio es muy importante realizar la demarcación de toda área de importancia por medio de señales y símbolos de seguridad que estén normalizados en color, tamaño, entre otros (el 48,28 % respondió que no han demarcado su área de esta forma).

Es muy recomendable que un laboratorio agende inspecciones internas y que se realicen a profundidad, de manera que las condiciones inseguras se identifiquen y cataloguen de mayor a menor importancia en el laboratorio, así como tomar rápidamente medidas de corrección ante estas posibles amenazas según su nivel. Al 58,62 % de los sitios que respondió que no realiza inspecciones internas se le recomienda contactar a la Unidad de Regencia en caso de que requiera una guía de las condiciones, que se debe inspeccionar y a las que les debe prestar mayor atención (esto va a variar según el tipo de procedimientos que se ejecuten en cada laboratorio). El 75,86 % no realiza simulacros periódicos de acuerdo con el Plan de Emergencias. Los simulacros constituyen una práctica idónea en laboratorios, bodegas y almacenes porque todo el personal debería de estar al tanto de los procedimientos que se deben ejecutar en caso de emergencias, los accidentes más frecuentes a los que podrían exponerse y la zona hacia la cual se debe evacuar de forma segura ante un acontecimiento de que afecte la integridad del personal.

#### **4.4.8 Almacenamiento de productos químicos**

Es deseable que cada lugar posea un almacén que esté ubicado fuera del área de trabajo y reúna condiciones de seguridad básicas de acuerdo con el tipo de reactivos que almacena;

por lo que, para el 34,48 % de los sitios que respondió no cumplir este punto, se debe corroborar si tiene el almacén dentro de sus instalaciones o si del todo no tienen un área para almacenamiento definida. El 62,07 % respondió que el almacén no se encuentra rotulado de forma adecuada, es decir, con los rombos respectivos de la norma NFPA 704. La rotulación con los rombos de la norma NFPA 704 también aplica para las sustancias que se encuentran en refrigeración (veinte unidades marcaron que no hacen esto).

El almacén debe cumplir ciertos requerimientos mínimos, tales como estar limpio y ordenado (el 24,14 % de los sitios afirma que el almacén no cumple esto) y estar provisto de un buen sistema de iluminación que permita leer sin problemas las etiquetas (un 20,69 % no cumple este requerimiento). La finalidad del almacén es no guardar sustancias en el laboratorio, ni en las capillas, sólo en armarios de seguridad especiales (el 20,69 % de los lugares almacena en el laboratorio o en capillas). El 37,93 % afirma no almacenar sustancias muy peligrosas en bandejas colectoras (se recomienda estar haciendo revisión periódica de estas bandejas). El almacén debe tener estantes con sistemas anticaídas y deben estar hecho de un material que sea compatible con la sustancia que se almacene (un 34,48 % no cumple este requerimiento y el 6,90 % que no aplica), además de contar con sujeción apropiada para el caso de los estantes donde recipientes puedan caerse en caso de un sismo. Un 37,93 % contestó que la instalación donde se almacena no tiene una ventana en la puerta frontal que dé visibilidad al almacén, esta medida de seguridad permite ver sin entrar al espacio en caso de que existan frascos quebrados, derrames, o vapores tóxicos; o si una persona queda inconsciente por causa de una sustancia química.

Los líquidos volátiles deben estar lejos de fuentes de calor debido al peligro que deriva de los cambios fisicoquímicos experimentados por esta clase de sustancias al aumentar la temperatura, según la naturaleza de la sustancia esto puede desencadenar un incendio (La Estación experimental Alfredo Volio, la Escuela de Medicina y la Escuela de Biología afirman no seguir esta práctica). El 24,14 % de los sitios indicó no guardar las sustancias tóxicas de forma separada, además de no etiquetarlas correctamente y que almacena materiales peligrosos en grandes cantidades. Sólo se debe contar con lo necesario, porque lo

que no se utiliza a la larga se convierte en un residuo e incrementa el riesgo de un accidente. El 20,69 % contestó que no se utiliza conexión a tierra para almacenar sustancias inflamables de manera que no se den cargas electrostáticas y evitar explosiones o incendios. Se obtuvo un 24,14 % de respuestas negativas en el hecho de que los estantes y envases de vidrio deben estar en tarimas o a poca altura en los anaqueles, no puestos directamente sobre el suelo. La Escuela de Medicina y la Estación Experimental Alfredo Volio Mata no cuentan con todos los recipientes que almacenan sustancias peligrosas herméticamente cerrados, con esto se debe tener especial precaución porque se pueden generar atmósferas tóxicas, corrosivas e inflamables.

Los éteres experimentan una reacción con el oxígeno donde se generan peróxidos. Los peróxidos son muy inestables y pueden generar explosión a partir de la fricción al mover, golpear o abrir el recipiente, sumado a la naturaleza del éter que ocasionaría un incendio. La cinética de la reacción de formación de peróxidos es lenta, por lo que cuando se almacenan estas sustancias y otros productos químicos que se oxidan en estos compuestos se deben etiquetar con fecha de entrada y de apertura (un 41,38 % respondió no seguir esta práctica). El 75,86 % contestó que no realiza pruebas de peróxidos cada tres, seis meses o un año para determinar la concentración de estos compuestos.

La Escuela de Medicina, la Escuela de Biología, la Escuela de Artes Plásticas y Geografía contestaron que no siguen un sistema adecuado para almacenar que tenga en cuenta las incompatibilidades de las sustancias. Este sistema de incompatibilidades también aplica para los residuos químicos, el 34,48 % de todos afirmó la inexistencia de esta práctica en el almacenamiento. Un 17,24 % respondió que no posee todos los recipientes que tengan productos químicos correctamente etiquetados. Como medida básica de almacenamiento, todo recipiente que contenga productos químicos debe estar en buenas condiciones y tener tapa (un 13,79 % afirmó no cumplir esto). El 58,62 % de los sitios no cuenta con un almacén que tenga un sistema de contención de derrames, ni está equipado con suficiente material adsorbente. El 37,93 % afirmó no tener sus cilindros correctamente almacenados, debidamente etiquetados y con rotulación respectiva según la norma NFPA 704. Cuando se

cuenta con un sistema de contención de derrames en un laboratorio el volumen vertido debe ser revisado periódicamente y realizar el respectivo tratamiento del residuo generado. Un 27,58 % de los sitios respondió que no posee piso adecuado en el almacén, es decir: no puede estar agrietado, ni ser absorbente, además debe ser fácil de limpiar y no ser resbaladizo.

El 58,62 % afirma que en el almacén hay muchas sustancias que no se utilizan. No utilizar los reactivos trae el problema de que pueden cambiar su naturaleza a lo largo del tiempo, sumado a que presenta un gasto innecesario tanto de dinero por la compra como por los reactivos o los tratamientos que se deban utilizar para tratar las sustancias que hayan perdido sus propiedades. Se recomienda hacer un inventario de sustancias que no se utilicen en todos los lugares de la Universidad de Costa Rica para hacer la correcta gestión en conjunto con la Unidad de Regencia Química y el Laboratorio de Tratamiento de Residuos. El almacén debe contar con detectores de humo o calor cuando se guarden productos inflamables (un 44,83 % de los lugares afirma no cumplir este requerimiento). El 41,38 % contestó que el techo del almacén no está limpio o es de un material resistente. El techo del almacén debe estar libre de hongos y no tener goteras.

#### **4.4.9 Cilindros de gases**

Los cilindros a los que se les dé uso deben encontrarse en cantidades apropiadas y en la posición correcta (la Estación Experimental Alfredo Volio Mata afirma no cumplir esto). La Escuela de Medicina, el CICANUM y el CIGRAS contestaron que no tienen sus cilindros vacíos debidamente identificados. Los sitios deben utilizar carretillas especiales para el transporte de cilindros (un 17,24 % respondió no utilizar estas herramientas). El CIGRAS y la Estación Experimental Alfredo Volio Mata contestaron no tener mecanismos de sujeción de cilindros para evitar su caída. La Estación Experimental Alfredo Volio Mata respondió que los cilindros de gas inflamables no están lejos de fuentes de ignición, por lo que se le debe prestar especial cuidado a esto ya que puede causar accidentes que podrían llegar a cobrar vidas. Esta misma Estación también contestó que no todos los cilindros tienen las capuchas puestas.



#### **4.4.10 Residuos químicos**

El 48,28 % de los sitios afirman no seguir un sistema adecuado para la eliminación de los residuos químicos que producen que contemple ser seguro para la salud, ambiente e infraestructura. Se les recomienda catalogar los residuos que generan y pedir asesoría a la Unidad de Regencia Química y al Laboratorio de Tratamiento de Residuos para la generación de un protocolo para eliminar las sustancias residuales. El 34,48% respondió que no realiza la correcta gestión para los residuos no identificados, por lo que se recomienda hacer pruebas de determinación básicas y realizar el tratamiento del residuo en caso de que no requiera procesos especiales. Un 34,48 % respondió que hay residuos en el suelo, rincones o debajo de las mesas. Es muy recomendable que cada lugar cuente con un área para almacenar y tratar residuos. El 41,38 % tampoco tiene un espacio específico en sus instalaciones para eliminación de residuos.

Los envases que almacenen residuos deben estar bien etiquetados, además de ser compatibles con su contenido y ser revisados periódicamente (un 31,03 % de los sitios contestó no almacenarlos de esta manera). El 48,28 % de los lugares respondió que la etiqueta de los recipientes no contiene el inicio de fechas de acumulación. Este registro brinda trazabilidad en cuanto al contenido químico del volumen del residuo. El encargado del laboratorio tiene la tarea de levantar un inventario actualizado de los residuos químicos (el 31,03 % respondió que no cuenta con este registro). El 79,31 % contestó que los residuos permanecen almacenados más de un año antes de ser tratados, por lo que se recomienda que cada sitio trate lo que esté al alcance y con el resto de las sustancias residuales darles salida respectiva por medio del Laboratorio de Tratamiento de Residuos. Los asistentes de cada sitio deben estar capacitados en los métodos más apropiados para almacenar y eliminar residuos según sea su naturaleza química (un 34,48 % marcó que sus asistentes no cuentan con esta preparación). Un 17,24 % de los sitios contestó que no eliminan los frascos vacíos que contenían residuos o productos químicos peligrosos como si fueran un residuo peligroso.

#### **4.4.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)**

Todos respondieron que sus laboratorios se encuentran limpios y ordenados. El Instituto Clodomiro Picado contestó que no tienen bien identificadas sus tuberías de gas, mientras que nueve lugares respondieron que no cuentan con líneas de gas inflamable. El CIGRAS, la Escuela de Biología y el INII contestaron que las pilas de sus laboratorios no cuentan con rejillas y/o jabón. El 51,72% respondió que sus desagües de laboratorio no se encuentran separados de los de uso común; esto presenta el problema de que al mezclar aguas residuales de laboratorio con aguas residuales comunes se genera una sola corriente residual que debe ser tratada.

El 31,03 % marcó que no cuenta con vasos desechables en las fuentes de agua bebible, mientras que el 55,17 % respondió que “no aplica”. Este punto se considera abierto porque puede no aplicar por no tener fuentes de agua para beber, también puede marcar que no aplica porque usan otro utensilio en lugar de vasos desechables para servirse agua para beber. El 41,38 % de los sitios contestó que los aparatos frágiles de gran volumen no están fijos a las mesas de trabajo para evitar golpes; hay que sujetarlos debidamente para evitar que los trabajadores se puedan lastimar en caso de una caída. El CICANUM, el CIGRAS y la Escuela de Biología afirmaron en el cuestionario no poseer mesas de laboratorio con dimensiones aptas para labores. El 20,69 % cuenta con mesas de trabajo que no están hechas de materiales aptos contra el daño por productos químicos. Un 13,79 % contestó que no cuenta con sillas o bancos con dimensiones adecuadas para ser utilizado por el personal de laboratorio que debe pasar mucho tiempo en las instalaciones. El 24,14 % de los sitios afirmó que los pisos del laboratorio son resbaladizos o de un material no adecuado; corregir esta medida puede evitar que el personal resbale y se golpee. El CICANUM contestó que no cuenta con iluminación apta para ver sin problemas distintas escalas o aparatos. El CIA y la Sede de Puntarenas marcaron que no todas las tuberías se encuentran en buen estado; esta corrección puede evitar que se dañe la instalación, reactivos y hasta equipo, por lo que se recomienda corregir esta falta lo antes posible.

#### **4.4.12 Buenas prácticas de laboratorio**

La Escuela de Biología, la Sede del Atlántico, la Estación Experimental Alfredo Volio Mata y el Instituto Clodomiro Picado indican que en sus laboratorios no se sigue la instrucción de no hacer prácticas sin autorización previa. Como medida básica de seguridad, siempre debe haber al menos dos personas al trabajar en el laboratorio (un 27,59 % respondió no cumplir esto). El 17,24 % indicó que el personal no se recoge el cabello o que trabajan con maquillaje; esta medida de seguridad es tan elemental como utilizar equipo de protección personal. La basura debe recogerse al final del día de manera que no esté toda la noche en el laboratorio ya que se podría tener residuo que contamine la atmósfera del laboratorio (La Escuela de Biología y el Instituto Clodomiro Picado contestaron que no siguen esta práctica).

Es fundamental seguir las buenas prácticas de laboratorio, tales como calentar sustancias utilizando vidrio reloj, utilizar una pera para pipetear en lugar de usar la boca, no tocar sustancias químicas sin protección, utilizar la gabacha y anteojos en todo momento, no llenar tubos de ensayo por una altura mayor a tres centímetros, calentar sujetando los tubos de ensayo con pinzas y apuntando hacia adentro de la mesa de trabajo, oler productos químicos abanicando la mano, no agregar agua a ácidos fuertes, entre otros. La Escuela de Geología y la Escuela de Biología afirman que en sus laboratorios no se siguen las buenas prácticas de laboratorio. La Escuela de Biología contestó que tanto el personal como visitantes no siempre cumplen con las reglas de seguridad en el laboratorio, sumado a que no siempre se trabaja con disciplina. La Escuela anterior también indicó que no cumplen con no lavarse los dientes o trastos en la pila del laboratorio. El 17,24 % de los sitios indicó que no todo el personal que ingrese al laboratorio o almacén lo hace utilizando gabacha, lentes de seguridad o con el cabello recogido.

#### **4.4.13 Manipulación de sustancias químicas y cristalería**

El 31,03 % contestó que los trasvases desde recipientes grandes a contenedores no se realizan por medio de bombas manuales o eléctricas; esta práctica se hace para evitar derrames que puedan llegar a escalar a un accidente o emergencia. Un 27,59 % respondió que cuando se reutilizan las botellas vacías no siempre se llenan con los productos químicos que contenían

previamente o con disoluciones de estos. La Escuela de Biología, la Escuela de Artes Plásticas y el Instituto Clodomiro Picado afirman que hay casos donde se retiran productos del laboratorio sin autorización, lo cual dificulta que se den inventarios acordes a la realidad de cada lugar. Se debe utilizar carretillas especiales para garrafas y recipientes grandes (el 41.38 % no cumple esto).

El trasvase de productos peligrosos se debe realizar teniendo en cuenta medidas de seguridad, tales como tener ventilación adecuada, evitar cargas electrostáticas, estar lejos de fuentes de calor, utilizar equipo de protección pertinente, entre otros (la Escuela de Medicina y la Escuela de Biología no siguen estas buenas prácticas durante la transferencia de sustancias peligrosas). La Escuela de Biología marcó que no siempre sólo trabajadores expertos o autorizados trabajan con material peligrosos; no se debe exponer a riesgos a trabajadores principiantes. El CINA, la Escuela de Biología y el Instituto Clodomiro Picado contestaron que no utilizan mantas o calentadores con agitación para calentar líquidos inflamables. El CICANUM, la Escuela de Biología y el CIA marcaron que para cada clase de compuesto peligroso (sea corrosivo, inflamable, cancerígeno, entre otras) no se toman medidas de precaución adecuadas contra incendios, derrames, salpicaduras y explosiones. El 34,48 % contestó que no siempre se enjuaga las botellas de ácido antes de abrirse. El 13,79 % de los lugares respondieron que el personal de laboratorio ha realizado mezclas de sustancias incompatibles. Un 20,69 % respondió que el traslado de reactivos entre un mismo piso no se realiza con carritos especiales, mientras que un 13,79% respondió que no trasladan reactivos entre distintos pisos con ascensores de carga.

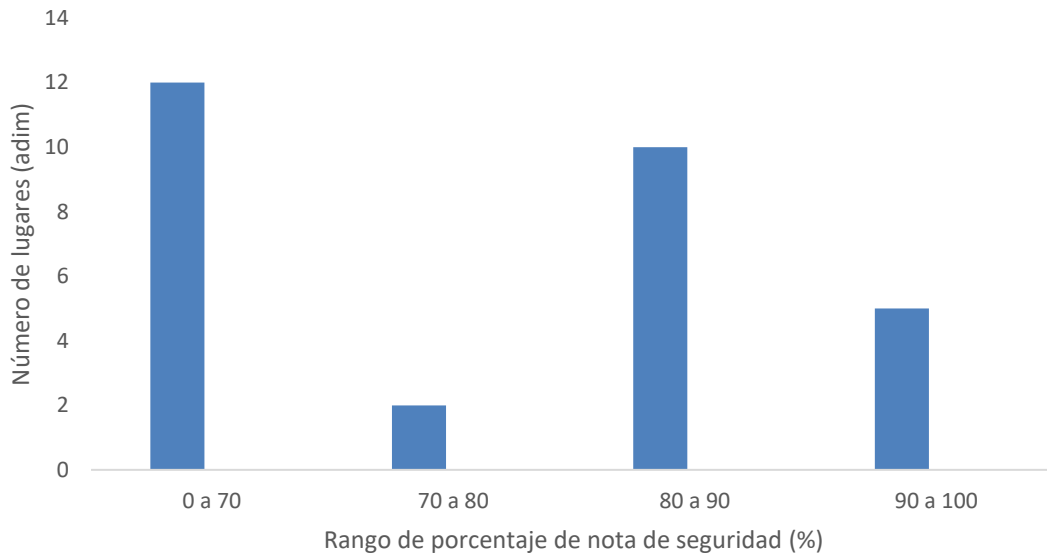
#### **4.5 Discusión de notas obtenidas en la herramienta**

A continuación, se muestra el cuadro con los porcentajes de seguridad obtenidos después de que el encargado de cada sitio respondió la herramienta:

**Cuadro 4.3** Notas de los porcentajes de seguridad en los laboratorios de la UCR, obtenidas por parte de los sitios que respondieron la herramienta.

| <b>Lugar</b>                               | <b>Nota (%)</b> |
|--|-----------------|
| Escuela de Biología                        | 25,19           |
| Facultad de Medicina                       | 47,62           |
| Estación Experimental Alfredo Volio Mata   | 47,83           |
| Sede del Atlántico                         | 53,06           |
| CIGRAS                                     | 54,55           |
| Escuela de Artes Plásticas                 | 56,56           |
| Instituto Clodomiro Picado                 | 57,05           |
| CIEMic                                     | 58,67           |
| CICANUM                                    | 58,87           |
| Ingeniería en Biosistemas                  | 60,61           |
| LEBi                                       | 65,03           |
| CIA  | 68,09           |
| Recinto de Grecia                          | 73,79           |
| CINA                                       | 74,31           |
| Instituto de Investigaciones en Ingeniería | 80,14           |
| Escuela de Geología                        | 81,48           |
| Sede de Puntarenas                         | 81,69           |
| Intersedes                                 | 82,03           |
| Sede del Caribe                            | 82,76           |
| CIMAR                                      | 83,33           |
| Escuela de Geografía (Física)              | 83,46           |
| CELEQ                                      | 83,78           |
| CIET                                       | 85,04           |
| CITA                                       | 86,99           |
| Escuela de Tecnología de Alimentos         | 90,85           |
| Facultad de Microbiología                  | 90,91           |
| CICA                                       | 91,16           |
| Jardín Botánico Lankester                  | 92,65           |
| Lanamme                                    | 94,24           |

Seguidamente, se muestra una figura donde se puede observar el rango de porcentajes de seguridad respecto al número de sitios que respondieron a la herramienta.



**Figura 4.1.** Gráfico del rango del porcentaje de nota de seguridad respecto al número de lugares que respondieron la herramienta.

En la Figura 4.1 se puede observar que, de los veintinueve lugares, doce tienen una mala calificación por estar en un porcentaje de seguridad menor al 70 %, lo cual da indicio de que muchos laboratorios y bodegas deben mejorar sus condiciones. Dos unidades tienen una nota regular por estar entre 70% y 80%, por lo que tienen la oportunidad de mejorar más las condiciones de seguridad en el laboratorio. Por último, diez lugares tienen una nota buena (entre 80 % y 90 %) y sólo cinco lugares tienen una puntuación muy buena (entre 90% y 100%), por lo que más de la mitad de los laboratorios cuentan con un nivel aceptable de seguridad. Sin embargo, de igual manera se debe poner cuidado a las faltas de seguridad debido a que algunos puntos tienen mayor peso que otros.

Según se planteó en el tercer objetivo específico, de todos lugares se seleccionaron diez (tres centros de investigación, dos institutos, tres Escuelas, una Facultad, y un laboratorio) para realizar inspecciones y corroborar si lo que fue respondido está acorde a la realidad. Se hizo una modificación y se realizó inspección a dos sitios que no respondieron el cuestionario (la Escuela de Química y el Laboratorio de Análisis y Asesoría Farmacéutica) para hacer la

comparación de cargas de trabajo al inspeccionar sin este registro previo. Además de estos dos sitios, se realizó la inspección a los siguientes ocho lugares: Escuela de Biología, Facultad de Medicina, Escuela de Geología, Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS), Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA), Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares (CICANUM), Laboratorio de Ensayos Biológicos (LEBi) y Jardín Botánico Lankester.

Inicialmente se iba a realizar la inspección en la Escuela de Artes Plásticas y el Instituto Clodomiro Picado en lugar de la Escuela de Química y el Jardín Botánico Lankester, sin embargo, se imposibilitó coordinar con ambos lugares para poder agendar la inspección tras casi un mes, por lo cual por recomendación del Regente Químico Institucional se decidió cambiar las inspecciones a la Escuela de Química y el Jardín Botánico Lankester. Esto se escogió así con el fin de mantener la carga analizada en este estudio y cumplir con los objetivos planteados inicialmente.

## **Capítulo 5. Inspecciones de laboratorios por parte de la Unidad de Regencia Química**

---

Con la herramienta actualizada y las calificaciones de porcentajes de seguridad de los lugares que tienen laboratorios y bodegas con reactivos químicos de la Universidad de Costa Rica, se procedió a elegir diez sitios para realizar inspecciones (tres centros de investigación, dos institutos, tres Escuelas, una Facultad y un laboratorio). De estos diez, se eligió hacer inspecciones en dos que no respondieron la herramienta, para evaluar cómo influía efectuar la inspección para obtener información, respecto de la seguridad en laboratorios sin el documento respondido de respaldo. En esta sección se describe lo obtenido en la inspección de cada lugar. Los comentarios de cada inspección se agregaron en cada sección de la herramienta utilizada para medir porcentajes de seguridad. En el Apéndice E se encuentra el archivo fotográfico de todas las inspecciones realizadas en el presente proyecto.

### **5.1 Metodología para la realización de las inspecciones**

Después de que las inspecciones se calendarizaran y aceptaran por parte del personal encargado de los sitios escogidos, se inspeccionaron diez lugares de la Universidad de Costa Rica. Posteriormente, se hizo un análisis de las observaciones de la visita y las consultas realizadas a cada funcionario.

Se generó un archivo con comentarios de las faltas en cada inspección, así como razones por las cuales lo que se respondió en algunos puntos pudo cambiar respecto a la realidad. Estos documentos también incluyen la nota corregida en el cálculo del porcentaje de seguridad y fueron entregados al Regente Químico Institucional para posteriormente ser enviados a los encargados de cada sitio. Cabe destacar que algunos de estos lugares mencionaron no haber recibido retroalimentación de inspecciones pasadas.



En el Apéndice D se puede observar las respuestas de los encargados, además de lo que se marcó al inspeccionar la Escuela de Química y LAYAFA. En esta sección se menciona algunas respuestas que se modificaron después de realizar la inspección, así como las razones por las cuales se considera que se respondió el punto erróneamente.

Para el caso de las inspecciones en la Escuela de Química y en el Laboratorio de Análisis y Asesoría Farmacéutica, donde se realizó sin la herramienta previamente respondida, esta se contestó con base en las observaciones y la entrevista al personal encargado. Quedó evidenciado que, la falta de información antes de la inspección complica la visita, debido al detenimiento que implica contestar cada pregunta en el sitio inspeccionado y poder brindar una respuesta definitiva a cada punto.

A continuación, se describe lo obtenido en cada inspección, donde se menciona el porcentaje del cuestionario respondido, que hace referencia a lo que respondió el representante del sitio y el porcentaje de cuestionario es la nota corregida después de realizar la inspección.

## **5.2 Inspección a la Escuela de Geología**

Fecha de la inspección: 27 de octubre de 2021

Inspectores: Bryan Fernández y Gabriel Pacheco

Representante de la Unidad: Jairo García Céspedes

% cuestionario respondido: 81,48 % (110 Sí, 25 No, 16 No aplica)

% cuestionario corregido: 74,64 % (103 Sí, 35 No, 13 No aplica)

### **5.2.1 Registros y documentos**

El laboratorio de muestras en el segundo piso estuvo en remodelaciones desde el 2019 hasta agosto de 2021. Sólo cuentan con plan de salud ocupacional y su comisión. No cuentan con plan de atención de emergencias, plan ambiental, ni con plan de compra de reactivos actualizados. Se mencionó que existían, pero después de la pandemia las reuniones de las comisiones se detuvieron y estos planes se encuentran desactualizados, por lo que deben

crear nuevas comisiones y levantar planes nuevos de acuerdo con la actividad que se realice. La Unidad de Regencia Química agenda inspecciones, pero se recomienda implementar un programa de inspecciones internas de seguridad de laboratorio, así como un programa de capacitación de empleados que incluya a conserjes y personal de mantenimiento. El programa de inspecciones de seguridad hechas por el mismo personal del sitio ayudará a identificar los puntos vulnerables en los laboratorios donde se debe prestar atención para evitar accidentes o emergencias. Se debe contar con un registro FDS de todas las sustancias presentes.

### **5.2.2 Congeladores y refrigeradores**

En vista de que sólo almacenan muestras acuosas, no es necesario que tengan refrigeradores con protección antichispa.

### **5.2.3 Sistemas de extracción**

Se recomienda instalar un sistema de extracción en la bodega de reactivos que dé afuera del edificio, además de instalar extracción localizada en el laboratorio en caso de ser necesario. Se evidenció que la capilla del laboratorio de Paleontología contenía sustancias almacenadas, aun cuando no estaban siendo utilizadas.

### **5.2.4 Duchas de emergencia y lavaojos**

Aún está pendiente la instalación de la ducha y lavaojos del laboratorio de Paleontología. Pregunta 1, 2, 4 y 7 cambian de “sí” a “no.”

