Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán

Vice-Rectoría de Investigación y Postgrado
Dirección de Postgrado

TÍTULO DE TÉSIS:

Evaluación semi-cuantitativa del riesgo y la gestión de sustancias químicas peligrosas en los laboratorios de ciencias naturales de los institutos de educación media del municipio del Distrito Central de Honduras.

TÉSIS PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Magister en Educación en Ciencias Naturales
con Orientación en la Enseñanza de la Química

TESISTA:

Luis Enrique Santos Figueroa

ASESORA:

PhD. Mirtha Lisset Ferrary Betancourt

Tegucigalpa, M. D. C., Septiembre de 2009

RECTORA:
MSc. Lea Azucena Cruz

VICE RECTOR ACADÉMICO:
MSc. David Orlando Marín

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADO:
Dr. Truman B. Membreño

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO:
MSc. Hermes Alduvín Díaz

SECRETARIA GENERAL:
MSc. Iris Milagro Erazo

DIRECTORA DE POSTGRADO:
Dra. Jenny Margoth Zelaya

DEDICATORIA:

Dedico el presente trabajo de tesis y mi carrera universitaria primeramente a **Dios** quien siempre ha mantenido su mano sobre mí, aun cuando yo me alejase de Él, confiando en el corazón que yo mismo desconozco poseer; en segundo lugar a mis padres:

Rosa Jeannette Figueroa, quien inició mi camino en las ciencias y supo alentar siempre mi pasión, Dios le guarde en su regazo y le permita saber que este logro es parte de su legado y dedicado a su honor.

José Arnaldo Santos, quien en silencio y sin condición me ha brindado su apoyo y confianza para lograr alcanzar las metas que hasta ahora me he propuesto, la mejor de las herencias y la mayor muestra de dedicación, a él mi reconocimiento y gratitud.

No hay palabras suficientes que expresen mi agradecimiento por todo cuanto han hecho por mí, por ello les dedico públicamente este triunfo profesional, el cual no hubiese sido posible sin su presencia en mi vida.

Gracias Infinitas
Su Hijo: **Luis Enrique Santos Figueroa**

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES:

A mis hermanos, pareja y amigos que me han brindado su incondicional apoyo y me han animado a seguir adelante cada día, a todos ellos gracias por su confianza y paciencia, sin su ayuda ningún logro tendría el dulce sabor a triunfo, como el que hoy comparto con sus anónimos rostros que siempre guardare en mi corazón.

A la PhD. Mirtha Ferrary, el MSc. Alex Padilla y el PhD. Russbel Hernández quienes me brindaron su sabia asesoría y compartieron desinteresadamente sus conocimientos, mi eterna gratitud, amistad y respeto a cada uno de ellos.

Extiendo también mi agradecimiento a mis **colaboradores**: aplicadores, estudiantes, Directores, Administradores e Instructores de los centros educativos participantes, quienes amablemente me brindaron su ayuda y tiempo para realizar mi estudio; así como a los miembros de la **terna examinadora**, que tan atentamente han aceptado brindarme su experiencia para revisar y evaluar los resultados de este trabajo, procurando su terminación con éxito.

Finalmente, no podría faltar mi sincero agradecimiento para **mis catedráticos y compañeros** quienes han puesto en juego su propio ser para brindarme la oportunidad de aprender de ellos y otorgarme la gracia de su amistad durante este tiempo, mil gracias a todos.

"Porque sé que el éxito no es cuestión de suerte, sino una mezcla de bendición y esfuerzo…gracias por ser parte de esta bendición y animar mi espíritu en el camino"

Luis Enrique Santos

Índice General

ÍNDICE GENERAL **6**
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES **14**
ÍNDICE DE ECUACIONES **14**
ÍNDICE DE TABLAS **15**
DEFINICIÓN DE SIGLAS EMPLEADAS **17**
1. INTRODUCCIÓN **23**
1.1. RESUMEN 23
1.2. PALABRAS CLAVES 24
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 24
1.4. ANTECEDENTES 25
1.5. JUSTIFICACIÓN 26
1.6. OBJETIVOS DEL ESTUDIO 28
1.6.1. Objetivos Generales *28*
1.6.2. Objetivos Específicos *28*
1.7. HIPÓTESIS 29
1.7.1. Hipótesis de Investigación *29*
1.7.2. Hipótesis Nulas *29*
2. MARCO TEÓRICO **30**
2.1. LA QUÍMICA VERDE (MARCO FILOSÓFICO DE LA INVESTIGACIÓN) 30
2.1.1. La Química Verde Como Una Nueva Filosofía de Producción y Prevención *30*
2.1.2. Los Orígenes de la Química Verde *31*
2.1.3. Los doce principios de la Química Verde *31*
2.1.4. La Química del Clic y La Química Ambiental Bajo el Enfoque Verde *33*
2.1.5. Promoción de la Química Verde a nivel mundial *34*
2.1.6. Algunas Innovaciones en Química Verde *35*
2.2. EDUCACIÓN Y QUÍMICA VERDE 37
2.2.1. Panorama Mundial de La Química Verde en la Educación *37*
2.2.2. Incursión de la Química Verde en la Educación Superior *38*
2.2.3. Química Verde en el Currículum *39*
2.3. CONVENIOS Y TRATADOS INTERNACIONALES 40
2.3.1. Convenio de Basilea *40*
2.3.2. Convenio de Estocolmo *41*
2.3.3. Convenio de Rótterdam *41*
2.3.4. Cumbre para la Tierra (Declaración de Río) *42*
2.4. SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS (SQP) 43
2.4.1. Consideraciones Generales *43*
2.4.2. Definición de Sustancia Química Peligrosa *44*
2.4.3. Clasificación de la ONU de Material Peligroso *44*
2.4.4. Clasificación de Peligrosidad de la ONU *48*
2.4.5. Números ONU *48*
2.4.6. Creación y Generalidades del SGA *49*
2.4.7. Clasificación de Sustancias Químicas Peligrosas del SGA *51*
2.5. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD 52
2.5.1. Elementos de Seguridad en El Etiquetado de Sustancias Químicas *52*
2.5.2. Pictogramas de Peligro *52*

2.5.3. Diamante de Fuego *54*
2.5.4. Frases R y S *55*
2.5.5. Fichas de Datos de Seguridad (FDS) *56*
2.5.6. Números CAS *57*
2.6. EQUIPO Y MATERIAL DE SEGURIDAD 58
2.6.1. Equipo y Material Básico de Seguridad para un LCN *58*
2.6.2. Consideraciones del Equipo de Protección Individual *59*
2.6.3. Pautas Generales Para el Uso Seguro de los Equipos de Protección *65*
2.7. PELIGRO, RIESGO Y GESTIÓN 67
2.7.1. Consideraciones *67*
2.7.2. Definición de Peligro *67*
2.7.3. Definición de Exposición *67*
2.7.4. Definición de Riesgo *68*
2.7.5. Evaluación de Riesgos Químicos *69*
2.7.6. Evaluación Semi-cuantitativa y Cualitativa de Riesgos *74*
2.7.7. Modelo de Evaluación General de Riesgos del INSHT *77*
2.7.8. Gestión de Riesgo *84*
2.7.9. Gestión de Sustancias Químicas *84*
2.7.10. Estimación del Grado de Conciencia *87*

3. MARCO METODOLOGICO 88

3.1. UNIDAD DE ANÁLISIS 88
3.1.1. Definiciones *88*
3.2. DISEÑO Y MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN 89
3.2.1. Diseño de Investigación *89*
3.2.2. Modalidad de Investigación *89*
3.3. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO 89
3.3.1 Limitaciones del Estudio *89*
3.3.2 Alcances de la Investigación *90*
3.3.3 Frontera de Estudio *91*
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA 91
3.4.1. Definición de la Población de Estudio *91*
3.4.2. Cálculo de la Muestra *92*
3.4.3. Metodología de Selección de los Institutos de la Muestra *96*
3.5. RECOLECCIÓN DE DATOS 97
3.5.1. Técnicas de Recolección de Información *97*
3.5.2. Instrumentos Aplicados *97*
3.5.3. Estrategias en la Recolección de Datos *99*
3.6. ANÁLISIS DE DATOS 103
3.6.1. Software Empleado para Análisis de Datos *103*
3.6.2. Procesamiento de Datos *103*
3.6.3. Análisis de Resultados *105*

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS 107

4.1. ESTADÍSTICA GENERAL 107
4.1.1. Total de Institutos de Educación Media en el DC por Categorías *107*
4.1.2. Institutos que Poseen LACN en el DC *108*
4.1.3. Población Estudiantil Atendida en Educación Media en el DC *111*
4.1.4. Población Estudiantil Atendida en Institutos con Laboratorios de CCNN *112*
4.2. PRESENCIA DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS EN LOS IEM 113
4.2.1. Formas y Fuentes de Obtención de Sustancias Químicas en los Institutos *114*
4.2.2. Tipos de SQP vs. Porcentaje de Institutos que las Poseen *116*
4.2.3. Variedad de Tipos de SQP por Categorías de Institutos *117*

4.2.4. Sustancias Químicas Peligrosas Encontradas en los LACN de los IEM *118*
4.2.5. SQP de Uso Sugerido en los Manuales de Laboratorio Vigentes *120*
4.3. SEGURIDAD INSTALADA EN LOS LABORATORIOS DE LOS IEM 123
4.3.1. Equipo de Seguridad Disponible en los Laboratorios *123*
4.3.2. Infraestructura y Mantenimiento de los Laboratorios *125*
4.3.3. Acondicionamiento de los Laboratorios *128*
4.3.4. Organización y Distribución de Espacios y Equipo *130*
4.3.5. Rutas y Sistemas de Evacuación Funcionales *131*
4.4. PRÁCTICAS DE ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS 132
4.4.1 Tipos de Almacén con que Cuentan los LCN en los IEM *132*
4.4.2. Condiciones de Seguridad del Área de los Almacén de SQ en los LACN *132*
4.4.3. Evaluación de la Disponibilidad de Información Sobre Almacenamiento Seguro *135*
4.4.4. Evaluación del Envasado y Etiquetado de Sustancias Químicas *138*
4.5. PRÁCTICAS DE MANIPULACION DE SUSTANCIAS QUÍMICAS 139
4.5.1. Disponibilidad de Información Sobre Manipulación Segura de SQ *139*
4.5.2. Capacitación del personal y estudiantes sobre manipulación de SQP *142*
4.5.3. Historial de accidentes ocurridos durante la manipulación de SQ *144*
4.5.4. Equipo de Protección Individual (EPI) empleado por los usuarios de los LACN *144*
4.6. PRÁCTICAS DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE SQP 146
4.6.1. Conocimiento de Leyes y Regulaciones Nacionales *146*
4.6.2. Clasificación de los residuos químicos *147*
4.6.3. Tratamiento y Neutralización de SQP *147*
4.6.4. Disposición Final de los Residuos de SQ *148*
4.6.5. Residuos Peligrosos Encontrados en los Alrededores de los Laboratorios *148*
4.6.6. Grado de conciencia sobre las prácticas de manejo de los residuos de SQ *149*
4.7. FACTORES DE RIESGO FÍSICOS Y BIOLÓGICOS EN LOS ALREDEDORES 151
4.7.1. Riesgos Físicos en los Alrededores del Laboratorio y Almacén *151*
4.7.2. Riesgos Biológicos en los Alrededores del Laboratorio y Almacén *152*

5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS 153

5.1. DIFERENCIAS ENTRE LAS CATEGORÍAS DE IEM POR NATURALEZA 153
5.2. EVALUACIÓN GENERAL DE RIESGOS 154
5.2.1. Identificación de Peligros en los LACN *154*
5.2.2. Evaluación de la Exposición *158*
5.2.3. Niveles y Valoración de los Riesgos *159*
5.3. EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN Y ESTIMACIÓN DE RIESGOS RESIDUALES 161
5.4. VALORACIÓN CUALITATIVA DE LA QUÍMICA VERDE EN LOS LACN 163

6. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS 164

6.1. CONCLUSIONES GENERALES 164
6.2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN 167

7. REFERENCIAS 168

8. ANEXOS 172

ANEXO 1: EJEMPLO DE UNA GUÍA DE LABORATORIO CLÁSICA DE QUÍMICA ORGÁNICA, REFORMADA BAJO LOS PRINCIPIOS DE LA QUÍMICA VERDE. 172
ANEXO 2: EJEMPLO DE LA GUÍA PARA MAESTROS DEL MÓDULO SOBRE BIODIESEL DEL PROGRAMA DE "QUÍMICA VERDE EN EL CURRICULUM" DE LA FISHER COMPANY 176
ANEXO 3: RESUMEN DE LAS PRUEBAS SUGERIDAS EN EL MANUAL DE PRUEBAS Y CRITERIOS DE LA ONU PARA CADA CLASE (SERIE) DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS, CON SU RESPECTIVA CLASIFICACIÓN POR TIPO Y CÓDIGO 180
ANEXO 4: PICTOGRAMAS USADOS EN EL ETIQUETADO DE PRODUCTOS QUÍMICOS 181
ANEXO 5: DIAMANTE IDENTIFICATIVO DE PELIGRO SEGÚN NORMA NFPA 704 184

ANEXO 6: Frases R y S 185
ANEXO 7: Ejemplo de FDS 192
ANEXO 8: Sitios web que proporcionan acceso a FDS 195
ANEXO 9: Número de Registros CAS de las SQP encontradas en los LACN 196
ANEXO 10: Clasificación e Identificación de Peligrosidad y Riesgos Intrínsecos de las SQP encontradas en el estudio. 197
ANEXO 11: Valoración de la Efectividad de los Referentes Empíricos Medidos 199
ANEXO 12: IEM registrados en la Secretaría de Educación para el año 2006. 203
ANEXO 13: Análisis de Varianza de un Factor (Generalidades de las Pruebas ANOVA) 208
ANEXO 14: Instrumentos de Investigación 209

Índice de Ilustraciones

(Tabla de Referencias de Figuras y Gráficos)

Figura 1: *Isómeros cis y trans de ácidos grasos* 36
Figura 2: *Estructuras moleculares de la glicerina y el propilenglicol* 37
Figura 3: *Ejemplo de indicaciones para la reproducción de pictogramas de peligro* 53
Figura 4: *Diamante de Fuego - NFPA 704* 54
Figura 5: *Ejemplo de etiqueta para guantes de seguridad* 63
Figura 6: *Esquema de las Fases del ACV de Acuerdo a la Serie de Normas ISO-14040* 85
Figura 7: *Estructura del ACV bajo estándares ISO* 86
Figura 8: *Esquema lógico de la determinación de la muestra* 95
Gráfico 9: *Distribución porcentual de los IEM con LACN por categoría* 109
Gráfico 10: *Contraste entre la tenencia y ausencia de LACN por categoría de IEM* 110
Gráfico 11: *Distribución porcentual de matrícula del 2006 en IEM según su categoría* 112
Gráfico 12: *Distribución de los estudiantes matriculados en IEM que cuentan con LACN* 113
Gráfico 13: *Porcentaje de IEM que poseen cada tipo de SQP* 116
Gráfico 14: *Comparación de los resultados de valoración de limpieza y estado general de la infraestructura de los LACN por categoría de IEM* 127
Gráfico 15: *Capacitación recibida por el personal de los LACN sobre el almacenamiento seguro de SQ* 137
Gráfico 16: *Porcentaje de consulta a bases de datos sobre normas de almacenamiento de SQ* 137
Gráfico 17: *Frecuencias relativas de empleo de manuales vs. guías aisladas de laboratorio en los IEM* 141
Gráfico 18: *Comparación entre categorías de IEM sobre el empleo de manuales de laboratorio* 141
Gráfico 19: *Comparación entre porcentaje de alumnos y profesores sobre su conocimiento y manejo de señales de seguridad y riesgo en las etiquetas de SQP* 143
Gráfico 20: *Porcentaje de usuarios de LACN por tipo de guantes empleados como EPI en los IEM* 145
Gráfico 21: *Conocimiento sobre la legislación aplicable a Honduras sobre la eliminación de SQ* 146
Gráfico 22: *Opinión sobre la Realización de Clasificación de los Materiales que se Eliminan en los LACN* 147
Gráfico 23: *Opinión de Profesores y Alumnos Sobre el Manejo de los Residuos Químicos* 149

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: *Definición Técnica Cuantitativa del Riesgo* 68
Ecuación 2: *Cálculo de la Efectividad de los Controles o Factores de Gestión de Riesgo* 83
Ecuación 3: *Cálculo del Riesgo Residual Parcial Correspondiente a Cada Indicador* 83
Ecuación 4: *Estimación del Grado de Percepción Social* 87
Ecuación 5: *Tamaño de la muestra sin ajustar* 93
Ecuación 6: Tamaño de la Muestra Ajustada 94
Ecuación 7: *Tamaño de la muestra por estrato* 95

Índice de Tablas

Tabla 1: *Ejemplo de Frases de Riesgo (Frases R)* 55
Tabla 2: *Ejemplo de Frases de Seguridad (Frases S)* 55
Tabla 3: *Determinación del Tipo de EP a utilizar en base a las vías de entrada de las SQ empleadas* 60
Tabla 4: *Selección del subtipo de EP para vías respiratorias por condiciones ambientales* 61
Tabla 5: *Clases de protección de filtros usados frente a partículas* 61
Tabla 6: *Clases de protección de filtros usados frente a gases.* 62
Tabla 7: *Índices de protección de guantes en función del tiempo de transpiración* 62
Tabla 8: *Clasificación de las ropas de protección por la forma física del contaminante tolerable* 63
Tabla 9: *Clasificación de gafas de protección acorde a su campo de uso* 64
Tabla 10: *Recomendaciones de uso para tipo de EPI* 66
Tabla 11: *Matriz de Riesgos Potenciales de SQ en el Modelo de Columnas del PNUMA* 78
Tabla 12: *Sub-matriz para identificación de SQP en Listas Negras del INSHT* 78
Tabla 13: *Escala de valoración cualitativa de riesgo acorde al modelo INSHT* 79
Tabla 14: *Escala de valoración del impacto potencial de severidad de los daños en el INSHT* 79
Tabla 15: Matriz semi-cuantitativa de niveles de riesgo en el INSHT 80
Tabla 16: Matriz cualitativa de niveles de riesgo para el modelo INSHT 80
Tabla 17: *Tabla de Valoración de Niveles de Riesgo** 81
Tabla 18: *Escala de valoración de controles de riesgo por efectividad para el modelo INSHT* 82
Tabla 19: Comparación del ACV con otras herramientas de gestión ambiental 86
Tabla 20: *Muestra estadística por estratos* 95
Tabla 21: *Matriz de Evaluación General de la Calidad de la Gestión y Riesgos Residuales* 106
Tabla 22: *Distribución por categorías de los IEM* 107
Tabla 23: *Tabla de contingencia de los IEM por categoría y tenencia de LACN* 108
Tabla 24: *Chi-cuadrado para las categorías de IEM por su tenencia de LACN* 109
Tabla 25: *Distribución de frecuencias de volumen de matrícula por categoría de IEM para el 2006* 111
Tabla 26: *Distribución de estudiantes en los IEM por categoría y tenencia de LACN* 112
Tabla 27: *ANOVA para las categorías de IEM en cuanto a sus fuentes de obtención de SQ* 115
Tabla 28: *Tipos de SQP encontradas en los LACN de los IEM* 116
Tabla 29: *Comparación entre las Medias Aritméticas de la variedad de tipos de SQP* 117
Tabla 30: *Análisis de Varianza en Una Dirección para la variedad de SQP por cada categoría de IEM* 118
Tabla 31: *SQP encontradas en los LACN* 119
Tabla 32: *SQP de uso sugerido en los manuales de laboratorio de los IEM* 121
Tabla 33: *Frecuencias Relativas de la Tenencia de los Equipos de Seguridad Básicos en los IEM con LACN* 124
Tabla 34: *Comparación de medias aritméticas entre categorías de IEM por el número de equipos básicos de seguridad instalados en sus LACN* 125
Tabla 35: *ANOVA para las medias aritméticas de las categorías de IEM por tenencia de equipos de seguridad instalados en sus LACN* 125
Tabla 36: *Tabla de Contingencia de Frecuencias Relativas sobre la Valoración de la limpieza y estado general de la infraestructura de los LACN* 126
Tabla 37: *Tabla de Contingencia - Valoración de las Frecuencias Relativas sobre las condiciones de iluminación y ventilación de los LCN por categoría de IEM* 129
Tabla 38: *ANOVA para la comparación de categorías de IEM por condiciones de iluminación y ventilación* 129
Tabla 39: *De la organización y distribución de espacios y equipo en los LACN* 130
Tabla 40: *Evaluación de rutas y sistemas de evacuación* 131
Tabla 41: *Aislamiento del área de almacén de SQ en los IEM* 133
Tabla 42: *Seguridad instalada y condiciones de la infraestructura del área de almacén* 133
Tabla 43: *Resultados sobre las observaciones de la organización y distribución de las SQ en el almacén* 134
Tabla 44: *Tipos de contenedores utilizados para SQP en los LACN de los IEM* 138
Tabla 45: *Resultados Porcentuales sobre la señalización general en el área de almacén* 139

TABLA 46: *COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL NÚMERO DE DOCUMENTOS DE SEGURIDAD PRESENTES EN LOS LACN POR CADA CATEGORÍA DE IEM* 140
TABLA 47: *RIESGOS FÍSICOS EN LOS ALREDEDORES DE LOS LACN* 151
TABLA 48: *RIESGOS BIOLÓGICOS EN LOS ALREDEDORES DE LOS LACN* 152
TABLA 49: *IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS EN LOS LACN BAJO EL MODELO DE COLUMNAS* 155
TABLA 50: *LISTADO DE SUSTANCIAS IDENTIFICADAS EN LOS LACN CON ALTO Y MUY ALTO PELIGRO ASOCIADO* 155
TABLA 51: *SQP DE LA LISTA NEGRA DEL INSHT ENCONTRADAS EN LOS LACN* 156
TABLA 52: *VALORACIÓN SEMI-CUANTITATIVA DEL NIVEL DE RIESGO PARA CADA INDICADOR VALORADO EN LOS LACN* 159
TABLA 53: *INTERPRETACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO* 160
TABLA 54: VALORACIÓN DE LOS RIESGOS RESIDUALES PARCIALES Y TOTALES EN LOS LACN 161

DEFINICIÓN DE SIGLAS EMPLEADAS

AA: Auditoría Ambiental.