### **5.2.5 Equipos de protección individual (EPI)**

No hay observaciones.

### **5.2.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros)**

No utilizan mecheros de gas. No trabajan con sustancias que generen vapores inflamables. El diseño de los enchufes de las mesas de trabajo no es el mejor para uso en laboratorios por la falta de cubierta protectora. Por lo anterior, la pregunta 7 cambia de “sí” a “no”.

### **5.2.7 Manejo de emergencias y seguridad**

Se recomienda tener una alarma en buen estado. Se debe colocar los números telefónicos de atención de emergencias y del personal encargado de cada laboratorio en un lugar visible. Es necesario que la Escuela de Geología cuente con un botiquín debidamente equipado y que haya sido aprobado por un médico consultor, por lo que la pregunta 6 cambia de “no aplica” a “no”. Se recomienda realizar inspecciones internas periódicas por parte del personal de laboratorio para ir solventando las condiciones inseguras que puedan propiciar accidentes o emergencias. Se evidenció que hay extintores que no están colocados de manera correcta, por lo cual se recomienda que contacten a la USOA. Por esto, la pregunta 14 cambia de “sí” a “no.”

### **5.2.8 Almacenamiento de productos químicos**

Los equipos de refrigeración sólo almacenan muestras acuosas. El almacén se encontraba desordenado. Se evidenció que en la capilla de Paleontología se almacenaba reactivos. Por ello, la pregunta 6 cambia de “sí” a “no”. Se mencionó que se tienen reactivos viejos como éteres en la bodega, por lo que además se recomienda realizar pruebas de peróxidos cada 3, 6 meses o un año dependiendo de la facilidad de formación o darles salida a reactivos viejos. Por lo anterior, las preguntas 16 y 17 cambian de “no aplica” a “no”. No todos los productos que se encuentran en el almacén se encuentran correctamente etiquetados, por lo cual la pregunta 19 cambia de “sí” a “no”. Hay cajas con equipo al que no se le da uso, reactivos viejos en desuso a tal punto que el plástico se quebraba en pedazos al manipularlo. Por ello, la pregunta 20 cambia de “sí” a “no”. El almacén de productos se debe equipar con sistema de contención de derrames o con suficiente material adsorbente. Se debe brindar salida a los reactivos que no se utilicen. En el almacén de productos químicos debe haber un detector de humo o calor. Por esto, pregunta 24 cambia de “no aplica” a “no”.

### **5.2.9 Cilindros de gases**

No almacenan cilindros de gas, por lo tanto, no hay observaciones.

### **5.2.10 Residuos químicos**

En el almacén hay productos sin identificación que llevan muchos años almacenados. Por esto, la pregunta 2 cambia de “sí” a “no”. Es necesario asignar un área específica para la eliminación de residuos. Los residuos no deben tardar más de un año en ser almacenados, por lo que se recomienda coordinar con el Laboratorio de Tratamiento de Residuos para darles salida.

### **5.2.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)**

No cuentan con tubería de gas. Los desagües del laboratorio son los mismos que los de uso común, se recomienda separarlos. Además, en las fuentes de agua para beber debe haber vasos desechables. También debe equiparse el laboratorio con sillas o bancos para el personal que trabaja en el laboratorio.

### **5.2.12 Buenas prácticas de laboratorio**

Por razones de seguridad, es necesario que al menos dos personas estén trabajando simultáneamente en el laboratorio. Se deben seguir las buenas prácticas de laboratorio, no es aceptable que se utilicen pipetas con la boca.

### **5.2.13 Manipulación de sustancias y cristalería**

Se recomienda utilizar bombas manuales para el trasvase desde recipientes grandes. Es indispensable una carretilla especial para transportar contenedores pesados, no utilizar la fuerza.

## **5.3 Inspección al Laboratorio de Ensayos Biológicos (LEBi)**

Fecha de la inspección: 27 de octubre de 2021

Inspectores: Bryan Fernández y Gabriel Pacheco

Representante de la Unidad: Edwin Francisco León Mora

% cuestionario respondido: 65,03 % (93 Sí, 50 No, 8 No Aplica)

% cuestionario corregido: 65,49 % (93 Sí, 49 No, 9 No Aplica)

### **5.3.1 Registros y documentos**

No cuentan con plan de salud ocupacional, plan de atención de emergencias, ni plan ambiental. Se hizo mención de que anteriormente contaban con planes, pero actualmente son insuficientes porque se tiene el doble de la edificación que tenían inicialmente. No existe una comisión definida, además de que se menciona que se dificultó la transmisión de la información desde la comisión anterior porque el encargado se retiró. Se recomienda levantar comisiones específicas para definir la lista de tareas y redactar los planes respectivos de acuerdo con las actividades que se realicen en el laboratorio. Además de las inspecciones que realiza la Unidad de Regencia, se recomienda implementar un programa de inspecciones internas acoplándolo al tipo de actividades que se realizan.

Es necesario generar instructivos de la gestión correcta de sustancias químicas, tratamiento de residuos químicos y de atención de emergencias con productos químicos. Estos documentos deben reflejar la realidad del LEBi y el tipo de actividades que se realicen. También se recomienda crear un archivo con las hojas de seguridad de las sustancias que se encuentran presentes. Durante la inspección se mencionó que sí registran las sustancias controladas, por lo que la pregunta 10 cambió de “no” a “sí”.

### **5.3.2 Congeladores y refrigeradores**

Se recomienda utilizar refrigeradores adecuados para el tipo de sustancias que se almacenan, no refrigeradores domésticos. Se mencionó que se almacenan principalmente muestras, no reactivos.

### **5.3.3 Sistemas de extracción**

No hay observaciones.

### **5.3.4 Duchas de emergencia y lavaojos**

Se recomienda dar mantenimiento a las duchas existentes, así como inspeccionarlas al menos una vez cada quince días. Las válvulas de la ducha deben cambiarse para que se pueda abrir en todas direcciones y puedan permanecer abiertas hasta que se cierre manualmente, además

de estar debidamente señalizadas. Se recomienda instalar duchas y lavaojos para las partes del laboratorio donde no cuenten con una de rápido acceso.

Se evidenció que hay una ducha que está localizada en medio de un pasillo principal, por lo que se recomienda cambiarla de lugar e instalarla donde no pueda ocasionar un riesgo adicional en el área de trabajo.

### **5.3.5 Equipos de protección individual (EPI)**

No hay observaciones.

### **5.3.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros)**

Los laboratorios no tienen líneas de gas, por lo que no manejan mecheros de gas. Se mencionó que en un futuro quieren instalar gas en la parte nueva del laboratorio. No operan equipo eléctrico que requiera de protección antichispa al estar trabajando en atmósferas con cantidades altas de vapores inflamables, por lo cual la respuesta de la pregunta 11 cambió de “sí” a “no aplica”.

### **5.3.7 Manejo de emergencias y seguridad**

Los laboratorios no cuentan con alarmas cercanas, ni con los números telefónicos para atención de emergencias y responsables del laboratorio. Las salidas de emergencia dan a lugares que carecen de practicidad ante una emergencia por ser un lugar cerrado y estar a la par de la quebrada Los Negritos. El encargado mencionó que el laboratorio no atiende simultáneamente a más de veinticinco personas. No disponen de material de primeros auxilios aprobado por un médico consultor. Sí hay salas de emergencia especializadas en sustancias químicas cerca, por esta razón la pregunta 7 cambia de "no" a "sí". No poseen mantas antishock, ni de protección de heridos. Es necesario capacitar parte del personal en reanimación. Los botiquines deben equiparse e identificarse. La pregunta 11 cambia de “no” a “sí”, ya que la cuadrilla de bomberos de Guadalupe llegaría en menos de diez minutos.

Se sugiere dar capacitación a personal nuevo respecto al uso de extintores. Además de las inspecciones que realiza la Unidad de Regencia, se insta realizar inspecciones internas más a menudo y a fondo. Una vez que se tenga plan de emergencias, se aconseja programar

simulacros periódicos según esté contemplado en este. Se debe adquirir agentes neutralizadores para derrames de sustancias peligrosas más comúnmente utilizadas. En el laboratorio debe haber señales y símbolos de seguridad normalizados en color y tamaño.

### **5.3.8 Almacenamiento de productos químicos**

Los reactivos deben estar en un almacén fuera del laboratorio que cuente con las condiciones adecuadas de seguridad, no adentro. Los equipos de refrigeración se deben rotular de manera adecuada con el rombo según la norma NFPA 704. Las sustancias muy peligrosas se les debe colocar por debajo bandejas colectoras para contenerlas en caso de un derrame. Los estantes donde se guardan reactivos químicos están hechos de madera, que en la mayoría de los casos no es el mejor material por el hecho de ser inflamable y no compatible con una gran variedad de sustancias químicas. Por esto, la pregunta 8 cambia de “sí” a “no”. En el caso del LEBi, el almacén donde se guardan los reactivos debe tener una ventana o abertura en la pared que dé hacia afuera. En este sitio no manejan éter. El almacén debe contar con sistemas de contención de derrames o suficiente material adsorbente.

Se evidenció que algunas secciones del piso no están en el mejor estado por estar quebrado o ser resbaloso, se recomienda cambiarlo por suelo fácil de limpiar, no resbaladizo ni absorbente. Es necesario que el almacén tenga detectores de humo o calor. Los cilindros se deben etiquetar correctamente, con el respectivo rombo de acuerdo con el código NFPA 704. Los residuos se deben almacenar considerando incompatibilidades.

### **5.3.9 Cilindros de gases**

Se recomienda utilizar carretillas especiales para trasladar cilindros.

### **5.3.10 Residuos químicos**

Se insta al LEBi a adaptar un sistema adecuado que permita eliminar residuos químicos sin comprometer la salud, infraestructura o ambiente. Los residuos se deben almacenar, etiquetar e identificar de forma adecuada, también se deben separar de los productos puros, colocarles la fecha de inicio de acumulación y llevar un inventario, ya que nada de esto se está cumpliendo. Los residuos deben almacenarse en un lugar designado para tal fin, no estar

en el suelo, rincones o debajo de las mesas. Los residuos están almacenados de manera muy deficiente y peligrosa. Todo residuo debe estar correctamente etiquetado y ser compatible en el envase donde se contiene. El lugar debe tener un inventario actualizado de las sustancias químicas que posean. Se recomienda iniciar un plan para la gestión de residuos sin identificar e identificados que llevan muchos años en el almacén, además de asignar un área para la eliminación de estos.

#### **5.3.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)**

Los desagües del laboratorio son los mismos que los desagües de uso común, se recomienda separarlos. Cambiar el piso, ya que es resbaladizo y no es del material adecuado.

#### **5.3.12 Buenas prácticas de laboratorio**

No hay observaciones.

#### **5.3.13 Manipulación de sustancias y cristalería**

Se recomienda adquirir una bomba para realizar trasvases de recipientes grandes a botellas. En caso de que se reutilicen botellas, estas deben contener el mismo tipo de sustancias que contenían antes para no realizar mezclas incompatibles. Se sugiere utilizar carretillas para garrafas y recipientes grandes.

### **5.4 Inspección al Centro de Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS)**

Fecha de la inspección: 28 de octubre de 2021

Inspectores: Bryan Fernández y Gabriel Pacheco

Representante de la Unidad: Andrea Irias

% cuestionario respondido: 54,55 % (78 Sí, 65 No, 8 No Aplica)

% cuestionario corregido: 55,56 % (75 Sí, 60 No, 16 No Aplica)



#### **5.4.1 Registros y documentos**

No cuentan con plan de salud ocupacional, ni plan de atención de emergencias, ni plan ambiental. Se mencionó que antes de que se pensionara Danilo (encargado del comité) estos planes existían, sin embargo, están desactualizados. Es necesario que se conformen los comités en el CIGRAS y que se estructuren los planes según las actividades que se realizan. Tampoco cuentan con programas de inspecciones de seguridad internas, ni con programa de capacitación de empleados que incluya a conserjes y personal de mantenimiento. Se les hizo la observación de que además de las inspecciones de la Unidad de Regencia Química, es muy importante que realicen inspecciones internas para identificar puntos débiles y oportunidades de mejora.

Es determinante para el CIGRAS redactar instructivos para la correcta gestión de sustancias químicas, para el tratamiento de residuos químicos y para atender emergencias químicas con productos químicos. Se recomienda revisar los instructivos generales en la página de Regencia Química y adaptarlos considerando los procedimientos que se ejecuten con mayor frecuencia en este lugar. Se debe contar con publicaciones de seguridad, incluyendo bibliografía de datos toxicológicos.

#### **5.4.2 Congeladores y refrigeradores**

No hay observaciones.

#### **5.4.3 Sistemas de extracción**

Una de las capillas no funcionaba, por lo que debe repararse o disponerse de forma adecuada. La capilla estaba en el área de almuerzo y adentro había un Erlenmeyer con un disolvente que hacía que se percibiera un olor muy fuerte en el comedor, por lo que se debe corregir este problema. Por esto, las preguntas 2 y 4 cambian de “sí” a “no”. Las capillas no se usan para almacenar, sólo cuando se va a efectuar una práctica que requiera retirar vapores corrosivos, tóxicos, peligrosos, irritantes, entre otros. Es necesario que exista extracción localizada en el laboratorio. Por lo anterior, la respuesta en la pregunta 8 cambió de “no aplica” a “no”.

#### **5.4.4 Duchas de emergencia y lavaojos**

Es necesario que existan duchas y lavaojos accesibles para todo el personal desde todos los puntos del laboratorio, pues se evidenció que algunos lugares se encontraban obstaculizados, o mal diseñados, por el poco espacio transitable con el que cuentan, debido a la gran cantidad de equipos que tienen. Sin embargo, se determinó que el espacio del CIGRAS es muy limitado. Se recomienda realizar inspecciones a las duchas al menos una vez cada quince días.

#### **5.4.5 Equipos de protección individual (EPI)**

Debe darse la revisión periódica, mantenimiento y limpieza de los EPI. Siempre cerciorarse de que estén en cantidad suficiente según la cantidad de personas que laboren en el CIGRAS. Los empleados deben capacitarse en su implementación. Los EPI se deben guardar adecuadamente, por lo cual la respuesta de la pregunta 5 cambió de “no aplica” a “no”.

#### **5.4.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros)**

Los laboratorios no tienen líneas de gas, por lo que no manejan mecheros de gas. No todos los interruptores eléctricos del edificio viejo tienen las cubiertas respectivas. Por esta razón, la pregunta 7 cambia de “no aplica” a “no”. Se recomienda separar el equipo autorizado (como microondas o tostadores) en el laboratorio de los de área del comedor.

#### **5.4.7 Manejo de emergencias y seguridad**

Todo accidente se debe registrar, investigar y reportar a la Unidad de Regencia, aún si no han llegado a ocurrir se debe estar dando reportes de las actividades que se realizan en el CIGRAS. Por ello, la pregunta 1 cambia de “no aplica” a “no”. Se recomienda tener una alarma en buen estado, cercana tanto al laboratorio “LM” como en CIGRAS-A. También se debe tener los números telefónicos de atención de emergencias y del personal encargado en un lugar visible del laboratorio. Hay una puerta amarilla que no está señalizada como salida de emergencias, como debería estarlo. El material de primeros auxilios debe equiparse debidamente, ser aprobado por un médico consultor y estar debidamente etiquetado.

Sí hay salas de emergencias especializadas en productos químicos cerca. Por esto, la pregunta 7 cambia de “no aplica” a “sí”. Es necesario adquirir mantas antishock y para protección de heridos. Debe haber un funcionario en el laboratorio especializado en reanimación. Sí hay cuadrillas de estación de bomberos cercanas al Centro. Es así como la pregunta 11 cambia de “no” a “sí”. Se debe capacitar al nuevo personal en el uso de extintores, así como en uso e identificación de equipo de seguridad. Los derrames con productos químicos peligrosos deben adsorberse con materiales adecuados y limpiar el lugar, por lo que se recomienda equiparse con adsorbentes según el tipo de sustancias que se utilicen.

Se evidenció que en el laboratorio viejo hay un problema de espacio y puertas que no abren hacia afuera, lo que conlleva a obstrucción en caso de una emergencia, por lo que se recomienda solventar este problema de diseño del edificio y realizar inspecciones internas periódicamente por parte del personal de laboratorio para ir solventando las malas condiciones que puedan propiciar accidentes o emergencias. Por ello, la pregunta 18 cambia de “no aplica” a “no”. Se deben realizar simulacros periódicos para identificar las deficiencias del CIGRAS, así como brindar una corrección apropiada para que el nivel de seguridad en el laboratorio sea el apropiado. Por esta razón, la pregunta 19 cambia de “no aplica” a “no”. Se deben utilizar señales y símbolos de seguridad normalizados en color y tamaño en el laboratorio, además de tener etiquetas legibles en todos los reactivos, por lo cual la pregunta 21 cambia de “no aplica” a “no”.

#### **5.4.8 Almacenamiento de productos químicos**

El almacén de productos y los equipos de refrigeración deberían estar rotulados de forma adecuada y con los rombos según la norma NFPA 704. Se recomienda no almacenar cajas en lugares tan altos del almacén, pues esto puede traer problemas al no haber un sistema de sujeción, lo que podría representar un riesgo de golpear a un funcionario. No se recomienda almacenar disolventes en capillas porque trae problemas de contaminación de olores en el área del comedor. Además, no se deben almacenar reactivos en el laboratorio que no se utilicen, por lo que es necesario brindarles salida.

Las sustancias peligrosas deben de identificarse correctamente y estar colocadas en bandejas colectoras, no es aceptable decir que no aplica por no saber a qué categoría y clase de peligro se refieren. Es deber del encargado identificar las sustancias que se encuentren en el laboratorio y en el almacén, por lo que la pregunta 7 cambia de “no aplica” a “no”. Los estantes deben tener sistemas anticaídas y ser compatibles con los productos a almacenar, no se recomiendan estantes de madera. Los materiales peligrosos deben guardarse en pequeñas cantidades, por lo cual la pregunta 11 cambia de “no aplica” a “no”. Un recipiente con un disolvente provocó que se percibiera un fuerte olor en el área del comedor. Por esto, la pregunta 14 cambia de “no aplica” a “no”. Poseen éter y no le hacen pruebas de peróxidos cada 3, 6 meses o un año. Es así como las preguntas 16 y 17 cambian de “no aplica” a “no”.

Ambos almacenes de productos deben contar con una ventana o abertura en la pared que dé directamente afuera de los mismos. Se mencionó que no todos los recipientes están correctamente etiquetados porque hay reactivos muy viejos que han estado en desuso por mucho tiempo. Por esto, el ítem 19 cambia de “sí” a “no”. El almacén de productos debe contar con sistemas de contención de derrames o estar equipado con suficiente material adsorbente. Los pisos del almacén no deben tener grietas, ni ser adsorbentes y deben ser fáciles de limpiar. Se le debe dar salida a los reactivos que no se utilicen. Todas las áreas del CIGRAS deben tener detectores de humo o calor si es que los productos inflamables los requieren. El cielorraso del techo de la bodega de Agronomía se debe cambiar, ya que está con hongos y sucio.

#### **5.4.9 Cilindros de gases**

Hay cilindros vacíos, muy oxidados y sin rotulación. Los cilindros deben estar bien sujetos, no a una pared falsa de madera con una cadena. Por ello, la pregunta 4 cambia de “sí” a “no”.

#### **5.4.10 Residuos químicos**

Los residuos deben estar etiquetados con toda la información que solicita la Unidad de Regencia. Se le debe dar salida a los residuos que lleven más de uno a tres años en el almacén. Los asistentes de laboratorio deben capacitarse en la manera correcta de disponer

residuos químicos. Los frascos que contenían desechos químicos deben eliminarse como si fueran un residuo peligroso. Es así como la pregunta 10 cambia de “no aplica” a “no”.

#### **5.4.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)**

Las pilas de laboratorio deben tener rejillas y jabón. Los desagües del laboratorio son los mismos que los desagües de uso común, se recomienda separarlos. Se recomienda adquirir mesas con las dimensiones adecuadas y materiales compatibles para usar en laboratorio (resistentes a productos químicos). Las mesas con las que cuentan son muy viejas y no son aptas para trabajo en laboratorio. También debe equiparse el laboratorio con sillas o bancos para el personal que trabaja en el laboratorio. Los pisos del laboratorio deben ser del material adecuado y no ser resbaladizos.

#### **5.4.12 Buenas prácticas de laboratorio**

El personal debe recogerse el cabello y trabajar sin maquillaje. Todo el personal interno o externo que ingrese al laboratorio deben contar con gabacha, lentes de seguridad y cabello recogido.

#### **5.4.13 Manipulación de sustancias y cristalería**

Se recomienda utilizar bombas manuales para el trasvase desde recipientes grandes. Es indispensable una carretilla especial para transportar contenedores pesados. Las botellas de ácido deben enjuagarse antes de darles uso.

### **5.5 Inspección a la Escuela de Biología**

Fecha de la inspección: 4 de noviembre de 2021

Inspectores: Bryan Fernández y Gabriel Pacheco

Representante de la Unidad: -

% cuestionario respondido: 25,19 % (34 Sí, 101 No, 16 No Aplica)

% cuestionario corregido: 24,46 % (34 Sí, 105 No, 12 No Aplica)

### **5.5.1 Registros y documentos**

No cuentan con plan de salud ocupacional. El personal mencionó que el plan ambiental requiere revisión ya que desde que inició la pandemia no se han reunido. Se recomienda implementar un plan de compra de reactivos. Se recomienda levantar un registro de las sustancias controladas para presentar debidamente los reportes de precursores a la Unidad de Regencia. Se recomienda realizar inspecciones internas periódicas en los laboratorios, haciendo un listado de las condiciones inseguras que tiene la Escuela y empezar a solventarlas de manera que se pueda llevar una bitácora del progreso de mejora en las condiciones de seguridad en el laboratorio. Se sugiere que consulten y adapten los instructivos existentes para tratar residuos químicos ubicados en la página web de la Regencia Química Institucionales según la naturaleza de las sustancias químicas residuales generadas. La Escuela de Biología debe crear un archivo con las FDS de todas las sustancias presentes, además de publicaciones de seguridad y bibliografía de datos toxicológicos. No existen programas de limpieza y mantenimiento en sus instalaciones, lo cual presenta un problema de que hay laboratorios que tienen olores extraños y reactivos que no se utilizan.

### **5.5.2 Congeladores y refrigeradores**

La Escuela de Biología cuenta con refrigeradores que no presentan rombos NFPA 704 y que son de uso doméstico. Hay equipos de refrigeración en los que se almacena alcohol étílico y otros reactivos inflamables, aunque estos no cuenten con protección antichispa. No todos los refrigeradores se encuentran debidamente identificados, además de que hay recipientes sin rotulación.

### **5.5.3 Sistemas de extracción**

El personal del Museo de Zoología (ubicado en el sótano de la Escuela de Biología) mencionó que, muchas veces, la exposición a la formalina al embalsamar se da de forma muy prolongada, hasta llegar a ser irritante por realizarse en un lugar cerrado, debido a esto se recomienda instalar un sistema de extracción de aire en el área designada para embalsamamiento de especímenes. No todas las capillas se encuentran en uso, donde algunas tan siquiera están instaladas. Las capillas no cuentan con sistemas de contención de

derrames. El almacén de productos está en un cuarto cerrado que no tiene ventilación. Hay laboratorios que presentan aire acondicionado, sin embargo, no cuentan con sistemas de extracción o purificación de aire, por lo que se sienten olores extraños provenientes de los reactivos. No hay extracción localizada cuando se requiere.

#### **5.5.4 Duchas de emergencias y lavaojos**

La Escuela no cuenta con lavaojos. Las duchas no son accesibles a todo el personal del edificio, algunas se encuentran en lugares sin acceso en caso de una emergencia. Los laboratorios nuevos no cuentan con ducha en caso de emergencias. Las duchas se deben inspeccionar por lo menos una vez cada quince días. Las válvulas que poseen las duchas no son del tipo que permiten apertura en todas las direcciones, ni permiten que queden abiertas hasta que se cierren manualmente.

#### **5.5.5 Equipos de protección individual**

La Escuela de Biología no cuenta con EPI, además de que los empleados no se encuentran capacitados en su uso, ni los utilizan. El personal menciona que no se hace uso de guantes espaciales para el lavado de cristalería.

#### **5.5.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros)**

Tienen cristalería agrietada y en mal estado. No cuentan con pinzas para tomar recipientes calientes, ni con guantes de usos especiales disponibles para todo el personal. No presentan líneas de gas. Hay equipo eléctrico que no se utiliza en muchos laboratorios; se recomienda designar un lugar para guardar todo el equipo eléctrico en desuso. Poseen microondas de uso doméstico en algunos laboratorios. Hay enchufes que no poseen clavija tripolar (con conexión a tierra), ni cubiertas con resorte. Hay equipo que, aunque no se está utilizando, se encuentra conectado al enchufe. El personal debe comprobar si el equipo está seco antes de conectarlo al tomacorriente.

#### **5.5.7 Manejo de emergencias y seguridad**

No cuentan con los teléfonos de emergencia y contacto de los encargados de laboratorio en un lugar visible. Aunque tienen laboratorios que atienden a más de veinticinco personas a la

vez, estos no tienen más de una salida de emergencia. Los laboratorios no cuentan con alarmas cercanas, ni señales o símbolos de seguridad. Es necesario que la Escuela contacte a la USOA para adquirir suficientes extintores para el tipo de material que se encuentra en el laboratorio y brindar la capacitación al personal nuevo respecto al uso de extintores. Se recomienda pedir asesoría a la URQ respecto al uso de equipo de seguridad e instruir a sus empleados. No se agendan inspecciones internas que se realicen a menudo y a fondo. Es recomendable hacer una lista de las condiciones inseguras que están presentes en la Escuela de Biología y ejecutar planes de acción para ir reduciéndolas periódicamente. Los laboratorios deben equiparse con agentes neutralizadores contra las sustancias más utilizadas. Se deben realizar simulacros de acuerdo con el plan de emergencias. Utilizar señales y símbolos según las normas de seguridad. Parte del personal se debe capacitar en reanimación. Sí existen salas de emergencias especializadas en productos químicos cerca. Por ello, la pregunta 7 cambia de “no aplica” a “sí”. Los bomberos de Guadalupe están a menos de diez minutos de distancia de la Universidad. Por esto, el ítem 11 cambia de “no” a “sí”.

#### **5.5.8 Almacenamiento de productos químicos**

Ni el refrigerador, ni el cuarto de almacenamiento cuentan con los respectivos rombos de la NFPA 704. Por esto, las preguntas 2 y 3 cambian de “no aplica” a “no”. En el almacén había cajas en las partes más altas de las columnas de almacenamiento, además estaba desordenado y sucio. Las cajas que se encuentran a distancias muy altas pueden llegar a causar accidentes, por lo que el ítem 4 cambia de “no aplica” a “no”. La bodega donde se almacenan algunos reactivos no cuenta con ventilación. No todas las sustancias peligrosas estaban en bandejas colectoras, además se evidenció que hay sustancias inflamables en estantes de madera, así como botellas de ácido encima de estantes de metal. No todos los estantes están equipados con sistemas anticaídas, además de que se almacenan reactivos en las partes más altas. No se sigue un sistema de almacenamiento conveniente para los reactivos que incluya incompatibilidades. Todo recipiente, que contenga un reactivo, debe estar rotulado de manera correcta y encontrarse en buen estado. Se le debe agregar una ventana la puerta del



cuarto de reactivos que permita la visibilidad. Por esta razón, la pregunta 15 cambia de “no aplica” a “no”.