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales).

ACS: La Sociedad Americana de Química.

ACV: Análisis del Ciclo de Vida.

AMDC: Alcaldía Municipal del Distrito Central.

ANOVA: Análisis de Varianza.

ANSI: American National Standards Institute (Instituto Americano de Normas Nacionales).

AQA: Asociación Química Argentina.

ATSDR: Agency for Toxic Substances & Disease Registry (Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades de los Estados Unidos de América).

BGIA: Institut für Arbeitsschutz in Sankt Augustin (Instituto para la protección laboral de San Agustin, Alemania).

CANUTEC: Canadian Transport Emergency Centre (Centro Canadiense de Emergencia del Transporte).

CAS: Chemical Abstracts Service (Servicio de Resúmenes Químicos).

CCNN: Ciencias Naturales.

CEE: Comunidad Económica Europea.

CERAPIE Chemistry Education: Research And Practice In Europe (Educación Química: Investigación y Práctica en Europa).

CESCCO: Centro de Estudios y Control de Contaminantes de Honduras.

CETMP-ONU: Comité de Expertos de Transporte de Mercancías Peligrosas del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas.

CFC's: Clorofluorocarbonos.

CFP: Consentimiento Fundamentado Previo.

CHED: Chemical Education Division (División de Educación Química de la Sociedad Química Americana).

CL_{50}: Concentración Letal requerida para matar al 50% de una población experimental de animales expuesta a una sustancia durante un período de tiempo determinado.

CNG: Comité Nacional de Gestión de Sustancias Químicas y Residuos Peligrosos de Honduras.

CNUMAD: Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible.

COPs: Contaminantes Orgánicos Persistentes.

DC: Distrito Central de Honduras (Municipio del Departamento de Francisco Morazán y capital de la República de Honduras).

DDT: Diclorodifeniltricloroetano.

DL_{50}: Dosis Letal requerida para matar, al 50% de una población experimental de animales, por cualquier vía distinta de la inhalación.

EEUU: Estados Unidos de América.

EIA: Estudio de Impacto Ambiental.

EP: Equipo de Protección.

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América).

EPC: Equipo de Protección Colectiva.

EPI: Equipo de Protección Individual.

ESP: Equipos de Seguridad Preventiva.

ETA: Event Tree Analysis (Análisis de Árbol de Eventos).

FA-HAZOP: Functional Analysis - Hazard and Operability (Análisis Funcional de Riesgo y Operatividad).

FDA: Food and Drug Administration (Administración de Alimentos y Drogas de Los Estados Unidos de América).

FDS: Fichas de Datos de Seguridad.

FETE: Federación de Trabajadores de la Enseñanza en España.

FMEA: Failure Modes and Effects Analysis (Análisis de Modo y Efecto de los Fallos).

FPN: Factor de Protección Nominal.

FTA: Fault Tree Analysis (Análisis de Árbol de Fallos).

GAR: Reglamento para la Gestión Ambientalmente Racional de las Sustancias Químicas Peligrosas en Honduras

GEMs: Greener Education Materials for Chemists (Materiales de Educación Verde para Químicos).

HTML HyperText Markup Language (Lenguaje de Marcas de Hipertexto).

IDLH: Immediately Dangerous to Life or Health (Peligro Inmediato para la Vida o la Salud).

IEM: Institutos de Educación Media Formal del Distrito Central de Honduras.

IHA: Intrinsic Hazard Analysis (Análisis de Riesgo Intrínseco).

INCA: Interuniversity Consortium Chemistry for Environment (Consorcio Interuniversitario de Químicas para el Ambientales de Italia).

INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo del Gobierno de España.

IPCS: International Programme on Chemical Safety (Programa Internacional de Seguridad Química).

ISEMED: Institutos del Sistema de Educación Media a Distancia de Honduras.

ISO: International Organization for Standardization (Organización Internacional de Estandarización).

LACN: Laboratorios Activos de Ciencias Naturales.

LCN: Laboratorios de Ciencias Naturales.

LD: Lethal Dose (Dosis Letal).

MAC: Maximaal Aanvaarde Concentratie (Concentración Máxima Aceptable).

MAK: Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen (Valores de Concentración Máxima en el Lugar de Trabajo).

MEL: Máximum Exposure Limits (Límites de Exposición Máxima).

MRI: Midwest Research Institute (Instituto de Investigación del Medio Oeste).

MSDS: Material Safety Data Sheet (Hoja de Datos de Seguridad de Materiales).

NFC: National Fire Codes (Códigos Nacionales de Fuego)

NFPA: National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra el Fuego)

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos de América).

NIST: National Institute of Standards and Technology (Instituto Nacional de Estandares y Tecnología).

NP: Normas Percibidas.

NR: Nivel de Riesgo estimado para cada indicado.

NRE: Normas Reales.

OEL: Occupational Exposure Limits (Límites de Exposición Ocupacional).

OES: Occupational Exposure Standards (Estándares de Exposición Ocupacional).

OHSAS: Occupational Health and Safety Advisory Services (Asesores de Servicios de la Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos de América).

OIT: Organización Internacional del Trabajo.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

OPPT: Office of Pollution Prevention and Toxics (Oficina de Prevención de Contaminación y Tóxicos).

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

OSHA Occupational Safety and Health Administration (Administración de Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos).

PCB's Polychlorinated Biphenyls (Bifenilos Policlorados).

PDF Portable Document Format (Formato de Documento Portátil).

PEL: Permissible Exposure Limit (Exposición Límite Permisible).

PHA: Preliminary Hazard Analysis (Análisis Preliminar de Riesgo).

PLA: Polimerización del Ácido Láctico.

PNI-COPs: Plan Nacional para la Implementación del Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes.

PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

QRA: Quantitative Risk Analysis (Análisis Cuantitativo de Riesgos).

REACH: Programa de Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias Químicas de la Comunidad Económica Europea.

RRP: Riesgo Residual Parcial para cada indicador.

SAICM: Strategic Approach to International Chemicals Management (Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional).

SCESGA-ONU: Subcomité de Expertos del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos de la Organización de las Naciones Unidas.

SERNA: Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente de Honduras.

SGA: Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos.

SIEE: Sistema Integrado de Estadísticas Educativas de la Secretaría de Educación de Honduras.

SP: Sustancias Peligrosas.

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences (Paquete Estadístico para Las Ciencias Sociales).

SQ: Sustancias Químicas.

SQP: Sustancias Químicas Peligrosas.

TESU: Trabajo Educativo Social Universitario.

TLV: Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

TRK: Technische Richtkonzentrationen (Límites de Exposición Técnica).

UCSIP: Union des Chambres Syndicales del l'Industrie du Pétrole (Unión Sindical de Químicos de la Industria del Petróleo de Francia).

UGT: Unión General de Trabajadores de España.

UMCE: Unidad Externa de Medición de la Calidad de la Educación.

UNAH: Universidad Nacional Autónoma de Honduras.

UNECE: United Nations Economic Commission for Europe (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa).

UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, las Ciencias y la Cultura).

UPNFM: Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán.

URL Uniform Resource Locator (Localizador Uniforme de Recurso).

USEPA: United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América).

VLA: Valor Límite Ambiental.

XHTML: Extensible Hypertext Markup Language (Lenguaje Extensible de Marcado de Hipertexto).

1. INTRODUCCIÓN

1.1. RESUMEN

El presente estudio de diseño analítico, no experimental, expone la existencia de diferentes Sustancias Químicas Peligrosas (SQP) dentro de los Laboratorios de Ciencias Naturales (LCN) de los Institutos de Educación Media Formal del Distrito Central de Honduras (IEM), algunas de las cuales son de uso prohibido internacionalmente y forman parte de la lista negra de diferentes sindicatos y organizaciones mundiales.

Este estudio describe además, las prácticas de gestión de las Sustancias Químicas Peligrosas (SQP) y residuos peligrosos en los LCN de los IEM, realizando para ello un Análisis de Ciclo de Vida (ACV), en el cual se valoran diversos indicadores de la presencia y eficacia de las prácticas de gestión (adquisición, almacenamiento, manipulación, tratamiento y eliminación) de las SQ (peligrosas o no). Se considera a la vez, la evaluación de variables de interés intrínseco para la gestión de SQ en los IEM, tales como: la seguridad instalada en los LCN, la capacitación recibida por sus usuarios sobre normas de seguridad estándar y la frecuencia de consultas que estos realizan, a bases de datos internacionales.

Conjuntamente con la descripción de las prácticas de gestión, se realizan comparaciones entre tres diferentes categorías de IEM (Institutos Oficiales, Institutos Privados de Habla Hispana e Institutos Privados Bilingües), para probar mediante Comparación de Medias Aritméticas y Análisis de Varianza (ANOVA) la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre las prácticas de gestión realizadas por cada una de estas categorías.

El estudio, también evalúa el grado de conciencia que los usuarios de los LCN (profesores y alumnos) poseen sobre la realidad existente en cuanto al manejo de SQ; por medio de una estimación estadística realizada con base en la Teoría de Normas Sociales Percibidas, mediante la cual se logra determinar si los usuarios poseen una sobreestimación, subestimación o una buena estimación de su entorno.

Los datos adquiridos tras la valoración de las variables ya comentadas, se emplean, en este estudio, para realizar una evaluación semi-cuantitativa de los riesgos asociados a la actividad experimental de los LCN, empleando para ello el Modelo de Evaluación General de Riesgos del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo del Gobierno de España (INSHT) y el Modelo de Columnas del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), que consideran tanto el impacto, como la probabilidad de ocurrencia de accidentes, para estimar los niveles de riesgo intrínseco a la actividad y confrontarlos con el cálculo de la efectividad de los factores de gestión de riesgo, determinando así el riesgo residual al que se expone la población en estudio.

Los resultados de la evaluación de riesgo, son empleados finalmente para sugerir tanto las acciones necesarias para disminuir o eliminar los riesgos residuales, como para establecer la prioridad de cada operación y proponer nuevas líneas de investigación y ejecución de proyectos orientados a promover la Química Verde en los IEM.

1.2. PALABRAS CLAVES

A continuación se enuncian las palabras claves o frases destacadas, mediante las cuales se puede identificar, referenciar o encontrar, el presente estudio, al ser empleadas como términos adecuados en búsquedas bibliográficas, físicas o electrónicas:

- Química Verde.
- Gestión de sustancias químicas.
- Evaluación de riesgos químicos.
- Evaluación semi-cuantitativa de riesgos.
- Modelo de evaluación general de riesgos.
- Modelo de evaluación del INSHT.
- Institutos de Educación Media de Honduras.
- Peligros en Laboratorios de Ciencias Naturales.
- Riesgos en Laboratorios de Ciencias Naturales.
- Seguridad instalada en Laboratorios de Ciencias Naturales.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema hacia el cual fue orientado el presente estudio se ve enmarcado bajo las siguientes preguntas de investigación:

¿Se están empleando SQP durante las prácticas de laboratorio realizadas en los LCN de los IEM del MDC?

¿Puede considerarse que las prácticas experimentales realizadas actualmente en los LCN de los IEM del MDC constituyen un riesgo a la salud y/o al medio ambiente?

¿Se está realizando una correcta gestión de las sustancias químicas peligrosas en los LCN de los IEM del MDC?

¿Se están promoviendo y aplicando los principios de Química Verde dentro de los LACN?

¿Existen diferencias significativas entre las categorías de los IEM del MDC, en cuanto a las prácticas de gestión de SQ y/o las medidas de seguridad instaladas en los LCN?

¿Existen riesgos importantes asociados a la actividad realizada en los LCN de los IEM del MDC?

Siendo estas incógnitas no triviales, ante el crecimiento poblacional del municipio del Distrito Central y el aumento de IEM en el mismo, constituyen interrogantes primarias a las cuales debe darse una respuesta concreta, para comenzar a plantear alternativas de solución en caso de que los riegos asociados lleguen a niveles severos, las prácticas pedagógicas no contemplen la enseñanza de lo referido a gestión de riesgos químicos, o bien se pretenda realizar una campaña preventiva ante los peligros detectados tras este estudio.

1.4. ANTECEDENTES

Pese a la existencia de algunos estudios formales sobre la gestión de residuos peligrosos en botaderos municipales, talleres, fábricas, hospitales, clínicas nacionales y otros sectores productivos del país, (realizados por instituciones nacionales como CESCCO/SERNA e instituciones internacionales como JICA, USAID, PNUMA y diversas ONG´s) no existe hasta el momento ningún estudio sobre la situación actual del manejo de sustancias y/o residuos peligrosos en Institutos educativos, así como tampoco se ha presentado una evaluación de los riesgos implicados en el planteamiento de los procesos descritos en los manuales de laboratorio empleados en educación media, ni se ha emitido ninguna regulación sobre las normas de seguridad que estos deben contener.

Por otra parte, no se puede negar la existencia de algunos intentos por establecer la realidad educativa, de un sector particular, sobre la enseñanza de las Ciencias Naturales y la seguridad empleada en los laboratorios educativos del país, para lo cual se han realizado algunos estudios a pequeña escala bajo los cuales se ha indagado sobre el tipo de sustancias en un Instituto educativo o zonas específicas de un municipio, las condiciones de seguridad instalada en un grupo de colegios y el número de capacitaciones recibidas por los profesores de Ciencias Naturales; sin embargo, ninguno de estos trabajos ha sido realizados con el rigor científico necesario para validar sus resultados, puesto que en su mayoría fueron ejecutados solamente como parte de asignaciones o proyectos de aula que no ha culminado en publicación; tal es el caso de proyectos del Trabajo Educativo Social Universitario (TESU) de la UPNFM realizados en fechas muy posteriores a las consideradas en este estudio, trabajos de aula en clases tales como Teoría y Métodos de Investigación o Laboratorio de Ciencias Naturales del nivel de Licenciatura de la UPNFM.

Ninguno de los esfuerzos antes mencionados ha considerado realizar una distinción entre los IEM privados y públicos, por lo que sus resultados reflejan una realidad mixta, y al no considerar una muestra estadísticamente representativa de ambas partes, no representan la población general de las instituciones educativas del país.

De acuerdo a las entrevistas y consultas realizadas a bases de datos públicas, actualmente, ni las Secretaría de Educación, ni la Secretaria de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), ni las dos principales instituciones de educación superior estatales del país (UPNFM y UNAH) cuentan con un registro o estadística que muestre la realidad sobre la seguridad instalada, un inventario o una estadística de las sustancias peligrosas presentes, un aproximado de la capacidad de respuesta ante accidentes, una evaluación de riesgos químicos, ni una evaluación de la gestión de sustancias peligrosas en los centros educativos del país. Cabe mencionar que existen investigaciones en diversas partes del mundo que poseen un enfoque y envergadura similar o superior a lo establecido en el presente estudio, pero que no existe evidencia de ningún estudio similar, que haya sido realizado en Honduras en épocas pasadas o recientes a esta fecha.

Bajo estas circunstancias, se puede afirmar con certeza que la investigación diseñada y descrita en este estudio no solo es pertinente y original como proyecto de Tesis de grado, sino que puede considerarse además como un buen aporte al desarrollo del país.

1.5. JUSTIFICACIÓN

Considerando que la contaminación química forma parte de las preocupaciones prioritarias que enfrenta la sociedad mundial a inicios del siglo XXI, debido a los numerosos efectos sobre el medio ambiente y la salud humana que han sido sufridos y comprobados durante el siglo pasado y que son consecuencia directa de esta forma de contaminación.

Considerando que la creación de una corriente de pensamiento científico como lo es la *Química Verde*, la instauración de normativas internacionales y estándares de identificación de sustancias peligrosas como los contemplados en el *Sistema Global Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos* de la ONU (SGA) y o en el programa de *Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias Químicas* de la Comunidad Económica Europea (REACH) son los primeros pasos para el control de los productos químicos, sin embargo, no constituyen ningún beneficio a la humanidad sin su divulgación y empleo real, proceso en el cual cobra vital importancia la educación, que constituye la herramienta más poderosa que posee la sociedad para transformarse a sí misma y el caso de la contaminación química mundial no es ninguna excepción a ello, por lo que gran parte de la responsabilidad del desarrollo sostenible y la Química Verde recae sobre los sistemas educativos, particularmente sobre los educadores de Ciencias Naturales, quienes enfrentan el reto de enseñar las ciencias en forma experimental pero segura al mismo tiempo que deben promover la conciencia "verde" en sus estudiantes.

Considerando además que Honduras si bien ha firmado numerosos Convenios Internacionales en relación a la agenda química mundial y se rige por Estándares Internacionales en cuanto a comercialización y distribución de sustancias químicas, apenas inicia sus primeros pasos para la implementación de medidas reales que procuren una correcta gestión de sustancias químicas peligrosas, y lastimosamente los centros educativos no han sido el ejemplo esperado sobre estos temas, mostrando casos trágicos de mala gestión de sustancias químicas, evidenciados por la ocurrencia de incendios, explosiones o intoxicación de estudiantes en diversos centros educativos de nivel medio y superior.

Estableciendo que los diversos encuentros científicos y políticos alrededor del mundo, orientados a regular, prevenir y evitar los riesgos a la salud humana y el ambiente, fomentar la educación ambiental y promover la Química Verde, tales como los diversos encuentros promovidos por el PNUMA, el Convenio de Rotterdam, Estocolmo y Basilea, así como el Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional (SAICM), entre otros, proporcionan un respaldo muy firme para la ejecución de investigaciones que estén orientadas a identificar situaciones bajo las cuales los seres humanos se exponen a sí mismos y a su entorno a riesgos por sustancias y residuos peligrosos, tales como los implicados en el mal manejo de sustancias químicas peligrosas, particularmente si esto ocurre en centros educativos e instituciones que albergan a la niñez y juventud.

Estableciendo que actualmente existe un vacío teórico de investigaciones previas, documentación formal y estudios aplicados que muestren la realidad en cuanto a la seguridad instalada, gestión de sustancias peligrosas y evaluación de riesgo en los Laboratorios de Ciencias Naturales de los Institutos educativos del país; y que puedan fundamentar proyectos y programas que procuren disminuir la exposición a peligros químicos en estas instituciones.