El almacenamiento existe para no guardar sustancias en el laboratorio o en las capillas, lo cual no se cumple. No cuentan con sistema anticaídas, ni con sistema de contención de derrames, el suelo tiene grietas y hay reactivos que no están en uso. Es así como las preguntas 21, 22 y 23 cambian de “no aplica” a “no”. Se observaron algunos recipientes con ácido pícrico seco, que puede llegar a ser muy peligroso por la condición explosiva del reactivo. También tienen reactivos inflamables que no están en refrigeradores con protección antichispa. No hay detectores de humo, lo cual podría presentar un problema muy grave si ocurriera un accidente. Las sustancias tóxicas deben separarse y almacenarse debidamente. Se deben realizar pruebas de peróxidos a éteres al menos una vez al año, además de etiquetarse con fecha de entrada. Las sustancias volátiles deben estar lejos de fuentes de calor. No se almacenan sustancias tóxicas debidamente, ni están correctamente etiquetadas, además se tienen en cantidades muy grandes. No se evitan las cargas electrostáticas en la manipulación de sustancias inflamables. Hay envases de vidrio que se encuentran en estantes sin sistemas de sujeción.

Muchos laboratorios de la Escuela almacenan los reactivos en las instalaciones, por lo que se recomienda realizar una inspección general para evaluar el almacenamiento de sustancias químicas que están en uso e iniciar un plan para hacer la respectiva salida de las sustancias en desuso.

#### **5.5.9 Cilindros de gases**

No cuentan con cilindros de gas, por lo que no hay observaciones para esta sección.

#### **5.5.10 Residuos químicos**

Los residuos deben estar correctamente etiquetados, también se deben separar de las sustancias químicas en uso y colocarles la fecha de inicio de acumulación, ya que nada de esto se está cumpliendo. Se recomienda iniciar un plan para la gestión de residuos sin identificar que pueden llevar muchos años en los laboratorios, además de asignar un área para eliminación y almacenamiento de residuos. Se insta a revisar periódicamente los

contenedores de residuos, estos deben ser compatibles con su contenido. Se debe almacenar sólo lo que se utilice constantemente y disminuir las cantidades de lo que no se utilice, además de instruir a los asistentes en el tratamiento de sustancias mediante la capacitación por medio de la Unidad de Regencia.

Poseen cajas con residuos que presentan derrames, por lo que se recomienda solicitar asistencia a la Unidad de Regencia para solventar este problema a través de la clasificación, identificación y tratamiento.

#### **5.5.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)**

No todas las pilas cuentan con jabón. La Escuela debe hacer los arreglos necesarios para separar los desagües del laboratorio de los de uso común. Cambiar el piso, ya que es resbaladizo, agrietado y no es del material adecuado. Los aparatos frágiles y voluminosos se deben fijar a las mesas de trabajo. No todas las mesas de trabajo tienen dimensiones aptas para el trabajo de laboratorio y deben ser resistentes a productos químicos. Debe haber bancos para todos los usuarios que trabajen en el laboratorio por grandes períodos de tiempo.

#### **5.5.12 Buenas prácticas de laboratorio**

No se deben realizar experimentos sin autorización previa. Es recomendable que al menos dos personas estén trabajando simultáneamente en el laboratorio. Se debe trabajar sin maquillaje y con cabello recogido. La basura se debe recoger diariamente en horas de la tarde. Las buenas prácticas de laboratorio tienen una influencia directa en la disminución de la cantidad de accidentes que ocurren en el laboratorio. Es fundamental mantener la disciplina en cada laboratorio. No se debe comer dentro un laboratorio o almacén, lavarse los dientes, ni lavar platos de comida. Todo personal que ingrese a un laboratorio debe tener la vestimenta y protección adecuada.

#### **5.5.13 Manipulación de sustancias y cristalería**

Se recomienda utilizar una bomba manual para realizar trasvase de líquidos como formalina (que se utilizan en grandes volúmenes) desde recipientes grandes, además de tener en cuenta que para productos peligrosos el trasvase se realiza con ventilación adecuada y evitando

cargas electrostáticas. Las botellas vacías sólo se deben rellenar con sustancias similares a las que tenía anteriormente. Los productos de laboratorio no deben retirarse sin previa autorización. Se sugiere adquirir una carretilla para transportar recipientes grandes y garrafas.

Las botellas de ácido se deben enjuagar antes de utilizar. El personal de laboratorio no debe realizar mezclas de sustancias incompatibles. Se recomienda utilizar un carrito para trasladar recipientes grandes en un mismo piso y ascensores de carga para trasladar reactivos entre pisos. Los materiales peligrosos sólo deben ser manipulados por personal experto o autorizado. Se deben utilizar mantas o calentadores-agitadores para calentar líquidos inflamables. Se deben tomar medidas de protección adecuadas al trabajar con compuestos peligrosos (corrosivos, inflamables, cancerígenos, entre otros) para evitar derrames, incendios y salpicaduras.

## **5.6 Inspección al Centro de Investigación en Ciencias Atómicas Nucleares y Moleculares (CICANUM)**

Fecha de la inspección: 8 de noviembre de 2021

Inspectores: Bryan Fernández y Gabriel Pacheco

Representante de la Unidad: Arnold Molina

% cuestionario respondido: 58,87 % (83 Sí, 58 No, 10 No Aplica)

% cuestionario corregido: 61,43 % (86 Sí, 54 No, 11 No Aplica)

### **5.6.1 Registros y documentos**

Se menciona que ya existe una comisión que se encarga de los planes de salud ocupacional, sin embargo, no se ha dado ejecución debido a la pandemia. Antes de la pandemia se tenía una reunión al menos cada seis meses, pero las reuniones han estado aún más distanciadas desde entonces. Existe la necesidad de formalizar la conformación de esta comisión y realizar una distribución de tareas para solventar la ausencia de algunos planes. Para el plan

de salud ocupacional se menciona que se realizó una revisión con respectivas observaciones antes de la pandemia, pero estos esfuerzos carecen de validez hasta que se ratifique el plan por parte de la USOA. Tampoco existe plan de atención de emergencias, o plan ambiental; por lo que se insta a conformar comisiones para plantear nuevos planes según la actividad que se realice en el CICANUM y empezar a implementarlos.

Se recomienda trabajar en conjunto con la URQ para generar un programa de capacitaciones para los empleados, incluyendo a los conserjes y personal de mantenimiento, o bien, consultar y adaptar los instructivos ubicados en la página web de la Regencia Química a la realidad del CICANUM. Se sugiere crear un archivo con las FDS de todas las sustancias que se utilicen, así como con las publicaciones sobre seguridad y bibliografía de datos toxicológicos. Se les insta a adoptar un programa de limpieza y mantenimiento del laboratorio.

### **5.6.2 Congeladores y refrigeradores**

Los refrigeradores almacenan principalmente muestras, no reactivos químicos. Cuentan con refrigeradores de uso común, que no son los más adecuados para almacenamiento de sustancias. Se recomienda realizar la correcta identificación de los equipos de refrigeración, mediante hojas en la parte frontal del congelador que muestren lo que almacenan.

### **5.6.3 Sistemas de extracción**

El encargado creía que la capilla no encendía la luz, aunque era que no sabía del botón de encendido; por lo que se recomienda capacitación en su uso. La capilla no cuenta con sistemas de contención de derrames. El ítem 7 se contestó como “no”, sin embargo, no aplica porque no tienen un cuarto de almacenamiento de reactivos.

### **5.6.4 Duchas de emergencia y lavaojos**

Se debe realizar la instalación de una ducha de emergencia y lavaojos cerca de los lugares donde se manipulen reactivos químicos, ya que es muy peligroso en caso de que se llegara a dar una emergencia en el laboratorio. El ítem 4 cambia de “no aplica” a “no”, pues los colaboradores no tienen duchas de emergencia o lavaojos a disposición.

### **5.6.5 Equipos de protección individual**

No hay observaciones para esta sección.

### **5.6.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros)**

No cuentan con línea de gas o cilindros. Se recomienda conectar extensiones eléctricas individualmente, no a otras extensiones. Se deben reemplazar conexiones eléctricas que presenten signos de daño. Las bases deben tener toma a clavija tripolar, por lo que todas aquellas bases que no lo tengan se deben cambiar. La pregunta 11 se contestó como “no”, sin embargo, no aplica porque no operan con vapores inflamables.

### **5.6.7 Manejo de emergencias y seguridad**

Se debe tener una alarma en buen estado y cercana a cada laboratorio. Los números de teléfono de emergencia y contacto de los encargados de laboratorio no se encuentran en un lugar visible. Existen salas de emergencias especializadas en productos químicos cerca, por eso la pregunta 7 cambia de “no aplica” a “sí”. Se recomienda adquirir mantas antishock y para protección de heridos, así como capacitar a personal en reanimación. Los botiquines deben estar debidamente identificados. La cuadrilla de bomberos más cercana se encuentra en Guadalupe, razón por la cual la pregunta 11 cambia de “no” a “sí”. Los derrames de productos químicos peligrosos se deben adsorber con materiales adecuados, además de limpiar el área del derrame, por lo que se debe tener a mano agentes neutralizadores para las sustancias peligrosas más comúnmente utilizadas. Se insta al CICANUM a realizar inspecciones internas a menudo y a fondo, además de corregir posibles condiciones inseguras. Es necesario concretar el plan de emergencias para realizar simulacros periódicos. En el laboratorio se debe utilizar señales y símbolos de seguridad normalizados en color, tamaño, entre otros.

### **5.6.8 Almacenamiento de productos químicos**

No cuentan con un almacén fuera de los laboratorios para reactivos químicos, ya que los reactivos se almacenan dentro de los laboratorios. Tampoco se utiliza rotulación NFPA 704 en el almacén o equipo de refrigeración. En el laboratorio se almacenan reactivos de más, no todos se utilizan. Se recomienda almacenar sólo lo estrictamente necesario, además se

hizo mención de que anteriormente las capillas se utilizaban para guardar reactivos. Se cuenta con un sistema anticaídas, pero los muebles de madera no son recomendables para almacenar sustancias químicas, por lo que se deben cambiar. Las sustancias tóxicas se deben separar y etiquetar correctamente. El almacén no tiene ventanas que den hacia afuera de las instalaciones, ya que está dentro del piso de laboratorios. Los reactivos como éter y otros que formen peróxidos deben contener fecha de entrada y apertura, además de realizar pruebas de peróxidos cada 3 meses, 6 meses o un año. Se debe utilizar sistemas de contención de derrames en el almacén de productos, además de adquirir material adsorbente para limpiar derrames.

El piso del almacén no debe tener grietas, ni ser adsorbente y debe ser fácil de limpiar. En el almacén sólo debe haber productos químicos que se utilicen, porque los reactivos que no se utilicen se acumulan y se vuelven residuos. Se debe contar con detectores de humo. Los cilindros están correctamente almacenados, pero no se sigue la rotulación con el código NFPA 704 respectivo. Los residuos se deben almacenar considerando las incompatibilidades. Se mencionó que hay residuos que llevan más de diez años en los laboratorios, cuando no deben tardar más de tres años en almacenamiento. En la pregunta 5 marcaron que no hay iluminación en el almacén, pero no tienen un almacén como tal, por eso la pregunta 5 cambia de “no” a “no aplica”. La pregunta 25 se marcó que el techo del almacén no es fácil de limpiar, sin embargo, no aplica porque no tienen almacén como tal, además de que el espacio donde almacenan está dentro del edificio principal.

#### **5.6.9 Cilindros de gases**

Se recomienda identificar correctamente los cilindros vacíos.

#### **5.6.10 Residuos químicos**

Se debe seguir un sistema adecuado para eliminar residuos que no afecte la salud, ambiente o infraestructura. Es necesario tener una mejor gestión para los residuos sin identificar. Los residuos se deben almacenar en un lugar que reúna las condiciones adecuadas, no almacenarlos dentro del mismo laboratorio (en el suelo, rincones, debajo de la mesa). Aún

está pendiente la asignación para definir un lugar para almacenamiento y eliminación de residuos. Se hizo mención de que hay residuos que llevan más de diez años almacenados. Los residuos no deben durar más de un año en el almacén, por lo que se debe coordinar con la LTR para el retiro de residuos por tratar. Se deben eliminar los frascos que tenían residuos peligrosos como residuos peligrosos.

Se hizo mención de que tienen residuos radiactivos, pero con concentraciones del rango de partes por millón (uranio muy diluido). Además, quieren optar por un sistema de electrodeposición para el tratamiento de algunos residuos.

#### **5.6.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)**

Separar los desagües de laboratorio de los de uso común, así como contar con vasos desechables en las fuentes de agua para beber. Las mesas de trabajo de laboratorio no tienen las dimensiones adecuadas para trabajar, pero esto también se debe al tamaño del área a disposición. Las mesas son de madera, no son de material adecuado para trabajar.

#### **5.6.12 Buenas prácticas de laboratorio**

Siempre debe haber al menos dos personas trabajando en el laboratorio.

#### **5.6.13 Manipulación de sustancias y cristalería**

Se deben tomar las medidas adecuadas cuando se trabaje con compuestos peligrosos. La pregunta 1 se marcó como “no”, pero cambia a “no aplica” porque no tienen recipientes grandes. La pregunta 4 se marcó como “no”, pero cambia a “sí” porque utilizan carretillas para el transporte de recipientes grandes. La pregunta 11 se marcó como “no aplica”, pero cambia a “sí” ya que utilizan carritos para transporte de sustancias en un mismo piso.

### **5.7 Inspección al Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA)**

Fecha de la inspección: 15 de noviembre de 2021

Inspectores: Bryan Fernández y Gabriel Pacheco

Representante de la Unidad: Johnny Villalobos M.

% cuestionario respondido: 74,31 % (107 Sí, 37 No, 7 No aplica)

% cuestionario corregido: 67,12 % (98 Sí, 48 No, 5 No aplica)

### **5.7.1 Registros y documentos**

El plan de atención de emergencias no está concluido, además de que no cuentan con un plan ambiental. Se corrigió la respuesta de la pregunta 2 porque el plan no está terminado, por lo cual cambia a “no”. El representante mencionó que se requiere contratar un asistente de la Unidad de Regencia para una asesoría respecto al plan ambiental para posteriormente implementarlo. También mencionó que el laboratorio tiene grandes necesidades de reevaluar la parte de tratamiento de desechos, porque el sistema actual no es funcional. Además de las inspecciones que realiza el personal de la Unidad de Regencia, es recomendable realizar inspecciones internas según el tipo de actividades que se lleven a cabo en cada laboratorio. Se recomienda trabajar en conjunto con la Unidad de Regencia para generar un programa de capacitaciones para los empleados, incluyendo a los conserjes y personal de mantenimiento, o bien, consultar y adaptar los instructivos, ubicados en la página web de la Regencia Química Institucional, a la realidad del CINA. También se sugiere crear un archivo con las publicaciones sobre seguridad y bibliografía de datos toxicológicos.

### **5.7.2 Congeladores y refrigeradores**

Los refrigeradores almacenan principalmente muestras, no reactivos químicos. No hay más observaciones.

### **5.7.3 Sistemas de extracción**

En el laboratorio de bromatología se mencionó que no hay interruptor para uno de los extractores, razón por la cual la pregunta 2 se marcó “sí” en lugar de “no”.

### **5.7.4 Duchas de emergencia y lavaojos**

Las duchas de emergencia y lavaojos no cuentan con desagüe, lo que constituye un peligro de caída en caso de una emergencia. Debido a la disposición de la ducha, esta no se inspecciona cada quince días y esta no se encuentra cerca de todos los puntos del laboratorio (menos de diez segundos). Por esto, las preguntas 5 y 7 cambian de “sí” a “no”.



### **5.7.5 Equipos de protección individual (EPI)**

Se debe realizar una inspección periódica a los EPI, además de darles el respectivo mantenimiento y limpieza.

### **5.7.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros)**

No cuentan con línea de gas o cilindros. Se recomienda siempre desconectar del enchufe el equipo eléctrico que no se esté utilizando. No operan con vapores inflamables que requieran utilizar equipo eléctrico con protección antichispa. Por esto, la pregunta 11 cambia de “sí” a “no aplica”.

### **5.7.7 Manejo de emergencias y seguridad**

Todo accidente se debe registrar, investigar y reportar a la URQ. Se encontró muchos residuos dispuestos de forma desordenada al aire libre y nunca se notificó a la Unidad de Regencia Química. Es así como la pregunta 1 cambia de “no aplica” a “no”. Se debe tener una alarma en buen estado y cercana a cada laboratorio. Los teléfonos de emergencia y contacto de los encargados de laboratorio no se encuentran en un lugar visible. Sí hay salas de emergencias especializadas en productos químicos cerca. Por esto, la pregunta 7 cambia de “no aplica” a “sí”. Se recomienda adquirir mantas antishock y para protección de heridas. Al menos un funcionario se debe capacitar en reanimación. Se debe capacitar al personal nuevo con el uso correcto de extintores. Todo el personal debe tener la capacidad de localizar y utilizar todo el equipo de seguridad. Se les insta a realizar simulacros periódicos para acoplarse al plan de emergencias. En el CINA se debe utilizar señales y símbolos de seguridad normalizados en color, tamaño, entre otros. La cuadrilla de bomberos de Guadalupe está cercana a la Universidad, razón por la cual el ítem 11 cambia de “no” a “sí”. Hay extintores que están colocados en el suelo, no en la pared, a 90 cm sobre el suelo. Por esta razón, la pregunta 13 cambia de “sí” a “no”. El personal nuevo debe estar capacitado en el uso de distintos tipos de extintores, así como la identificación y el uso de equipo de seguridad. Después de la visita se evidencia que en el CINA no se inspecciona a menudo ni a profundidad. Se recomienda hacer inspecciones internas, solventar los problemas más

evidentes y solicitar ayuda a la URQ si fuera necesario. Por todo lo anterior, el ítem 18 cambia de “sí” a “no”.

### **5.7.8 Almacenamiento de productos químicos**

El equipo de refrigeración no está rotulado de acuerdo con la norma NFPA 704. Se insta a utilizar sistemas de sujeción, además de no almacenar botellas grandes en los niveles más altos. Cuentan con mucho suavizador de agua para equipos que están obsoletos. Los ácidos no se deben almacenar en bandejas de acero inoxidable, si no en bandejas colectoras de plástico. Las sustancias peligrosas también deben estar almacenadas en bandejas colectoras. Por esto, la pregunta 7 cambia de “no aplica” a “no”. Se recomienda utilizar sistemas de sujeción, tener sistema anticaída para los estantes y que estos sean compatibles con las sustancias a utilizar, por lo que la pregunta 8 cambia de “sí” a “no”. Hay residuos que se encuentran en la bodega de reactivos, además de muchos reactivos en desuso. Se debe contar con detectores de humo o calor donde existan productos inflamables. Los cilindros no cuentan con rotulación respectiva según la norma NFPA 704.

Cuentan con altas cantidades de éter, además de que se evidenció que hay botellas que no cuentan con fecha de entrada y apertura de la botella. En el cuarto de almacenamiento de productos químicos se recomienda realizar prueba de peróxidos a reactivos que tengan capacidad de formación de estas sustancias cada tres, seis y doce meses (según la facilidad de que descomponga en peróxidos). Los residuos químicos no se encuentran bien almacenados en su totalidad tal y como se puede observar en el Apéndice E. No todos se logran identificar, hay unos que se encuentran en un cuarto contiguo al almacén de productos, y hay otros que están en bolsas de basura al aire libre. Por ello, la pregunta 27 cambia de “sí” a “no”.

### **5.7.9 Cilindros de gases**

Se recomienda adquirir una carretilla para el transporte de cilindros de gas.

#### **5.7.10 Residuos químicos**

Se recomienda sólo almacenar lo que se utilice constantemente y disminuir lo que no se use, además de instruir a los asistentes en el tratamiento de sustancias mediante la capacitación por medio de la URQ. Se debe contar con un sistema adecuado que permita eliminar residuos químicos que no afecte la salud, el ambiente o la infraestructura. Se evidenció que en el área al aire libre hay bolsas de basura con contenedores que tienen residuos químicos (algunos no están identificados). Los residuos que no están etiquetados de forma correcta se deben gestionar adecuadamente. En el laboratorio hay residuos químicos almacenados en gavetas, en lugar de estar en el área designada. Se debe asignar un espacio específico para la eliminación y correcto almacenamiento de residuos químicos. Todo recipiente de residuo debe tener información respecto a la fecha de acumulación.

Se insta a actualizar el inventario de residuos químicos. Los residuos no deben tardar más de un año sin ser tratados en el laboratorio y deben tener inicio de fechas de acumulación. Se debe capacitar a los asistentes de laboratorio en técnicas para almacenar y eliminar residuos. Los frascos vacíos que contengan residuos o productos peligrosos se deben eliminar como si fueran productos peligrosos.

Además de esto, se presenció que el área designada para almacenar productos peligrosos no es la más apta por estar los desechos apilados en un rincón de una bodega que está al aire libre. El techo no logra tapar los recipientes en caso de que llueva, además de que no existe cañería en esta área. Hay botellas que probablemente llevan mucho tiempo almacenadas donde no se logra ver información acerca del contenido de la botella por lo viejas que están. Por esto, la pregunta 4 cambia de “sí” a “no”.

#### **5.7.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)**

En el laboratorio hay residuos almacenados en algunas gavetas, por lo que se recomienda darles otro uso a estos espacios y guardar los residuos en su área específica. Los aparatos frágiles y voluminosos se deben fijar a las mesas de laboratorio para así prevenir golpes y caídas.

### **5.7.12 Buenas prácticas de laboratorio**

Se insta a los encargados del laboratorio a hacer cumplir a todo el personal, que ingrese a los laboratorios o almacén de productos, a utilizar gabacha, lentes de seguridad y cabello recogido. Además, la finalidad de una inspección es mostrar la mayor cantidad de detalles referentes al laboratorio que sea posible, por lo que es inaceptable que se omita información al realizar la visita.

### **5.7.13 Manipulación de sustancias y cristalería**

No realizan trasvases desde recipientes grandes. Las botellas vacías reutilizadas deben tener los mismos productos que contenían originalmente, no pueden alegar que no aplica porque siempre se generan botellas vacías. Por esto, el ítem 2 cambia de “sí” a “no”. Se recomienda utilizar mantas o plantillas al calentar líquidos inflamables. Las botellas de ácido se deben enjuagar antes de utilizar.

## **5.8 Inspección a la Facultad de Medicina**

Fecha de la inspección: 17 de noviembre de 2021

Inspectores: Bryan Fernández y Gabriel Pacheco

Representante de la Unidad: Edwin Francisco León Mora

% cuestionario respondido: 47,62 % (70 Sí, 77 No, 4 No Aplica)

% cuestionario corregido: 46,94 % (68 Sí, 79 No, 4 No Aplica)

### **5.8.1 Registros y documentos**

No cuentan con plan de salud ocupacional, plan de atención de emergencias, ni plan ambiental. Se mencionó que están en el proceso de elaboración, específicamente en la etapa de revisión. Se recomienda relacionar el plan de compra de reactivos con el registro de sustancias controladas. Además de las inspecciones que realiza la URQ, también se sugiere hacer inspecciones internas de seguridad que estén acopladas al tipo de actividades que se realizan en cada laboratorio.

No cuentan con instructivos para la correcta gestión de sustancias químicas, tampoco tienen manuales para el tratamiento de residuos químicos, ni para atender emergencias con productos químicos. Se sugiere que la Facultad de Medicina solicite a la Unidad de Regencia Química capacitaciones para tratar residuos químicos generados, o bien, consultar y adaptar los instructivos, ubicados en la página web de la Regencia Química Institucional, a la realidad de esta Facultad.

Se recomienda crear un archivo con las hojas de seguridad de las sustancias que se encuentran presentes, además de estandarizar los reportes de precursores para presentarlos debidamente. El personal mencionó que no siempre se registran movimientos de precursores. Se recomienda llevar un orden estricto de entradas y salidas de sustancias controladas.

#### **5.8.2 Congeladores y refrigeradores**

Se almacena alcohol etílico en refrigeradores domésticos. No todos los refrigeradores están debidamente identificados, ni cuentan con sistema antichispa necesario para almacenar sustancias inflamables. Hay equipos de refrigeración almacenando alimentos. Los refrigeradores sólo deben tener alimentos cuando son parte de una práctica de laboratorio.

#### **5.8.3 Sistemas de extracción**

Se recomienda reparar la cámara de extracción localizada en el laboratorio de Histología y Medicina Molecular. El personal mencionó que la carencia de un sistema de extracción causa que cuando el laboratorio está en uso se respiren vapores irritantes. Las capillas deben funcionar adecuadamente y su extracción debe revisarse regularmente. Es necesario que las capillas cuenten con pantallas de protección. Las bases de los enchufes deben estar afuera de los sistemas de extracción.

#### **5.8.4 Duchas de emergencia y lavajos**

No realizan inspecciones a las duchas y lavajos con regularidad. Se recomienda adquirir e instalar una ducha y lavajos en el laboratorio de Histología. Por esto, las preguntas 2, 3 y 4 cambian de “sí” a “no”. Las duchas existentes no están colocadas en un lugar que permita

llegar desde cualquier punto del laboratorio en menos de diez segundos, lo cual lleva a la recomendación de incrementar el número de duchas y lavaojos. Las válvulas de las duchas se deben cambiar de manera que permitan que se abra en todas las direcciones y quede abierta hasta que se cierre la llave de forma manual.

#### **5.8.5 Equipos de protección individual (EPI)**

No hay observaciones.

#### **5.8.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros)**

Los laboratorios no tienen líneas de gas, por lo que no manejan mecheros de gas y no hay observaciones adicionales.

#### **5.8.7 Manejo de emergencias y seguridad**

Los laboratorios no cuentan con alarmas cercanas, tampoco tienen puerta de emergencia, ni señales o símbolos de seguridad. Los números de teléfono de emergencia o de los encargados de laboratorio se deben encontrar en un lugar visible. Las salidas de emergencia deben estar marcadas e iluminadas, además de que deben dar a lugares seguros. No disponen de material de primeros auxilios que haya sido aprobado por un médico consultor, tampoco cuentan con un botiquín que además esté correctamente etiquetado. Todo sitio que esté en la Ciudad Universitaria Rodrigo Facio cuenta con una sala especializada en productos químicos (Centro Nacional de Control de Intoxicaciones) a menos de quince minutos de distancia. Por esto, la pregunta 7 cambia de “no aplica” a “sí”. No poseen mantas antishock y para protección de heridos.