Estableciendo además que el Distrito Central de Honduras no solo es la zona del país con mayor densidad poblacional, sino que además experimenta un crecimiento acelerado que fomenta la creación de un gran número de colegios tanto públicos como privados, que atienden un alto porcentaje de la población adolescente del país (véase estadística general en la sección 4.1); y considerando que es en esta región geográfica donde se realizan las principales reformas educativas y se edita la mayor parte de los textos de enseñanza del nivel medio, además de ser la capital del país de donde parte todo el sistema regulador de la educación nacional, es este el lugar idóneo para la identificación de malas prácticas de gestión de sustancias químicas peligrosas en Institutos educativos.

Considerando además los numerosos casos de accidentes químicos que se han reportado en la ciudad capital a lo largo de la presente década, ocurridos muchas veces por ignorar las medidas de seguridad estándares para el manejo de sustancias químicas peligrosas o inclusive por la subestimación de los riesgos inherentes a una actividad que las involucra, siendo algunos de ellos en centros educativos de Educación Media y superior.

Y en conformidad con el proyecto de Reglamento para la Gestión Ambientalmente Racional de las Sustancias Químicas Peligrosas en Honduras (GAR), que regulará a partir de 2010, la gestión de SQP en el país, y que exige la inspección y evaluación de riesgos químicos en las Instituciones que manejan SQP; se puede razonar que el presente trabajo encuentra su justificación en forma, alcances y tiempo adecuados para su ejecución y divulgación, aportando tanto los fundamentos teóricos y las estadísticas requeridas para esbozar la realidad estudiada, como las relaciones e información requerida para identificar el potencial de riesgo inmiscuido en las actuales prácticas de manejo de las sustancias químicas y residuos peligrosos en los LCN, y demostrar la existencia de sustancias altamente peligrosas e incluso prohibidas internacionalmente en los centros de Educación Media del DC.

Bajo las delimitaciones y objetivos establecidos para este estudio, el presente trabajo de Tesis proporcionará además, los fundamentes teóricos y metodológicos necesarios para justificar y realizar futuros estudios más amplios sobre el tema y resaltar la importancia de realizar un inventario de sustancias y residuos peligrosos en los centros educativos del país, así como la creación de redes de capacitación y actualización para los docentes e instructores de Ciencias Naturales sobre la gestión de sustancias químicas, manejo de residuos peligrosos y selección de prácticas experimentales seguras.

1.6.1. Objetivos Generales

Describir las prácticas de gestión de las sustancias químicas peligrosas, empleadas actualmente en los LCN de los IEM del DC.

Contrastar la realidad educativa de los IEM Oficiales con la vivida en los IEM Privados y los IEM Bilingües en lo referente a la gestión de riesgos químicos dentro de los LCN.

Evaluar el riesgo químico existente en los LCN de los IEM del DC.

1.6.2. Objetivos Específicos

Identificar las sustancias químicas peligrosas que actualmente se encuentran presentes en los LCN de los IEM.

Evaluar las condiciones de seguridad general del área de almacén y del área de trabajo que poseen los LCN de los IEM.

Describir las prácticas de almacenamiento, manipulación, tratamiento y eliminación de sustancias químicas en los LCN de los IEM.

Identificar la presencia de medidas de seguridad, prevención y gestión de riesgo dentro de los LCN y los manuales de prácticas experimentales usados en los IEM.

Comparar las prácticas de gestión de Sustancias Químicas (peligrosas o no) que ejecutan los LCN de las distintas categorías de IEM del DC.

Identificar los peligros químicos presentes en los LCN de los IEM del DC.

Valorar los riesgos que implican las actuales prácticas de manejo de sustancias químicas peligrosas en los LCN de IEM.

Cuantificar el grado de conciencia sobre las prácticas de manejo de los residuos de Sustancias Químicas (peligrosas o no) de los usuarios de los LCN de los IEM del DC.

Tras la revisión bibliográfica y las entrevistas preliminares con docentes de Ciencias Naturales y personal administrativo de los IEM del DC, se plantearon, para el presente estudio, una serie de hipótesis de investigación, diseñadas para pronosticar hechos relevantes sobre la gestión de SQP, los posibles resultados de la evaluación de riesgo y las probables diferencias entre las categorías de los IEM.

Las hipótesis generales de investigación y las principales hipótesis que se consideraron en este estudio se exponen a continuación:

1.7.1. Hipótesis de Investigación

Las hipótesis de investigación formuladas para este estudio fueron:

H_1: Existen SQP dentro de los LCN o Almacenes de SQ en todas las categorías de los IEM.

H_2: Los IEM que importan sets de laboratorio (especialmente los Institutos bilingües), poseen una menor variedad de SQP que el resto de Institutos.

H_3: Existen diferencias significativas entre las categorías de IEM que poseen LACN, en cuanto a la variedad de SQP que se almacenan y emplean en ellos.

H_4: Se están realizando muy pocos o ningún tipo de tratamientos, previa eliminación, para los residuos de laboratorio en los IEM.

H_5: Los usuarios de los LACN de los IEM poseen una mala percepción de seguridad sobre el tratamiento que realizan a los residuos de SQ, subestimando el peligro asociado a su mala gestión.

H_6: Existen riesgos importantes, asociados a las prácticas de gestión de las SQP utilizadas en los LCN de los IEM.

1.7.2. Hipótesis Nulas

Si bien se pueden establecer para cada hipótesis de investigación, al menos una hipótesis nula (H_o), son las siguientes tres, las consideradas como principales:

H_{O1}: No existen SQP dentro de los LCN o Almacenes de SQ en ninguna de las categorías de los IEM.

H_{O2}: No existen diferencias significativas entre las categorías de IEM que poseen LACN, en cuanto a la variedad de SQP que se almacenan y emplean en ellos.

H_{O3}: No existen riesgos importantes, asociados a las prácticas de gestión de las SQP utilizadas en los LCN de los IEM.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. LA QUÍMICA VERDE (Marco Filosófico de la Investigación)

El presente trabajo tiene como marco filosófico la corriente de pensamiento científico conocida como ***Química Verde***, la cual se describe a continuación como referente del respaldo teórico que sustenta y justifica el desarrollo de la investigación de grado a que está dedicado el correspondiente informe de Tesis.

2.1.1. La Química Verde Como Una Nueva Filosofía de Producción y Prevención

La Química Verde es una filosofía dentro de las ciencias químicas que se ha desarrollado desde finales del siglo XX, junto con la conciencia de cuidado al medio ambiente y la idea de lograr un desarrollo sostenible a nivel mundial.

El objetivo de esta nueva filosofía científica es el promover las innovaciones tecnológicas y el diseño de productos y procesos que reduzcan o eliminen el uso y generación de sustancias peligrosas.

Empleando todos los logros obtenidos con las ciencias químicas en su amplia gama, (química analítica, orgánica, inorgánica, fisicoquímica, ambiental, etc…) la Química Verde busca reducir y prevenir la emisión de contaminantes directamente de sus fuentes, modificando, reduciendo el uso o sustituyendo los procesos, reactivos y productos tradicionales que actualmente son causa de contaminación directa o indirecta en nuestro planeta.

En muchas ocasiones la generación de sustancias peligrosas por procesos industriales, de laboratorio o incluso caseros, es científicamente conocida y comprobada, es más, en gran parte de los casos, ya existe la tecnología y desarrollo científico para sustituir u optimizar ambientalmente estos procesos, sin embargo, los intereses económicos, el desconocimiento de nuevas tecnologías y procesos, y el desinterés popular por conocer los daños al medio ambiente, son con frecuencia los mayores obstáculos para eliminar o reducir la emisión de estas sustancias, por lo que la Química Verde implica no solo un cambio científico y tecnológico, sino aún más allá, se trata de un cambio en la actitud humana.

La responsabilidad que recae sobre las ciencias químicas en este aspecto es innegable tal como lo menciona la Dra. Alicia I. Varsavsky, directora técnica del área científico-técnica de la Fundación NEXUS, en una de las publicaciones de la Asociación Química Argentina (AQA): "La industria química ha recorrido un complejo camino que la llevó a ser vista actualmente como una de las principales responsables de ensuciar el planeta. De hecho es la industria que libera la mayor cantidad y variedad de sustancias tóxicas al medio ambiente…. Es innegable que los químicos con sus desarrollos han contribuido sustancialmente a contaminar el mundo. Pero no es menos cierto que en la actualidad también participan activamente en la búsqueda de soluciones para los problemas ambientales"(Varsavsky, 2005, p. 1).

2.1.2. Los Orígenes de la Química Verde

Aunque la idea de una Química Verde inició en la década de los 80's con la preocupación por el calentamiento global y la emisión de los CFC's, sus inicios como una corriente del pensamiento científico surgieron tras la promulgación del "Acta de Prevención de la Contaminación" legislada y aprobada en 1990 en los Estados Unidos, gracias a la cual la recién formada Oficina de Prevención de la Contaminación y Tóxicos (OPPT) exploró la idea de desarrollar nuevos productos químicos o mejorar los productos ya existentes, así como los procesos para su fabricación y aplicación, con el fin de disminuir su riesgo a la salud humana y el ambiente (USEPA, 2002).

En 1991, la OPPT lanzó un programa de concesiones para la investigación bajo el nombre de: "*Rutas Sintéticas Alternativas para la Prevención de la Contaminación*" con el objetivo de promover los proyectos, iniciativas e investigaciones orientadas a prevenir la contaminación desde el diseño de producción hasta la ejecución de las síntesis químicas. Fue a partir de este programa que se dio a conocer abiertamente al mundo la filosofía de la Química Verde, la cual cobró fuerza con el patrocinio y participación de diferentes academias, industrias, gobiernos y organizaciones no gubernamentales de todo el mundo, encontrando más fundamento tras la firma de convenios internacionales tales como el Protocolo de Kyoto y los Convenios de Basilea y Rotterdam, entre otros.

Hoy en día la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA por sus siglas en ingles), sostiene uno de los programas más grandes a nivel mundial para la difusión y promoción de la Química Verde, destinando numerosos recursos a esta causa.

2.1.3. Los doce principios de la Química Verde

Con el fin de aclarar los fundamentos de la Química Verde, la USEPA ha publicado y difundido doce principios que engloban la acción a la que está apuntando esta corriente del pensamiento científico para el siglo XXI, los cuales fueron basados en la publicación original de Paul Anastas and John Warner: "Green Chemistry: Theory and Practice" (Warner, 1998) [1] y que pueden enunciarse de la siguiente forma:

1. **Prevenir las pérdidas y generación de residuos:** generar planes de acción para prevenir las pérdidas de reactivos, productos o subproductos en las síntesis químicas, evitando la salida de desechos.

2. **Diseñar productos más seguros:** diseñar productos químicos con mayor eficacia, logrando disminuir la cantidad necesaria de uso en las aplicaciones prácticas, especialmente en los químicos más tóxicos.

[1] El enunciado original de cada principio como su interpretación y actualización puede verse en forma gratuita en el sitio web de la USEPA: http://www.epa.gov/greenchemistry/pubs/principles.html

3. **Diseñar síntesis químicas menos arriesgadas:** diseñar procesos de síntesis con menor riesgo de generación de residuos tóxicos en el proceso y procurando sustancias con poca o ninguna toxicidad a los humanos y el ambiente, como productos.

4. **Usar "feedstocks" renovables en lugar de "depleting feedstocks":** emplear, de ser posible, materia prima reciclable y de naturaleza renovable, en lugar de productos sintéticos artificiales de un solo uso.

   Los feedstocks (materia cruda o prima para procesos industriales) renovables son a menudo hecho de los productos agrícolas o son los residuos de otros procesos; los "depleting feedstocks" están hecho por lo general de los combustibles fósiles (petróleo, el gas natural, o carbón) o materia de minería.

5. **Usar catalizadores en lugar de los reactivos estequiométricos:** minimizar las pérdidas usando las reacciones catalizadas. Empleando catalizadores en cantidades pequeñas puede llevarse a cabo muchas veces una sola reacción, lo cual es preferible a usar los reactivos estequiométricos que sólo se usan una vez en exceso para realizar el trabajo.

6. **Evitar los derivados químicos:** siempre que sea posible, usar bloqueos para proteger grupos o cualquier modificación temporal de los compuestos en la síntesis, dado que la formación de derivados químicos, consumen los reactivos adicionales y generan pérdidas.

7. **Aumentar al máximo la "economía del átomo":** diseñar síntesis para que el último producto contenga la proporción máxima de los materiales de arranque. Procurando pocas o ninguna sustancia de desecho.

8. **Usar solventes más seguros y reacciones condicionadas:** evitar usar solventes, agentes de separación, u otros químicos auxiliares. Si estos químicos son necesarios, usar químicos inocuos, siempre que sea posible.

9. **Incrementar la eficacia energética:** ejecutar las reacciones químicas a temperatura y presión ambiente siempre que esto sea posible.

10. **Diseñar químicos y productos que puedan ser degradados después de su uso:** diseñar productos químicos que puedan degradarse fácilmente en sustancias inocuas después de su empleo en los procesos productivos.

11. **Realizar análisis en tiempo real para prevenir la Contaminación:** ejecutar análisis durante los procesos, supervisando y controlando las emisiones durante las síntesis químicas para minimizar o eliminar la formación de subproductos en cada etapa de la producción.

12. **Minimizar el potencial para los accidentes:** diseñar químicos y emplearlos en su forma y estado más adecuado para minimizar el potencial de explosiones, incendios, descargas al ambiente y cualquier otro tipo de accidentes posibles.

2.1.4. La Química del Clic y La Química Ambiental Bajo el Enfoque Verde

Es momento de resaltar que la Química Verde deriva y se nutre de todas las Ciencias Químicas (orgánica, inorgánica, bioquímica, analítica, fisicoquímica, etc…) y su enfoque en la producción limpia y la adecuada gestión de las sustancias empleadas.

Si bien es posible establecer una amplia relación entre cada rama de la química y esta nueva filosofía, resulta conveniente resaltar, para los fines del presente trabajo, el aporte de la Química del Clic y la Química Ambiental en lo que respecta a la Química Verde.

A principios del siglo XXI, el Dr. K. Barry Sharpless, uno de los ganadores del premio nobel de química en el 2001, (Por su trabajo sobre la reacción esteroselectiva de oxigenación utilizando catalizadores quirales) introdujo una corriente en el pensamiento químico que se conoce con el nombre de Química del Clic, bajo la cual se busca generar sustancias de forma rápida y con mayor eficiencia a partir de pequeñas unidades, tal como lo hace la naturaleza en la formación de macromoléculas (Borman, 2002).

Inicialmente, la Química del Clic no estaba inclinada a las aplicaciones industrial sino más bien al estudio e investigación a nivel de laboratorios academicistas donde incluso en algunas ocasiones su búsqueda de síntesis rápidas no va ligada del todo a la producción limpia que fomenta la Química Verde, sin embargo, con la promoción de la Química del Clic se impulsó posteriormente el estudio de nuevas técnicas y la generación de sustancias más eficientes, que han permitido la sustitución de reactivos estequiométricos y promovido el uso de catalizadores orgánicos y organométalicos de mayor eficiencia y con menos subproductos, lo cual favorece la producción industrial limpia y optimiza el uso de sustancias químicas.

La Sociedad Americana de Química (ACS) ha destacado en numerosas publicaciones el aporte de la Química del Clic tanto para la generación rápida de productos como para la creación de reactivos y catalizadores eficientes.

Aun más allá de la síntesis industrial y la investigación académica, la ACS ha identificado las aplicaciones de la Química del Clic en la fabricación de medicamentos eficientes los cuales no solamente logran el efecto esperado en los pacientes sino que a la vez reducen las cantidades de consumo de drogas y minimizan los efectos toxicológicos en el cuerpo humano.

Ejemplo de lo anterior, es el trabajo realizado por el "Scripps Research Institute" de San Diego, Estados Unidos de América (EEUU), donde un grupo de renombrados científicos han estado trabajando en la elaboración de inhibidores biológicos bajo los lineamientos de la Química del Clic del Dr. Sharpless, logrando fusionar numerosos ensayos y protocolos de síntesis química ya existentes en un proceso con productos más eficientes; tal como lo menciona el Dr. Ivan Huc del Instituto Europeo de Química y Biología, Bordeaux de Francia, en la publicación de Febrero de 2002 de la revista de la ACS: Chemical and Engineering News, donde explica que: este trabajo con la Química del Clic in situ[2] "es

[2] La frase en latín "*in situ*" se refiere a procesos o análisis realizados directamente en el sitio de estudio.

verdaderamente notable en términos de eficacia". Aunque en la parte in situ del procedimiento no es 'conceptualmente nueva', los hallazgos demuestran que la estrategia "puede tener más éxito que la mostrada en el pasado" (Borman, 2002, pp. 29-30).

Este es tan solo uno de múltiples ejemplos de cómo la Química del Clic ha participado activamente en los enunciados de la Química Verde.

Por su parte, la Química Ambiental enfocada al estudio de los fenómenos químicos en el ambiente y nutrida con el análisis de factores de contaminación ambiental ha sido una gran promotora de la Química Verde al destacar los riesgos y evaluar el impacto de la emisión y desecho desmedido de sustancias químicas.

Mientras la Química Ambiental muestra los efectos de los contaminantes en el medioambiente, la Química Verde busca la forma de disminuir la emisión de los mismos mediante el desarrollo científico y tecnológico del nuevo siglo.

En esencia cualquier medida, proceso, técnica, descubrimiento e innovación que permita minimizar la producción, desecho o empleo de sustancias nocivas al ambiente cobra un puesto dentro de la Química Verde y constituye un aporte a las medidas de mitigación de riesgo que ésta promueve a nivel mundial.

2.1.5. Promoción de la Química Verde a nivel mundial

En la actualidad, son muchos los países que se han interesado en establecer programas que estén orientados a promover la Química Verde en la industria y el laboratorio, destacan entre ellos:

- El Centro Real para la Química Verde en Australia;
- La Red Canadiense de Química Verde;
- La INCA (Interuniversity Consortium -- Chemistry for the Environment) en Italia;
- El Instituto de Innovación Química en Japón;
- La Red de Química Verde y Sostenible en Japón;
- La Red de Química Verde de Reino Unido;
- El Programa para el Fomento de la Química Verde de la USEPA;
- Entre otros.

De los anteriores, el más antiguo y uno de los que destina mayor cantidad de fondos a promover esta filosofía científica es el programa de la USEPA, mediante el cual ésta Agencia en asociación con diversas organizaciones otorga reconocimiento y apoyo a las tecnologías de Química Verde que sean científica y económicamente viables y procuren la reducción o eliminación del uso y producción de sustancias peligrosas en el diseño, preparación de procesos químicos.

En particular, "el Programa de Química Verde de la USEPA, apoya la investigación básica en el área de química de mayor compatibilidad ambiental, así como toda una variedad de actividades educativas, iniciativas internacionales, congresos, conferencias y herramientas de Química Verde"(USEPA, 2002, p. 1). Este programa está integrado de cuatro áreas que incluyen:

- La Investigación en Química Verde;
- El Certamen Presidencial sobre Química Verde;
- Educación en Química Verde;
- Programas Científicos de Extensión.

Gracias a sus actividades de extensión el Programa de Química Verde de la USEPA ha logrado desarrollar y apoyar una serie de proyectos de relevancia mundial que incluyen: el Congreso Nacional de Química e Ingeniería Verdes (National Green Chemistry and Engineering Conference); el Congreso Gordon de Investigación en Química Verde (Gordon Research Conference on Green Chemistry); las publicaciones de una serie de libros y revistas científicas orientadas a este tema; y el desarrollo y diseminación de herramientas de informática y bases de datos que muestran la peligrosidad asociada a una gran variedad de sustancias químicas, así como su correcta gestión de acuerdo a los principios de la Química Verde.

2.1.6. Algunas Innovaciones en Química Verde

En Marzo de 1995, el entonces presidente de los Estados Unidos, Bill Clinton anunció un programa para otorgar reconocimiento y apoyo a las metodologías fundamentales y de innovación que tenían utilidad en la industria, y que logran prevenir la contaminación mediante la reducción de sus emisiones. En Octubre del mismo año Carol Browner hizo público el certamen para concursar por los premios del "Desafío Presidencial Sobre Química Verde" (The Presidential Green Chemistry Challenge Awards), desde entonces estos premios, otorgados anualmente han servido para reconocer los esfuerzos individuales, empresariales y gubernamentales en lo que respecta a las innovaciones en Química Verde.

Las cinco categorías contempladas en estos galardones son:

- Premio Académico;
- Premio a las Pequeñas Empresas;
- Premio a las Rutas Sintéticas Alternativas;
- Premio a los Disolventes y/o las Condiciones de Reacción Alternativos;
- Premio al Diseño de Sustancias Químicas de Mayor Seguridad.

Para el año 2006, un total de 57 innovaciones tecnológicas han sido premiadas de entre más de 1000 nominaciones presentadas y reconocidas por su aporte a la Química Verde.

Algunos de los premios otorgados, sus ganadores y las innovaciones que los acreditaron son mencionados a continuación como ejemplo de la importancia del desarrollo de la Química Verde en el mundo y han sido extraídos para este trabajo directamente del informe Oficial de la USEPA: "The Presidential Green Chemistry Challenge Awards Program, Summary of 2006, Award Entries and Recipients":

En 1996, La Dow Chemical ganó el Premio a los Disolventes y/o las Condiciones de Reacción Alternativos por su descubrimiento y aplicación del dióxido de carbono supercrítico (CO_2 100%), el cual puede remplazar a los CFC's y a un buen número de reactivos tóxicos que tradicionalmente se empleaban para la fabricación de la espuma de poliestireno. Gracias al aporte de la Dow Chemical se puede fabricar espuma de poliestireno más factible al reciclaje, además de que el CO_2 usado en el proceso puede ser reutilizado para otras industrias, ya que el carbono neto perdido en el proceso es de 0%, una eficiencia formidable para una industria tradicionalmente muy contaminante.

En 2002, Cargill Dow (ahora NatureWorks) ganó el premio a las Condiciones de Reacción Alternativas por su proceso de polimerización del ácido láctico (PLA), en el cual se sustituyen la materia bruta de petróleo (feedstocks) por material renovable, sin requerir el uso de solventes orgánicos arriesgados y con una alta eficiencia, obteniendo como producto un polímero reciclable de calidad superior y biodegradable.

En 2005, Archer Daniela Midland y Novozymes N. A. ganaron el premio a la Ruta Sintética Alternativa por su proceso de interesterificación enzimática. Este proceso desarrollado inicialmente como respuesta al requerimiento de la FDA de incluir en la etiqueta nutricional de los alimentos, el contenido de grasas-trans (véase Figura 1), logró la obtención de productos comerciales viables sin o con muy poco contenido de grasas-trans, haciendo más saludables estos productos, reduciendo el uso de químicos tóxicos en su proceso de fabricación, evitando la formación de subproductos y disminuyendo la cantidad de grasas y aceites desechados.

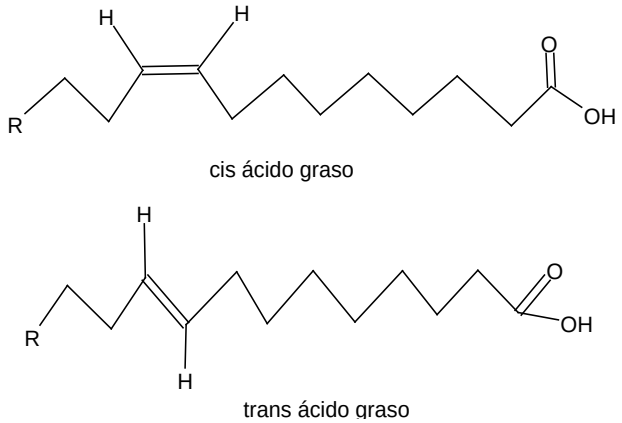


Figura 1: *Isómeros cis y trans de ácidos grasos*

En 2006, al Profesor Galen J. Suppes, de la Universidad de Missouri-Columbia, por su sistema para convertir la glicerina desechada de la producción del biodiesel a propilenglicol (véase Figura 2), el cual al ser producido de esta manera no solo es más barato, sino menos tóxico que el tradicional etilenglicol que se emplea en la mayoría de los anticongelantes para automóviles.

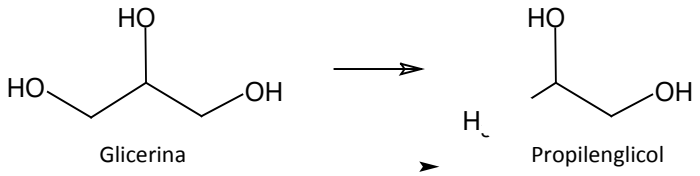


Figura 2: *Estructuras moleculares de la glicerina y el propilenglicol*

En 2005, el Dr. Ryoji Noyori, ganador del premio nobel de 2001 (conjuntamente con William S. Knowles por su trabajo sobre la reacción de hidrogenación utilizando catalizadores quirales), identificó tres desarrollos importantes en la Química Verde: el uso del anhídrido carbónico supercrítico como solvente verde, el empleo del peróxido de hidrógeno acuoso para las oxidaciones limpias y el uso del hidrógeno en síntesis asimétrica (USEPA, 1999).

Un listado más completo y actualizado de los galardonados con este premio y los detalles de las investigaciones puede apreciarse en el sitio web de USEPA.

2.2. EDUCACIÓN Y QUÍMICA VERDE

2.2.1. Panorama Mundial de La Química Verde en la Educación

Tal como lo menciona la portada de la página web de actividades educacionales de la USEPA: "Para que la Química Verde sea incorporada efectivamente en la producción química y el diseño de procesos, primero debe incorporarse dentro del sistema de educación" (USEPA, 2008, p. 1).

Todas las organizaciones y países que se han preocupado por promover la Química Verde a nivel mundial están conscientes de que conjuntamente con la legislación adecuada y la promoción de la tecnología e investigación pro-ambientalista debe sin lugar a duda, tratarse el tema desde los centros educativos, procurando formar los futuros académicos y profesionales de la química y las ingenierías con un completo entrenamiento en la producción verde y sus principios.

Para lograr esta meta, las organizaciones destinadas a la promoción de la Química Verde en todo el mundo han destinado una variedad de esfuerzos a promover y apoyar las iniciativas educativas que busquen contribuir con el adiestramiento de niños, jóvenes y adultos en lo concerniente a la prevención de la contaminación, el uso racional de recursos

y el empleo de técnicas eficientes en procesos químicos, buscando insertar esta filosofía dentro de las mentes de los futuros profesionales de este rubro.

Sin lugar a duda, ha sido la capacitación en nuevas técnicas y tecnologías la que ha logrado mostrar al mundo el potencial económico-ambiental que aporta la incorporación de los doce principios de la Química Verde en la industria e investigación; por lo que no es extraño encontrar en casi todos los países del primer mundo al menos un programa de formación con estas directrices.

2.2.2. Incursión de la Química Verde en la Educación Superior

En el año 2000, el entonces Presidente de la ACS, el Dr. Daryle Busch enunció que: "La Química Verde representa los pilares que mantendrán nuestro futuro sostenible. Es imprescindible enseñar el valor de la Química Verde a los químicos del mañana" (C&EN, 2000, p. 49).

En el caso particular de la USEPA y la ACS, su programa conjunto de Educación en Química Verde incluye el desarrollo de materiales y cursos para la capacitación de profesionales químicos en la industria y para el adiestramiento de estudiantes universitarios, además de la edición y promoción de una variada cantidad de libros referentes al tema y la creación de recursos audiovisuales y herramientas informáticas para la ilustración práctica de los principios de la Química Verde aplicada.

No se trata solo de incorporar la Química Verde en la capacitación del personal que trabajará y desarrollará la industria química directamente, sino que además se debe incorporar esta filosofía como un eje transversal al currículum educativo de los estudiantes de todos los niveles independientemente de su orientación laboral, para lograr un cambio definitivo en la actitud y conciencia social.

Lo anterior, es precisamente a lo que se refiere la Dra. July Haack, Coordinadora del proyecto: Materiales de Educación Verde para la Química o Greener Education Materials for Chemists (GEMs) en Inglés, cuando expresa:

"Las estrategias y herramientas de Química Verde son esenciales para estudiantes de química", pero "igualmente importante es la oportunidad de presentar estas estrategias y métodos a un grupo aun más grande de estudiantes que no se volverán practicantes directos de química, sino educadores, políticos y ciudadanos interesados que participarán activamente en nuestra sociedad tecnológica moderna"(Haack, 2007, p. 1).

Es precisamente mediante el proyecto liderado por la Dra. Haack y auspiciado por la Universidad de Oregon y la ACS, que múltiples instituciones educativas de nivel medio y superior han recibido en EEUU no solo la capacitación necesaria para comenzar a instituir un currículo verde, sino una serie de materiales impresos y digitales que constituyen valiosas herramientas didácticas en la enseñanza de la Química desde el enfoque verde.

2.2.3. Química Verde en el Currículum

Gracias a las iniciativas ya mencionadas, se han diseñado y puesto en práctica en diversas universidades e instituciones educativas del mundo, protocolos experimentales, cursos y asignaturas específicas e incluso ejes transversales en programas de estudio que tienen como objetivo la incorporación de la Química Verde en el currículum escolar, tanto a nivel medio (básico) como universitario.

Universidades, organizaciones gubernamentales e incluso compañías privadas con fines de lucro han generado ya su propio material, además de cursos completos bajo el enfoque verde. Tal es el caso del "Módulo verde para la Química General" de la Universidad de Scranton, Pensilvania en el cual se incluyen prácticas de laboratorio en las que se presentan protocolos experimentales para remplazar los solventes orgánicos clásicos por dióxido del carbono u otras sustancias de manejo más seguro (Cann, 2005).

La División de Educación Química (CHED) de la ACS ha generado, por su parte, numeroso material educativo destinado a la incorporación de la Química Verde en el aula y el laboratorio escolar, el cual es difundido tanto a Institutos educativos y universidades estadounidenses como a cualquier usuario interesado en el tema, mediante su publicación en el sitio web oficial de la CHED[3].

Otro intento destacado por recopilar y generar material educativo verde es la base de información de Materiales de Educación Verde para Química (GEMs) en la cual el Bridgewater State College de Massachusetts, la Universidad de Oregón y la ACS, entre otros, han compilado una serie de material de apoyo que va desde ayudas multimedia, manuales y propuestas curriculares, hasta guías de laboratorio específicas generadas o reformadas bajo el enfoque de la Química Verde. Esta base de Material Educativo está disponible en forma gratuita en la Internet[4] permitiendo su libre acceso, tanto a protocolos y material para el estudiante, como para los maestros.

Un ejemplo de una guía de laboratorio verde, se presenta en el Anexo 1, con la cual se demuestra que un protocolo químico tan común en cursos de química orgánica básica (inclusive en la UNAH y la UPNFM en Honduras), como lo es la preparación y destilación de ciclohexeno, puede ser reformado creativamente para convertirse en una práctica de laboratorio verde que conserve los principios didácticos originales, pero incorpore además los fundamentos de la Química Verde, reduciendo el uso de reactivos tóxicos, empleando catalizadores efectivos y eliminado el uso innecesario de solventes orgánicos, obteniendo así subproductos mucho más benignos que los producidos en el protocolo clásico.

Resulta interesante destacar que organizaciones y compañías con fines de lucro han incursionado también en el diseño de prácticas de laboratorio y protocolos experimentales para la enseñanza de la química en nivel medio y superior en los cuales se incluyen explícitamente los principios de la Química Verde. Tal es el caso de la macro compañía estadounidense Fisher, quien en su departamento de educación (Fisher Science Education)

---

[3] URL del sitio web oficial de la CHED es: http://www.divched.org/
[4] URL del sitio web oficial del GEMs: http://greenchem.uoregon.edu/Pages/ResultsAll.php

ha generado protocolos experimentales para la enseñanza apegados a las sugerencias de la USEPA, en los cuales resalta explícitamente los principios de Química Verde que son tomados en consideración, así como la forma en que son aplicados en una experiencia de laboratorio específica (University Of Ioannina, 2004).

El Anexo 2 muestra la guía para maestros del módulo sobre Biodiesel del programa de "Química Verde en el Currículum" de la Fisher Company, en la cual no solo se detallan diferentes procedimientos de laboratorio para la generación y análisis de Biodiesel, sino que a la vez se exponen particularidades del procedimiento y las técnicas propuestas en esta guía con su relación e incorporación de los principios de la Química Verde.

2.3. CONVENIOS Y TRATADOS INTERNACIONALES

Gracias a lo conciencia internacional existen en la actualidad un buen numero de Tratados y Convenios Internacionales que tienen como finalidad mejorar las condiciones ambientales del planeta y prevenir los efectos adversos de los agentes químicos en el ambiente y la salud. Debido a la relevancia e implicaciones que tienen cada uno de estos acuerdos mundiales, sería imposible enlistarlos todos con la minuciosidad estricta que merecen, sin embargo, dada la importancia que poseen en la fundamentación del presente estudio, se mencionan a continuación algunos de ellos en forma muy general, priorizando aquellos a los cuales Honduras se ha suscrito como nación.

2.3.1. Convenio de Basilea

El Convenio de Basilea firmado en la ciudad del mismo nombre en Suiza, fue adoptado el 22 de marzo de 1989 y puesto en vigor a partir del 5 de mayo de 1992, constituye un tratado ambiental internacional destinado a regular el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos y su eliminación segura.

"Este convenio reconoce que la forma más efectiva de proteger la salud humana y el ambiente de daños producidos por los residuos se basa en la máxima reducción de su generación en cantidad y/o en peligrosidad.

Los principios básicos del Convenio de Basilea son:

- El tránsito transfronterizo de residuos peligrosos debe ser reducido al mínimo consistente con su manejo ambientalmente apropiado;

- Los residuos peligrosos deben ser tratados y dispuestos lo más cerca posible de la fuente de su generación;

- Los residuos peligrosos deben ser reducidos y minimizados en su fuente"(PNUMA, 2003, pp. 01-03).

Este convenio "contiene: 18 tipos de corrientes o procesos que generan residuos peligrosos (Y1 al Y18) y 27 elementos o compuestos cuya presencia como constituyente en el desecho lo determina como peligroso (Y19 al Y45), por ejemplo la corriente Y3 corresponde a: residuos de medicamentos y productos farmacéuticos y la Y36 corresponde Asbestos (polvo y fibras).

El gobierno de la República de Honduras firmó y ratifico este convenio el 30 de Octubre de 1995, como consta en el Decreto No. 31-95 "(PNUMA, 2003, pp. 01-03).

2.3.2. Convenio de Estocolmo

El Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) fue firmado en Mayo de 2001 por 151 países; suscribiéndose a él, la República de Honduras el 17 de mayo de 2002, con ratificación en el año 2004 mediante Decreto del Congreso Nacional (No. 24-2004).

Este convenio tiene como objetivo principal proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los 12 principales COPs (docena sucia): aldrín, dieldrín, endrín, mírex, toxafeno, clordano, heptacloro, DDT, hexaclorobenceno, bifenilos policlorados (PCBs), dioxinas y furanos.

Es bajo este convenio internacional que Honduras instauró en marzo de 2007 el Plan Nacional para la Implementación del Convenio de Estocolmo (PNI-COPs) en virtud del cual se conformó el Comité Nacional de Gestión de Sustancias Químicas y Residuos Peligrosos a través del cual se ha desarrollado el primer inventario nacional de COPs.

2.3.3. Convenio de Rótterdam

El Convenio de Rótterdam sobre el Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo aplicable a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos que son comercializados internacionalmente, fue aprobado en Rótterdam el 10 de septiembre de 1998 y fue puesto en vigor el 24 de febrero de 2004.

Este convenio busca la protección de la población y el medio ambiente mundial de los posibles peligros que acarrea el comercio de plaguicidas y productos químicos altamente peligrosos, poniendo restricciones y prohibiciones internacionales para su compraventa.

Los objetivos del convenio son: "Promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos cooperativos entre las partes en el comercio internacional de ciertas sustancias químicas con el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente ante un daño potencial; y contribuir al uso medioambientalmente racional de sustancias peligrosas, facilitando el intercambio de información sobre sus características, proporcionando un proceso de toma de decisión a nivel nacional sobre las importaciones y exportaciones, y divulgando esta información entre las Partes" (PNUMA/Sustainlabour, 2008, p. 150).

Dos medidas empleadas por este convenio y que constituyen por sí mismas un aporte al desarrollo mundial en materia de protección al medio ambiente y la diplomacia internacional son:

1. El Consentimiento Fundamentado Previo (CFP, o PIC por sus siglas en inglés): que es el procedimiento por medio del cual las partes en el proceso de exportación-importación pueden obtener y divulgar sus decisiones sobre si desean o no recibir cargas de los químicos considerados dentro del convenio.

2. El intercambio de información: el convenio en sí, facilita y promueve el intercambio de información entre las partes sin distinción del nivel económico o desarrollo del país al que pertenezcan, de tal forma que cualquier asociado al convenio que exprese problemas causados por pesticidas peligrosos puede exponerlo ante el Secretario y solicitar ayuda e información sobre su tratamiento y eliminación segura.

2.3.4. Cumbre para la Tierra (Declaración de Río)

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible (CNUMAD) realizada en Río de Janeiro, Brasil, del 3 al 14 de junio de 1992, trajo consigo la conocida Declaración de Río o Cumbre para la Tierra.

Los 27 principios de la Declaración buscan establecer las pautas para un desarrollo sostenible mundial, declarando a todas las naciones con deberes y derechos igualitarios en el cuidado del planeta, además de procurar la disminución de emisiones dañinas al medio ambiente.

"En la Declaración de Río se definen los derechos y las obligaciones de los Estados respecto de principios básicos sobre el medio ambiente y el desarrollo. Incluye las siguientes ideas: la incertidumbre en el ámbito científico no ha de demorar la adopción de medidas de protección del medio ambiente; los Estados tienen el "derecho soberano de aprovechar sus propios recursos" pero no han de causar daños al medio ambiente de otros Estados; la eliminación de la pobreza y la reducción de las disparidades en los niveles de vida en todo el mundo son indispensables para el desarrollo sostenible, y la plena participación de la mujer es imprescindible para lograr el desarrollo sostenible" (ONU, 1997, p. 2).

2.4.1. Consideraciones Generales

"A nivel mundial la Organización Internacional del Trabajo (OIT) estima que de las dos millones de muertes laborales que tienen lugar cada año en el mundo, 440,000 se producen como resultado de la exposición de trabajadores a agentes químicos peligrosos"(Takala, 2003, p. 21).

Los principales responsables de que ocurra lo anterior, según apunto el Dr. Takala en su intervención en la Reunión Sobre el Enfoque Estratégico para la Gestión de Productos Químicos a Nivel Internacional (SAICM) propiciada por la OIT en el año 2003, son sin duda el desconocimiento o desinformación sobre los niveles de peligrosidad de las sustancias químicas y la falta de medidas de seguridad al manipular las mismas, aspectos que se han estudiado en la presente investigación en el sector educativo de Honduras.

Sin embargo, pese a tener claras las razones de los accidentes laborales, y aun en la era del conocimiento, quizá el primer obstáculo enfrentado por los gestores de riesgo químico a nivel nacional y mundial, es el concretizar y delimitar el grado de peligro asociado a un agente químico particular.

Bajo este contexto, es importante conocer la definición de Sustancia Peligrosa (SP), entendiendo como tal a cualquier tipo de materia que puede producir alguna clase de daño en una propiedad, ambiente o individuo. No obstante esta afirmación es difícil poder determinar que sustancias químicas deben considerarse peligrosas y cuáles no, ya que como se sabe, todas las sustancias químicas (naturales o artificiales) pueden llegar a producir algún tipo de daño bajo condiciones particulares o en concentraciones elevadas.

Por ejemplo, al considerar un compuesto químico de uso tan común como el Cloruro de Sodio (Sal de Mesa) que se emplea diariamente en la dieta humana como condimento, podríamos descartarlo como sustancia química peligrosa por su familiaridad y empleo cotidiano en pequeñas dosis, sin embargo, al considerar sus efectos secundarios en altas concentraciones los cuales van desde irritación leve, náuseas y diarrea, hasta inflamación gastrointestinal, convulsiones y muerte por deshidratación, podría entonces ser reclasificada como peligrosa, por lo que se hace necesario definir su toxicidad.