No cuentan con personal capacitado en reanimación. Se sugiere dar capacitación a personal nuevo respecto al uso de distintos tipos extintores. Se insta realizar inspecciones internas más a menudo y a fondo, de manera que se identifiquen y corrijan las posibles condiciones inseguras. Se recomienda que el laboratorio esté equipado con agentes neutralizadores contra derrames de sustancias peligrosas que se utilicen con mayor frecuencia. Una vez que se tenga plan de emergencias, se aconseja basarse en este para programar simulacros. Sí hay cuadrilla de bomberos cercana (la de Guadalupe). Es así como la pregunta 11 cambia de “no” a “sí”.

### **5.8.8 Almacenamiento de productos químicos**

En el Servicio de Reactivos de Laboratorio de Medicina los reactivos se almacenan en un lugar donde no se cumplen las condiciones adecuadas de seguridad, por tener una parte abierta al aire libre y la disposición ineficiente de reactivos. Esta bodega no cuenta con los rombos según la norma NFPA 704. El almacén no cuenta con rotulación, ni con iluminación adecuada, además de estar sucio, lleno de polvo, desordenado y con varios recipientes quebrados. Las sustancias peligrosas no están sobre bandejas colectoras. En medio de dos estantes hay un carrito con cajas de equipos en desuso. Tienen botellas y contenedores muy viejos sin identificación, algunos incluso están quebrados conteniendo reactivo. Hay cajas con reactivos que están sobre otras cajas que están abiertas y con reactivos, dispuestos de forma peligrosa.

En el lado de la bodega abierto al aire libre, a la par de la Quebrada Los Negritos, hay botellas de reactivos peligrosos como ácido fórmico y xileno directamente en el piso. En el almacenamiento de reactivos inflamables no se evitan las cargas electrostáticas por medio de conexión a tierra. Se recomienda implementar un plan para retirar los reactivos viejos tan pronto sea posible. Cuentan con tres estañones de residuos que están llenos y un cilindro de gas vacío que está oxidado, además de que está directamente sobre el suelo. No hay detectores de humo ni calor adentro de la bodega. Se recomienda mejorar el sistema de almacenamiento, de manera que se contemplen las incompatibilidades químicas de las sustancias almacenadas y se tenga mayor precaución de los peligros a los que se pueden exponer por tener un mal diseño en la disposición del almacenaje.

Hay reactivos almacenados en capillas y laboratorios. Los reactivos deben estar en el almacén o en muebles especiales, ya que en el laboratorio sólo deben estar los reactivos que se van a utilizar en cantidades mínimas. Se sugiere instalar un sistema de extracción, colocar un sistema anticaída, almacenar sólo lo necesario en estantes y colocar detectores de calor o humo. En la bodega tienen botellas de éter que no cuentan con fecha de entrada y apertura (se comentó que sólo lo utilizan en una práctica al año), además se mencionó que no realizan pruebas de peróxidos cada tres, seis meses o un año.

En la morgue tienen un alto volumen de sustancias inflamables tales como propilenglicol, alcohol etílico absoluto, resina de poliéster, alcohol isopropílico y formalina almacenadas en condiciones que no son adecuadas. Las garrafas de plástico están directamente colocadas en el suelo y apiladas unas encima de las otras, directamente pegadas contra la pared. Esto no proporciona un aspecto de “desorden” debido al gran volumen de disolventes que este espacio requiere por su finalidad, pero sí de mucha inseguridad debido a la mala práctica de almacenamiento. Dichas sustancias deberían estar contenidas sobre tarimas, con sistemas de contención de derrames y en un sitio ventilado, además lejos de cualquier fuente de chispa o ignición, debido a esto, es recomendable revisar el sistema eléctrico de dicho lugar y garantizar su funcionamiento correcto, de lo contrario una chispa con ese volumen de inflamables puede tener un impacto en un radio de varias decenas de metros alrededor.

#### **5.8.9 Cilindros de gases**

En la bodega de almacenamiento se tiene un cilindro de gas propano vacío y oxidado (no está etiquetado). También tienen cilindros de dióxido de carbono y oxígeno. Se recomienda utilizar carretillas especiales para trasladar cilindros.

#### **5.8.10 Residuos químicos**

Los residuos se deben almacenar y etiquetar de forma adecuada, también se deben separar de los productos puros, colocarles la fecha de inicio de acumulación y llevar un inventario actualizado de los mismos, ya que nada de esto se está cumpliendo. El sistema para eliminar residuos con el que la Facultad cuenta no permite que se eliminen sin afectar la salud, el ambiente o la infraestructura. En la bodega de reactivos hay sustancias químicas residuales directamente en el suelo e inclusive a la par de la Quebrada, separados por una malla de metal. Se debe asignar un área para almacenar y tratar residuos. Los residuos están almacenados de manera muy deficiente y peligrosa. Se recomienda iniciar un plan para la gestión de residuos sin identificar que llevan muchos años en el almacén y levantar un inventario actualizado de estos.



### **5.8.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)**

El edificio no cuenta con líneas de gas. Los desagües del laboratorio son los mismos que los desagües de uso común, se recomienda separarlos. Cambiar el piso, ya que es resbaladizo cuando está mojado y no es del material adecuado para trabajo en laboratorio.

### **5.8.12 Buenas prácticas de laboratorio**

La higiene forma parte de las buenas prácticas de laboratorio y deben ser cumplidas a cabalidad. La situación pandémica actual ha obligado a toda persona a incrementar la lista de acciones para una higiene básica de convivencia, lo cual incide en las buenas prácticas de laboratorio y de almacenamiento de sustancias. Todo esto se recalca porque en el Servicio de Reactivos de Laboratorio de Medicina, la persona encargada del almacén de productos atendió a los inspectores y encargado del Laboratorio sin mascarilla justo cuando la pandemia estaba en un punto crítico, alegando que “la pandemia es algo relativo”. Una práctica de esta índole fue inapropiada y debería ser inaceptable por parte de un funcionario de la Universidad.

### **5.8.13 Manipulación de sustancias y cristalería**

Se recomienda cambiar la bomba manual empleada en la morgue para el trasiego de fluidos hacia recipientes grandes debido a que presenta fugas por su uso prolongado. Además, se recomienda asegurar ventilación adecuada cuando se esté trasegando. Se sugiere utilizar carretillas para garrafas y recipientes grandes, con el fin de trasladar reactivos. La Facultad debe realizar el traslado de reactivos en un carrito especial en un mismo piso y con ascensores de carga hacia otros pisos.

## **5.9. Inspección a la Escuela de Química**

Fecha de la inspección: 2 de marzo de 2022

Inspectores: Bryan Fernández y Gabriel Pacheco

Representante de la Unidad: Luis Mesén

% cuestionario respondido: No respondieron el cuestionario

% cuestionario corregido: 62,84 % (93 Sí, 55 No, 3 No aplica)

### **5.9.1 Registros y documentos**

Se recomienda redactar y ejecutar un plan ambiental, incluyendo la conformación de la comisión. Es necesario elaborar un plan de compra de reactivos para no almacenar más de lo necesario y darle la respectiva salida a todo insumo en desuso. Además de las inspecciones que realiza la URQ, la Escuela debe tener programas de inspecciones de seguridad internas en los laboratorios, así como de capacitaciones para empleados que incluyan a conserjes y personal de mantenimiento. En conjunto con la Unidad de Regencia Química se deben generar manuales para el correcto uso de productos químicos. Se debe actualizar el inventario actualizado de todas las sustancias químicas almacenadas, incluyendo residuos (físicos y electrónicos) y el archivo FDS con todas las sustancias presentes. No fue posible consultar por publicaciones sobre seguridad, así como bibliografía de datos toxicológicos. Es recomendable que existan programas de limpieza y mantenimiento periódicos en los laboratorios.

### **5.9.2 Congeladores y refrigeradores**

En uno de los laboratorios hay un refrigerador en desuso y desconectado al que se recomienda retirar de las instalaciones. Los equipos de refrigeración deberían ser aptos para utilizar en laboratorios químicos, no ser de uso doméstico. No todos los refrigeradores se encuentran limpios, algunos almacenan viales quebrados. Los equipos de refrigeración deben estar bien identificados, limpios y sin derrames. Todo envase que se encuentre en refrigeración debe estar etiquetado, ordenado y cerrado.

### **5.9.3 Sistemas de extracción**

Las capillas deben estar limpias cuando no están en uso, no utilizarse para almacenar reactivos.

#### **5.9.4 Duchas de emergencia y lavaojos**

No todos los laboratorios están equipados con duchas de emergencia y lavaojos en caso de contaminación. Estos deben estar accesibles a todo el personal, así como ser accesible desde cualquier punto del laboratorio en menos de diez segundos.

#### **5.9.5 Equipos de protección individual (EPI)**

Se recomienda utilizar guantes adecuados para lavar cristalería.

#### **5.9.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros)**

Hay equipo eléctrico en el laboratorio al que no se le da uso y dispuesto de forma desordenada. Se recomienda arreglar esto para optimizar el espacio. En un laboratorio se evidenció que había un horno en desuso que estaba colocado de forma muy peligrosa sobre una pila, lo que puede llegar a ocasionar un accidente. Hay equipo que no se está utilizando y aun así está conectado a los tomacorrientes.

#### **5.9.7 Manejo de emergencias y seguridad**

Se deben tener los números telefónicos de atención de emergencias y del personal encargado del laboratorio en un lugar visible. No hay personal especializado en reanimación. No todos los extintores se encuentran en áreas accesibles o colocados debidamente. El personal nuevo debe estar capacitado en el uso de extintores. Se recomienda hacer inspecciones internas a menudo y a fondo, tomándose rápidamente medidas para corregir posibles condiciones inseguras. También se recomienda hacer simulacros periódicos, según el plan de emergencias. Es necesario utilizar señales y símbolos de seguridad normalizados en color, tamaño, entre otros en el laboratorio.

#### **5.9.8 Almacenamiento de productos químicos**

Algunos reactivos están dentro de algunos laboratorios, aún si cuentan con un almacén de reactivos a la par del sitio. Los reactivos o productos no se deben almacenar en capillas extractoras, preferiblemente no se deben almacenar reactivos en el laboratorio. En uno de los laboratorios se evidenció que tienen recipientes con sustancias sin rotular y abiertos al aire libre. Las sustancias muy peligrosas se deben colocar en bandejas colectoras. Los estantes deben tener sistemas anticaídas y ser compatibles con las sustancias que se van a

almacenar, no deben ser de madera ya que esta es combustible y puede propiciar un accidente más grave. No se debe almacenar en las partes más altas de los estantes, además de que todo estante debe tener sistemas de sujeción de acuerdo con las sustancias que almacenen.

Se deben guardar materiales peligrosos en pequeñas cantidades. Las sustancias inflamables se deben guardar evitando las cargas electrostáticas. Las sustancias peligrosas deben estar herméticamente cerradas cuando no se utilicen. El éter y otros productos químicos que formen peróxidos deben estar etiquetados con fecha de entrada, además de realizarles pruebas de peróxidos cada 3, 6 meses o 1 año según la facilidad de formación. Todos los recipientes que contengan productos químicos deben estar correctamente etiquetados. El almacén debe contar con sistema de contención de derrames o suficiente material adsorbente. Es necesario sólo tener en el almacén los productos que se utilicen y brindarles salida a los reactivos que no se usen con tanta frecuencia.

### **5.9.9 Cilindros de gases**

Tienen cilindros de nitrógeno e hidrógeno en buen estado y colocados correctamente.

### **5.9.10 Residuos químicos**

Los residuos no se deben acumular en el suelo, debajo de las mesas o en rincones. Así mismo, todo residuo debe estar correctamente identificado, ser compatible con el recipiente en el que se envasa y ser revisados periódicamente. Es muy necesario asignar un área para almacenamiento y tratamiento de residuos, así como tener un inventario actualizado. Los residuos químicos no deben tardar más de un año en ser almacenados.

### **5.9.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)**

Los desagües del laboratorio son los mismos que los desagües de uso común, se recomienda separarlos. Además, en las fuentes de agua para beber debe haber vasos desechables. Los aparatos frágiles y muy voluminosos deben estar fijados a la mesa para prevenir caídas y daño de equipo. En el laboratorio no debe haber almacenado equipo que no se utilice, como fue el caso de uno de los laboratorios que tenían casilleros en desuso almacenados dentro de sus instalaciones.

**5.9.12 Buenas prácticas de laboratorio**

Por razones de seguridad, es necesario que al menos dos personas estén trabajando simultáneamente en el laboratorio.

**5.9.13 Manipulación de sustancias y cristalería**

No hay observaciones.

**5.10 Inspección al Laboratorio de Análisis y Asesoría Farmacéutica (LAYAFA)**

Fecha de la inspección: 16 de marzo de 2022

Inspectores: Bryan Fernández y Gabriel Pacheco

Representante de la Unidad: Jeimy Blanco

% cuestionario respondido: No respondieron el cuestionario

% cuestionario corregido: 85.42 % (123 Sí, 21 No, 7 No aplica)

**5.10.1 Registros y documentos**

Se mencionó de entrada que el laboratorio está en proceso de trasladar su equipo, reactivos y documentos a un nuevo edificio, pero la pandemia ha dificultado esta ejecución. No cuentan con plan ambiental, existe la necesidad de que la comisión existente lo defina y acople al nuevo edificio una vez que se trasladen. Respecto a los otros planes, se mencionó que el laboratorio cuenta con estándares de calidad que contemplan todos estos planes con sus respectivas comisiones. Además de las inspecciones que realiza la URQ, se recomienda al personal calendarizar inspecciones internas, las cuales contemplen el tipo de actividades que realicen en el centro.

**5.10.2 Congeladores y refrigeradores**

Los refrigeradores deben ser los adecuados, no los de uso doméstico.

### **5.10.3 Sistemas de extracción**

No se deben almacenar reactivos o residuos en la capilla, sólo debe utilizarse cuando el trabajo de laboratorio así lo requiera.

### **5.10.4 Duchas de emergencia y lavaojos**

No hay observaciones.

### **5.10.5 Equipos de protección individual**

No hay observaciones.

### **5.10.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros)**

Los laboratorios no tienen líneas de gas licuado de petróleo, por lo que no manejan mecheros. No todos los interruptores eléctricos del edificio tienen las cubiertas respectivas.

### **5.10.7 Manejo de emergencias y seguridad**

Los números telefónicos de atención de emergencias y del personal encargado no están en un lugar visible. Se recomienda realizar simulacros periódicos para tener la preparación para manejo de emergencias, además de detectar dónde se requiere mayor seguridad y oportunidades de mejora según la posibilidad de que existan riesgos. Uno de los extintores está colocado en un punto que no se recomienda ya que se encuentra simultáneamente entre una esquina y a la par de un estante de reactivos.

### **5.10.8 Almacenamiento de productos químicos**

Los reactivos se almacenan en un cuarto aparte en el laboratorio, pero están en el mismo edificio. También se evidenció que hay muchos reactivos que se almacenan en un estante en el mismo laboratorio lo cual no es recomendable. Los reactivos tampoco deben almacenarse en la capilla, ya que no es su finalidad. No todos los estantes cuentan con sistemas anticaídas, además de que algunos son de madera, que no es un material recomendado. Las sustancias muy peligrosas deben estar almacenadas sobre bandejas colectoras. Los estañones y envases de vidrio están directamente sobre el piso, no sobre tarimas o anaqueles.

El almacén debe tener una ventana que da directamente afuera de este. En el laboratorio no trabajan con éteres que puedan formar peróxidos. En el almacén hay gran cantidad de

recipientes, por lo que se recomienda realizar un inventario y retirar los reactivos a los que no se les dé uso. Los residuos químicos no están almacenados correctamente, ya que no deben estar en la capilla, aún si esta no se utiliza. No es recomendable colocar cajas en la parte más alta de un estante debido al potencial problema que representa.

#### **5.10.9 Cilindros de gases**

Se recomienda rotular las compuertas donde se encuentran almacenados los cilindros y modificar la puerta de manera que exista visibilidad de los cilindros que se encuentran adentro.

#### **5.10.10 Residuos químicos**

Los residuos se deben almacenar de forma adecuada, también se deben separar de los productos puros, colocarles la fecha de inicio de acumulación, ya que nada de esto se está cumpliendo. Los residuos están almacenados de manera deficiente, porque se encuentran debajo de las mesas, directamente sobre el suelo y en la capilla. Se debe asignar un área para la acumulación y tratamiento de residuos.

#### **5.10.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)**

Los desagües del laboratorio son los mismos que los de uso común, se recomienda separarlos. El laboratorio cuenta con tanques de gas que se encuentran entre la pared del laboratorio y la del lado de afuera de la calle, se almacenan en una bodega entre la pared que hay acceso desde la parte de afuera, resguardado por puertas de metal. Las líneas de gas alimentan algunos de los equipos de cromatografía del laboratorio. Otros equipos se alimentan con disolventes, lo que hace que en el laboratorio se generen gran cantidad de disolvente residual.

#### **5.10.12 Buenas prácticas de laboratorio**

No hay observaciones.

#### **5.10.13 Manipulación de sustancias y cristalería**

No realizan trasvases desde recipientes grandes. Se recomienda enjuagar las botellas de ácido antes de utilizarlas.

## **5.11 Inspección al Jardín Botánico Lankester**

Fecha de la inspección: 5 de abril de 2022

Inspectores: Bryan Fernández y Gabriel Pacheco

Representantes de la Unidad: Melania Fernández, Diego Bogarín y Jorge Warner

Estudiantes por grupo de docencia: 0

% cuestionario respondido: 92,65 % (126 Sí, 10 No, 15 No aplica)

% cuestionario corregido: 91,18 % (124 Sí, 12 No, 15 No Aplica)

### **5.11.1 Registros y documentos**

Es necesario crear un documento para brindar capacitaciones a los empleados (incluyendo a conserjes y personal de mantenimiento) según el tipo de actividades que se realicen en la Estación Experimental. Se sugiere solicitar a la Unidad de Regencia capacitaciones para tratar residuos químicos generados en el centro, o bien, consultar y adaptar los instructivos, ubicados en la página web de la Regencia Química, a la realidad del lugar. Es de gran importancia redactar un instructivo para atender emergencias con productos químicos. Se evidenció que en una de las bodegas hay una gran cantidad de recipientes con etanol y formalina que pueden llegar a ser un gran problema si se diera un incendio.

### **5.11.2 Congeladores y refrigeradores**

Se recomienda poner una lista de los reactivos o muestras que hay en cada refrigerador. Se mencionó que la mayoría de los refrigeradores contienen muestras de ADN.

### **5.11.3 Sistemas de extracción**

Los sistemas de extracción son los adecuados. No hay más observaciones.

### **5.11.4 Duchas de emergencia y lavaojos**

No hay observaciones en esta sección.

### **5.11.5 Equipos de protección individual**

No hay observaciones para esta sección.



**5.11.6 Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros)**

No manejan gas inflamable, ni grandes cantidades de vapores inflamables. Sin embargo, se evidenció que almacenan gran cantidad de colecciones en alcohol y formalina.

**5.11.7 Manejo de emergencias y seguridad**

Los teléfonos de emergencia y contacto de los encargados de laboratorio no se encuentran en un lugar visible. Es necesario que la Estación adquiriera mantas antishock y para protección de heridos. Los extintores se encuentran bien posicionados. Se recomienda redactar un plan de simulacro e implementarlo periódicamente siguiendo el plan de emergencias para prepararse ante un eventual accidente.

**5.11.8 Almacenamiento de productos químicos**

Hay reactivos que se almacenan dentro del laboratorio, se recomienda asignar un cuarto para el almacenamiento de reactivos y contener lo menos que sea posible en los laboratorios. Por esta razón, la pregunta 1 cambia de “sí” a “no”. Rotular los refrigeradores de manera adecuada, incluyendo rombos según la norma NFPA 704. Los reactivos que se almacenan en el laboratorio están en gabinetes especiales. No todos los estantes tienen sistemas anticaídas, es así como el ítem 8 cambia de “sí” a “no”. Se recomienda realizar pruebas de peróxidos a los reactivos derivados de éteres cada 3, 6 meses o un año, o darles salida en caso de que no se les dé uso.

Se recomienda almacenar sólo los productos químicos que se utilicen, ya que guardar reactivos a los que no se les dé uso conlleva un problema de espacio e incluso puede convertirse en un riesgo. Se evidenció que hay una parte de las instalaciones donde almacenan muchas colecciones en etanol y formalina, por lo que se hizo la observación de tener en bodega sólo lo necesario y brindar salida a los recipientes con reactivos inflamables que no se utilicen. Almacenar tantos reactivos inflamables puede presentar el potencial peligro de un incendio que se puede salir de control en poco tiempo.

**5.11.9 Cilindros de gases**

No cuentan con cilindros de gas, por lo que no hay observaciones.

**5.11.10 Residuos químicos**

Es necesario verificar si todos los residuos eliminados no tardan más de un año en estar almacenados, ya que se evidenció que se tenía un espacio en el laboratorio donde se almacenaban todos los residuos adentro de un mueble.

**5.11.11 Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)**

No cuentan con líneas de gas. Es necesario definir un espacio en el área de laboratorio donde se tengan fuentes de agua para beber con vasos desechables.

**5.11.12 Buenas prácticas de laboratorio**

Por motivos de seguridad, siempre es necesario que al menos dos personas estén trabajando simultáneamente en el laboratorio.

**5.11.13 Manipulación de sustancias y cristalería**

Se hizo mención de que manejan grandes cantidades de agua destilada, alcohol, formalina, cloroformo, xilol y mercaptoetanol por lo que se recomienda realizar los trasvases de recipientes grandes con bombas manuales.

## Capítulo 6. Análisis FODA

---

En este capítulo se efectuó un análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas alrededor de lo que contempla la seguridad de los laboratorios en la Universidad de Costa Rica, con base en la experiencia después la ejecución de las inspecciones y de los resultados obtenidos al evaluar la herramienta. Además de esto, se consideró la entrevista que se le realizó al personal encargado de cada laboratorio durante las visitas, así como las funciones de órganos “externos” a los lugares, tales como la Unidad de Regencia Química, la Oficina de Rectoría y la Unidad de Salud Ocupacional y Ambiental. En este capítulo se mencionan los puntos que tienen mayor impacto en la seguridad de los laboratorios.

### 6.1 Metodología y definición del análisis FODA

Un análisis FODA consiste en una evaluación de las fortalezas y debilidades internas, así como las oportunidades y amenazas a partir del análisis externo en el ambiente de una organización. El análisis interno se utiliza para identificar recursos, capacidades, competencias y ventajas competitivas de la organización (Ponce, H., 2007). El análisis externo se utiliza para identificar oportunidades de mejora y cuidados para que no se vean comprometidos los aspectos positivos.

Las fortalezas de las organizaciones se pueden resumir en las funciones que se realizan de forma correcta, tales como tener al personal debidamente capacitado y con ciertas destrezas de acuerdo con el trabajo que realiza; el cual se ejecuta de forma competente. La competitividad de la organización debe verse como un logro o evento favorable en un entorno social (Ponce, H., 2007). Una debilidad debe verse como los puntos clave que explican la vulnerabilidad de la empresa o acciones que se realizan de forma deficiente.

En un análisis FODA, cuando se han identificado las cualidades fuertes y débiles en una organización se deben evaluar el impacto de ambos (Ponce, H., 2007). Ciertos aspectos tendrán mayor peso que otros, sin embargo, es muy importante que los activos competitivos

superen a los aspectos débiles. Las oportunidades son esfuerzos externos no controlables por la organización, pero que pueden significar oportunidades de mejora o potencial crecimiento. Las oportunidades son de gran importancia, pues permite moldear estrategias de mejora en las organizaciones. Las amenazas son lo opuesto a las oportunidades; además de ser no controlables por la organización, también traen consigo aspectos negativos y problemas potenciales. La existencia de amenazas y oportunidades definen que se requiera ejecutar acciones estratégicas.

En este caso, se debe ejecutar una serie de tareas cada semestre independientemente de si es un laboratorio de docencia o de investigación. Este estudio se centró en la seguridad como factor que siempre estará presente en esta ejecución de tareas en los laboratorios, debido a esto, cada lugar debe resguardar la seguridad del personal, la infraestructura y el ambiente conforme realice las acciones que le corresponden. El análisis FODA se realizó refiriéndose a la labor de la Unidad de Regencia, la herramienta en sí, así como los resultados obtenidos después de aplicarla y realizar la inspección. Los tres puntos de referencia anteriores se relacionan entre sí, tanto que dictan la seguridad en los laboratorios y bodegas de la UCR, además de que brindan un punto de partida de los factores clave que se deben trabajar para aumentar el porcentaje de seguridad.

El presente proyecto se puede utilizar como base para realizar un proceso de mejora continua en los laboratorios y/o bodegas de la UCR de manera que se logre obtener un mayor porcentaje de seguridad a futuro. Esto es cuantificable a través del cumplimiento de metas específicas para cada sitio.

## **6.2 Evaluación interna**

Los factores internos por considerar son los que tienen que ver con la organización en sí, por lo cual, en el caso del presente estudio esto corresponde a los laboratorios que manejan sustancias químicas de la Universidad de Costa Rica. Esta evaluación interna viene siendo determinado por las respuestas obtenidas de los cuestionarios que fueron contestados, además de la experiencia obtenida después de llevar a cabo las inspecciones.

### **6.2.1 Fortalezas**

**Organización:** La Regencia Química institucional de la Universidad de Costa Rica tiene a cargo a más de cincuenta y tres unidades académicas y administrativas (estaciones experimentales, centros de investigación, oficinas e institutos), que cuentan con laboratorios químicos. Casi todas las unidades cuentan con un representante de la unidad u oficina en la URQ, lo cual facilita la comunicación. En este proyecto se evidenció que todo lo referente a la ejecución de inspecciones a laboratorios se hace de forma calendarizada, principalmente por tres funcionarios de la Universidad de Costa Rica: Ariel Alfaro (Regente Químico Institucional), Manrique Cubero (encargado del Laboratorio de Tratamiento de Residuos) y Bryan Fernández (profesional clase A de apoyo a la Unidad de Regencia Química). Si bien a veces la calendarización se puede ver afectada por efectos de indisponibilidad de terceros, de igual manera se le da seguimiento al resto de inspecciones y se reagenda en casos de fuerza mayor.

Todos los encargados de laboratorio saben a quién acudir en caso de una emergencia, lo que facilita el accionar de los funcionarios del laboratorio ante un accidente en el laboratorio.

**Inventarios al día:** Se evidenció con la aplicación del cuestionario que veintisiete de veintinueve unidades cuentan con inventarios de las sustancias químicas almacenadas, lo cual se considera como una fortaleza de la parte organizacional en los lugares. Es idóneo que los inventarios estén al día y que no se almacenen residuos por más de un año, o en mal estado. Además de esto, cada unidad debe estar presentando reportes de movimiento de precursores, donde se debe justificar su uso.

**Cilindros de gases:** Se evidenció que la gran mayoría de los lugares hacen buen uso de los cilindros de gas. Se toman las precauciones adecuadas para su almacenaje. Hacer uso correcto de los cilindros de gases evita catástrofes en el sitio, además de que no pone en peligro las vidas de los trabajadores del laboratorio.