Para determinar el rango de toxicidad de una sustancia química de forma más específica, la comunidad científica mundial ha determinado experimentalmente parámetros como la *Dosis Letal o LD* (Lethal Dose) de la mayoría de compuestos químicos más utilizados, como forma de expresar el grado de toxicidad de una sustancia en función de la resistencia de una población muestral y el porcentaje de muerte de la misma. Así es que se conoce que la DL_{50} (Dosis Letal requerida para matar al 50% de una población experimental de animales por ingesta) del Cloruro de Sodio es de 3000 mg/kg de masa corporal, de lo cual se puede deducir que un individuo promedio de unas 150 lb (69 kg) de masa corporal puede llegar a morir, si consume, en una sola dosis, un aproximado de 0.45 lb (0.21 kg) de sal de mesa, la cantidad de sal contenida en un salero grande.

Además de la toxicidad, existen otros parámetros tales como la reactividad y estado de agregación que pueden determinar la peligrosidad de una sustancia, al encontrarse bajo condiciones particulares, combinarse con otras sustancias o liberar cantidades peligrosas de energía térmica o radioactiva, pudiendo infringir directa o indirectamente algún daño sobre el medio ambiente, una población o un individuo en particular. De nuevo la concentración y dosis son importantes de considerar, por ejemplo al evaluar el vinagre de consumo habitual, el cual es básicamente una solución de ácido acético al 5%, este no representa un peligro real si se consume periódicamente en dosis muy pequeñas, pero puede causar graves daños al consumirse muy frecuentemente o en una sola dosis en su forma concentrada, como ácido acético glacial.

Considerando estos y otros aspectos, es que se hace necesario definir en forma concreta los parámetros bajo los cuales una sustancia debe ser considerada como peligrosa, tanto para el presente trabajo de investigación como para futuras referencias e iniciativas de gestión de riesgo por sustancias químicas.

2.4.2. Definición de Sustancia Química Peligrosa

En forma general, la ONU enuncia que una Sustancias Química Peligrosa (SQP) es cualquier elemento o compuesto que independientemente de su estado presenta características físico-químicas que pueden llegar a causar algún tipo de daño a la salud, la seguridad o el medio ambiente y no necesariamente aquellas que lo están produciendo en el momento en que se les estudia (ONU, 2005).

Estas definición es de suma relevancia para el presente estudio, el cual considera el hecho de que si bien es verdad que en un laboratorio pueden existir SQP sin implicar un riesgo real dadas las condiciones de seguridad y correcta gestión; su presencia en él conlleva un peligro implícito de acuerdo a sus propiedades particulares, y que tal como se discutirá más adelante, puede llegar a convertirse en un riesgo al presentarse una exposición no controlada a ellas.

En el presente estudio se maneja tanto a los reactivos químicos, como a los productos de sus reacciones bajo el mismo término de "Sustancias Químicas" (SQ), valorando su peligrosidad independientemente de si se trata de la materia prima adquirida para las prácticas de laboratorio o de los residuos resultantes de estas.

2.4.3. Clasificación de la ONU de Material Peligroso

Una vez conceptualizada la definición de SQP, es necesario tomar en consideración lo referente a las razones que las vuelven peligrosas y con ello al grado de peligrosidad asociado, para lo cual se ha tomado como base la clasificación oficial de Material Peligroso dictada por el Comité de Expertos de Transporte de Mercancías Peligrosas (CEIMP-ONU) del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas en 1996 y bajo las enmiendas realizadas desde entonces hasta el 2005, que se muestran en la sección 2.0.1.1 del volumen II del Reglamento Modelo sobre Transporte de Mercancías Peligrosas (conocido en sus

primeras versiones como Libro Naranja), en el cual se detalla la clasificación y numeración siguiente:

"2.0.1.1 Definiciones

Las sustancias (comprendidas las mezclas y soluciones) y los objetos sometidos a la presente Reglamentación se adscriben a una de las nueve clases siguientes según el riesgo o el más importante de los riesgos que representen. Algunas de esas clases se subdividen en divisiones.

Esas clases y divisiones son las siguientes:

Clase 1: Explosivos

División 1.1: Sustancias y objetos que presentan un riesgo de explosión en masa.

División 1.2: Sustancias y objetos que presentan un riesgo de proyección sin riesgo de explosión en masa.

División 1.3: Sustancias y objetos que presentan un riesgo de incendio y un riesgo menor de explosión o un riesgo menor de proyección, o ambos, pero no un riesgo de explosión en masa.

División 1.4: Sustancias y objetos que no presentan riesgo apreciable.

División 1.5: Sustancias muy insensibles que presentan un riesgo de explosión en masa.

División 1.6: Objetos sumamente insensibles que no presentan riesgo de explosión en masa.

Clase 2: Gases

División 2.1: Gases inflamables.

División 2.2: Gases no inflamables, no tóxicos.

División 2.3: Gases tóxicos.

Clase 3: Líquidos inflamables

Clase 4: Sólidos inflamables

División 4.1: Sólidos inflamables, sustancias de reacción espontánea y sólidos explosivos insensibilizados.

División 4.2: Sustancias que pueden experimentar combustión espontánea.

División 4.3: Sustancias que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables.

Clase 5: Sustancias oxidantes y peróxidos orgánicos

División 5.1: Sustancias oxidantes.

División 5.2: Peróxidos orgánicos.

Clase 6: Sustancias tóxicas y sustancias infecciosas

División 6.1: Sustancias tóxicas.

División 6.2: Sustancias infecciosas.

Clase 7: Material radiactivo

Clase 8: Sustancias corrosivas

Clase 9: Sustancias y objetos peligrosos varios

El orden numérico de las clases y divisiones no corresponde a su grado de peligro" (ONU, 2005, pp. 3-4).

Para comprender mejor la codificación anterior, es necesario definir cada clase, basándose en los principios técnicos y consideraciones particulares realizadas por la ONU y expuesta a lo largo del Reglamento Modelo sobre Transporte de Mercancías Peligrosas, del cual podemos extraer las definiciones siguientes:

Clase 1-Explosivos: son todas aquellas sustancias sólidas, líquidas o mezclas que pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que pueden detonar, producir violentas deflagraciones, o explotar al exponerse al calor cuando están parcialmente confinadas o sometidas a fuerzas externas.

Clase 2-Gases: se entiende por gas toda sustancia que a 50 °C tenga una tensión de vapor superior a 300 kPa; o que sea totalmente gaseosa a 20 °C, a una presión de referencia de 101,3 kPa.

Clase 3-Líquidos Inflamables: líquidos, mezclas de líquidos o líquidos que contienen sustancias sólidas en solución o suspensión (por ejemplo, pinturas, barnices, lacas, etc., siempre que no se trate de sustancias incluídas en otras clases por sus características peligrosas) que desprenden vapores inflamables a una temperatura no superior a 60,5 °C en ensayos en vaso cerrado o no superior a 65,6 °C en ensayos en vaso abierto, comúnmente conocida como su punto de inflamación.

Clase 4-Sólidos Inflamables: son sólidos inflamables los que entran fácilmente en combustión y los que pueden producir incendios por rozamiento.

Clase 5-Sustancias Oxidantes: sustancias que, sin ser necesariamente combustibles por sí mismas, pueden, por lo general al desprender oxígeno, provocar o favorecer la combustión de otras materias.

Clase 5 -Peróxidos Orgánicos: sustancias orgánicas que contienen la estructura bivalente -O-O- y pueden considerarse derivados del peróxido de hidrógeno, en el que uno o ambos átomos de hidrógeno han sido sustituidos por radicales orgánicos.

Clase 6: Sustancias Tóxicas: sustancias que pueden causar la muerte o lesiones graves o pueden producir efectos perjudiciales para la salud del ser humano si se ingieren o inhalan o si entran en contacto con la piel, pudiendo considerarse tóxicos agudos o tóxicos crónicos.

a) **Tóxicos Agudos:** si la sustancia causa efectos inmediatos, generalmente fáciles de detectar, tales como la irritación respiratoria o dérmica, identificables por tos o comezón, respectivamente.

b) **Tóxicos Crónicos:** si la sustancia causa efectos a largo plazo, generalmente tras exposición prolongada, tales como cáncer, alteraciones genéticas, hepáticas y neurales.

Clase 6: Sustancias Infecciosas: sustancias respecto de las cuales se sabe o se cree fundadamente que contienen agentes patógenos. Los agentes patógenos se definen como microorganismos (tales como las bacterias, virus, rickettsias, parásitos y hongos) y otros agentes tales como priones, que pueden causar enfermedades infecciosas en los animales o en los seres humanos.

Clase 7: Material radiactivo: por material radiactivo se entenderá todo material que contenga radionucleidos en los cuales tanto la concentración de actividad como la actividad total de la remesa excedan los valores especificados como límites.

Clase 8: Sustancias corrosivas: son sustancias que, por su acción química, causan lesiones graves a los tejidos vivos con que entran en contacto o que, si se produce un escape, pueden causar daños de consideración a otras mercancías o a los medios de transporte, o incluso destruirlos.

Clase 9: Sustancias y objetos peligrosos varios: las sustancias y objetos de la Clase 9 (sustancias y objetos peligrosos varios) son sustancias y objetos que, durante el transporte, presentan un riesgo distinto de los correspondientes a las demás clases, tales como los organismos genéticamente modificados o sustancias dañinas al medio ambiente.

Con el fin de poder realizar la clasificación anterior en forma correcta, la ONU ha editado el "Manual de Pruebas y Criterios" donde se detallan las pruebas estandarizadas para definir experimentalmente la Clase y División a la que pertenece una mercancía, mismo que se encuentra disponible en diferentes idiomas en su versión de libre accesos en el portal web de la UNECE (United Nations Economic Commission for Europe)[5].

2.4.4. Clasificación de Peligrosidad de la ONU

Además de la clasificación en Clases y Divisiones, las Naciones Unidas han desarrollado una clasificación de peligrosidad basada en diferentes criterios para cada tipo de Sustancias y mencionada en la sección 2.0.1.3 del Reglamento ya citado, la cual dice:

"2.0.1.3 A efectos de embalaje/envase, las sustancias distintas de las clases 1, 2 y 7, divisiones 5.2 y 6.2 y de las sustancias de reacción espontánea de la división 4.1 se clasifican en tres grupos de embalaje/envase según el grado de peligro que presentan:

- Grupo de embalaje/envase I: sustancias que presentan gran peligro;
- Grupo de embalaje/envase II: sustancias que presentan un peligro intermedio;
- Grupo de embalaje/envase III: sustancias que presentan un peligro escaso" (ONU, 2005, p. 4).

Al igual que con la codificación anterior, la clasificación de una sustancia en un grupo particular está determinada por pruebas experimentales y estándares oficiales tanto de Naciones Unidas como de los gobiernos particulares que producen y distribuyen estas sustancias.

2.4.5. Números ONU

El Reglamento Modelo sobre Transporte de Mercancías Peligrosas de la ONU hace referencia a un listado de mercancías peligrosas transportadas frecuentemente en los países miembros de esta organización, las cuales reciben un número distintivo para su identificación particular y su clasificación en 4 epígrafes.

"Cada epígrafe de la lista de mercancías peligrosas está caracterizado por un número ONU… Los epígrafes de la lista de mercancías peligrosas corresponden a los cuatro tipos siguientes:

a) Epígrafes particulares para sustancias u objetos bien definidos, por ejemplo:

1090 ACETONA
1194 NITRITO DE ETILO EN SOLUCIÓN

[5] URL del sitio web de la UNECE donde se encuentra el Manual de Pruebas y Criterios de la ONU: http://www.unece.org/trans/danger/publi/manual/Rev4/ManRev4-files_s.html

b) Epígrafes genéricos para grupos de sustancias u objetos bien definidos, por ejemplo:

1133 ADHESIVOS
1266 PRODUCTOS DE PERFUMERÍA
2757 PLAGUICIDA A BASE DE CARBAMATO, SÓLIDO, TÓXICO

c) Epígrafes específicos n.e.p. que comprenden un grupo de sustancias u objetos de naturaleza química o técnica particular, por ejemplo:

1477 NITRATOS INORGÁNICOS, N.E.P.
1987 ALCOHOLES, N.E.P.

d) Epígrafes generales n.e.p. que comprenden un grupo de sustancias u objetos que reúnen los criterios de una o más clases o divisiones, por ejemplo:

1325 SÓLIDO INFLAMABLE ORGÁNICO, N.E.P.
1993 LÍQUIDO INFLAMABLE, N.E.P.

… La lista también contiene información relevante para cada epígrafe, como la clase de riesgo…I_ por inhalación, II_ ingesta y III_ contacto en la piel…, el riesgo o los riesgos secundarios (si procede), el grupo de embalaje/envase (si se ha asignado), las prescripciones relativas al embalaje/envase y al transporte en cisternas, etc…"
(ONU, 2005, p. 5).

La lista de completa de mercancías peligrosas con su respectivo número ONU, Clase, División, Riesgo y Epígrafe se encuentran disponibles en la página web de la UNECE.[6]

2.4.6. Creación y Generalidades del SGA

Dada la cantidad creciente de productos químicos que se comercializaban a nivel mundial para la década de los 80's y al considerar el igualmente creciente número de investigaciones y el descubrimiento de variados efectos adversos que muchos de estos productos conllevan para el ser humano y el medioambiente, diversas instituciones y gobiernos realizaron una serie de esfuerzos orientados a crear una codificación local para la identificación de sustancias peligrosas, así como el diseño de fichas técnicas que acompañaran su distribución y advirtiesen de los riesgos asociados a cada sustancia y los consejos de seguridad respectivos para mitigar dichos riesgos.

Para inicios de los 90's existían ya diversas nomenclaturas de peligrosidad para designar una misma sustancia química, lo que llevaba a confusiones en su interpretación, aun cuando la codificación de la ONU reglamentaba en gran medida el uso de ciertos símbolos

[6] URL del sitio web de la UNECE donde se encuentra el listado de mercancías peligrosas considerado en el Manual de Pruebas y Criterios de la ONU:
http://www.unece.org/trans/danger/publi/unrec/rev13/Spanish/03b_DGL%20Rev13sp.pdf

y frases de seguridad en el transporte de mercancías peligrosas, cada gobierno y empresa imprimía su propia codificación local en las etiquetas empleadas al comercializar dichas mercancías lo que implicaba una grave violación a la seguridad mundial al considerar el comercio, recién globalizado de la época.

Debido a lo anterior y tras la CNUMAD de 1992, se aprobó el mandato internacional sobre la unificación de criterios para clasificar y etiquetar los productos químicos, dictando en el párrafo 19.27 del Programa de la Agenda 21:

"Para el año 2000 deberá disponerse, dentro de lo posible, de un sistema de clasificación y etiquetado armonizado mundialmente, que contenga fichas de datos sobre la seguridad de distintos productos químicos y símbolos de fácil comprensión"(UNECE, 2007, p. 3).

Para 1999, se nombró oficialmente el Subcomité de Expertos en el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos de la Organización de las Naciones Unidas (SCESGA-ONU), quienes se encargaron desde entonces de recopilar, codificar y unificar criterios sobre la forma de clasificación, los datos de seguridad y el estilo con que se debían presentar al público las etiquetas de los productos químicos a nivel mundial, publicando la primera edición del Sistema Global Armonizado (SGA) en 2003, misma que recibió una variedad de enmiendas y anexó nueva información hasta obtener su segunda edición en diciembre de 2006, la cual según determinaciones tomadas en La Cumbre Mundial Sobre el Desarrollo Sostenible, debía estar en funcionamiento pleno y adoptada por la comunidad internacional para finales de 2008.

Los objetivos primarios que se detallan en el documento del SGA sobre su propia creación son:

- Mejorar la protección de la salud humana y del medio ambiente, facilitando un sistema de comunicación de peligros inteligibles en el plano internacional.

- Proporcionar un marco reconocido a los países que carecen de sistema.

- Reducir la necesidad de efectuar ensayos y evaluaciones de los productos químicos.

- Facilitar el comercio internacional de los productos químicos cuyos peligros se hayan evaluado e identificado debidamente a nivel internacional.

Mientras que sus alcances, definidos en el mismo documento, comprenden la creación y adaptación de dos elementos básicos:

- Criterios armonizados para clasificar sustancias y mezclas con arreglo a sus peligros ambientales, físicos y para la salud.

- Elementos armonizados de comunicación de peligros, con requisitos sobre etiquetas y fichas de datos de seguridad.

En la interpretación de la esencia del SGA debe entenderse que: "La armonización significaría el establecimiento de una base común y coherente para la clasificación y comunicación de los peligros de los productos químicos con la que podrían seleccionarse los elementos apropiados para los diferentes sectores, a saber, el transporte, los consumidores, los trabajadores y el medio ambiente… esto es, el etiquetado y las fichas de datos de seguridad"(UNECE, 2007, p. 33).

La segunda edición del SGA[7] constituye buena parte del sustento técnico en que se fundamentó la investigación descrita en este informe, y contempla entre otros aspectos: la codificación internacional para indicaciones de precauciones, consejos de seguridad y prudencia, así como los formatos oficiales para la elaboración de fichas de datos de seguridad (FDS) de sustancias químicas y los pictogramas internacionales de peligro.

2.4.7. Clasificación de Sustancias Químicas Peligrosas del SGA

Siguiendo las pautas de la clasificación de la ONU para Material Peligroso (Sec. 4.3) contemplada en el "Libro Naranja", la junta del SCESGA acordó adoptar esta misma codificación por Clases y Divisiones como estructura de clasificación de las SQP en el SGA, sin embargo, redefinió cada categoría en base a pruebas estandarizadas que establecen sistemáticamente los criterios de clasificación.

De tal manera que, en la actualidad se cuenta con un Manual de Pruebas y Criterios que describe los métodos y procedimientos estándar que se requieren para clasificar correctamente las sustancias químicas dentro de la codificación del SGA, además de un listado oficial de sustancias consideradas como peligrosas, cuyas características fisicoquímicas ya han sido identificadas y cuentan con una Clase y División establecidas en el SGA, lo que permite su identificación y clasificación inmediata sin requerir la realización de los ensayos experimentales, tales como la prueba Koenen, pruebas de estabilidad térmica, pruebas de sensibilidad a extinciones y fuegos exteriores, etc.

"Cada prueba del Manual ONU tiene asignado un código de identificación único y comprende los elementos siguientes:

x.1 Introducción.
x.2 Aparatos y materiales (Con sus respectivos esquemas y referencias).
x.3 Procedimiento.
x.4 Criterios de prueba y método de evaluación de los resultados.
x.5 *Ejemplos de resultados*"(ONU, 2003, p. 12).

[7] La versión actualizada del SGA está disponible en el sitio web oficial de la UNECE, en inglés, francés y español, tanto en versión completa en formato PDF, como en versiones resumidas en HTML y XHTML, en la URL: http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev02/02files_s.html

Un resumen de las pruebas sugeridas en el Manual de Pruebas y Criterios para cada clase (serie) de sustancias químicas peligrosas, con su respectiva clasificación por tipo y código, se presenta en el Anexo 3.

2.5. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD

2.5.1. Elementos de Seguridad en El Etiquetado de Sustancias Químicas

En la CNUMAD de 1992, se estableció obligatorio el empleo de elementos estándar en las etiquetas de sustancias químicas, mismas que han sido detalladas en el SGA y que tienen como función el comunicar al comerciante y usuario de cualquier sustancia química, los peligros asociados a cada compuesto, así como los consejos y sugerencias prudentes para su buena manipulación, conservación y almacenamiento.

De acuerdo a las normas establecidas en el SGA, toda sustancia química (peligrosa o no) que sea comercializada internacionalmente debe contener los siguientes elementos de identificación en sus etiquetas:

- Símbolos de seguridad;
- Pictogramas de peligro;
- Palabras de advertencia;
- Indicaciones explicitas de peligro;
- Consejos de prudencia (Frases R y S);
- Identificación del producto y del proveedor;
- Peligros múltiples y orden de prioridad de la información;
- Ubicación de los elementos en las etiquetas del SGA;
- Disposiciones especiales de etiquetado.

Cada elemento posee características y formatos de impresión particulares, los cuales son mostrados dentro del SGA, independientemente del idioma y país en que se impriman las etiquetas de las sustancias químicas.

2.5.2. Pictogramas de Peligro

La definición de pictograma que fue acordada internacionalmente e impresa en la segunda edición del SGA dicta que: "Un pictograma es una composición gráfica que consta de un símbolo y de otros elementos gráficos, tales como un borde, un dibujo o color de fondo, y que sirve para comunicar una información específica"(UNECE, 2007, p. 33).

Con base a lo anterior, la UNECE ha estandarizado una serie de pictogramas para comunicar cada clase de peligro contemplado en el SGA, los cuales están formados tanto por una figura representativa, como por un marco (generalmente en forma de rombo) y fondo de color contrastante según cada clase y división a la que representa.

El objetivo primordial de emplear pictogramas de peligro estandarizados como parte de las etiquetas de sustancias químicas, es sin duda, el facilitar la comunicación de los peligros asociados a cada sustancia independientemente del idioma en que se escriban las palabras de advertencia y los datos característicos a ellas, lo que permite transmitir esta información de forma eficiente en cualquier región del mundo en donde se comercialicen estas sustancias.

Se considera un deber internacional que cada fabricante incluya dentro de las etiquetas de sus productos químicos el o los pictogramas correspondientes a las características particulares de cada producto, al igual que se considera obligación de los compradores y usuarios el conocer el significado de cada pictograma.

Tanto en el SGA como en el Reglamento Modelo sobre Transporte de Mercancías Peligrosas de la ONU, se contemplan las indicaciones y plantillas requeridas para la reproducción de los pictogramas de peligro estandarizados, tal como se muestra en la Figura 3, la cual fue extraída de la sección de "Asignación de los elementos de etiquetado" de la segunda edición del SGA:

Figura 3: *Ejemplo de indicaciones para la reproducción de pictogramas de peligro (para gases inflamables en las categorías 1 y 2)*

GASES INFLAMABLES				
Categoría 1	**Categoría 2**	-	-	**Nota**
Peligro **Gas extremadamente inflamable**	***Sin pictograma*** **Atención** **Gas inflamable**			**Según las *Recomendaciones relativas al transporte de mercancías peligrosas, Reglamentación Modelo*, el símbolo, el número y la línea del borde pueden figurar en negro en lugar de en blanco. El fondo debe ser de color rojo en ambos casos.**
	No se requiere en la *Reglamentación Modelo*			

Un listado completo de los pictogramas de peligro con su respectivo significado en español, se puede observar en el Anexo 4.

Ya que no todas las sustancias químicas poseen peligros asociados a su manipulación y empleo a baja y mediana escala, no todos los compuestos deben contemplar en sus etiquetas un pictograma, e inclusive según las determinaciones de la UNECE, algunas categorías y divisiones de peligro no poseen un pictograma particular asociado a ellas, en cuyo caso se sugiere el empleo de palabras o frases de advertencia, así como la indicación

de la división a que corresponde mediante números arábigos escritos en fondo contrastante dentro de sus etiquetas.

Además de los pictogramas de peligro, la comunidad internacional a diseñado pictogramas de prohibición, de precaución obligatoria y de información general que si bien no están asociadas directamente a las sustancias químicas peligrosas, son parte del sistema de comunicación de seguridad que debe ser empleado en un laboratorio de Ciencias Naturales, por lo cual se referencian en el Anexo 4.

2.5.3. Diamante de Fuego

Como parte de los Códigos Nacionales de Fuego (NFC) de la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) de los Estados Unidos de América, se encuentra el conocido Diamante de Fuego o Rombo de Seguridad ante Incendios, que es ampliamente utilizado en la industria química para simbolizar gráficamente la clasificación de peligros por incendio de una sustancia o material, siendo regulada por la norma NFPA 704.

"La norma NFPA 704 pretende a través de un rombo seccionado en cuatro partes de diferentes colores, indicar los grados de peligrosidad de la sustancia a clasificar" (Beasley & Colonna, 2002, pp. 13-14).

Los colores indican los riesgos asociados a la sustancia, mientras que los números indican el nivel de peligro, pudiendo en ocasiones incluir algunos símbolos en el cuadrante blanco para representar características especiales de las sustancias (véase Anexo 5).

La escala numérica y el significado de los colores y símbolos se observa en la Figura 4 a continuación:

Figura 4: *Diamante de Fuego - NFPA 704*

2.5.4. Frases R y S

Al igual que con los pictogramas, las frases R/S son una codificación internacional que no depende del idioma de impresión de las etiquetas y que permiten la comunicación de consejos de prudencia y advertencia de riesgos asociados a cada compuesto químico comercializado; sin embargo, a diferencia de los pictogramas, estas frases son genéricas y no corresponden a una clase o división de peligro específico, por lo que suelen emplearse como una combinación de varias frases a la vez.

Las 64 "Frases R" aluden a riesgos específicos atribuidos a la exposición a un peligro en particular, mientras que las 62 "Frases S" hacen referencia a consejos de seguridad para el correcto manejo de una sustancia que cumple con ciertas características de peligrosidad asociadas (véase Anexo 6).

Para vencer las limitantes del idioma, las Frases R y S se codifican empleando una R o bien una S seguidas de un número arábigo que hace referencia a una frase determinada, tal como se muestra en los ejemplos de la Tabla 1 y Tabla 2, mostradas a continuación:

Tabla 1: *Ejemplo de Frases de Riesgo (Frases R)*

Frase R	Significado
R1	Explosivo en estado seco.
R2	Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
R3	Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
R4	Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles.

Tabla 2: *Ejemplo de Frases de Seguridad (Frases S)*

Frase S	Significado
S1	Consérvese bajo llave.
S2	Manténgase fuera del alcance de los niños.
S3	Consérvese en lugar fresco.
S4	Manténgase lejos de locales habitados.

Además de aportar información a los usuarios de las SQ, estas frases pueden ser empleadas como fundamento para la evaluación cualitativa de riesgos en el modelo de columnas, del cual se comenta más adelante (véase Tabla 11).

2.5.5. Fichas de Datos de Seguridad (FDS)

Siempre que se requiera el manejo de químicos de cualquier clase, especialmente aquellos de alta peligrosidad, se vuelve necesario contar con información específica sobre su composición, los peligros asociados, las precauciones necesarias y la información referente a la atención a emergencias en caso de exposición, así como cualquier otra información disponible que permitan su manejo seguro. Con este fin es que se crearon las Fichas de Datos de Seguridad (FDS o MSDS en sus siglas en ingles, Material Safety Data Sheet), las cuales sintetizan la información requerida para manipular, tratar, almacenar y eliminar una sustancia química en particular (véase Anexo 7).

Aunque existen diversos formatos para crear una FDS, la mayor parte de los fabricantes, laboratorios y organismos internacionales coinciden en que este documento debe poseer al menos la siguiente información:

- Identificación del producto y propiedades físicas y químicas particulares.
- Identificación de los peligros asociados.
- Información sobre su composición particular.
- Primeros auxilios a considerar en caso de exposición directa.
- Medidas a tomar en caso de derrames, vertido o incendio.
- Esbozo del equipo de seguridad y de protección personal requerido para su manipulación.
- Consejos para su manipulación y almacenamiento seguro.
- Información relativa al tratamiento y eliminación de sus productos y subproductos.
- Información sobre su estabilidad y reactividad.
- Información sobre su toxicología y ecotoxicología.
- Información relativa a su transporte.
- E información relativa a la reglamentación nacional e internacional aplicable.

El SGA como documento oficial de la ONU, comprende en su anexo 4 una guía completa con las especificaciones técnicas necesarias para la elaboración de las FDS, bajo la recomendación Nº 177 de la OIT sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo, la norma ISO 11014 de la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Directiva 91/155/CEE de la Unión Europea sobre Fichas de Datos de Seguridad y la norma ANSI Z 400.1 del Instituto Estadounidense de Normas Nacionales (ANSI), contemplando los doce puntos enlistados anteriormente (UNECE, 2007).

Es necesario que conjuntamente con el conocimiento de la existencia de una sustancia química peligrosa en un laboratorio, especialmente en un laboratorio educativo, coexista la conciencia de la necesidad de poseer la FDS respectiva y la facilidad de acceso a esta información por parte de todos los usuarios de la misma.

En la actualidad los distribuidores de sustancias químicas se encuentran obligados, según leyes internacionales, a proveer conjuntamente con sus productos las FDS respectivas, sin

embargo, dada la gran cantidad de intermediaros que existen en la comercialización de algunos productos químicos, se ha vuelto necesaria la divulgación de estas fichas por otros medios tales como catálogos especializados y documentos electrónicos, que permiten su acceso y distribución más eficiente.

Algunos de los sitos web más populares que proporcionan, en diversos idiomas (incluyendo el español), las FDS de las sustancias químicas de mayor comercialización y empleo a nivel mundial aparecen enlistados en el Anexo 8.

2.5.6. Números CAS

Gracias a la "Chemical Abstracts Service" (CAS), una división de la Sociedad Química Americana (ACS) con sede central en Columbus, Ohio, USA; se ha logrado generar un sistema de numeración de sustancias químicas, que permite no solamente su eficiente identificación, sino que facilita la búsqueda de información referente a ellas en la mayoría de bases de datos mundiales.

Si bien la numeración CAS no es el único sistema de numeración de productos químicos existente en la actualidad, es sin lugar a duda el más popular de todos, y según los expertos, resulta ser el más eficiente por sus características genéricas.

Los números CAS, a diferencia de otros sistemas de numeración química, como el de la ONU mostrado en la sección 4.5, son independientemente del método de clasificación empleado, por lo cual resulta ser más simple en su asignación y mucho más factible de establecerse a sustancias nuevas o de reciente descubrimiento, por lo que ha sido adoptado como estándar mundial y figura en todos los sistemas de identificación e información de productos químicos (véase Anexo 9).

Al día de hoy, el CAS posee la mayor base de registro de sustancias químicas en la tierra, siendo empleada por casi todos los países del mundo como referente para la búsqueda de FDS e información de actualización sobre productos químicos, de tal forma que resulta más eficaz la búsqueda de información mediante su sistema de numeración, que empleando el respectivo nombre en cualquier idioma o bajo cualquier nomenclatura química establecida hasta el momento (Esquivel, 2008).

Un número de registro CAS puede llegar a contener más de 10 dígitos divididos por guiones en tres partes, asegurando la identificación inequívoca de una sustancia en particular, por ejemplo: el número CAS: 58-08-2 es exclusivo para la cafeína.

En ocasiones un mismo compuesto puede tener más de un número CAS, si posee diferentes estados de hidratación, formas cristalinas o isomerías, lo que enriquece considerablemente este registro y permite una distinción aun más minuciosa de las sustancias químicas.

Según el registro interno del CAS, su base de datos cuenta actualmente con más de 44 millones de sustancias químicas registradas, con la adición de unas 12,000 nuevas sustancias diariamente[8].

Esta división de la ACS que inició sus labores en 1907, en la actualidad, además del registro de sustancias químicas, el CAS tiene otras actividades adscritas a él, como la generación de bases de datos, la verificación de patentes, diversas publicaciones de la ACS y la elaboración de herramientas electrónicas y software con aplicaciones diversas (CAS-ACS, 2007).

2.6. EQUIPO Y MATERIAL DE SEGURIDAD

Debido a la gran variedad de sustancias químicas existentes en la actualidad, no es posible generar un listado único de material y equipo que garantice la seguridad en el manejo de todas las sustancias dentro de un Laboratorio de Ciencias Naturales (LCN) sin considerar las FDS correspondientes a cada una de ellas, sin embargo, gracias a la clasificación de sustancias peligrosas realizada por la ONU y descrita en el SGA, es posible asignar un equipo mínimo de seguridad para el manejo de cada categoría y división de peligro en las que se pueden clasificarse, tanto Equipo de Protección Individual (EPI) como Equipo de Protección Colectiva (EPC) y Equipos de Seguridad Preventiva (ESP).

2.6.1. Equipo y Material Básico de Seguridad para un LCN

En forma general, se estima que el equipo y material de seguridad indispensable para el funcionamiento seguro de un LCN está constituido por:

- Guantes.
- Gabachas.
- Pinzas.
- Mascarillas.
- Gafas.
- Extractores.
- Ventiladores.
- Extintores.
- Botiquines médicos.
- Material para neutralización.
- Material y equipo para derrames.
- Material para primeros auxilios.

[8] El conteo actualizado de sustancias químicas registradas por el CAS, puede consultarse en su sitio web: http://www.cas.org/cgi-bin/cas/regreport.pl

Adicional al listado anterior existen también equipos muy recomendables para procurar la seguridad de un laboratorio que maneja sustancias químicas consideradas como peligrosas y reactivos puros o en alta concentración, tales como:

- Lavaojos.
- Campanas de gases.
- Detectores de humo.
- Duchas de seguridad.

Asimismo, existen otros equipos y materiales especializados, requeridos en los laboratorios que manejan o producen sustancias altamente peligrosas, como:

- Cámaras de bioseguridad con atmósfera controlada.
- Campanas de vacío.
- Detectores de niveles de radiación.
- Sensores de contaminación atmosférica.

2.6.2. Consideraciones del Equipo de Protección Individual

Dentro del equipo de seguridad destacan considerablemente los EPI por su variedad, frecuencia de uso y nivel de seguridad implícito, por lo cual se comenta a continuación algunas especificaciones y consideraciones importantes sobre su selección.

Siempre que se realiza la selección del equipo de protección requerido para una actividad se demanda, como ya se ha mencionado, la consulta de las FDS de las sustancias químicas que se emplearán, en base a las cuales se consideran los parámetros siguientes para la selección:

- Determinación del tipo de equipo a utilizar con base a las vías de entrada del contaminante.

- Fijación de las características técnicas del equipo en consideración con los niveles de riesgo descritos por los fabricantes (véase Tabla 11).

- Adquisición del equipo en consideración a la adecuación al entorno laboral.

2.6.2.1. Consideraciones en la Determinación del Equipo a Utilizar

Al considerar el estado, vías de entrada y formas de exposición de las SQ se puede determinar el tipo de equipo que se requiere para su manipulación, estableciendo una división general como la mostrada en la Tabla 3 a continuación:

Tabla 3: *Determinación del Tipo de EP a utilizar en base a las vías de entrada de las SQ empleadas*

Vía de Entrada	Tipo de Equipo a Utilizar
Inhalación	Equipo de protección de las vías respiratorias
Dérmica	Según el estado del contaminante y partes del cuerpo expuestas
Contacto Ocular	Gafas de protección

Debe considerarse además la posibilidad de que una SQ requiera una combinación de cada tipo de EP, tanto por poseer diferentes vías de entrada, como por cambiar de estado o de estructura durante su manipulación.

2.6.2.2. Fijación de las características técnicas principales de cada tipo de EP

Si bien son muchos los aspectos técnicos a considerar a la hora de seleccionar un EP, que van desde el precio hasta las consideraciones climáticas de la zona de trabajo, se pueden fijar características especiales para cada tipo de equipo en la clasificación siguiente:

- EP de las vías respiratorias.
- Guantes de protección.
- Ropas de protección.
- Gafas de protección.

a) EP de las vías respiratorias

En primera instancia se debe definir el subtipo de EP de las vías respiratorias bajo la consideración de las condiciones ambientales del área de trabajo, las cuales determinan la necesidad de emplear equipos filtrantes o equipos aislantes, como se aprecia en la Tabla 4 a continuación:

Tabla 4: *Selección del subtipo de EP para vías respiratorias por condiciones ambientales*

CONDICIONES AMBIENTALES	TIPO DE EQUIPO
• Oxígeno ambiental superior al 17% • Concentración ambiental inferior a: - 100 veces el VLA-ED - 10000 ppm - Indice IPVS (IDLH Level)	EQUIPOS FILTRANTES - Mascarillas autofiltrantes (FF) - Filtro + adaptador facial (máscara o mascarilla) Tipos de filtros: P: Partículas A: Vapores orgánicos B: Vapores inorgánicos K: Amoniaco E: SO_2 Otros
• Oxígeno ambiental inferior al 17%· • Concentración ambiental superior a: - 100 veces el VLA-ED - 10000 ppm - Indice IPVS (IDLH Level)	EQUIPOS AISLANTES - Semiautónomos - Autónomos

Nota: Tomada de (INSHT, 2001, p. 116)

Además, deben considerarse parámetros técnicos de referencia tales como el Factor de Protección Nominal (FPN) definido como la inversa de la fuga, he indicado por múltiplos del valor límite ambiental (VLA) y la concentración máxima del contaminante a la que puede enfrentarse el EP, gracias a lo cual se puede determinar la clase de protección que se requiere tanto en filtros empleados frente a SQ en forma de partículas, como en forma de gases, de la forma siguiente:

Tabla 5: *Clases de protección de filtros usados frente a partículas*

Clase de protección	% retención / (fuga)	Factor de Protección Nominal
1	80 / (20)	5
2	94 / (6)	16.7
3	99.95 / (0.05)	2000

Nota: Tomada de (INSHT, 2001, p. 117)

Tabla 6: *Clases de protección de filtros usados frente a gases.*

Clase de protección	Concentración máxima
1	Hasta 10 veces el VLA y máximo 100 ppm
2	Hasta 100 veces el VLA y máximo 5000 ppm
3	Hasta 100 veces el VLA y máximo 10000 ppm

Nota: Tomada de (INSHT, 2001, p. 117)

b) Guantes de protección

Sobre los guantes existen diversas consideraciones al seleccionar los adecuados para la manipulación de una SQ en especial, ya que no solo existen de diversos materiales, sino que a la vez los hay de una variedad de niveles de protección.

Generalmente, el nivel de protección de los guantes es expresado en función de su grado de penetración y su índice de permeación o permeabilidad. El primero de estos parámetros expresa la capacidad de un producto químico para pasar a través de las imperfecciones o costuras del guante, mientras que el segundo indica la misma capacidad pero a nivel molecular.

En función del tiempo en que tarda la SQ en transpirar el guante, se pueden establecer seis niveles de permiación en los rangos siguientes:

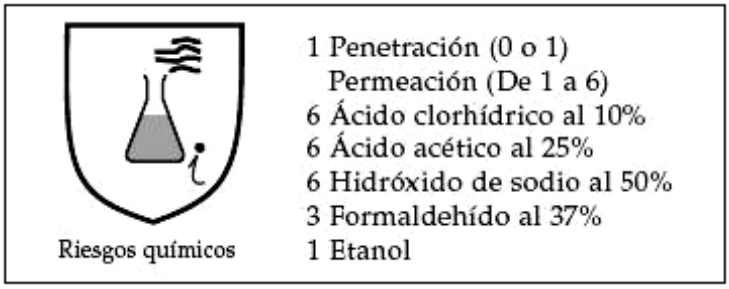
Tabla 7: *Índices de protección de guantes en función del tiempo de transpiración*

Tiempo de transpiración	Índice de protección
> 10 minutos	1
> 30 minutos	2
> 60 minutos	3
> 120 minutos	4
> 240 minutos	5
> 480 minutos	6

Nota: Tomada de (INSHT, 2001, p. 118)

Es usual encontrar notas del fabricante donde se indican los grados de penetración y el listado de sustancias para las cuales está diseñado el guante, como se ve en el ejemplo de etiqueta mostrado más adelante (Figura 5):, misma que debe interpretarse conjuntamente con los índices de protección mostrados en la Tabla 7.