**Orden en el laboratorio:** Todos los laboratorios respondieron que se encuentran limpios y ordenados. El personal siempre debe cumplir las medidas para poder trabajar en un

laboratorio, además de asegurarse de estar entrenado antes de ejecutar procedimientos. Durante las inspecciones se evidenció que el laboratorio principal de cada unidad inspeccionada sigue un sistema de ejecución de procedimientos de manera que las actividades se puedan cumplir de forma eficiente y segura. Este orden también debe contemplar buenas prácticas de laboratorio, correcta manipulación de sustancias, precauciones adecuadas al trabajar con compuestos peligrosos, entre otros.

### **6.2.2 Debilidades**

**Comunicación:** La comunicación entre la URQ y el resto de los laboratorios no siempre se da de forma fluida, como fue el caso de cuando se intentó coordinar inspecciones a la Escuela de Artes Plásticas y al Instituto Clodomiro Picado, donde no se logró concretar una respuesta de ambos, debido a esto, se terminó haciendo inspecciones a la Escuela de Química y al Laboratorio de Análisis y Asesoría Farmacéutica. En estas dos unidades, aunque se les hizo mención de que completaran el cuestionario al menos para el día de la inspección, no lo hicieron.

**Caso omiso de los cuestionarios:** Aunque la herramienta se enviara y se hiciera un recordatorio de llenarla con la información solicitada previo a la fecha de inspección, no se recibió respuesta por parte de algunas de las personas encargadas. Se debe llevar un control estricto de estas respuestas, ya que cuando no se tiene el archivo antes de hacer la inspección la visita se debe realizar a mayor profundidad para poder abarcar todos los puntos. Cuando la inspección se ejecuta sin respuesta previa la calidad de la información que se obtiene no es tan puntual como cuando se ha respondido la herramienta antes.

**Almacenamiento:** Más de un tercio de los lugares respondieron que no cuentan con un almacén que esté afuera del laboratorio y que reúna las condiciones adecuadas de seguridad. En un laboratorio no se deben almacenar reactivos ni residuos, sólo se debe contener lo que sea necesario para ejecutar las tareas del sitio. La mayoría de los almacenes y refrigeradores no cuentan con los rombos según la norma NFPA 704, por lo que se debe profundizar y estudiar si se ignora o si no hay conocimiento de esta rotulación.

Se evidenció en casos como la Facultad de Medicina que el almacenamiento no está manejado de la manera correcta. Contaban con gran cantidad de frascos de reactivos peligrosos y explosivos en el suelo a la par de la Quebrada Los Negritos. La bodega almacena gran cantidad de frascos que probablemente llevan muchos años en el laboratorio, por el polvo y suciedad que tienen, además de tener frascos quebrados que aún contenían reactivos.

El almacenamiento de un laboratorio debe estar bien diseñado, ya que las ejecuciones de actividades dependen del orden en el almacenamiento de reactivos y otros materiales por utilizar. Además, un mal manejo del almacenamiento puede resultar en accidentes (incendio, derrames, salpicaduras) con sustancias o mezclas incompatibles de estas. No es aceptable que un laboratorio posea recipientes quebrados, sustancias o desechos que lleven almacenados mucho tiempo, o equipo en mal estado al que nunca se le haya dado reparación o mantenimiento.

**Pruebas de peróxidos:** el éter y otras sustancias que produzcan peróxidos deben ser sometidas periódicamente a pruebas de peróxidos según la facilidad de formación de estas sustancias. Una sustancia que forma peróxidos se caracteriza por ser muy explosiva, por lo que puede ser muy peligroso, además de la naturaleza inflamable de la sustancia. Durante muchas de las inspecciones se evidenció que el personal no sabía de estas precauciones al trabajar con productos que descompongan en peróxidos.

**Residuos químicos:** En las respuestas de los cuestionarios y las inspecciones se evidenció que muchos sitios de la Universidad almacenan residuos químicos por más de un año, algunas incluso hasta décadas; además de que muchas veces los residuos están en lugares no aptos para almacenar esta clase de sustancias. La identificación de estas sustancias también es un problema que afecta a algunos sitios. En muchos no se tiene un sistema bien diseñado para tratar los residuos que se generen, según sea la naturaleza y el volumen, que a su vez será función de las actividades que se generen en el sitio. Esto es error de organización de cada lugar debido a que, para retirar residuos químicos que no se puedan tratar, se debe

coordinar con el Laboratorio de Tratamiento de Residuos, que se encarga de tratar o dar correcta disposición a todos los residuos químicos que se producen dentro de la UCR.

En el caso de la Facultad de Medicina se observó que los residuos y el área de almacenamiento de reactivos compartían la misma instalación, además de que no tenía el diseño más adecuado para almacenar esta clase de sustancias. En el Laboratorio de Análisis y Asesoría Farmacéutica los residuos se almacenaban en el mismo laboratorio, siendo la gran mayoría de estos disolventes utilizados provenientes de análisis de cromatografía, algunos de ellos inflamables.

Para el caso del Centro de Investigación en Nutrición Animal, algunos reactivos estuvieron mucho tiempo en un área al aire libre dentro de las instalaciones y otros estaban dispuestos desordenadamente detrás de un espacio encerrado, pero con incidencia de luz solar. En la inspección al Jardín Botánico Lankester se evidenció que muchas colecciones se encuentran en volúmenes muy grandes respecto al resto de la instalación y están en formalina o etanol, lo que puede llegar a ocasionar un problema de incendio con un gran potencial de peligro. Para el caso de la Escuela de Química, se evidenció que algunos laboratorios guardan residuos en capillas o en las instalaciones.

**Contrataciones de tiempo completo:** La URQ cuenta con tres funcionarios contratados: dos con un tiempo completo (T.C.) cada uno y uno con medio. La persona con medio T.C. es el Profesional de Apoyo a la Regencia Química Institucional y se encarga de la mayoría de las inspecciones que se realizan en la UCR. La falta de apoyo en viáticos y condición de contratación limitan las inspecciones y la generación de informes correspondientes.

A pesar de que existe un estudio del 2019 la Sección de Análisis Administrativo de la Vicerrectoría de Administración que indica que este puesto debería ser de T.C., se sigue nombrando de medio tiempo y se financia por “Servicios Especiales” de Rectoría. No se ha consolidado esta plaza de medio T.C. a ninguna unidad académica. Este punto también se puede considerar una amenaza porque la URQ depende de esa partida de Rectoría llamada “Servicios Especiales”.



### 6.3. Evaluación externa

Los factores externos por considerar son los que no tienen que ver directamente con la organización en sí, pero que de igual manera tienen impacto en la seguridad en los laboratorios, por lo cual, en el presente estudio corresponde a la Unidad de Regencia Química, la Unidad de Seguridad Ocupacional y Ambiental, la Unidad de Gestión Ambiental, Rectoría, y Vicerrectoría de Administración. La evaluación externa viene siendo determinada por las decisiones de estas unidades académicas y oficinas administrativas.

#### 6.3.1. Oportunidades

**Instalaciones nuevas:** Algunos sitios cuentan con instalaciones nuevas y en construcción. Esto es un logro de parte de Rectoría, que autoriza presupuesto para que se den este tipo de expansiones en la Universidad, lo que permite que algunos lugares logren tener mayor variedad de actividades, o logren aumentar su capacidad de producción. Esto se observó en el Laboratorio de Análisis y Asesoría Farmacéutica, en el Jardín Botánico Lankester, además de sitios que no fueron contemplados en este estudio, como el nuevo edificio de la Proveeduría de Química.

**Reporte de precursores:** La Unidad de Regencia Química, por medio de las funciones del Regente Químico Institucional, debe entregar al Instituto Costarricense sobre Drogas reportes de movimientos de precursores de forma mensual, debido a esto, también se encarga de recopilar información de la existencia de sustancias en distintos laboratorios de la UCR que hacen uso de estas en sus actividades. Si bien a veces se puede opacar la información disponible debido a terceros, este logro es muy rescatable por parte de Regencia al tener tantos lugares a cargo.

**Laboratorio de Tratamiento de Residuos:** Este laboratorio se encarga de los tratamientos químicos y físicos adecuados para que cada residuo disminuya su acción contaminante en la naturaleza antes de ser descartado de manera adecuada. Cabe destacar que también tienen la función de hacer un listado de los reactivos que no se utilizan y no se pueden tratar por

tecnologías que posea la Universidad de manera que se logre tercerizar el tratamiento químico del desecho en particular.

Además de estas funciones, en conjunto con la Proveduría de la Escuela de Química y la Unidad de Regencia Química se encargan de brindar salida a reactivos en desuso de manera que se puedan neutralizar residuos sin la necesidad de utilizar reactivos nuevos. Esto tiene como efecto directo que no se utilicen fondos institucionales para adquirir sustancias de más y evitar los reactivos en desuso.

**Capacitaciones por parte de la URQ y LTR:** La Unidad de Regencia y el Laboratorio de Tratamiento de Residuos, entre sus funciones, brindan charlas respecto a medidas de seguridad en laboratorios y cuidados para almacenar residuos químicos a los lugares que las soliciten. Parte del presente proyecto fue asistir a una de estas presentaciones que brindaron Ariel Alfaro y Manrique Cubero en el Centro de Investigación en Nutrición Animal, donde también se evidenció que parte del personal se acercó para pedir asesoría respecto a las actividades que ejecutaban y las sustancias que almacenaban. Algunos de los temas brindados están incluidos en puntos dentro de la herramienta.

En estas capacitaciones se habló respecto a muchos cuidados particulares que se deben respecto a la indumentaria y uso correcto. También del uso adecuado de las capillas en un laboratorio, advertencias de sustancias incompatibles y de la forma correcta de descartar ácidos.

La charla también tuvo que ver con el tratamiento de residuos en el laboratorio. Se expusieron las condiciones que tiene el LTR para recibir desechos, pues no siempre se identifican los residuos que reciben. Además de que cada sitio debe tener manuales para tratar los residuos que generen.

**Extintores:** La gran mayoría de laboratorios poseen extintores, lo cual es un logro atribuible a la gestión de la Unidad de Salud Ocupacional y Ambiental. Estos están contemplados en el plan de emergencias, por lo que también se encargan de entrenar a parte del personal en

el uso de estos equipos en caso de incendios. Existe la oportunidad de expandir el alcance y mejorar la disposición y colocación de extinguidores por parte de esta Unidad.

### **6.3.2. Amenazas**

**Inversión:** Corregir algunas faltas de laboratorio, además de requerir la disposición de los miembros encargados de la unidad, también necesita presupuesto universitario. Los puntos del cuestionario tales como tener equipos de refrigeración adecuados para el tipo de sustancias que se deba refrigerar y tener un sistema de extracción puede representar un costo económico alto en caso de que se tenga que adquirir. Que se dé la aprobación de este fondo puede requerir de muchos trámites intrainstitucionales y tiempo de espera para que se dé la aprobación por parte de la Vicerrectoría de Administración e Investigación.

Durante la inspección al Laboratorio de Análisis y Asesoría Farmacéutica la encargada hizo mención de que la unidad contaba con un edificio nuevo desde hace dos años, pero que, por la inversión que conlleva realizar la mudanza, asuntos de logística y el esquema que se vivía por la pandemia de covid-19 se pospuso el traslado a las instalaciones nuevas. Este tipo de demoras son causadas en parte por falta de inversión.

La URQ y el LTR no cuentan con presupuesto propio. Las inspecciones realizadas fuera de la Sede Rodrigo Facio dependen de viáticos que brinde la Vicerrectoría de Administración, o bien, se financian de los fondos de los funcionarios.

**Retroalimentación:** Algunos de los encargados mencionaron que no recibieron retroalimentación en la inspección pasada, debido a esto, se sugiere llevar un control respecto a la calificación de los laboratorios, las faltas en la inspección y las correcciones. La retroalimentación es de gran importancia porque fomenta a que los sitios puedan considerar sus faltas e implementar cambios, en la medida de lo posible para solventar los fallos internos. Se recomienda llevar un control interno de las inspecciones realizadas y que se brinde retroalimentación.

**Salud Ocupacional:** Cerca de un tercio de las unidades respondieron que no cuentan con un plan de salud ocupacional. Esto afecta tanto a la Unidad de Regencia Química como a la

Unidad de Salud Ocupacional y Ambiental, y la Unidad de Gestión Ambiental, porque debido al Decreto No. 27434-MTSS del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, deben existir estos planes para los laboratorios, es necesario que se inste por parte de estas unidades administrativas a que cada laboratorio tenga estos planes en vigencia y revisados periódicamente.

# Capítulo 7. Conclusiones y Recomendaciones

---

## 7.1 Conclusiones

- Doce de los veintinueve sitios (41,38 %) de la Universidad de Costa Rica donde se aplicó la herramienta tienen poca seguridad por tener un porcentaje menor al 70 %.
- Se evidenció que realizar la inspección sin contar con la herramienta respondida complica la obtención de información debido a que se invierte más tiempo cuando se ejecuta la inspección sin un punto de partida.
- Hace falta mejorar el porcentaje de respuesta de la herramienta porque sólo 54,7 % de los lugares que cuentan con bodegas y laboratorios donde manipulan sustancias químicas de la UCR contestaron el cuestionario.
- Es necesario apoyar más a laboratorios y bodegas en términos de inversión, lo que le corresponde a Unidad Académica, Centro de Investigación, Facultad, Estación Experimental, Escuela, o bien, a Vicerrectorías (Administración e Investigación).
- Las inspecciones se realizan para corregir la nota y brindar retroalimentación a cada centro.
- La información generada en cada inspección da un punto de partida para que cada sitio inicie un calendario de tareas con el fin de aumentar el porcentaje de seguridad de sus laboratorios y/o almacenes.
- El análisis FODA realizado puede utilizarse como base para realizar un proceso de mejora continua que se pueda cuantificar mediante el cumplimiento de metas en cada laboratorio y/o almacenes.

## 7.2 Recomendaciones

- Aplicar un sistema de puntos al cuestionario, de manera que cada pregunta tenga un valor entre 1 a 5 según la importancia del ítem respecto a la seguridad en un

laboratorio y que la nota logre ser un indicador mucho más certero de seguridad en laboratorios.

- Existe la necesidad de crear un sistema para clasificar cada lugar según sus funciones, condiciones de trabajo, tamaño, personas que atienden, entre otros. Con esta clasificación se puede realizar inspecciones más enfocadas según el grupo al que pertenezca.
- Se debe entregar retroalimentación a cada lugar después de ejecutar la inspección, mencionando los puntos que cambiaron en la evaluación según lo que fue respondido y haciendo observaciones de lo que se recomienda cambiar en el laboratorio, para que logren mejorar su nivel de seguridad.
- Llevar un seguimiento de las respuestas de cada cuestionario, antes y después de la inspección, para poder llevar un registro de los puntos que se han corregido desde la última visita y las respuestas negativas que se mantienen igual. A partir de esta información se debe investigar por qué los puntos negativos no pudieron ser resueltos para ejecutar un plan de acción.
- Responder la herramienta por parte del personal encargado en el laboratorio previo a la inspección para que pueda ser llevada a cabo a mayor profundidad. Además, contestar el cuestionario evita que se deba realizar entrevistas al personal encargado y que la visita se lleve a cabo de forma exhaustiva.

## Nomenclatura

| <b>Símbolo</b> | <b>Descripción</b>                      | <b>Unidad</b> |
|----------------|---|---------------|
| %              | Porcentaje de seguridad en laboratorios | adim          |

## Referencias Bibliográficas

---

Azees, R. & Boehm, H. (2011) *Time is Money: The Hidden Cost of Inefficient Laboratory Practices*. Alemania: Darmstadt, Merck KGaA.

American Chemical Society (2002) *Seguridad en los Laboratorios Químicos Académicos: Prevención de accidentes para estudiantes universitarios*. ISBN: 0-8412-7412-6

Alfaro, A. (2020) *Lineamientos para el etiquetado de recipientes con sustancias químicas*. San José, Costa Rica: Unidad de Regencia Química, Universidad de Costa Rica.

Alfaro, A. (2020) *Manual de Seguridad para Laboratorios de la Universidad de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Unidad de Regencia Química, Universidad de Costa Rica.

Cavallini, S., Cerutti, F., Costanzo, P., Fotia, G., Gismondo, M.R., Mastroianni, M., Mugavero, R., Sabato, V., Vitale, R., & Vitali, L. (2014) *Handbook on chemical and biological waste management*. Unión Europea: CBRN, Centres of Excellence.

Center for Chemical Process Safety. (1998). *Guidelines for Safe Warehousing of Chemicals*. Center for Chemical Process Safety/AIChE (CCPS). Retribuido el 13 de mayo de 2020 de:

<https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpGSWC0001/guidelines-safe-warehousing/guidelines-safe-warehousing>

Guardian Equipment: Emergency Eye Wash and Shower Technology (s.f.), ANSI / ISEA Z358.1-2014 Compliance Checklist. Retribuido el 25 de mayo de 2022 de: <http://www.gesafety.com/downloads/ANSIGuide.pdf>

Eduljee, G., (2009) *Hazardous Waste Treatment Technologies*. Smith, S.R., Cheeseman, C., & Blakey, N. Reino Unido: Oxford.

Klein, J. I., (2008) *Science Safety Manual – Grades K-12*. Estados Unidos: New York City Department of Education.



- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), (2022). *Guía técnica para la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual*. Madrid: España
- La Gaceta Universitaria (2016) *Resolución R-241-2016 Reglamento de la Unidad de Regencia de Química de la Universidad de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Rectoría, Universidad de Costa Rica
- Mac-Mod (s.f.) *Best Practices for Limiting Hazardous Solvent Exposure with SafetyCaps and Waste Containment for HPLC and UHPLC systems*. Obtenido el 18 de agosto de 2021 de <https://www.mac-mod.com/resources/best-practices-for-limiting-hazardous-solvent-exposure-with-safetycaps-and-waste-containment-for-hplc-and-uhplc-systems/>
- Martínez, J. (2005) *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos – Fundamentos, tomo I*. Montevideo, Uruguay: Centro coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe.
- Ménard, A.D. & Trant, J.F. (2019) *A review and a critique of academic lab safety research*. Nat Chem. 2020 Jan; 12(1):17-25. Doi: 10.1038/s41557-019-0375-x. Epub 2019 Nov 18. PMID: 31740762.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (2006) *School Chemistry Laboratory Safety Guide*. Obtenido el 7 de diciembre de 2020 de: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-107/pdfs/2007-107.pdf>
- Occupational Safety and Health Administration, OSHA (2012). *Hazard Communication Standard: Safety Data Sheets*. Retribuido el 20 de mayo de 2022 de: <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA3514.pdf>
- Ponce, H. (2007) *LA MATRIZ FODA: ALTERNATIVA DE DIAGNÓSTICO Y DETERMINACIÓN DE ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN EN DIVERSAS ORGANIZACIONES*. Enseñanza e Investigación en Psicología, vol. 12, núm. 1, enero-junio, 2007, pp. 113-130. Consejo Nacional para la Enseñanza en Investigación en Psicología A.C. Xalapa: México.
- Procuraduría General de la República (PGR) (2010) *Ley para la Gestión Integral de Residuos No. 8839*. Obtenido el 7 de diciembre de 2020 de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=68300](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=68300)

- Procuraduría General de la República (PGR) (2016) *Reforma Reglamento General de los Riesgos del Trabajo y Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo N° 39611-MTSS*. Retribuido el 25 de noviembre de 2022 de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=81443&nValor3=103866&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=81443&nValor3=103866&strTipM=TC)
- Procuraduría General de la República (PGR) (2013) *Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos N° 37788-S-MINAE*. Retribuido el 19 de noviembre de 2022 de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=75279](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=75279)
- Procuraduría General de la República (PGR) (2011), *Reglamento para la elaboración de Planes de Gestión Ambiental en el sector público de Costa Rica (N° 36499-S-MINAE)*. Retribuido el 19 de mayo de 2022 de: [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=70199](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=70199)
- Procuraduría General de la República (PGR) (1998) *Reglamento sobre características y listado de los desechos peligrosos industriales No. 27000-MINAE*. Obtenido el 7 de diciembre de 2020 de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=44467&nValor3=95389&param2=1&strTipM=TC&IResultado=9&strSim=simp](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=44467&nValor3=95389&param2=1&strTipM=TC&IResultado=9&strSim=simp)
- Thermo Fischer Inc (2010), *Guide to Laboratory Refrigerators and Freezers*. Retribuido el 22 de mayo de 2022 de <https://assets.fishersci.com/TFS-Assets/LED/Product-Guides/D17351.pdf>
- Vallero, D. A. (2019). *Chapter 13 – Hazardous Wastes Waste*. Letcher, T.M. *Waste: A Handbook for Management*, 2, 585-630. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815060-3.00031-1>
- West, S. S., Westerlund, J. F., Nyland, C. K., Nelson, N. C. & Stephenson, A. L. (2002) *What the Safety Research Says to Texas Science Teachers*. Estados Unidos: Southwest Texas State University.
- World Bank Group (2007) *Environmental, Health, and Safety (EHS) Guidelines*. Obtenido el 7 de diciembre de 2022

<http://documents1.worldbank.org/curated/en/157871484635724258/pdf/112110-WP-Final-General-EHS-Guidelines.pdf>

# Apéndices

---

## Apéndice A. Herramienta modificada por última vez en 2016

### Documento para la Inspección de Seguridad en Laboratorios Químicos Regencia Química, Universidad de Costa Rica

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| Nombre del Inspector            |  |
| Fecha                           |  |
| Unidad Académica-Administrativa |  |
| Responsable del laboratorio     |  |
| Encargado de la visita          |  |
| Total de respuestas positivas   |  |
| Total de respuestas negativas   |  |
| Total de respuestas NA          |  |
| % de seguridad del laboratorio  |  |