Figura 5: *Ejemplo de etiqueta para guantes de seguridad*



Nota: Tomada de (INSHT, 2001, p. 117)

En el ejemplo mostrado en la Figura 5 se puede observar como los guantes a que corresponde la etiqueta pueden hacer frente a las soluciones de ácido clorhídrico al 10%, hidróxido de sodio al 50% y ácido acético al 25% al menos por 480 minutos, sin embargo, frente a una solución de formaldehido al 37%, estos guantes brindaran protección tan solo hasta los 60 minutos de exposición.

c) Ropas de protección

Al igual que con los guantes, las ropas de seguridad poseen un índice de protección asociado al nivel de penetración o permeación que el material del cual están elaboradas tolera frente a la exposición de sustancias químicas particulares. Sin embargo, suelen clasificarse también en función del estado o forma física de los contaminantes para los cuales están diseñadas, como se observa en la Tabla 8 a continuación:

Tabla 8: *Clasificación de las ropas de protección por la forma física del contaminante tolerable*

		Forma física del contaminante				
		Vapor, gas	Chorro de líquido	Pulverizado	Pequeñas salpicaduras	Polvo, partículas
PARTE DEL CUERPO	TODO	Trajes tipo 1a, 1b, 1c y 2	Trajes tipo 3	Trajes tipo 4	Trajes tipo 6	Trajes tipo 5
	ZONAS	Prendas de protección parcial				

Nota: Tomada de (INSHT, 2001, p. 118)

En esta clasificación se observa una subdivisión para los trajes tipo 1 (herméticos para químicos gaseosos y vapores), los cuales cubren todo el cuerpo e incluyen guantes, botas y equipo de protección respiratoria, sin embargo, su distribución de este último aspecto los clasifica en:

- Tipo 1a: llevan el equipo de protección respiratoria dentro del traje.
- Tipo 1b: llevan el equipo de protección respiratoria en el exterior del traje.
- Tipo 1c: van conectados a una línea de aire respirable.

En el resto de los tipos (2, 3, 4, 5 y 6) no se incluye equipo de protección respiratoria o lo hacen en forma similar a los del tipo 1c, por lo que no aparecen subdivisiones en su clasificación general (Portillo, 1999).

d) Gafas de protección

En cuanto a las gafas de protección, estas pueden ser clasificas en base a su material, el tipo de montura, el tipo de patillas o sujeción, el tipo de ocular e incluso por su forma de ventilación, sin embargo, la clasificación más acorde para determinar su empleo ante sustancias químicas es por su campo de uso, parámetro que según las normativas europeas vigentes debe incluirse en la montura de las gafas con un símbolo numérico acorde a la siguiente clasificación:

Tabla 9: *Clasificación de gafas de protección acorde a su campo de uso*

Símbolo	Campo de uso
Sin símbolo	Uso básico
3	Líquidos
4	Partículas gruesas de polvo
5	Gases y partículas finas de polvo
8	Arco de cortocircuito eléctrico
9	Metales fundidos y sólidos calientes

Nota: tomada de (INSHT, 2001, p. 118)

2.6.3. Pautas Generales Para el Uso Seguro de los Equipos de Protección

Si bien hay detalles técnicos para cada equipo de protección, en lo que respecta a su uso existen las denominadas reglas de oro, que son normas que deben tenerse en cuenta siempre, tales como (PNUMA/Sustainlabour, 2008):

- Utilizar el equipo para los usos previstos, siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Colocarse y ajustarse adecuadamente el equipo conforme a las instrucciones del fabricante y a la formación e información recibida a este respecto.
- Utilizarlo mientras se esté expuesto al riesgo y tener presentes las limitaciones del equipo indicadas por el fabricante.
- Siempre informarse de las normas de seguridad ante emergencias.
- Comprobar el estado del equipo en forma periódica.
- Dar el correcto mantenimiento y limpieza según las especificaciones del equipo.
- Almacenar el equipo conforme a las especificaciones del fabricante.
- Realizar el descarte del equipo en forma segura según las especificaciones técnicas y normativas nacionales.

Además de estas existen otras consideraciones generales para cada clase de equipos de protección individual, como por ejemplo las mostradas en la Tabla 10 a continuación:

Tabla 10: *Recomendaciones de uso para tipo de EPI*

Tipo de Equipo de Protección	Recomendaciones
Máscaras y Mascarillas	De preferencia no emplear por más de dos horas consecutivas. No reutilizar filtros fuera de los límites especificados por el fabricante.
Guantes	Establecer un calendario de sustitución de los guantes reutilizables, considerando el tiempo requerido para su penetración por agentes químicos. Mantener estricta higiene en las manos, empleando productos de limpieza adecuados.
Gafas	Suspender la actividad realizada en caso de empañamiento No sustituir las gafas de corrección ocular clínica por gafas de protección, salvo que posean la graduación específica del usuario que la requiere. No emplear en caso de rayones, manchas o cualquier aspecto que disminuya la capacidad visual normal del usuario. Desinfectar periódicamente acorde a las especificaciones del fabricante.
Ropas	No emplear fuera del área de trabajo. Lavar por separado de las ropas de uso cotidiano. Se debe procurar sistemas que ajusten las mangas al cuerpo No realizar reparaciones con materiales no autorizados por el fabricante.

2.7.1. Consideraciones

A lo largo del presente estudio se hace referencia a la peligrosidad de una sustancia y a los riesgos asociados a su manejo, por lo que se hace necesario diferenciar entre los conceptos de peligro y riesgo, usados a menudo erróneamente como sinónimos.

Debe comprenderse que un peligro no siempre implica un riesgo, pero que todo riesgo está asociado al menos a un peligro en particular. Para comprender mejor esta frase se exponen a continuación las definiciones oficiales de Peligro y Riesgo en forma separada:

2.7.2. Definición de Peligro

La definición formal de peligro dada por el Servicio Asesor de la Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos de América (**OHSAS** - Occupational Health and Safety Advisory Services), y al cual se hace referencia en el resto del presente estudio, dicta que:

"Peligro es cualquier situación (acto o condición) o fuente que tiene un potencial de producir un daño, en términos de una lesión o enfermedad; daño a la propiedad, daño al ambiente o una combinación de éstos" (OHSAS, 1999).

Según esta definición, el peligro estará siempre asociado a la posibilidad de ocurrencia de uno o varios tipos de daños, por lo que se puede realizar su clasificación de acuerdo a quien induce el fenómeno que provoca el daño, así tendríamos Peligros Naturales y Peligros Artificiales, de acuerdo a si la fuente es peligrosa por naturaleza o es modificada para convertirse en peligrosa.

Por otra parte, según las definiciones oficiales de la ONU: "el grado de peligrosidad de una sustancia dependerá de sus propiedades intrínsecas, es decir, de su capacidad para interferir en procesos biológicos normales, y de su capacidad para arder, explotar, corroer, etc. El peligro se basa principalmente en un examen de los estudios científicos disponibles"(UNECE, 2007, p. 8).

Al ser el peligro un factor intrínseco a la fuente que ocasiona el daño, este no puede desaparecer al menos que la fuente misma sea modificada, de tal manera que una sustancia peligrosa, continuará siendo peligrosa hasta que se altere químicamente convirtiéndola en una sustancia inocua.

2.7.3. Definición de Exposición

El Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS) auspiciado por el Programan de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) define a la exposición como: "la concentración, cantidad o intensidad de un determinado agente físico, químico o ambiental que incide en una población, organismo, órgano, tejido o célula diana,

usualmente expresada en términos cuantitativos de concentración de la sustancia, duración y frecuencia (para agentes químicos y microbiológicos) o de intensidad (para agentes físicos como la radiación). El término también se puede aplicar a una situación en la cual una sustancia puede incidir, por cualquier vía de absorción, en una población, organismo, órgano, tejido o célula diana…la exposición se presenta cuando hay un contacto entre un punto del ser humano y del medio ambiente con un (contaminante) específico durante un período determinado de tiempo" (PNUMA/IPCS, 1999, p. 12).

2.7.4. Definición de Riesgo

Por otra parte, tanto el programa de Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Sustancias Químicas de la Comunidad Económica Europea (REACH) como la ONU, definen al riesgo en su sentido más práctico como: "la frecuencia esperada de la aparición de un evento dañino (muerte, lesión o pérdida) por la exposición a un agente químico o físico en condiciones específicas"(PNUMA/IPCS, 1999, p. 12).

Dicho de otra forma, el riesgo es el resultado de la exposición a un peligro particular, por lo que pude expresarse matemáticamente como una función de estos dos, lo cual en su relación más simple se muestra como un producto de la forma:

RIESGO = PELIGRO x EXPOSICIÓN

Ecuación 1: *Definición Técnica Cuantitativa del Riesgo*

De tal manera, una situación riesgosa es aquella en la cual no solamente existe un peligro que puede llegar a ocasionar un daño, sino que además coexiste una exposición a este peligro, lo que implica una probabilidad de que el daño ocurra.

De la definición anterior se puede deducir que a diferencia del peligro que es intrínseco a su fuente, el riesgo se expresa en función de la exposición a un peligro, por lo que puede ser gestionado, mitigando el grado de exposición al peligro que lo ocasiona y minimizando sus efectos sin requerir la modificación de la fuente.

Una persona fácilmente puede disminuir el riesgo de envenenarse al reducir la dosis del veneno con la que tiene contacto, restringir la frecuencia con que se expone a él, empleando equipo de seguridad al manipularlo o simplemente evitando todo contacto con el mismo, sin requerir alterar la composición del veneno que constituye una sustancia peligrosa.

Cuando la exposición se logra reducir a cero, es decir en ausencia del contacto al peligro, el riesgo simplemente desaparece. No es posible que una persona que nunca ha estado cerca de una serpiente, muera por la mordedura de una de ellas, su riesgo a ser dañado de esta forma es simplemente de cero, y sin embargo, esto no altera en nada lo peligroso que puede ser el veneno de estos reptiles.

Con estos ejemplos, se espera que el lector de este estudio comprenda el por qué el peligro es considerado en este estudio como una variable independiente, la cual es inherente únicamente a la naturaleza química de cada sustancia, mientras el riesgo es tratado como una variable dependiente tanto del tipo de sustancia (y su peligrosidad) como de la exposición que se tenga a ella.

2.7.5. Evaluación de Riesgos Químicos

Aun cuando existen diferentes definiciones de lo que es una evaluación de riesgo, para este estudio se ha tomado lo dictado por la Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades de los Estados Unidos de América (ATSDR), de tal forma que debe entenderse que:

"La evaluación de riesgo es el proceso mediante el cual se recaba la información disponible sobre los efectos tóxicos de una sustancia química y se la analiza a fin de determinar el riesgo posible en relación con la exposición" (ATSDR, 2002, p. 1).

Según la ATSDR y la USEPA, el proceso de evaluación de riesgos químicos debe conllevar al menos las siguientes etapas:

- Identificación de los peligros;
- Evaluación de la relación dosis-efecto;
- Evaluación de la exposición y
- Caracterización o Estimación de los riesgos.

2.7.5.1. Identificación de los Peligros

En esta etapa se identifican los peligros potenciales asociados a las SQ presentes en el área de estudio, de tal manera que se inicia realizando un inventario de las SQP, categorizándolas y detallando sus propiedades fisicoquímicas, toxicología y rutas de contaminación.

Es precisamente en esta etapa que se vuelve necesario el empleo de nomenclaturas y etiquetas de seguridad estándar, tales como las ya mencionadas e incluidas en el SGA, además de las clasificaciones de peligro regionales e internacionales como las de la ONU o el REACH.

Se identifican además peligros potenciales asociados con aspectos físicos del lugar de almacén y sitio de trabajo, tales como humedad, ventilación, iluminación, temperatura promedio, entre otros, que permiten determinar si las SQP poseen un riesgo potencial de exposición para los usuarios.

Condiciones peligrosas como la distribución del mobiliario y la evaluación de la seguridad instalada y la seguridad efectiva del área de estudio, suelen evaluarse en esta etapa.

2.7.5.2. Evaluación de la relación dosis-efecto

Una vez identificados los peligros y manifestadas las sospechas de una posible exposición a ellos se intenta calcular la dosis a la cual se presentan efectos nocivos.

En muchos casos se conoce de antemano la toxicología que acompaña a las SQP, por lo que se tiene información fidedigna sobre la dosis que se requiere para causar efectos adversos o letales tanto en animales de laboratorio como en humanos. Las Fichas de Seguridad de las que ya se ha comentado, contienen esta información tanto en forma cuantitativa (DL_{50} , CL_{50}, etc.), como en forma de gráficos de dosis-respuesta y dosis-efecto. Gracias a ello se puede determinar hasta qué punto un riesgo es tolerable, en consideración con la actividad que se está realizando.

Además de los mencionados, se emplean diferentes modelos matemáticos para realizar esta evaluación y determinar los límites tolerables de exposición a las SQP, los cuales pueden variar de acuerdo a la región y las políticas nacionales del lugar en que se realiza el estudio, por ejemplo: En Los Estados Unidos de América existe el sistema de Límites de Exposición Permisible (PEL) del Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) y la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA); originalmente basado en el Valor Límite Umbral (TLV) de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH).

Mientras que en Alemania se emplean los Valores de Concentración Máxima en el Lugar de Trabajo (MAK por su siglas en alemán: Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen) y los Límites de Exposición Técnica (TRK o Technische Richtkonzentrationen) como estándares para valorar los niveles de exposición a SQ.

Por otra parte, en los Países Bajos, los límites permisibles de exposición son valorados mediante la Concentración Máxima Aceptable (MAC), mientras que en el Reino Unido se realizan de acuerdo al Sistema de Estándares de Exposición Ocupacional (OES) y el Límite de Exposición Máxima (MEL), al menos mientras se instituye el Sistema de Límites de Exposición Ocupacional (OEL) de la Unión Europea (PNUMA/IPCS, 1999).

2.7.5.3. Evaluación de la Exposición

Una vez identificadas las SQP se debe proceder a valorar las condiciones de exposición a cada una de ellas a fin de identificar a la población afectada, calcular la cantidad, la frecuencia, el período de tiempo y las posibles rutas de exposición.

En algunos casos muy particulares se requiere analizar además el historial clínico, el estilo de vida e incluso el régimen alimenticio de las personas que se pudiesen haberse expuesto a las SQP.

En esta etapa, se deben evaluar tanto las condiciones de exposición directa durante el proceso productivo o por consumo de los productos finales, como la exposición indirecta a

través de emisiones al ambiente, por lo que esta fase suele requerir de diferentes tipos de análisis especializados y la medición particular de los posibles parámetros influyentes.

2.7.5.4. Caracterización o Estimación del Riesgo

Como última etapa de la evaluación de riesgo, se requiere cuantificar el riesgo en base a los tres parámetros anteriores (identificación del peligro, evaluación de la relación dosis-efecto y evaluación de la exposición), de lo cual trata precisamente la caracterización del riesgo.

Una definición más específica de esta etapa la encontramos en el módulo de capacitación No. 3 del IPCS sobre evaluación de riesgos químicos, en el cual se establece que la estimación del riesgo es: " la evaluación, con o sin modelo matemático, de la probabilidad y naturaleza de los efectos de la exposición a una sustancia, a partir de la cuantificación de las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta para la población y los componentes ambientales que pueden estar expuestos y de la medición de los niveles de exposición potenciales de la población, los organismos y el medio ambiente en riesgo" (PNUMA/IPCS, 1999, p. 13).

Una vez concluida esta etapa se logra culminar la evaluación del riesgo, dejando como resultado toda la información necesaria para proceder a tomar acciones al respecto.

2.7.5.5. Clasificación de los Modelos de Evaluación de Riesgo

En general todos los modelos de evaluación de riesgo están basados en el desarrollo de las mismas etapas de: identificación de los peligros, evaluación de la exposición y caracterización o estimación de los riesgos, de las cuales ya se ha comentado, pero suelen variar en su forma de abordar y valorar cada etapa, haciéndolos más propicios para sectores particulares de producción y regiones sociopolíticas determinadas.

De tal forma que existen modelos de evaluación de riesgo para casi toda actividad humana, habiendo algunos modelos enfocados a evaluar el riesgos en la ingeniería, mientras que otros evalúan riesgos administrativos y de inversión financiera, o como es el caso actual, modelos orientados a evaluar los riesgos asociados a la gestión de sustancias químicas.

Dada la gran variedad de modelos y aplicaciones, algunos autores consideran una clasificación de los modelos de evaluación de riesgo acorde a las instancias en las que son aplicables, dividiéndolos en cuatro grandes bloques:

- Evaluación de riesgos impuesta por legislación específica.
- Evaluación de riesgos para los que no existe legislación específica.
- Evaluación de riesgos que precisa métodos especializados de análisis.
- Evaluación general de riesgos.

Sin embargo, en términos generales se pude decir que: dado que "la valorización del riesgo implica un análisis conjunto de la probabilidad de ocurrencia y el efecto en los resultados; puede efectuarse en términos cualitativos o cuantitativos, dependiendo de la importancia o disponibilidad de información" (SBEF, 2005, p. 4), por lo que la mayoría de instituciones y autores, concuerdan en que más allá de las condiciones para su aplicación, todos los modelos pueden agruparse según su orientación, modalidad de colecta e interpretación de la información, formando tres grandes categorías:

- **Modelos de evaluación de riesgo de orden cualitativo**: si no se recurre al análisis numérico, siendo su objetivo identificar eventos causantes de riesgos, riesgos y consecuencias.

- **Modelos de evaluación de riesgo de orden semi-cuantitativo:** con los cuales se realizan análisis críticos que emplean índices globales de potencial de riesgos estimados a partir de estadísticas, combinando estimaciones cuantitativas y cualitativas.

- **Modelos de evaluación de riesgo de orden cuantitativo:** si poseen estructuras y cálculos específicos para establecer la probabilidad de sucesos complejos (contingencias) a partir de los valores individuales de la probabilidad de fallas de los elementos (equipos, mecanismos y humanos) implicados en la instalación, actividad y/o servicio que se analiza.

Si bien cada categoría posee sus características particulares que le hacen más propicia para ser empleada en un determinado momento o estudio, estos tres grupos suelen ser complementarios entre sí, empleándose muchas veces modelos cualitativos como base para considerar la necesidad de efectuar subsecuentes análisis semi-cuantitativos que requieren más tiempo y recursos, mientras que estos a su vez constituyen la base para justificar o exigir análisis aun más exhaustivos y que resultan ser más costosos, como suelen ser los basados en modelos cuantitativos puros.

Por otra parte, hay que considerar que pese a que las categorías ya mencionadas son teóricamente muy estructuradas en cuanto a las características y técnicas empleadas en cada una de ellas, en la práctica no existe un límite muy bien definido entre las primeras dos, por lo que es frecuente que algunos autores omitan la categoría semi-cuantitativa, clasificando los modelos presentados en ella como modelos meramente cualitativos. Esto no es de mayor relevancia para su aplicación, ni constituye un obstáculo para definir el modelo a emplear, pues son las características del estudio y su unidad de análisis las que determinan al final qué modelo resulta ser más adecuado para evaluar los riesgos de la actividad analizada en base a la información disponible, independientemente de la categoría a la que pertenezca.

2.7.5.6. Modelos de Evaluación de Riesgo Validados Internacionalmente

Como ya se ha mencionado, debido a la relevancia del tema, la evaluación de riesgos ha sido desarrollada por muchos autores e instituciones de todo el mundo, quienes han aportado tanto su enfoque personal como las medidas de adaptación a diferentes contextos (Rubio, 2004), planteado un buen número de modelos validados internacionalmente y que resultan ser altamente eficientes para valorar riesgos químicos en diferentes condiciones, dentro de los cuales destacan los mencionados a continuación y acompañados con sus respectivas siglas estándar:

Modelos Cualitativos:

- Lista de chequeo (Checklist).
- Análisis de seguridad (Safety Review).
- Análisis preliminar de peligros (PHA).
- Análisis funcional de operatividad (FA-HAZOP).
- Análisis de Árbol de Fallas (FTA).
- Análisis Histórico de Riesgos (HRA).
- Modelo de Evaluación ABC.
- Modelo de Evaluación de W. T. Fine.
- Modelo de Evaluación de Steel.
- Modelo de Evaluación de Strohm.

Modelos Semi-cuantitativos:

- Análisis de Modo y Efecto de Fallos (FMEA).
- Análisis de Árbol de Fallos (FTA).
- Análisis de Árbol de Eventos (ETA).
- Análisis del Riesgo Intrínseco (IHA).
- Modelo de Evaluación de la UCSIP (Unión de Sindicatos Químicos de la Industria de Petróleo de Francia).
- Modelo de Evaluación General de Riesgos del INSHT.
- Modelo de Evaluación de Gustav-Purt.
- Modelo de Evaluación de FRAME.