#### Cuestionario

| <b>Registros y documentos</b>   | SI | NO | NA |
|---|----|----|----|
| 1-Existe un plan de salud ocupacional (incluyendo una comisión)   |    |    |    |
| 2-Existe un plan de atención de emergencias   |    |    |    |
| 3-Existe un plan ambiental (incluyendo una comisión)  |    |    |    |
| 4-Existe un plan de compra de reactivos   |    |    |    |
| 5-Existe un programa de inspecciones de seguridad en los laboratorios   |    |    |    |
| 6-Existe un programa de capacitaciones para los empleados   |    |    |    |
| 7-Hay instructivos para la correcta gestión de sustancias químicas  |    |    |    |
| 8-Hay instructivo para el tratamiento de residuos químicos  |    |    |    |
| 9-Hay instructivo para atender emergencias con productos químicos   |    |    |    |
| 10-Se lleva un registro de las sustancias controladas   |    |    |    |
| 11-Hay un inventario actualizado de las sustancias químicas almacenadas, incluyendo los residuos (físico y electrónico) |    |    |    |
| 12-Se tiene un archivo con MSDS de todas las sustancias presentes   |    |    |    |
| 13-Hay disponible fácilmente publicaciones sobre seguridad, incluyendo bibliografía de datos toxicológicos              |    |    |    |
| 14-Hay un representante de la unidad u oficina en la Regencia Química   |    |    |    |
| <b>Totales:</b> si    no    NA  |    |    |    |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
|   |  |  |  |
| <b>Congeladores y refrigeradores</b>  |  |  |  |
| 1-Los equipos de refrigeración son los adecuados (no domésticos)  |  |  |  |
| 2-Se encuentran libres de alimentos los equipos de refrigeración  |  |  |  |
| 3-Se encuentran bien identificados los equipos  |  |  |  |
| 4-Se encuentran limpios y sin derrames los equipos  |  |  |  |
| 5-Todos los envases se encuentran bien etiquetados y cerrados   |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si no NA  |  |  |  |
|   |  |  |  |
| <b>Sistemas de extracción</b>   |  |  |  |
| 1-Se cuenta con capilla extractora cuando los trabajos lo ameriten  |  |  |  |
| 2-Las capillas funcionan bien y se revisa su extracción regularmente  |  |  |  |
| 3-Las capillas tienen pantallas de protección   |  |  |  |
| 4-Las capillas se encuentran limpias cuando no están en uso   |  |  |  |
| 5-No se almacenan productos químicos en las capillas  |  |  |  |
| 6-Las bases de los enchufes para capillas de extracción de gases se hallan colocadas fuera de las mismas  |  |  |  |
| 7-Las capillas tiene sistemas de contención para derrames   |  |  |  |
| 8-El almacén de productos tiene ventilación capaz de cambiar el aire de toda la habitación en poco tiempo (no se sienten olores)                              |  |  |  |
| 9-Hay extracción localizada en el laboratorio cuando los trabajos lo ameritan   |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si no NA  |  |  |  |
|   |  |  |  |
| <b>Duchas de emergencia y lavajojos</b>   |  |  |  |
| 1-Se tiene un sistema para lavar los ojos en caso de contaminación  |  |  |  |
| 2-Se cuenta con una ducha de emergencia   |  |  |  |
| 3-Se encuentran estos dispositivos libres (nada almacenado en o cerca de estos)   |  |  |  |
| 4-Se encuentran (ducha y lavajojos) accesibles a todo el personal   |  |  |  |
| 5-Se inspeccionan (ducha y lavajojos) por lo menos cada 15 días   |  |  |  |
| 6-Las válvulas de las duchas de seguridad están claramente etiquetadas y se abren en todas direcciones y permanecen abiertas hasta que se cierran manualmente |  |  |  |
| 7-Los equipos se encuentran cerca de cualquier punto del laboratorio (menos de 10 segundos)   |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si no NA  |  |  |  |
|   |  |  |  |
| <b>Equipos de protección individual (EPIs)</b>  |  |  |  |
| 1-Se tienen EPIs en cantidad suficiente   |  |  |  |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| 2-Están los empleados capacitados en el uso de los EPIs y los utilizan correctamente  |  |  |  |
| 3-Hay revisión periódica de los EPIs  |  |  |  |
| 4-Se da mantenimiento a los EPIs incluyendo la limpieza   |  |  |  |
| 5-Se guardan adecuadamente  |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si no NA  |  |  |  |
|   |  |  |  |
| <b>Equipos en general</b>   |  |  |  |
| 1-Hay pinzas o guantes de usos especiales y se encuentran al alcance del personal   |  |  |  |
| 2-Los mecheros de gas están alejado de sustancias inflamables y explosivas  |  |  |  |
| 3-Están las extensiones eléctricas (extensiones, regletas) conectadas individualmente (no conectadas a otras extensiones)                 |  |  |  |
| 4-No hay equipo eléctrico tirado por todo el laboratorio  |  |  |  |
| 5-Están los interruptores con las cubiertas respectivas   |  |  |  |
| 6-Se encuentra solo equipo autorizado en el laboratorio (no tostadores, microondas, entre otros)  |  |  |  |
| 7-Todas las conexiones eléctricas si presentas signos de algún daño se reemplazan inmediatamente  |  |  |  |
| 8-El personal tiene instrucciones de comprobar si la instalación está seca antes de conectarla y limpia cualquier tipo de derrame cercano |  |  |  |
| 9-El equipo eléctrico con el que se opera en áreas expuestas a grandes cantidades de vapores inflamables lleva protección antichispa      |  |  |  |
| 10-Todas las bases de enchufes eléctricos llevan una conexión de toma a tierra que requiere clavija tripolar                              |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si no NA  |  |  |  |
|   |  |  |  |
| <b>Manejo de emergencias y seguridad</b>  |  |  |  |
| 1-Todos los accidentes se registran y se investigan   |  |  |  |
| 2-Se tiene una alarma cercana a cada laboratorio y se encuentra en buen estado  |  |  |  |
| 3-Los números telefónicos para la atención de emergencias y de los responsables del laboratorio están en un lugar visible                 |  |  |  |
| 4-Si el laboratorio atiende a más de 25 personas tiene al menos una salida de emergencia  |  |  |  |
| 5-Las salidas de emergencia están iluminadas, claramente marcadas y no dan a lugares inseguros  |  |  |  |
| 6-El material de primeros auxilios está fácilmente disponible y fue aprobado por un médico consultor                                      |  |  |  |
| 7-Hay salas de emergencia especializadas en sustancias químicas cerca   |  |  |  |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| 8-Hay mantas antishock y para protección de heridas   |  |  |  |
| 9-Hay alguien especializado en reanimación  |  |  |  |
| 10-Los botiquines están etiquetados adecuadamente   |  |  |  |
| 11-Hay cuadrillas o estaciones de bomberos cercanos   |  |  |  |
| 12-Hay extintores adecuados para el tipo de material y se encuentran en cantidad suficiente (capacidad y cantidad)                          |  |  |  |
| 13-Los extintores se encuentran en áreas accesibles y se encuentran colocados adecuadamente   |  |  |  |
| 14-El personal nuevo sabe operar varios tipos de extintores   |  |  |  |
| 15-Se inspeccionan los extintores periódicamente  |  |  |  |
| 16-El personal está capacitado para localizar y utilizar todo el equipo de seguridad  |  |  |  |
| 17-Cuando hay derrames con productos químicos peligrosos se adsorben con materiales adecuados y se limpia el lugar                          |  |  |  |
| 18-El laboratorio se inspecciona a menudo y a fondo, tomándose rápidamente medidas para corregir posibles condiciones inseguras             |  |  |  |
| 19-Se hacen simulacros periódicos siguiendo el plan de emergencias  |  |  |  |
| 20-Se tiene a mano agentes neutralizadores para derrames de las sustancias peligrosas más comunes usadas                                    |  |  |  |
| 21-Se utilizan señales y símbolos de seguridad normalizados en color, tamaño, entre otros, en el laboratorio y el almacén                   |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si    no    NA  |  |  |  |
|   |  |  |  |
| <b>Almacenamiento de productos químicos</b>   |  |  |  |
| 1-Los reactivos químicos se almacenan fuera del laboratorio en un lugar que reúne las condiciones adecuadas de seguridad                    |  |  |  |
| 2-El almacén se encuentra limpio y ordenado   |  |  |  |
| 3-En el almacén hay iluminación adecuada para leer las etiquetas  |  |  |  |
| 4-Si se almacenan productos químicos en el laboratorio, estos son los que se consumirán en la semana o están en gabinetes especiales        |  |  |  |
| 5-Las sustancias muy peligrosas se ponen en bandejas colectoras   |  |  |  |
| 6-Los estantes tienen sistemas anticaídas y son compatibles con los productos a almacenar   |  |  |  |
| 7-Los líquidos volátiles están lejos de fuentes de calor e ignición   |  |  |  |
| 8-Las sustancias tóxicas se almacenan separadamente y están correctamente etiquetados   |  |  |  |
| 9-Los materiales peligrosos se guardan en pequeñas cantidades   |  |  |  |
| 10-En el almacenamiento de sustancias inflamables se evitan las cargas electrostáticas  |  |  |  |
| 11-Están los estañones y envases de vidrio almacenados en tarimas o en los primeros anaqueles (poca altura) y no sobre el piso directamente |  |  |  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| 12-Todos los recipientes con materiales peligrosos se encuentran herméticamente cerrados cuando no se usan   |  |  |  |
| 13-El almacén de productos tiene una ventana o abertura en la puerta que da directamente fuera del mismo   |  |  |  |
| 14-El éter y otros productos químicos que forman peróxidos se etiquetan con la fecha de apertura de la botella y se realizan pruebas de peróxidos cada 6 meses |  |  |  |
| 15-Se sigue algún sistema adecuado para el almacenamiento de sustancias químicas que incluye las incompatibilidades químicas                                   |  |  |  |
| 16-Todos los recipientes que contienen productos químicos se encuentran correctamente etiquetadas  |  |  |  |
| 17-Están en buen estado los recipientes y tapas de los productos químicos  |  |  |  |
| 18-El almacén de productos químicos cuenta con sistemas de contención de derrames o con suficiente material adsorbente   |  |  |  |
| 19-Los pisos del almacén son los adecuados (sin grietas, no absorbente, fácil de limpiar)  |  |  |  |
| 20-En el almacén solo se encuentran productos químicos que se utilizan   |  |  |  |
| 21-Hay detectores de humo o de calor cuando la cantidad de productos inflamables lo requiere   |  |  |  |
| 22-El techo del almacén es de material resistente y es fácil de limpiar  |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si    no    NA   |  |  |  |
|  |  |  |  |
| <b>Cilindros de gases</b>  |  |  |  |
| 1-Los cilindros se encuentran correctamente almacenados fuera del área de laboratorio  |  |  |  |
| 2-Los cilindros vacíos se almacenan correctamente y están identificados  |  |  |  |
| 3-Se utilizan carretillas especiales para el transporte cilindros de gases   |  |  |  |
| 4-Los cilindros de gases están debidamente asegurados contra caídas  |  |  |  |
| 5-Están los cilindros de gases inflamables lejos de fuentes de ignición  |  |  |  |
| 6-Todos los cilindros tienen sus capuchas puestas  |  |  |  |
| 7- El área designada para cilindros está demarcada correctamente   |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si    no    NA   |  |  |  |
|  |  |  |  |
| <b>Residuos químicos</b>   |  |  |  |
| 1-Se almacenan separadamente los residuos químicos y están almacenados correctamente, incluyendo las incompatibilidades  |  |  |  |
| 2-El personal de laboratorio no realiza mezclas de residuos incompatibles en un mismo recipiente   |  |  |  |



|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| 3-Se tiene un sistema adecuado para eliminar residuos químicos que no afecte a la salud, el ambiente o la infraestructura.           |  |  |  |
| 4-Se elimina el contenido de los frascos sin etiqueta  |  |  |  |
| 5-Los residuos no se acumulan en el suelo, rincones o bajo las mesas   |  |  |  |
| 6-Los envases de almacenamiento de residuos son compatibles con el contenido   |  |  |  |
| 7-Se tienen áreas específicas para la eliminación de residuos  |  |  |  |
| 8-Los envases de residuos están correctamente etiquetados y se revisan periódicamente  |  |  |  |
| 9-Los recipientes tienen el inicio de las fechas de acumulación  |  |  |  |
| 10-Se tiene un inventario actualizado de los residuos químicos   |  |  |  |
| 11-Los residuos nunca duran más de un año en el almacén antes de ser tratados  |  |  |  |
| 12-Los asistentes de laboratorio están instruidos en métodos adecuados de almacenamiento y eliminación de residuos                   |  |  |  |
| 13-Los frascos que contienen residuos o productos químicos peligrosos se eliminan como si fueran un residuo peligroso                |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si    no    NA   |  |  |  |
|  |  |  |  |
| <b>Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)</b>   |  |  |  |
| 1-El laboratorio se encuentra ordenado y limpio  |  |  |  |
| 2-Las tuberías de gas se encuentran correctamente identificadas  |  |  |  |
| 3-Las pilas del laboratorio tienen rejillas y jabón  |  |  |  |
| 4-Los desagües del laboratorio se encuentran separados de los de uso común   |  |  |  |
| 5-En las fuentes de agua para beber hay vasos desechables  |  |  |  |
| 6-Los aparatos frágiles y voluminosos están fijos a la mesa de laboratorio para prevenir golpes y caídas                             |  |  |  |
| 7-Las mesas de laboratorio tienen las dimensiones adecuadas para trabajar  |  |  |  |
| 8-Los materiales de las mesas de trabajo son resistentes a productos químicos  |  |  |  |
| 9-Si el personal tiene que trabajar mucho tiempo en el laboratorio hay sillas o bancos de las dimensiones adecuadas                  |  |  |  |
| 10-Los pisos del laboratorio no son resbaladizos y son resistentes a productos químicos (no son de cemento o tienen pintura epóxica) |  |  |  |
| 11-En el laboratorio hay iluminación adecuada para leer diferentes escalas o aparatos  |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si    no    NA   |  |  |  |
|  |  |  |  |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <b>Buenas prácticas de laboratorio</b>  |  |  |  |
| 1-Hay instrucciones de no hacer experimentos nuevos sin autorización  |  |  |  |
| 2-Siempre hay al menos dos personas al trabajar en el laboratorio   |  |  |  |
| 3-El personal se recoge el cabello y trabaja sin maquillaje   |  |  |  |
| 4-Se recoge la basura al final del día para que no pase toda la noche en el laboratorio   |  |  |  |
| 5-Hay un programa de limpieza y mantenimiento del laboratorio   |  |  |  |
| 6-Se usan vidrios de reloj al calentar sustancias para evitar salpicaduras  |  |  |  |
| 7-Se mantiene disciplina y las reglas de seguridad se hacen cumplir a todo el personal, requiriéndose asimismo cumplirlas a los visitantes                                    |  |  |  |
| 8-Los conserjes y otro personal de mantenimiento están instruidos en métodos adecuados de manipulación y peligros de productos químicos                                       |  |  |  |
| 9-Se cumple con no se comer, se beber o fumar dentro del almacén o laboratorio  |  |  |  |
| 10-Se cumple con no lavarse los dientes o platos de comida en el laboratorio  |  |  |  |
| 11-Todo el personal que ingresa al laboratorio o almacén de productos químicos utiliza gabacha  |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si    no    NA  |  |  |  |
|   |  |  |  |
| <b>Manipulación de sustancias químicas y cristalería</b>  |  |  |  |
| 1-El personal pipetea con medios mecánicos  |  |  |  |
| 2-Los trasvases de los recipientes grandes a botellas se hace con bombas  |  |  |  |
| 3-Cuando se usan botellas vacías, estas se llenan con los productos que contenían originalmente o con disoluciones de los mismos  |  |  |  |
| 4-Se retiran productos del laboratorio solo con autorización  |  |  |  |
| 5-Se usan carretillas especiales para garrafas y recipientes grandes  |  |  |  |
| 6-Hay trasvase de productos peligrosos con las medidas de seguridad adecuada (ventilación, evitando cargas electrostáticas, entre otros)                                      |  |  |  |
| 7-Solo trabajadores expertos u autorizados trabajan con material peligroso  |  |  |  |
| 8-Se usan mantas o calentadores-agitadores para calentar líquidos inflamables   |  |  |  |
| 9-Se toma las medidas de precaución adecuadas (derrames, incendio, salpicaduras, entre otros) para trabajar con compuestos peligrosos (corrosivos, inflamables, cancerígenos) |  |  |  |
| 10-Las botellas de ácido se enjuagan siempre antes de abrirse.  |  |  |  |
| 11-El traslado de reactivos entre un mismo piso se realiza con carritos especiales  |  |  |  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| 12-El traslado de reactivos entre diferentes pisos se realiza en ascensores para carga                             |  |  |  |
| 13-Se usan guantes adecuados para lavar la cristalería   |  |  |  |
| 14-La cristalería es de buena calidad (borosilicato) y está en buen estado (libre de fracturas o no está quebrada) |  |  |  |
| 15- La cristalería que se encuentra en los estantes está limpia.   |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si    no    NA   |  |  |  |

## Apéndice B. Herramienta actualizada en 2021

### Documento para la Inspección de Seguridad en Laboratorios Químicos Regencia Química, Universidad de Costa Rica

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| Nombre del Inspector           |  |
| Fecha                          |  |
| Laboratorio                    |  |
| Unidad Académica               |  |
| Responsable del laboratorio    |  |
| Encargado de la visita         |  |
| Total de respuestas positivas  |  |
| Total de respuestas negativas  |  |
| Total de respuestas NA         |  |
| % de seguridad del laboratorio |  |

El siguiente cuestionario tiene como fin evaluar las condiciones de seguridad en unidades donde se utilicen sustancias químicas. Esta herramienta está basada en las guías e instructivos generados por la Unidad de Regencia Química de la Universidad de Costa Rica. En caso de existir alguna inquietud con el contenido del cuestionario, por favor guiarse con el presente en el sitio web: <http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr>

#### Cuestionario

| <b>Registros y documentos</b>  | SI | NO | NA |
|--|----|----|----|
| 1-Existe un plan de salud ocupacional (incluyendo una comisión)  |    |    |    |
| 2-Existe un plan de atención de emergencias  |    |    |    |
| 3-Existe un plan ambiental (incluyendo una comisión)   |    |    |    |
| 4-Existe un plan de compra de reactivos  |    |    |    |
| 5-Existe un programa de inspecciones de seguridad en los laboratorios  |    |    |    |
| 6-Existe un programa de capacitaciones para los empleados, además se incluye a los conserjes y personal de mantenimiento |    |    |    |
| 7-Hay instructivo para la correcta gestión de sustancias químicas  |    |    |    |
| 8-Hay instructivo para el tratamiento de residuos químicos   |    |    |    |
| 9-Hay instructivo para atender emergencias con productos químicos  |    |    |    |
| 10-Se lleva un registro de las sustancias controladas  |    |    |    |
| 11-Hay un inventario actualizado de las sustancias químicas almacenadas, incluyendo los residuos (físico y electrónico)  |    |    |    |
| 12-Se tiene un archivo con las FDS de todas las sustancias presentes   |    |    |    |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| 13-Hay disponible fácilmente publicaciones sobre seguridad, incluyendo bibliografía de datos toxicológicos                             |  |  |  |
| 14-Hay un representante de la unidad u oficina en la Regencia Química  |  |  |  |
| 15-Existe un programa de limpieza y mantenimiento del laboratorio  |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si no NA   |  |  |  |
|  |  |  |  |
| <b>Congeladores y refrigeradores</b>   |  |  |  |
| 1-Los equipos de refrigeración son los adecuados (no domésticos)   |  |  |  |
| 2-Los equipos de refrigeración se encuentran libres de alimentos para consumo humano   |  |  |  |
| 3- Los equipos de refrigeración se encuentran bien identificados y cuentan con rotulación adecuada, incluyendo el rombo de la NFPA 704 |  |  |  |
| 4-Los equipos de refrigeración se encuentran limpios y sin derrames  |  |  |  |
| 5-Todos los envases se encuentran bien etiquetados, ordenados y cerrados   |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si no NA   |  |  |  |
|  |  |  |  |
| <b>Sistemas de extracción</b>  |  |  |  |
| 1-Se cuenta con capilla extractora cuando los trabajos lo ameriten   |  |  |  |
| 2-Las capillas funcionan bien y se revisa su extracción regularmente   |  |  |  |
| 3-Las capillas tienen pantallas de protección  |  |  |  |
| 4-Las capillas se encuentran limpias cuando no están en uso  |  |  |  |
| 5-Las bases de los enchufes para capillas de extracción de gases se hallan colocadas fuera de las mismas                               |  |  |  |
| 6-Las capillas tiene sistemas de contención para derrames  |  |  |  |
| 7-El almacén de productos tiene ventilación capaz de cambiar el aire de toda la habitación en poco tiempo (no se sienten olores)       |  |  |  |
| 8-Hay extracción localizada en el laboratorio cuando los trabajos lo ameritan  |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si no NA   |  |  |  |
|  |  |  |  |
| <b>Duchas de emergencia y lavaojos</b>   |  |  |  |
| 1-Se tiene un sistema para lavar los ojos en caso de contaminación   |  |  |  |
| 2-Se cuenta con una ducha de emergencia  |  |  |  |
| 3-Se encuentran estos dispositivos libres (nada almacenado en o cerca de estos)  |  |  |  |
| 4-Se encuentran (ducha y lavaojos) accesibles a todo el personal   |  |  |  |
| 5-Las condiciones son las adecuadas y se inspeccionan (ducha y lavaojos) por lo menos cada 15 días                                     |  |  |  |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| 6-Las válvulas de las duchas de seguridad están claramente etiquetadas, se abren en todas direcciones y permanecen abiertas hasta que se cierran manualmente |  |  |  |
| 7-Los equipos se encuentran cerca de cualquier punto del laboratorio (menos de 10 segundos)  |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si no NA   |  |  |  |
|  |  |  |  |
| <b>Equipos de protección individual (EPIs)</b>   |  |  |  |
| 1-Se tienen EPIs en cantidad suficiente  |  |  |  |
| 2-Están los empleados capacitados en el uso de los EPIs y los utilizan correctamente   |  |  |  |
| 3-Hay revisión periódica de los EPIs   |  |  |  |
| 4-Se da mantenimiento a los EPIs incluyendo la limpieza  |  |  |  |
| 5-Se guardan adecuadamente   |  |  |  |
| 6-Se usan guantes adecuados para lavar la cristalería  |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si no NA   |  |  |  |
|  |  |  |  |
| <b>Equipos en general (eléctricos, cristalería, entre otros)</b>   |  |  |  |
| 1-La cristalería es de borosilicato de buena calidad y está en buen estado (libre de fracturas o no está quebrada)   |  |  |  |
| 2-Se desecha de forma adecuada la cristalería que se encuentra agrietada o en mal estado   |  |  |  |
| 3-Hay pinzas o guantes de usos especiales y se encuentran al alcance del personal  |  |  |  |
| 4-Los mecheros de gas están alejados de sustancias inflamables y explosivas  |  |  |  |
| 5-Las extensiones eléctricas (extensiones, regletas) están conectadas individualmente (no conectadas a otras extensiones)                                    |  |  |  |
| 6-No hay equipo eléctrico tirado por todo el laboratorio   |  |  |  |
| 7-Los interruptores eléctricos tienen las cubiertas respectivas  |  |  |  |
| 8-Se encuentra sólo equipo autorizado en el laboratorio (no tostadores, microondas, entre otros)   |  |  |  |
| 9-Se rempazan inmediatamente todas las conexiones eléctricas si presentan signos de algún daño   |  |  |  |
| 10-El personal tiene instrucciones de comprobar si la instalación está seca antes de conectarla y limpia de cualquier tipo de derrame cercano                |  |  |  |
| 11-El equipo eléctrico con el que se opera en áreas expuestas a grandes cantidades de vapores inflamables lleva protección antichispa                        |  |  |  |
| 12-Todas las bases de enchufes eléctricos llevan una conexión de toma a tierra que requiere clavija tripolar   |  |  |  |
| 13-Todo el equipo que no se está utilizando se desconecta del enchufe  |  |  |  |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <b>Totales:</b> si    no    NA  |  |  |  |
|   |  |  |  |
| <b>Manejo de emergencias y seguridad</b>  |  |  |  |
| 1-Todos los accidentes se registran, se investigan y se reportan a la Unidad de Regencia Química                                |  |  |  |
| 2-Se tiene una alarma cercana a cada laboratorio y se encuentra en buen estado  |  |  |  |
| 3-Los números telefónicos para la atención de emergencias y de los responsables del laboratorio están en un lugar visible       |  |  |  |
| 4-Si el laboratorio atiende a más de 25 personas tiene al menos una salida de emergencia  |  |  |  |
| 5-Las salidas de emergencia están iluminadas, claramente marcadas y no dan a lugares inseguros                                  |  |  |  |
| 6-El material de primeros auxilios está fácilmente disponible y fue aprobado por un médico consultor                            |  |  |  |
| 7-Hay salas de emergencia especializadas en sustancias químicas cerca   |  |  |  |
| 8-Hay mantas antishock y para protección de heridas   |  |  |  |
| 9-Hay alguien especializado en reanimación  |  |  |  |
| 10-Los botiquines están etiquetados adecuadamente   |  |  |  |
| 11-Hay cuadrillas o estaciones de bomberos cercanos   |  |  |  |
| 12-Hay extintores adecuados para el tipo de material y se encuentran en cantidad suficiente (capacidad y cantidad)              |  |  |  |
| 13-Los extintores se encuentran en áreas accesibles y se encuentran colocados adecuadamente                                     |  |  |  |
| 14-El personal nuevo sabe operar varios tipos de extintores   |  |  |  |
| 15-Se inspeccionan los extintores periódicamente  |  |  |  |
| 16-El personal está capacitado para localizar y utilizar todo el equipo de seguridad  |  |  |  |
| 17-Cuando hay derrames con productos químicos peligrosos se adsorben con materiales adecuados y se limpia el lugar              |  |  |  |
| 18-El laboratorio se inspecciona a menudo y a fondo, tomándose rápidamente medidas para corregir posibles condiciones inseguras |  |  |  |
| 19-Se hacen simulacros periódicos siguiendo el plan de emergencias  |  |  |  |
| 20-Se tiene a mano agentes neutralizadores para derrames de las sustancias peligrosas más comunes usadas                        |  |  |  |
| 21-Se utilizan señales y símbolos de seguridad normalizados en color, tamaño, entre otros en el laboratorio                     |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si    no    NA  |  |  |  |
|   |  |  |  |

| <b>Almacenamiento de productos químicos</b>  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| 1-Los reactivos químicos se almacenan fuera del laboratorio en un lugar que reúne las condiciones adecuadas de seguridad   |  |  |  |
| 2-El almacén de productos químicos se encuentra rotulado de manera adecuada, incluyendo el rombo de NFPA 704, según norma NFPA 704                                     |  |  |  |
| 3-El equipo refrigerador donde hay productos químicos se encuentra rotulado de manera adecuada, incluyendo el rombo NFPA 704   |  |  |  |
| 4-El almacén se encuentra limpio y ordenado  |  |  |  |
| 5-En el almacén hay iluminación adecuada para leer las etiquetas   |  |  |  |
| 6-Si se almacenan productos químicos en el laboratorio, estos son los que se consumirán en la semana, no están en capillas extractoras o están en gabinetes especiales |  |  |  |
| 7-Las sustancias muy peligrosas se ponen en bandejas colectoras  |  |  |  |
| 8-Los estantes tienen sistemas anticaídas y son compatibles con los productos a almacenar  |  |  |  |
| 9-Los líquidos volátiles están lejos de fuentes de calor e ignición  |  |  |  |
| 10-Las sustancias tóxicas se almacenan separadamente y están correctamente etiquetadas   |  |  |  |
| 11-Los materiales peligrosos se guardan en pequeñas cantidades   |  |  |  |
| 12-En el almacenamiento de sustancias inflamables se evitan las cargas electrostáticas   |  |  |  |
| 13-Los estañones y envases de vidrio están almacenados en tarimas o en los primeros anaqueles (poca altura) y no sobre el piso directamente                            |  |  |  |
| 14-Todos los recipientes con materiales peligrosos se encuentran herméticamente cerrados cuando no se usan   |  |  |  |
| 15-El almacén de productos tiene una ventana o abertura en la puerta que da directamente fuera del mismo   |  |  |  |
| 16-El éter y otros productos químicos que forman peróxidos se etiquetan con la fecha de entrada y de apertura de la botella  |  |  |  |
| 17-Se realizan pruebas de peróxidos cada 3, 6 meses o 1 año dependiendo de la facilidad de formación   |  |  |  |
| 18-Se sigue algún sistema adecuado para el almacenamiento de sustancias químicas que incluye las incompatibilidades químicas   |  |  |  |
| 19-Todos los recipientes que contienen productos químicos se encuentran correctamente etiquetados  |  |  |  |
| 20-Los recipientes y tapas de los productos químicos están en buen estado  |  |  |  |
| 21-El almacén de productos químicos cuenta con sistemas de contención de derrames o con suficiente material adsorbente   |  |  |  |
| 22-Los pisos del almacén son los adecuados (sin grietas, no absorbente, fácil de limpiar)  |  |  |  |



|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
| 23-En el almacén sólo se encuentran productos químicos que se utilizan   |  |  |  |
| 24-Hay detectores de humo o de calor cuando la cantidad de productos inflamables lo requiere   |  |  |  |
| 25-El techo del almacén es de material resistente y fácil de limpiar   |  |  |  |
| 26-Los cilindros se encuentran correctamente almacenados, esto incluye la rotulación del almacén de cilindros, con el código NFPA 704 respectivo |  |  |  |
| 27-Los residuos químicos se almacenan correctamente, incluyendo las incompatibilidades   |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si no NA   |  |  |  |
|  |  |  |  |
| <b>Cilindros de gases</b>  |  |  |  |
| 1-Los cilindros que se encuentran en uso en el laboratorio están en la cantidad y posición adecuadas   |  |  |  |
| 2-Los cilindros vacíos se encuentran identificados   |  |  |  |
| 3-Se utilizan carretillas especiales para el transporte de cilindros de gases  |  |  |  |
| 4-Los cilindros de gases están debidamente asegurados contra caídas  |  |  |  |
| 5-Los cilindros de gases inflamables están lejos de fuentes de ignición  |  |  |  |
| 6-Todos los cilindros tienen sus capuchas puestas  |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si no NA   |  |  |  |
|  |  |  |  |
| <b>Residuos químicos</b>   |  |  |  |
| 1-Se tiene un sistema adecuado para eliminar residuos químicos que no afecte a la salud, el ambiente o la infraestructura                        |  |  |  |
| 2-Se gestiona adecuadamente los residuos sin identificación  |  |  |  |
| 3-No hay residuos en el suelo, rincones o bajo las mesas   |  |  |  |
| 4-Los envases que contienen los residuos están correctamente etiquetados, son compatibles con el contenido y se revisan periódicamente           |  |  |  |
| 5-Se tienen áreas específicas para la eliminación de residuos  |  |  |  |
| 6-Los recipientes tienen el inicio de las fechas de acumulación  |  |  |  |
| 7-Se tiene un inventario actualizado de los residuos químicos  |  |  |  |
| 8-Los residuos nunca duran más de un año en el almacén antes de ser tratados   |  |  |  |
| 9-Los asistentes de laboratorio están instruidos en métodos adecuados de almacenamiento y eliminación de residuos                                |  |  |  |
| 10-Los frascos vacíos que contenían residuos o productos químicos peligrosos se eliminan como si fueran un residuo peligroso                     |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si no NA   |  |  |  |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
|   |  |  |  |
| <b>Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo)</b>  |  |  |  |
| 1-El laboratorio se encuentra ordenado y limpio   |  |  |  |
| 2-Las tuberías de gas se encuentran correctamente identificadas   |  |  |  |
| 3-Las pilas del laboratorio tienen rejilla y jabón  |  |  |  |
| 4-Los desagües del laboratorio se encuentran separados de los de uso común  |  |  |  |
| 5-En las fuentes de agua para beber hay vasos desechables   |  |  |  |
| 6-Los aparatos frágiles y voluminosos están fijos a la mesa de laboratorio para prevenir golpes y caídas  |  |  |  |
| 7-Las mesas de laboratorio tienen las dimensiones adecuadas para trabajar   |  |  |  |
| 8-Los materiales de las mesas de trabajo son resistentes a productos químicos   |  |  |  |
| 9-Si el personal tiene que trabajar mucho tiempo en el laboratorio hay sillas o bancos de las dimensiones adecuadas   |  |  |  |
| 10-Los pisos del laboratorio no son resbaladizos y son de material adecuado   |  |  |  |
| 11-En el laboratorio hay iluminación adecuada para leer diferentes escalas o aparatos   |  |  |  |
| 12-Las tuberías se encuentran en buen estado  |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si no NA  |  |  |  |
|   |  |  |  |
| <b>Buenas prácticas de laboratorio</b>  |  |  |  |
| 1-Hay instrucciones de no hacer experimentos nuevos sin autorización  |  |  |  |
| 2-Siempre hay al menos dos personas al trabajar en el laboratorio   |  |  |  |
| 3-El personal se recoge el cabello y trabaja sin maquillaje   |  |  |  |
| 4-Se recoge la basura al final del día para que no pase toda la noche en el laboratorio   |  |  |  |
| 5-Se siguen las buenas prácticas de laboratorio, por ejemplo, se usan vidrios de reloj al calentar sustancias para evitar salpicaduras, se pipetea con medios mecánicos |  |  |  |
| 6-Se mantiene disciplina y las reglas de seguridad se hacen cumplir a todo el personal, requiriéndose asimismo cumplirlas a los visitantes                              |  |  |  |
| 7-Se cumple con no comer, beber o fumar dentro del almacén o laboratorio  |  |  |  |
| 8-Se cumple con no lavarse los dientes o platos de comida en el laboratorio   |  |  |  |
| 9-Todo el personal que ingresa al laboratorio o almacén de productos químicos utiliza gabacha, lentes de seguridad y tiene el cabello recogido                          |  |  |  |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <b>Totales:</b> si    no    NA  |  |  |  |
|   |  |  |  |
| <b>Manipulación de sustancias químicas y cristalería</b>  |  |  |  |
| 1-Los trasvases de los recipientes grandes a botellas se hacen con bombas   |  |  |  |
| 2-Cuando se usan botellas vacías, estas se llenan con los productos que contenían originalmente o con disoluciones de los mismos  |  |  |  |
| 3-Se retiran productos del laboratorio sólo con autorización  |  |  |  |
| 4-Se usan carretillas especiales para garrafas y recipientes grandes  |  |  |  |
| 5-Cuando hay trasvase de productos peligrosos se hace con las medidas de seguridad adecuada (ventilación, evitando cargas electrostáticas, entre otros)                       |  |  |  |
| 6-Sólo trabajadores expertos o autorizados trabajan con material peligroso  |  |  |  |
| 7-Se usan mantas o calentadores-agitadores para calentar líquidos inflamables   |  |  |  |
| 8-Se toma las medidas de precaución adecuadas (derrames, incendio, salpicaduras, entre otros) para trabajar con compuestos peligrosos (corrosivos, inflamables, cancerígenos) |  |  |  |
| 9-Las botellas de ácido siempre se enjuagan antes de abrirse  |  |  |  |
| 10-El personal de laboratorio no realiza mezclas de sustancias incompatibles  |  |  |  |
| 11-El traslado de reactivos entre un mismo piso se realiza con carritos especiales  |  |  |  |
| 12-El traslado de reactivos entre diferentes pisos se realiza en ascensores para carga  |  |  |  |
| <b>Totales:</b> si    no    NA  |  |  |  |

## Apéndice C. Muestra de Cálculo

### C.1 Cálculo del porcentaje de seguridad para la Escuela de Biología.

$$\% \text{ de Seguridad} = \frac{\text{Ítems positivos}}{\text{Ítems totales} - \text{Ítems que no aplican}}$$

Utilizando los datos presentes en el Cuadro D.8 se obtiene:

$$\% \text{ de Seguridad} = \frac{34}{151 - 16} = 25,19 \%$$

### **C.2 Cálculo del porcentaje de unidades que respondieron “Sí” a la pregunta 10 de Registros y documentos**

$$\% \text{ Sí} = \frac{\text{Número de respuestas de Sí}}{\text{Unidades totales que respondieron}} * 100$$

Utilizando la información de los Cuadros D.1 al Cuadro D.31, excepto el Cuadro D.9 y el Cuadro D.10 (porque no respondieron la herramienta) se obtiene:

$$\% \text{ Sí} = \frac{22}{29} * 100 = 75,86 \%$$

### **C.3 Cálculo del porcentaje de unidades que respondieron “No” a la pregunta 10 de Registros y documentos**

$$\% \text{ No} = \frac{\text{Número de respuestas de No}}{\text{Unidades totales que respondieron}} * 100$$

Utilizando la información de los Cuadros D.1 al Cuadro D.31, excepto el Cuadro D.9 y el Cuadro D.10 (porque no respondieron la herramienta) se obtiene:

$$\% \text{ No} = \frac{6}{29} * 100 = 20,69 \%$$

### **C.4 Cálculo del porcentaje de unidades que respondieron “No aplica” a la pregunta 10 de Registros y documentos**

$$\% \text{ No aplica} = \frac{\text{Número de respuestas de No aplica}}{\text{Unidades totales que respondieron}} * 100$$

Utilizando la información de los Cuadros D.1 al Cuadro D.31, excepto el Cuadro D.9 y el Cuadro D.10 (porque no respondieron la herramienta) se obtiene:

$$\% \text{ No aplica} = \frac{22}{29} * 100 = 3,45 \%$$

## Apéndice D. Registros de respuestas del cuestionario

**Cuadro D.1** Respuestas del cuestionario de seguridad por parte de la Escuela de Geología.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1: Sí, 2-6: No, 7-11: Sí, 12: No, 13-15: Sí  |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-6: Sí, 7: No, 8: No  |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-7: Sí  |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí  |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: No Aplica (N.A.), 5-10: Sí, 11: N.A., 12: Sí, 13: Sí   |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1: Sí, 2-3: No, 4: N.A., 5: Sí, 6: N.A., 7: Sí, 8-17: Sí, 18: No, 19-21: Sí  |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-2: Sí, 3: N.A., 4: No, 5-16: Sí, 17: N.A., 18-20: Sí, 21: No, 22: Sí, 23: No, 24: N.A., 25: Sí, 26: N.A., 27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: N.A.  |
| Residuos químicos                                     | 1-4: Sí, 5: No, 6-7: Sí, 8: No, 9-10: Sí   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1: Sí, 2: N.A., 3: Sí, 4-5: No, 6-8: Sí, 9: No, 10-12: Sí  |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1: Sí, 2: No, 3: Sí, 4: Sí, 5: No, 6-9: Sí   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: No, 2-3: Sí, 4: No, 5-6: Sí, 7: N.A., 8-10: Sí, 11-12: No   |

**Cuadro D.2** Respuestas del cuestionario de seguridad de la Facultad de Medicina.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1-3: No, 4: Sí, 5: No, 6: Sí, 7-10: No, 11-15: Sí                          |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-3: No, 4-5: Sí   |
| Sistemas de extracción                                | 1-3: No, 4: Sí, 5: No, 6-8: Sí   |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-4: Sí, 5-7: No   |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí  |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: No, 5-13: Sí   |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1: Sí, 2-3: No, 4: N.A., 5-11: No, 12-13: Sí, 14: No, 15-17: Sí, 18-21: No |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-27: No   |
| Cilindros de gases                                    | 1: Sí, 2-3: No, 4-6: Sí  |
| Residuos químicos                                     | 1-8: No, 9-10: Sí  |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1: Sí, 2: N.A., 3: Sí, 4: No, 5: N.A., 6-9: Sí, 10: No, 11-12: Sí          |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: Sí  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-2: No, 3: Sí, 4-5: No, 6-10: Sí, 11-12: No                               |

**Cuadro D.3** Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro de Investigación en Nutrición Animal.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1-2: Sí, 3: No, 4: Sí, 5-6: No, 7-12: Sí, 13: No, 14-15: Sí  |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-8: Sí  |
| Duchas de emergencia y lavajos                        | 1-7: Sí  |
| Equipos de protección individual                      | 1-2: Sí, 3-4: No, 5-6: Sí  |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: No, 5-12: Sí, 13: No   |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1: N.A., 2-3: No, 4-6: Sí, 7-9: No, 10: Sí, 11: No, 12-13: Sí, 14: No, 15: Sí, 16: No, 17-18: Sí, 19: No, 20: Sí, 21: No |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-2: Sí, 3: No, 4-6: Sí, 7: N.A., 8-15: Sí, 16-17: No, 18-22: Sí, 23-24: No, 25: Sí, 26: No, 27: Sí                      |
| Cilindros de gases                                    | 1-2: Sí, 3: No, 4-6: Sí  |
| Residuos químicos                                     | 1-3: No, 4: Sí, 5-10: No   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-4: Sí, 5: N.A., 6: No, 7-12: Sí  |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-8: Sí, 9: No   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-2: N.A., 3-6: Sí, 7: No, 8: Sí, 9: No, 10-11: Sí, 12: N.A.   |

**Cuadro D.4** Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro de Investigación en Ciencias Atómicas, Nucleares y Moleculares.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1-3: No, 4-5: Sí, 6: No, 7-11: Sí, 12-13: No, 14: Sí, 15: No                                     |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1: No, 2: Sí, 3: No, 4-5: Sí   |
| Sistemas de extracción                                | 1-5: Sí, 6-7: No, 8: Sí  |
| Duchas de emergencia y lavajos                        | 1-2: No, 3-7: N.A.   |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí  |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: N.A., 5: No, 6-8: Sí, 9: No, 10: Sí, 11: N.A., 12: No, 13: Sí                        |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1: Sí, 2-3: No, 4-6: Sí, 7-9: No, 10: Sí, 11: No, 12-16: Sí, 17-18: No, 19: N.A., 20-21: No      |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-3: No, 4: Sí, 5-6: No, 7: Sí, 8: No, 9: Sí, 10: No, 11-14: Sí, 15-17: No, 18-20: Sí, 21-27: No |
| Cilindros de gases                                    | 1: Sí, 2: No, 3-6: Sí  |
| Residuos químicos                                     | 1-3: No, 4: Sí, 5: No, 6-7: Sí, 8: No, 9: Sí, 10: No   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-3: Sí, 4-5: No, 6: Sí, 7-8: No, 9-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1: Sí, 2: No, 3-9: Sí  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: No, 2-3: Sí, 4: No, 5-7: Sí, 8: No, 9-10: Sí, 11-12: N.A.                                     |

**Cuadro D.5** Respuestas del cuestionario de seguridad del Laboratorio de Ensayos Biológicos.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>   |
|---|---|
| Registros y documentos                                | 1-3: No, 4: Sí, 5: No, 6: Sí, 7-10: No, 11-15: Sí   |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1: No, 2-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-8: Sí   |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-4: Sí, 5-7: No  |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí   |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: N.A., 5-13: Sí  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1: Sí, 2-3: No, 4: N.A., 5-11: No, 12-13: Sí, 14: No, 15-17: Sí, 18-21: No                                  |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: No, 2: Sí, 3: No, 4-6: Sí, 7: No, 8-14: Sí, 15: No, 16-17: N.A., 18-20: Sí, 21-22: No, 23: Sí, 24-27: No |
| Cilindros de gases                                    | 1-2: Sí, 3: No, 4-6: Sí   |
| Residuos químicos                                     | 1-8: No, 9-10: Sí   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1: Sí, 2: N.A., 3: Sí, 4: No, 5: N.A., 6-9: Sí, 10: No, 11-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: No   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: N.A., 2-6: Sí, 7: N.A., 8-11: Sí, 12: No   |

**Cuadro D.6** Respuestas del cuestionario de seguridad del Jardín Botánico Lankester.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1-5: Sí, 6: No, 7: Sí, 8-9: No, 10-15: Sí  |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-8: Sí  |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-7: Sí  |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí  |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: N.A., 5-10: Sí, 11: No, 12-13: Sí                                    |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-2: Sí, 3: No, 4: N.A., 5-7: Sí, 8: No, 9-18: Sí, 19: No, 20-21: Sí             |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-2: Sí, 3: No, 4-16: Sí, 17: No, 18-22: Sí, 23: No, 24-25: No, 26: N.A., 27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: N.A.  |
| Residuos químicos                                     | 1-10: Sí   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1: Sí, 2: N.A., 3-4: Sí, 5: No, 6-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1: Sí, 2: No, 3-9: Sí  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: N.A., 2-6: Sí, 7: N.A., 8-11: Sí, 12: N.A.                                    |

**Cuadro D.7** Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro de Investigación en Granos y Semillas.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1-3: No, 4: Sí, 5-9: No, 10-12: Sí, 13: No, 14-15: Sí  |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-7: Sí, 8: N.A.   |
| Duchas de emergencia y lavajeros                      | 1-3: Sí, 4-5: No, 6-7: Sí  |
| Equipos de protección individual                      | 1-4: No, 5: N.A., 6: No  |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: No, 5: Sí, 6: N.A., 7-8: No, 9-10: Sí, 11: N.A., 12-13: Sí   |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-3: No, 4: Sí, 5-10: No, 11-13: Sí, 14: No, 15: Sí, 16-21: No   |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: Sí, 2-3: No, 4-5: Sí, 6-8: No, 9-10: Sí, 11: No, 12-14: Sí, 15-17: No, 18: Sí, 19: No, 20: Sí, 21-25: No, 26-27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1: Sí, 2: No, 3: Sí, 4: No, 5-6: Sí  |
| Residuos químicos                                     | 1-3: Sí, 4: No, 5-7: Sí, 8-10: No  |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1: Sí, 2: N.A., 3-4: No, 5: N.A., 6: Sí, 7-10: No, 11-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-2: Sí, 3: No, 4-8: Sí, 9: No   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: No, 2-3: Sí, 4: No, 5-8: Sí, 9: No, 10-11: Sí, 12: N.A.   |

**Cuadro D.8** Respuestas del cuestionario de seguridad de la Escuela de Biología.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1: No, 2-3: Sí, 4-6: No, 7-9: Sí, 10: No, 11: No, 12-13: No, 14: Sí, 15: No  |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1: No, 2-3: Sí, 4-5: No  |
| Sistemas de extracción                                | 1: Sí, 2-3: No, 4-5: Sí, 6: No, 7: N.A., 8: No   |
| Duchas de emergencia y lavajeros                      | 1: No, 2-3: Sí, 4-7: Sí  |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: No  |
| Equipos en general                                    | 1: Sí, 2-3: No, 4: N.A., 5: Sí, 6-8: No, 9: Sí, 10-13: No  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1: Sí, 2-4: No, 5-6: Sí, 7: No, 8: Sí, 9: No, 10-11: Sí, 12: No, 13: Sí, 14: No, 15: Sí, 16: No, 17: Sí, 18-21: No |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-4: No, 5: Sí, 6-13: No, 14: Sí, 15: N.A., 16-20: No, 21-23: N.A., 24: No, 25-26: N.A., 27: No                    |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: N.A.  |
| Residuos químicos                                     | 1-2: No, 3: Sí, 4-6: No, 7: Sí, 8-9: No, 10: Sí  |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1: Sí, 2: N.A., 3-4: No, 5: N.A., 6-10: No, 11-12: Sí  |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: No  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-12: No   |



**Cuadro D.9** Respuestas seleccionadas después de hacer la inspección a la Escuela de Química.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>   |
|---|---|
| Registros y documentos                                | 1-2: Sí, 3-7: No, 8: Sí, 9: No, 10: Sí, 11-13: No, 14: Sí, 15: No   |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: No   |
| Sistemas de extracción                                | 1-3: Sí, 4: No, 5-8: No   |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-2: No, 3: Sí, 4: No, 5-6: Sí, 7: No   |
| Equipos de protección individual                      | 1-5: Sí, 6: No  |
| Equipos en general                                    | 1-5: Sí, 6: No, 7-10: Sí, 11: N.A., 12: Sí, 13: No  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-2: Sí, 3: No, 4-6: Sí, 7: No, 8: Sí, 9: No, 10-12: Sí, 13-14: No, 15-17: Sí, 18-19: No, 20: Sí, 21: No  |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-3: No, 4-5: Sí, 6-8: No, 9-10: Sí, 11-12: No, 13: N.A., 14: No, 15: Sí, 16-17: No, 18: Sí, 19: No, 20: Sí, 21: No, 22: Sí, 23-24: No, 25-27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: Sí   |
| Residuos químicos                                     | 1-2: Sí, 3-8: No, 9-10: Sí  |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-3: Sí, 4-6: No, 7-12: Sí  |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1: Sí, 2: No, 3-9: Sí   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-12: Sí  |

**Cuadro D.10** Respuestas seleccionadas después de hacer la inspección al LAYAFA.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1-2: Sí, 3: No, 4: Sí, 5: No, 6-15: Sí   |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1: No, 2-5: Sí   |
| Sistemas de extracción                                | 1-3: Sí, 4: No, 5-8: Sí  |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-7: Sí  |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí  |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: N.A., 5-6: Sí, 7: No, 8-10: Sí, 11: No, 12-13: Sí  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-2: Sí, 3: No, 4: N.A., 5-6: Sí, 7: No, 8-18: Sí, 19: No, 20-21: Sí   |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: No, 2-5: Sí, 6-8: No, 9-12: Sí, 13: No, 14: Sí, 15: No, 16-17: N.A., 18-22: Sí, 23: No, 24-26: Sí, 27: No |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: Sí  |
| Residuos químicos                                     | 1-2: Sí, 3: No, 4: Sí, 5-6: No, 7-10: Sí   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-4: Sí, 5: No, 6-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: Sí  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: N.A., 2-8: Sí, 9: No, 10-11: Sí, 12: No   |

**Cuadro D.11** Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>   |
|---|---|
| Registros y documentos                                | 1-12: Sí, 13: No, 14-15: Sí   |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: Sí   |
| Sistemas de extracción                                | 1-8: Sí   |
| Duchas de emergencia y lavajojos                      | 1-7: Sí   |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí   |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: N.A., 5-6: Sí, 7: No, 8-9: Sí, 10-11: No, 12-13: Sí                   |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-2: Sí, 3: No, 4-7: Sí, 8-9: No, 10-13: Sí, 14: No, 15-18: Sí, 19: No, 20-21: Sí |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: Sí, 2-3: No, 4-16: Sí, 17: No, 18-24: Sí, 25: No, 26-27: Sí                    |
| Cilindros de gases                                    | 1: N.A., 2-6: Sí  |
| Residuos químicos                                     | 1-7: Sí, 8: No, 9-10: Sí  |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-5: Sí, 6: N.A., 7-12: Sí  |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: Sí   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-12: Sí  |

**Cuadro D.12** Respuestas del cuestionario de seguridad de la Escuela de Artes Plásticas.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1-4: Sí, 5: No, 6: Sí, 7-10: No, 11: Sí, 12-15: No   |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-5: Sí, 5-8: No   |
| Duchas de emergencia y lavajojos                      | 1: Sí, 2-3: No, 4: Sí, 5: No, 6: N.A., 7: Sí   |
| Equipos de protección individual                      | 1: No, 2-5: Sí, 6: N.A.  |
| Equipos en general                                    | 1-6: N.A., 7: No, 8: N.A., 9-10: No, 11: N.A., 12: No, 13: N.A.  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-3: No, 4-5: Sí, 6-9: No, 10: Sí, 11: No, 12-13: Sí, 14-15: No, 16: Sí, 17-20: No, 21: Sí   |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-2: Sí, 3: N.A., 4-7: Sí, 8: No, 9-11: Sí, 12: No, 13: N.A., 14: Sí, 15-16: Sí, 17: N.A., 18: No, 19-20: Sí, 21: No, 22: Sí, 23-25: No, 26-27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: Sí  |
| Residuos químicos                                     | 1-3: No, 4: Sí, 5-6: No, 7: Sí, 8: No, 9: N.A., 10: Sí   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-3: Sí, 4-5: No, 6: N.A., 7-12: Sí  |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1: N.A., 2: Sí, 3-5: N.A., 6-9: Sí   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-2: N.A., 3-4: No, 5-7: N.A., 8: Sí, 9-12: N.A.   |

**Cuadro D.13** Respuestas del cuestionario de seguridad de la Sede del Atlántico.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1: No, 2: Sí, 3-9: No, 10-11: Sí, 12: No, 13-14: Sí, 15: No  |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-2: Sí, 3: No, 4-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1: Sí, 2: No, 3-6: Sí, 7: No, 8: Sí  |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-3: No, 4: Sí, 5-6: No, 7: Sí   |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: No  |
| Equipos en general                                    | 1-5: Sí, 6-7: No, 8-10: Sí, 11: N.A., 12-13: Sí  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-2: Sí, 3-10: No, 11-13: Sí, 14: No, 15: Sí, 16: No, 17-18: Sí, 19-21: No                               |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-5: No, 6: Sí, 7-8: No, 9: Sí, 10-11: No, 12-14: Sí, 15-18: No, 19-21: Sí, 22-24: No, 25: Sí, 26-28: No |
| Cilindros de gases                                    | 1: Sí, 2: N.A., 3-6: Sí  |
| Residuos químicos                                     | 1: No, 2-4: Sí, 5-9: No, 10: Sí  |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-3: Sí, 4: No, 5: N.A., 6-12: Sí  |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1: No, 2-9: Sí   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: No, 2-3: Sí, 4: No, 5-8: Sí, 9: No, 10: Sí, 11: No, 12: N.A.  |

**Cuadro D.14** Respuestas del cuestionario de seguridad de la Escuela de Ingeniería en Biosistemas.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>   |
|---|---|
| Registros y documentos                                | 1-4: No, 5: Sí, 6-9: No, 10: N.A., 11-13: No, 14-15: Sí   |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-2: Sí, 3: No, 4-5: Sí   |
| Sistemas de extracción                                | 1-2: No, 3-4: Sí, 5-6: No, 7: N.A., 8: Sí   |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-4: Sí, 5: No, 6-7: Sí   |
| Equipos de protección individual                      | 1: No, 2-3: Sí, 4-6: No   |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: N.A., 5-6: Sí, 7: No, 8-10: Sí, 11: Sí, 12-13: Sí   |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1: No, 2-3: Sí, 4: N.A., 5-6: Sí, 7-9: No, 10: Sí, 11: No, 12-13: Sí, 14: No, 15: Sí, 16: No, 17: Sí, 18-19: No, 20: Sí, 21: No |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-3: No, 4-5: N.A., 6: No, 7-8: N.A., 9-14: Sí, 15-17: N.A., 18: Sí, 19-20: No, 21-23: N.A., 24-25: Sí, 26: N.A., 27: No        |
| Cilindros de gases                                    | 1: Sí, 2: N.A., 3: No, 4-5: Sí, 6: N.A.   |
| Residuos químicos                                     | 1: Sí, 2: No, 3: Sí, 4-10: No   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-4: Sí, 5: N.A., 6: No, 7-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1: Sí, 2: No, 3-9: Sí   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-3: Sí, 4: No, 5-8: Sí, 9: No, 10-12: Sí   |

**Cuadro D.15** Respuestas del cuestionario de seguridad de la Sede del Caribe.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>   |
|---|---|
| Registros y documentos                                | 1-4: Sí, 5-6: No, 7-12: Sí, 13: No, 14-15: Sí   |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1: No, 2-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-8: Sí   |
| Duchas de emergencia y lavajos                        | 1-7: Sí   |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí   |
| Equipos en general                                    | 1-13: Sí  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-7: Sí, 8-9: No, 10: Sí, 11: No, 12-17: Sí, 18-19: No, 20-21: Sí   |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: Sí, 2-3: No, 4: Sí, 5: No, 6: Sí, 7: No, 8-9: Sí, 10: No, 11-14: Sí, 15: No, 16: Sí, 17: No, 18-20: Sí, 21: No, 22-25: Sí, 26-27: No |
| Cilindros de gases                                    | 1-2: Sí, 3: N.A., 4-5: Sí, 6: N.A.  |
| Residuos químicos                                     | 1-2: No, 3: Sí, 4: No, 5-6: Sí, 7-8: No, 9: Sí, 10: N.A.  |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-4: Sí, 5: N.A., 6: No, 7-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: Sí   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-3: Sí, 4: No, 5-11: Sí  |

**Cuadro D.16** Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro de Electroquímica y Energía Química.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1-3: No, 4: Sí, 5: No, 6-7: Sí, 8-9: No, 10-12: Sí, 13: No, 14: Sí, 15: No |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-5: Sí, 6: No, 7-8: Sí  |
| Duchas de emergencia y lavajos                        | 1-4: Sí, 5: No, 6-7: Sí  |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí  |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: N.A., 5-6: Sí, 7: No, 8-10: Sí, 11: No, 12: Sí, 13: No         |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-5: Sí, 6-9: No, 10-17: Sí, 18-19: No, 20-21: Sí                          |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-12: Sí, 13: No, 14-16: Sí, 17: No, 18-27: Sí                             |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: Sí  |
| Residuos químicos                                     | 1-5: Sí, 6-8: No, 9-10: Sí   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-4: Sí, 5: N.A., 6-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: Sí  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-11: Sí, 12: N.A.   |

**Cuadro D.17** Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro de Investigaciones Agronómicas.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>   |
|---|---|
| Registros y documentos                                | 1: Sí, 2-3: No, 4-5: Sí, 6-7: No, 8-11: Sí, 12: No, 13-15: Sí   |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: Sí   |
| Sistemas de extracción                                | 1-5: Sí, 6-7: No, 8: Sí   |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-2: Sí, 3: No, 4: Sí, 5: No, 6-7: Sí   |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí   |
| Equipos en general                                    | 1-2: Sí, 3-5: N.A., 6-10: Sí, 11: N.A., 12: Sí, 13: No  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1: Sí, 2-3: No, 4-6: Sí, 7-8: No, 9-10: Sí, 11: No, 12-17: Sí, 18: No, 19: Sí, 20-21: No                                  |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: Sí, 2-4: No, 5-6: Sí, 7: No, 8-11: Sí, 12: N.A., 13: No, 14-15: Sí, 16-17: No, 18-20: Sí, 21-23: No, 24-26: Sí, 27: No |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: Sí   |
| Residuos químicos                                     | 1: No, 2-3: Sí, 4-6: No, 7: Sí, 8-9: No, 10: Sí   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-3: Sí, 4: No, 5: Sí, 6: No, 7-11: Sí, 12: No  |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1: N.A., 2-3: No, 4-8: Sí, 9: no  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: No, 2-6: Sí, 7: N.A., 8-9: Sí, 10: N.A., 11-12: No   |

**Cuadro D.18** Respuestas del cuestionario de seguridad del CIEMic.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1-3: No, 4: Sí, 5-6: No, 7-11: Sí, 12-13: No, 14-15: Sí  |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-8: Sí  |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-4: Sí, 5-7: No   |
| Equipos de protección individual                      | 1-4: Sí, 5: No, 6: Sí  |
| Equipos en general                                    | 1-5: Sí, 6: No, 7-10: Sí, 11-13: No  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-3: No, 4: Sí, 5-10: No, 11-13: Sí, 14: No, 15: Sí, 16-20: No, 21: Sí   |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: Sí, 2-3: No, 4-6: Sí, 7-8: No, 9-10: Sí, 11-13: No, 14: Sí, 15-17: No, 18: Sí, 19: No, 20: Sí, 21: No, 22: Sí, 23-24: No, 25: Sí, 26-27: No |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: Sí  |
| Residuos químicos                                     | 1-4: No, 5: Sí, 6: No, 7: Sí, 8-10: No   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-3: Sí, 4-6: No, 7-9: Sí, 10: No, 11-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: Sí  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-2: No, 3-8: Sí, 9-10: No, 11: Sí, 12: N.A.   |

**Cuadro D.19** Respuestas del cuestionario de seguridad del CIET.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1-2: Sí, 3: No, 4: Sí, 5: No, 6: Sí, 7: No, 8: Sí, 9: No, 10-11: Sí, 12-13: No, 14-15: Sí                          |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-8: Sí  |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-7: Sí  |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí  |
| Equipos en general                                    | 1-5: Sí, 6: No, 7-13: Sí   |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1: Sí, 2: No, 3: Sí, 4: No, 5: N.A., 6-11: No, 12-13: Sí, 14: No, 15-19: Sí, 20: No, 21: Sí                        |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: Sí, 2-5: N.A., 6: Sí, 7-8: N.A., 9: Sí, 10-11: N.A., 12: Sí, 13: N.A., 14: Sí, 15-23: N.A., 24: Sí, 25-27: N.A. |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: Sí  |
| Residuos químicos                                     | 1-2: Sí, 3: No, 4-10: Sí   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-4: Sí, 5: No, 6-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-2: Sí, 3: No, 4-9: Sí  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: N.A., 2-12: Sí  |

**Cuadro D.20** Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1: Sí, 2-3: No, 4: Sí, 5: No, 6-8: Sí, 9: No, 10-12: Sí, 13: No, 14-15: Sí                               |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1: No, 2: N.A., 3-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-8: Sí  |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-7: Sí  |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí  |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: N.A., 5-13: Sí   |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-3: Sí, 4: N.A., 5-6: Sí, 7-8: No, 9-18: Sí, 19: No, 20-21: Sí  |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: No, 2-12: Sí, 13: No, 14-16: Sí, 17: No, 18-20: Sí, 21: No, 22: Sí, 23: No, 24: Sí, 25: No, 26-27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: Sí  |
| Residuos químicos                                     | 1-2: Sí, 3: No, 4-5: Sí, 6: No, 7: Sí, 8: No, 9-10: Sí   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-4: Sí, 5: No, 6-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: Sí  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-8: Sí, 9: No, 10-11: Sí, 12: N.A.  |

**Cuadro D.21** Respuestas del cuestionario de seguridad de la Estación Experimental Alfredo Volio Mata.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1-3: No, 4: Sí, 5-9: No, 10: Sí, 11-14: No, 15: Sí   |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1: Sí, 2: No, 3-5: Sí, 6-7: No, 8: Sí  |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-2: No, 3-7: N.A.   |
| Equipos de protección individual                      | 1-5: No, 6: Sí   |
| Equipos en general                                    | 1-5: Sí, 6: No, 7-10: Sí, 11: No, 12-13: Sí  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-2: No, 3-5: Sí, 6: N.A., 7-9: No, 10: N.A., 11: No, 12-15: Sí, 16: No, 17: Sí, 18-21: No       |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: No, 2: Sí, 3: N.A., 4-5: No, 6: Sí, 7-12: No, 13: Sí, 14-17: No, 18-19: Sí, 20-26: No, 27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1: No, 2-3: Sí, 4-6: No  |
| Residuos químicos                                     | 1: No, 2: Sí, 3: No, 4: Sí, 5-7: No, 8: Sí, 9: No, 10: Sí  |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-3: Sí, 4-6: No, 7: Sí, 8: No, 9-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-2: No, 3-9: Sí   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-2: N.A., 3: Sí, 4: No, 5-9: Sí, 10: No, 11-12: N.A.  |

**Cuadro D.22** Respuestas del cuestionario de seguridad de la Escuela de Geografía (Física).

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1-5: Sí, 6: No, 7-11: Sí, 12: No, 13-15: Sí  |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-8: Sí  |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-5: Sí, 6: No, 7: Sí  |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí  |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: N.A., 5-6: Sí, 7: No, 8-10: Sí, 11: No, 12-13: Sí  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-5: Sí, 6: No, 7-9: N.A., 10-11: No, 12-13: Sí, 14: N.A., 15-18: Sí, 19: No, 20-21: Sí  |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: Sí, 2-3: No, 4-5: Sí, 6: No, 7: Sí, 8: No, 9-11: Sí, 12-14: N.A., 15: Sí, 16: N.A., 17-18: no, 19-20: Sí, 21: Sí, 22-24: Sí, 25: No, 26: N.A., 27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: N.A.  |
| Residuos químicos                                     | 1-3: Sí, 4: N.A., 5: Sí, 6-7: No, 8: Sí, 9: No, 10: Sí   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1: Sí, 2: N.A., 3-4: Sí, 5: No, 6: N.A., 7-12: Sí  |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: Sí  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-4: Sí, 5-8: N.A., 9-11: Sí, 12: N.A.   |

**Cuadro D.23** Respuestas del cuestionario de seguridad del Recinto de Grecia.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1-3: Sí, 4-6: No, 7-9: Sí, 10: No, 11-12: Sí, 13: No, 14-15: Sí                                    |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1: No, 2: Sí, 3: No, 4-5: Sí   |
| Sistemas de extracción                                | 1-6: Sí, 7: N.A., 8: No  |
| Duchas de emergencia y lavajos                        | 1-5: Sí, 6-7: No   |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí  |
| Equipos en general                                    | 1-2: No, 3-7: Sí, 8: No, 9-10: Sí, 11: No, 12-13: Sí   |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-2: Sí, 3: No, 4: N.A., 5-6: Sí, 7-9: No, 10: Sí, 11: No, 12-17: Sí, 18: No, 19-20: Sí, 21: No    |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: Sí, 2-3: No, 4-11: Sí, 12-13: No, 14-15: Sí, 16-17: No, 18-22: Sí, 23: No, 24-25: Sí, 26-27: No |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: Sí  |
| Residuos químicos                                     | 1: No, 2-5: Sí, 6: No, 7: Sí, 8-9: No, 10: Sí  |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-3: Sí, 4: No, 5: N.A., 6: No, 7-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: Sí  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: N.A., 2: No, 3: Sí, 4: No, 5-6: Sí, 7: N.A., 8-11: Sí, 12: N.A.                                 |

**Cuadro D.24** Respuestas del cuestionario de seguridad del Instituto Clodomiro Picado.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1: Sí, 2: No, 3-4: Sí, 5-7: No, 8: Sí, 9: No, 10-15: Sí  |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1: No, 2: Sí, 3: No, 4-5: Sí   |
| Sistemas de extracción                                | 1-5: Sí, 6: No, 7: Sí, 8: No   |
| Duchas de emergencia y lavajos                        | 1-7: Sí  |
| Equipos de protección individual                      | 1-5: No, 6: Sí   |
| Equipos en general                                    | 1-5: Sí, 6: No, 7: Sí, 8: No, 9-10: Sí, 11: No, 12: Sí, 13: No   |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-3: No, 4-5: Sí, 6-8: No, 9: Sí, 10: No, 11-13: Sí, 14: No, 15: Sí, 16-21: No   |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: Sí, 2-4: No, 5-6: Sí, 7: No, 8-9: Sí, 10-11: No, 12-15: Sí, 16-17: No, 18-22: Sí, 23-24: No, 25: Sí, 26: No, 27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: Sí  |
| Residuos químicos                                     | 1-2: Sí, 3: No, 4-7: Sí, 8: No, 9-10: Sí   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1: Sí, 2: No, 3: Sí, 4-6: No, 7: Sí, 8-10: No, 11-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-4: No, 5-8: Sí, 9: No  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: N.A., 2-4: No, 5-6: Sí, 7: No, 8: Sí, 9-11: No, 12: N.A.  |



**Cuadro D.25** Respuestas del cuestionario de seguridad del Instituto de Investigaciones en Ingeniería.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1-5: Sí, 6: No, 7-15: Sí   |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-6: Sí, 7-8: No   |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-4: Sí, 5: No, 6-7: Sí  |
| Equipos de protección individual                      | 1-4: No, 5-6: Sí   |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: N.A., 5-6: Sí, 7: No, 8-10: Sí, 11: No, 12-13: Sí  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-6: Sí, 7-9: No, 10-13: Sí, 14: No, 15-18: Sí, 19: No, 20-21: Sí  |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: Sí, 2-3: No, 4-6: Sí, 7: No, 8-14: Sí, 15: No, 16: Sí, 17: No, 18-22: Sí, 23: No, 24-25: Sí, 26: N.A., 27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1: Sí, 2: N.A., 3: No, 4: Sí, 5-6: No  |
| Residuos químicos                                     | 1-4: Sí, 5: No, 6-7: Sí, 8: No, 9-10: Sí   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-2: Sí, 3-4: No, 5: N.A., 6: No, 7-12: Sí   |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: Sí  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: N.A., 2: No, 3: Sí, 4: N.A., 5-10: Sí, 11-12: Sí  |

**Cuadro D.26** Respuestas del cuestionario de seguridad de Intersedes.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>  |
|---|--|
| Registros y documentos                                | 1: No, 2-4: Sí, 5-6: No, 7-8: Sí, 9: No, 10-15: Sí   |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: N.A.  |
| Sistemas de extracción                                | 1: Sí, 2: No, 3-5: Sí, 6-7: No, 8: Sí  |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-7: Sí  |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí  |
| Equipos en general                                    | 1-10: Sí, 11-12: N.A., 13: Sí  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1: N.A., 2: Sí, 3: No, 4-6: Sí, 7-8: No, 9-13: Sí, 14: N.A., 15-19: Sí, 20: No, 21: Sí                       |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-2: No, 3: N.A., 4-6: Sí, 7: N.A., 8-16: Sí, 17: No, 18-21: Sí, 22-23: No, 24: Sí, 25: No, 26: N.A., 27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: N.A.  |
| Residuos químicos                                     | 1-8: Sí, 9-10: N.A.  |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1: Sí, 2: N.A., 3: Sí, 4-6: No, 7: Sí, 8: No, 9: Sí, 10-11: No, 12: Sí                                       |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: Sí  |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: N.A., 2-11: Sí, 12: N.A.  |

**Cuadro D.27** Respuestas del cuestionario de seguridad del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>   |
|---|---|
| Registros y documentos                                | 1-4: Sí, 5-6: No, 7-15: Sí  |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: N.A.   |
| Sistemas de extracción                                | 1-8: Sí   |
| Duchas de emergencia y lavajojos                      | 1-5: Sí, 6: No, 7-8: Sí   |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí   |
| Equipos en general                                    | 1-10: Sí, 11: N.A., 12: Sí, 13: No  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-2: Sí, 3: No, 4-6: Sí, 7-8: No, 9-21: Sí  |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-2: Sí, 3: N.A., 4-6: Sí, 7: N.A., 8-10: Sí, 11: No, 12-15: Sí, 16-17: N.A., 18-27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: Sí   |
| Residuos químicos                                     | 1-7: Sí, 8: No, 9-10: Sí  |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-12: Sí  |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: Sí   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-11: Sí, 12: N.A.  |

**Cuadro D.28** Respuestas del cuestionario de seguridad del Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>   |
|---|---|
| Registros y documentos                                | 1-2: Sí, 3: No, 4-8: Sí, 9: No, 10-15: Sí   |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1-5: Sí   |
| Sistemas de extracción                                | 1-6: Sí, 7-8: No  |
| Duchas de emergencia y lavajojos                      | 1: Sí, 2: No, 3-5: Sí, 6: N.A., 7: Sí   |
| Equipos de protección individual                      | 1: No, 2-6: Sí  |
| Equipos en general                                    | 1-3: Sí, 4: N.A., 5-10: Sí, 11: N.A., 12-13: Sí   |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1: Sí, 2: No, 3: Sí, 4: N.A., 5: Sí, 6-8: N.A., 9: Sí, 10: No, 11-18: Sí, 19: No, 20: Sí, 21: No                    |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-3: No, 4-6: Sí, 7: N.A., 8-14: Sí, 15: No, 16-17: N.A., 18-20: Sí, 21: No, 22-23: Sí, 24-25: No, 26: N.A., 27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1: Sí, 2: N.A., 3-5: Sí, 6: No  |
| Residuos químicos                                     | 1: No, 2: N.A., 3-7: Sí, 8: No, 9-10: Sí  |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1: Sí, 2: N.A., 3-4: Sí, 5-6: N.A., 7-12: Sí  |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: Sí   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-2: N.A., 3-6: Sí, 7: N.A., 8-10: sí, 11-12: N.A.  |

**Cuadro D.29** Respuestas del cuestionario de seguridad de la Facultad de Microbiología.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>                           |
|---|---|
| Registros y documentos                                | 1-2: Sí, 3: No, 4: Sí, 5-6: No, 7-15: Sí                    |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1: No, 2-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-8: Sí   |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-7: Sí   |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí   |
| Equipos en general                                    | 1-10: Sí, 11: N.A., 12-13: Sí                               |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-6: Sí, 7-8: No, 9-18: Sí, 19: No, 20-21: Sí               |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: Sí, 2-3: No, 4-16: Sí, 17: No, 18-25: Sí, 26: No, 27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1-6: Sí   |
| Residuos químicos                                     | 1: No, 2: N.A., 3: Sí, 4: No, 5-9: N.A., 10: Sí             |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-4: Sí, 5: N.A., 6-12: Sí                                  |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1-9: Sí   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1-12: Sí  |

**Cuadro D.30** Respuestas del cuestionario de seguridad de la Sede de Puntarenas.

| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>   |
|---|---|
| Registros y documentos                                | 1: Sí, 2: No, 3: Sí, 4-6: No, 7-9: Sí, 10: No, 11-12: Sí, 13: No, 14-15: Sí                               |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1: No, 2-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-8: Sí   |
| Duchas de emergencia y lavaojos                       | 1-7: Sí   |
| Equipos de protección individual                      | 1-2: Sí, 3: No, 4-5: Sí, 6: No  |
| Equipos en general                                    | 1-2: Sí, 3: No, 4-10: Sí, 11: No, 12-13: Sí   |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1-3: Sí, 4: N.A., 5-6: Sí, 7-9: No, 10-18: Sí, 19-21: No  |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1: Sí, 2-3: No, 4: Sí, 5: No, 6: Sí, 7: N.A., 8-15: Sí, 16: N.A., 17: No, 18-22: Sí, 23-24: No, 25-26: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1: Sí, 2: N.A., 3-5: Sí, 6: N.A.  |
| Residuos químicos                                     | 1: Sí, 2: No, 3-7: Sí, 8: No, 9-10: Sí  |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1-5: Sí, 6: N.A., 7-11: Sí, 12: No  |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1: Sí, 2: N.A., 3-9: Sí   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: N.A., 2-11: Sí, 12: No   |

**Cuadro D.31** Respuestas del cuestionario de seguridad de la Escuela de Tecnología de Alimentos.

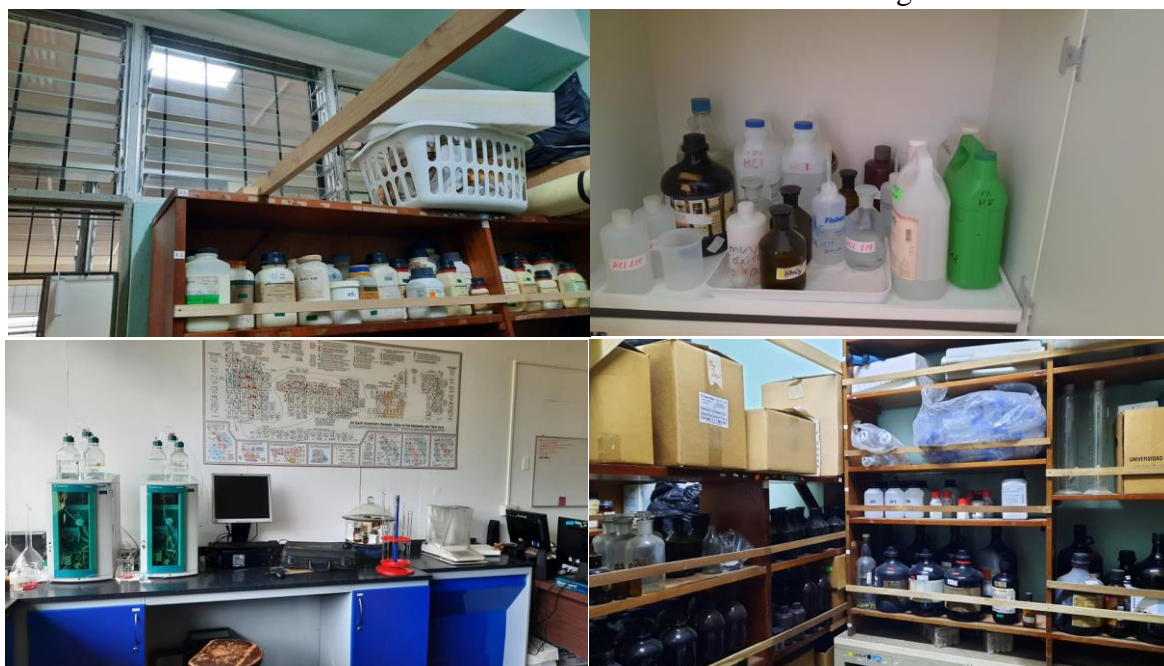
| <b>Sección</b>  | <b>Número de ítem y respuesta</b>   |
|---|---|
| Registros y documentos                                | 1-5: Sí, 6: No, 7-15: Sí  |
| Congeladores y refrigeradores                         | 1: N.A., 2-5: Sí  |
| Sistemas de extracción                                | 1-8: Sí   |
| Duchas de emergencia y lavajos                        | 1-7: Sí   |
| Equipos de protección individual                      | 1-6: Sí   |
| Equipos en general                                    | 1-7: Sí, 8: No, 9-11: Sí, 12: N.A., 13: Sí  |
| Manejo de emergencias y seguridad                     | 1: N.A., 2-6: Sí, 7-8: No, 9-18: Sí, 19: No, 20-21: Sí  |
| Almacenamiento de productos químicos                  | 1-2: Sí, 3: N.A., 4-6: Sí, 7: N.A., 8 No, 9-10: Sí, 11: N.A., 12-16: Sí, 17: No, 18-23: Sí, 24: No, 25-27: Sí |
| Cilindros de gases                                    | 1: Sí, 2: N.A., 3-5: Sí   |
| Residuos químicos                                     | 6: N.A.   |
| Laboratorios (instalaciones y condiciones de trabajo) | 1: Sí, 2: No, 3-7: Sí, 8: No, 9-10: Sí  |
| Buenas prácticas de laboratorio                       | 1: Sí, 2: N.A., 3-9: Sí   |
| Manipulación de sustancias químicas y cristalería     | 1: N.A., 2-11: Sí, 12: N.A.   |

## Apéndice E. Archivo fotográfico de las inspecciones.

### Escuela de Geología.



**Figura E.1** Fotografías de la ducha de emergencia, refrigerador, manta antishock, capilla e instalaciones del laboratorio de la Escuela de Geología.



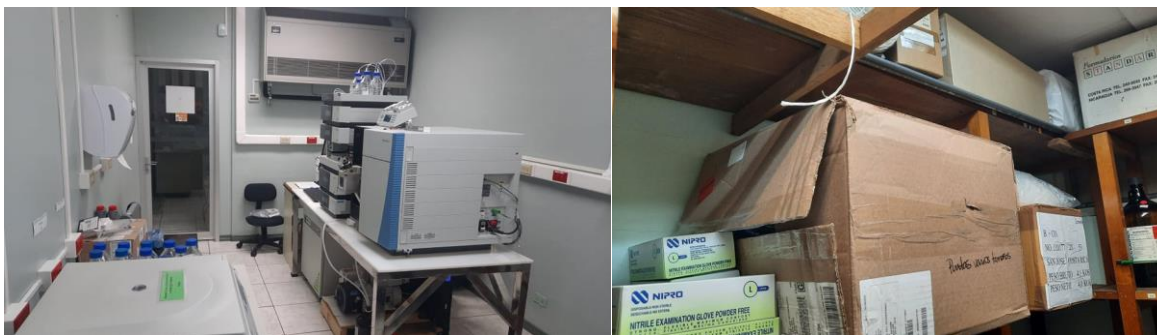
**Figura E.2** Fotografías del almacenamiento y laboratorio de la Escuela de Geología.

**Laboratorio de Ensayos Biológicos (LEBi).**

**Figura E.3** Fotografías del almacén de productos, refrigerador y un cilindro de dióxido de carbono del LEBi.



**Figura E.4** Fotografías de la capilla, ducha de emergencia y almacenamiento del LEBi.

**Centro para Investigaciones en Granos y Semillas (CIGRAS).****Figura E.5** Fotografías del laboratorio y del almacenamiento del CIGRAS.**Figura E.6** Fotografías del refrigerador, almacén, capilla y un cilindro de gas del CIGRAS.



**Figura E.7** Fotografías de una salida de emergencia, almacenamiento de cilindros, ducha de emergencia y almacén de reactivos del CIGRAS.



**Figura E.8** Fotografías de un cilindro de gas y de los cuartos de almacenamiento del CIGRAS.



**Escuela de Biología.**

**Figura E.9** Fotografías del almacenamiento de reactivos en laboratorio y de los refrigeradores para muestras de la Escuela de Biología.



**Figura E.10** Fotografías del almacenamiento y residuos de la Escuela de Biología.



**Figura E.11** Fotografías del almacenamiento de reactivos de la Escuela de Biología Centro de Investigación en Ciencias Atómicas Nucleares y Moleculares (CICANUM).



**Figura E.12** Fotografías del laboratorio y almacenamiento de reactivos del CICANUM.



**Figura E.13** Fotografías de extintores, laboratorio y almacenamiento de reactivos del CICANUM.

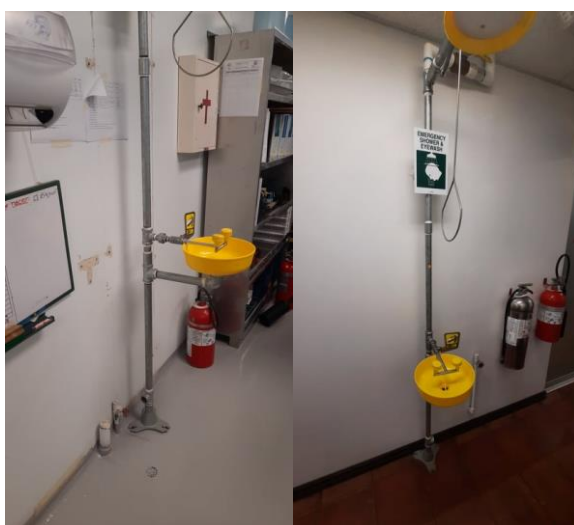
**Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA).**



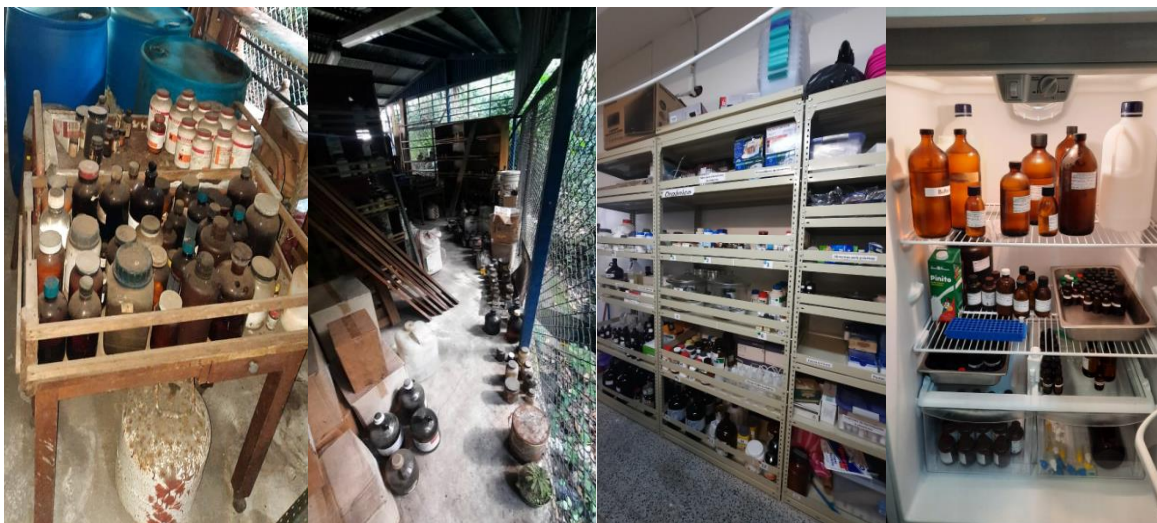
**Figura E.14** Fotografías de residuos químicos en área verde, laboratorios y refrigeradores del CINA.



**Figura E.15** Fotografías del almacenamiento de residuos y reactivos del CINA.



**Figura E.16** Fotografías de duchas y extintores del CINA.

**Facultad de Medicina.**

**Figura E.17** Fotografías del almacenamiento de reactivos y refrigerador de la Facultad de Medicina.



**Figura E.18** Fotografías de los extintores, cilindros de gas y del laboratorio de la Facultad de Medicina.



**Figura E.19** Fotografías del almacén de residuos y almacenamiento de reactivos de la Facultad de Medicina.

### Escuela de Química



**Figura E.20** Fotografías del laboratorio y del almacenamiento en la Escuela de Química.



**Figura E.21** Fotografías de las capillas de extracción, ducha de emergencia, lavaojos y refrigerador de la Escuela de Química.



**Figura E.22** Fotografías de las instalaciones del laboratorio, un extintor mal colocado y cilindros de hidrógeno y nitrógeno de la Escuela de Química.

### Laboratorio de Análisis y Asesoría

#### Farmacéutica (LAYAFA)



**Figura E.23** Fotografías del almacenamiento de cilindros de gas y residuos en LAYAFA.



**Figura E.24** Fotografías de un extintor, ducha de emergencia, lavajos y las instalaciones del laboratorio en LAYAFA.



**Figura E.25** Fotografías de un extintor mal colocado, almacenamiento de reactivos, refrigerador e instalaciones de laboratorio en LAYAFA.





**Figura E.26** Fotografías del laboratorio y del almacenamiento en LAYAFA.

**Jardín Botánico Lankester (Laboratorio de Histología, ADN, Cultivo in vitro)**



**Figura E.27** Fotografías del almacenamiento en el Jardín Botánico Lankester.



**Figura E.28** Fotografías de la ducha de emergencia, lavajos, refrigeradores, instalaciones y cilindro extintor del Jardín Botánico Lankester.