Modelos Cuantitativos:

- Modelo de Causas y Consecuencias.
- Análisis de Fallos (FTA).
- Análisis de Sucesos (ETA).
- Análisis Cuantitativo del Riesgo (QRA).
- Método de Cálculo de Daños Probit.
- Entre otros…

No hay que olvidar, tal como lo menciona el Dr. Alejandro López Inzaurralde en una de sus publicaciones para la Organización Panamericana de la Saludo (OPS) que: "es totalmente acertado afirmar que ningún método de evaluación del riesgo es aplicable a todas las situaciones y que, según las circunstancias, un método puede convenir más que otro"(López, 2002, p. 1), por lo que se vuelve necesario conocer una buena gama de métodos antes de seleccionar el más apropiado para un estudio en particular.

Las siguientes secciones enfatizarán las características y ventajas de la evaluación cualitativa y semi-cuantitativa de riesgos, por ser las categorías bajo las cuales se desarrolla el modelo seleccionado para el presente estudio, no obstante se debe destacar que los modelos cuantitativos poseen importante significado y razón, cuando se ha descubierto un foco de contaminación o se poseen evaluaciones previas que señalen indicios de controles o prácticas deficientes en la gestión de riesgos.

2.7.6. Evaluación Semi-cuantitativa y Cualitativa de Riesgos

Debido a la naturaleza, alcances y características específicas del presente estudio, se ha seleccionado un método validado de evaluación de riesgo de orden semi-cuantitativo, para cumplir con los objetivos previstos de investigación, por lo que en adelante se referencia las bases de este modelo, así como sus ventajas y especificaciones:

2.7.6.1. Definición y casos justificables de uso

Como se ha comentado en las secciones anteriores, las valoraciones cualitativas y semi-cuantitativas de riesgos no emplean la cuantificación de parámetros que solo se obtiene tras un análisis exhaustivo, en cambio, emplean escalas descriptivas para evaluar la probabilidad de ocurrencia de cada evento. Estas escalas de valoración se valen generalmente de los llamados "métodos simples o métodos genéricos de evaluación de riesgo".

Si además de identificarse riesgos, situaciones de riesgo y consecuencias, se realizan análisis basados en estimaciones tanto cualitativas como cuantitativas, el modelo empleado se categoriza como un modelo semi-cuantitativo; como es el caso del modelo empleado para el presente estudio, y sobre el cual se detallará más adelante.

Sumado a lo anterior se debe considerar que: aun cuando existe la tentativa de emplear un método cuantitativo para realizar cualquier evaluación de riesgo, los expertos suelen recomendar, especialmente en empresas e instituciones pequeñas, el empleo de un modelo cualitativo para identificar los focos de interés que deben ser cuantificados y obtener una descripción más o menos detallada de los problemas, previo análisis minucioso; de allí su importancia en investigaciones exploratorias, descriptivas o analíticas no experimentales, como la desarrollada en el presente estudio.

El PNUMA sugiere además, el empleo de evaluaciones cualitativas o semi-cuantitativas de riesgos cuando se requiere una evaluación para empresas o instituciones que no poseen experiencia técnica en este campo, no poseen información suficiente para la cuantificación de factores relevantes, no cuentan con el presupuestos, las políticas, el tiempo o la justificación necesaria para realizar un análisis cuantificable, o incluso en investigaciones de desarrollo de sustancias nuevas, en donde no se ha experimentado aun métodos de evaluación cuantitativa (PNUMA/IPCS, 1999).

Debe señalarse sin embargo, que en los casos en que los riesgos encontrados tras una evaluación cualitativa o semi-cuantitativa resultan significativos para una intervención o alarmantes para una población, se requiere de un estudio más profundo, generalmente cuantitativo, que cuente con análisis prolongados y minuciosos en cada etapa y puedan garantizar una base sólida para una evaluación de impactos y el desarrollo eficiente de acciones de gestión de reducción de riesgos (Health & Safety Executive, 1998).

2.7.6.2. Metodología de Empleo

En la mayoría de las ocasiones en que se recurre a la evaluaciones cualitativa o semi-cuantitativas de riesgos, suele emplearse un sistema de escalas de calificación y ponderación para la valoración de escenarios hipotéticos de exposición, para la identificación de riesgos inherentes a las actividades de cada escenario y la valoración del impacto que presentan los factores de riesgo o los mecanismos de control de riesgo inmiscuidos en el proceso en estudio.

"Los resultados de la identificación de peligros y la determinación del potencial de exposición, con frecuencia se combinan a través de una matriz de riesgo…pudiendo en algunos procedimientos existir la posibilidad de incorporar al modelo información sobre el grado de capacidad y complejidad técnica en el lugar de trabajo" (PNUMA/IPCS, 1999, p. 55).

Los resultados obtenidos tras analizar la matriz de riesgo, son empleados para indicar si se requieren medidas adicionales de control en los procesos o si el riesgo neto es suficientemente alto para justificar una investigación a profundidad sobre un factor o parámetro que se ha demostrado tener un riesgo inherente.

Mediantes este tipo de evaluación se logran estimar la magnitud de los riesgo inherentes a peligros específicos, se obtiene la información requerida para la toma de decisiones sobre las medidas que deben ser adoptadas y la prioridad en que deben abordarse, y se adquiere una unidad de medida del riesgo enfrentado.

En estos modelos de evaluación de orden cualitativo y semi-cuantitativo, se siguen considerando las etapas de: identificación de los peligros, evaluación de la exposición y caracterización o estimación de los riesgos, culminando en esta última, con un juicio sobre la tolerabilidad de cada riesgo estudiado y un dictamen cualitativo de si: no existe riesgo y por ende, no se requieren medidas de mitigación o bien de que existe un riesgo no tolerable que requiere ser examinado a detalle para su control o eliminación.

Si bien la metodología de empleo de una evaluación cualitativa suele ser considerada más simple y económica que una semi-cuantitativa o en una cuantitativa pura, el diseño de las escalas, ponderaciones y matrices de riesgo conllevan un trabajo igualmente delicado y en ocasiones muy complejo, para garantizar la validez y extensión de los resultados, aportando una herramienta muy útil tanto para juzgar las condiciones de producción o trabajo que requieren ser modificadas, como para priorizar los aspectos que deben modificarse, eliminarse o sustituirse.

2.7.6.3. Matriz de Riesgo

Una matriz de riesgo es en sí misma "una herramienta de control y de gestión normalmente utilizada para identificar las actividades (procesos y productos) más importantes de una empresa, el tipo y nivel de riesgos inherentes a estas actividades y los factores exógenos y endógenos relacionados con estos riesgos (factores o parámetros de riesgo). Igualmente, una matriz de riesgo permite evaluar la efectividad de una adecuada gestión y administración de los riesgos" (SBEF, 2005, p. 2).

Al diseñarse una matriz de riesgo deben en primera instancia identificarse los peligros y factores de riesgo potencial, para posteriormente valorar o ponderar con una escala la probabilidad de ocurrencia, la frecuencia o directamente el impacto potencial que estos peligros y factores pueden producir ante situaciones de exposición reales.

Posteriormente, deben valorarse uno a uno los controles que la empresa o industria está realizando para el control de los peligros y/o riesgos potenciales identificados, dejando en claro la efectividad de los mismos ante escenarios de exposición probables.

Por último, la matriz debe arrojar en base a la identificación de peligros y factores de riesgo y bajo los controles de la empresa el riesgo neto o residual de su aplicación, mismo que será empleado para realizar una gestión de riesgo acorde a él (Carter, Ayala-Fierro, & Peña, 2001).

Una matriz de riesgo puede emplearse tanto para evaluar riesgos químicos como para valorar riesgos financieros y otros, dada la flexibilidad de su construcción y la posibilidad de incluir factores y controles de diferente índole. Obteniendo resultados muy fáciles de interpretar (véase como ejemplos la Tabla 15 y la Tabla 16).

Las matrices de riesgo pueden emplearse además en los primeros momentos de una gestión de riesgo como matrices de valoración de riesgos potenciales asociados a la naturaleza de cada recurso, tal como se muestra en la Tabla 11, para la identificación de peligros químicos.

2.7.7. Modelo de Evaluación General de Riesgos del INSHT

El modelo del INSHT, es un modelo de evaluación de orden semi-cuantitativo, conocido también como "Modelo de Evaluación General de Riesgo" que ha sido adoptado ampliamente en diversas regiones del mundo debido a su versatilidad, aplicación práctica y factibilidad de usos para explorar situaciones y condiciones potencialmente peligrosas de las cuales se carece de referentes históricos y mediciones muéstrales de los procesos en forma longitudinal.

Tal como se ha mencionado en las secciones anteriores, este modelo sigue las pautas de una evaluación cualitativa de riesgo pero incorporando algunas mediciones y análisis de datos cuantitativos, abordando sus etapas en la forma siguiente:

2.7.7.1. Identificación de Peligros

En este modelo la identificación de peligros se inicia con una categorización de los peligros potenciales por temas: mecánicos, eléctricos, químicos, etc. y la elaboración e implementación de una lista de chequeo para valorar los indicadores o controles que demuestran la condición en que se encuentra cada categoría establecida.

Un buen paso para categorizar los peligros potenciales asociados a SQ, es la elaboración de una matriz preliminar de riesgo basada en la información disponible en las FDS de cada sustancia, especialmente en las Frases de Riesgo (Frases R) aplicables.

Un buen ejemplo de lo anterior se pude observar en la Tabla 11, que muestra una escala de valoración de peligros y riesgos potenciales para SQ elaborada por el PNUMA bajo el modelo de columnas de evaluación cualitativa de riesgos químicos (PNUMA/Sustainlabour, 2008) y que está acorde a los peligros implícitos y la posibilidad de exposición asociada a la naturaleza y estado en que se encuentran estas sustancias.

Mediante herramientas como la matriz de la Tabla 11, múltiples organismos internacionales y asociaciones de empleados han generado lo que se conoce como "Listas Negras" que se emplean para identificar SQP que deben ser restringidas, eliminadas o prohibidas por sus graves efectos a la salud humana y/o al medio ambiente, y muchas veces son empleadas por organismos internacionales y sindicatos regionales para regular o evitar su empleo. Un ejemplo de una sub-matriz que se emplea para generar estas listas se puede apreciar en la Tabla 12.

Tabla 11: *Matriz de Riesgos Potenciales de SQ en el Modelo de Columnas del PNUMA*

Riesgo	Peligros agudos para la salud (una sola afectación)	Peligros crónicos para la salud (repetidas afectaciones)	Riesgos medioambientales	Riesgos de fuego y explosión	Facilidad de exposición	Riesgos causados por procedimiento
Muy alto	R26, R27, R28, R32	R45, R49	R50, R51, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59	R2, R3,R12, R17	Gases y líquidos que se evaporan a temperatura ambiente Sólidos que producen polvo Aerosoles	Procesos abiertos; Posibilidad de contacto con la piel; Aplicación en una zona amplia.
Alto	R23, R24, R25, R29, R31, R32, R42, R43	R33, R40, R60, R61, R68		R1, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R11, R15, R16, R18, R19, R30, R44	Líquidos que se evaporan entre 30°C y 50°C	
Medio	R20, R21, R22, R34, R41, R64,	R63	R52, R53	R10	Líquidos que se evaporan entre 50°C y 150°C	Proceso cerrado pero posibilidad de exposición (ej. llenado, limpieza, etc.)
Bajo	R36, R37, R38, R65, R66, R67	Otras (sin frases-R, sin embargo una sustancia peligrosa)		Poco inflamables (punto de inflamación 55-100°)	líquidos que se evaporan a más de 150°C	
Muy bajo	Sustancias no dañinas: agua, azúcar, parafina en estado sólido, etc.			No o muy poco inflamables (más de 100°)	Líquidos que forma vapor a más de 200°C	Equipo altamente cerrado; Equipo cerrado con extracción en los puntos de emisión.

Nota: Basado en la clasificación proporcionada por la BIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit) - www.hvbg.de/bia y tomado de: (PNUMA/Sustainlabour, 2008, p. 81).

Tabla 12: *Sub-matriz para identificación de SQP en Listas Negras del INSHT*

Familia	Frases R asociadas
Carcinógenos	R 40, R 45, R 49
Mutagénicos	R 46, R 68
Tóxicos para la reproducción	R 60, R 61, R 62, R 63
Disruptores endocrinos	No hay Frases-R asociadas
Sensibilizantes	R 42, R 43, R 42/43
Neurotóxicos	R 67 y otras que no tienen Frases-R asociadas
Tóxicos, persistentes y bioacumulativos	R 53 y R58 y otras que no tienen Frases-R asociadas

Nota: Basada en la lista realizada por ISTAS – Instituto sindical de Trabajo Ambiente y Salud de Comisiones Obreras y tomado de (PNUMA/Sustainlabour, 2008, p. 79).

En el presente estudio además de usar la matriz anterior se consideraron y categorizaron también las siguientes variables: prácticas de almacenamiento, prácticas de manipulación, prácticas de tratamiento y prácticas de eliminación de sustancias químicas, las cuales corresponden al proceso de gestión en los laboratorios en que se emplean (véase Anexos 10 y 11). Cada una de estas categorías posee a su vez indicadores y referentes empíricos que pueden medirse cuantitativamente y que han sido incluidos en los instrumentos de recolección de datos, siendo la lista de chequeo una hoja de observación validada con este fin.

2.7.7.2. Evaluación de la Exposición

En esta etapa, es donde mejor se aprecia el carácter cualitativo del modelo INSHT puesto que en la evaluación de la exposición, se sustituyen los métodos de muestreo y análisis "in situ", por una estimación de la probabilidad de ocurrencia de un accidente bajo la ausencia de los indicadores y controles, de tal forma que se valora cada variable en base a la probabilidad de que ocurra un accidente referente a condiciones hipotéticas, pudiendo adoptar una escala de valoración con rangos como la mostrada en la Tabla 13:

Tabla 13: *Escala de valoración cualitativa de riesgo acorde al modelo INSHT*

Nivel de Probabilidad	Frecuencia del Daño
1. Baja	Raras veces
2. Media	Ocasionalmente
3. Alta	Siempre o casi siempre

Dado que un accidente puede ser poco frecuente, pero causar impactos severos en la salud cuando ocurre, se requiere además una escala para valorar el impacto potencial de severidad del daño causado en la ausencia de cada variable, para lo que suele crearse una graduación como la expuesta en la Tabla 14:

Tabla 14: *Escala de valoración del impacto potencial de severidad de los daños en el INSHT*

Nivel de Impacto	Referentes del Potencial de Severidad del Daño
1. Bajo	Daños ligeros en la superficie del cuerpo, como cortaduras leves, comezón, irritación, etc.
2. Medio	Daños considerables de penetración intermedia, como laceraciones, quemaduras, conmociones, incapacidades menores, etc.
3. Alto	Daños severos o muerte con eventos como intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales, enfermedades crónicas, etc.

2.7.7.3. Estimación del Nivel de Riesgo

Usando como insumo las escalas mostradas en las secciones anteriores, se puede elaborar una matriz de riesgo para estimar el nivel de riesgo general y por variable.

De esta forma al realizar el cruce entre la información de la Tabla 13 y la Tabla 14 se puede obtener una matriz como la siguiente:

Tabla 15: Matriz semi-cuantitativa de niveles de riesgo en el INSHT

		Nivel de Riesgo		
Impacto	3. Alto	4	5	6
	2. Medio	3	4	5
	1.Bajo	2	3	4
		1. Bajo	2. Medio	3. Alto
		Probabilidad		

En este ejemplo, se ha empleado una codificación numérica para designar el nivel de riesgo, lo que facilita la tabulación y post-operación de resultados en investigaciones de orden semi-cuantitativas, sin embargo, suele emplearse además en el método INSHT codificaciones enteramente cualitativas, en las cuales los niveles de riesgo estén dados por palabras representativas y/o colores que los designen explícitamente, tal como lo vemos en la Tabla 16, a continuación:

Tabla 16: Matriz cualitativa de niveles de riesgo para el modelo INSHT

		Nivel de Riesgo		
Impacto	Alto	Moderado	Importante	Severo
	Medio	Tolerable	Moderado	Importante
	Bajo	Trivial	Tolerable	Moderado
		Bajo	Medio	Alto
		Probabilidad		

En ambas matrices es clara la interacción entre el Impacto y la Probabilidad de ocurrencia de accidentes para determinar el nivel de riesgo asociado, observando que a medida que aumentan, aun por separado, el nivel de riesgo crece, alcanzando un máximo nivel de riesgo (severo) cuando ambos factores llegan a su máximo valor posible, es decir en los casos en que existe una alta probabilidad de que ocurran accidentes y un alto daño a la salud en caso de no existir una determinada variable o factor de control (FETE-UGT, 2006).

2.7.7.4. Valoración del Riesgo

Una vez que se cuenta con una matriz de riesgo y una ponderación acorde para los niveles de riesgo, se requiere establecer criterios de interpretación de estos niveles, los cuales sentaran la base para la posterior toma de decisiones.

En la valoración de riesgo del modelo INSHT se sugiere la construcción de una tabla que designe las posibles acciones a tomar y las temporice en base al nivel de riesgo, como se puede observar en el siguiente ejemplo, tomado del proyecto: "Sistema Integrado de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales" de la Federación de Trabajadores de la Enseñanza de España (FETE) y la Unión General de Trabajadores de España (UGT) que se aprecia a continuación:

Tabla 17: *Tabla de Valoración de Niveles de Riesgo**

Nivel de Riesgo	Acción y temporización
1. Despreciable (**D**)	No hay un riesgo asociado o es despreciable, por lo que no se requiere atención.
2. Trivial (**T**)	No se requiere acción específica, pero debe mantenerse en observación.
3. Tolerable (**TO**)	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
4. Moderado (**M**)	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
5. Importante (**I**)	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
6. Intolerable (**IN**)	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, debe prohibirse el trabajo.

Nota: Tomada de (FETE-UGT, 2006, p. 23).

Como se puede observar en la Tabla 17, el ente encargado de la evaluación de riesgo (en este caso la FETE) define las acciones que a su juicio deben ser tomadas para mitigar cada nivel de riesgo y los tiempos en que estas deben ser ejecutadas, priorizando los niveles más altos de riesgo, con acciones prácticas y de ejecución inmediata, siendo la determinación de detener el trabajo la operación más alta en prioridad en el caso de riesgos muy severos o intolerables y pudiendo terminar incluso en una prohibición del trabajo, si la gestión de riesgo posterior a la evaluación no lograse reducir el nivel de riesgo.

2.7.7.5. Evaluación de la Gestión

Una vez que se ha establecido la escala de valoración de los riesgos en función de la probabilidad de ocurrencia de accidentes y la severidad de estos, es posible evaluar la calidad de la gestión que hay sobre ellos, para determinar que tan eficaz son los controles y medidas instaladas para mitigar el riesgo en el sitio de estudio, recordando que los riesgos son una función de los peligros y el grado de exposición a ellos, por lo que aun cuando un riesgo potencial sea alto, una eficiente gestión del mismo puede reducir considerablemente la exposición y por ende el riesgo residual.

Con esta finalidad se incluye en el modelo INSHT una escala de efectividad para los controles o indicadores, que generalmente sigue un orden como el mostrado en la Tabla 18:

Tabla 18: *Escala de valoración de controles de riesgo por efectividad para el modelo INSHT*

Control	Efectividad
Destacado	6
Alto	5
Medio	4
Bajo	3
Muy bajo	2
Ninguno	1

En esta escala, la efectividad de cada control o factor es medida de acuerdo a la eficacia observable, los historiales de mitigación disponibles y las frecuencias relativas de su empleo en los procesos o en las áreas de estudio.

En ausencia de registros sistemáticos en los Laboratorios de Ciencias Naturales (LCN), para el presente estudio se empleó una variación de la escala anterior, bajo la consideración de las frecuencias relativas de aparición de los controles en los Institutos de Educación Media, cuantificando la efectividad de estos bajo la siguiente relación matemática:

$$\boldsymbol{E = \%AP \times NR}$$

Ecuación 2: *Cálculo de la Efectividad de los Controles o Factores de Gestión de Riesgo*

Donde:

- **E** = Efectividad
- **%AP** = Porcentaje de Aparición del Factor o Control en los Institutos
- **NR** = Nivel de Riesgo

De tal manera que la efectividad de cada factor o control es dado como el producto resultante del porcentaje de aparición de cada factor en la población estudiada por el nivel de riesgo asociado al indicador al que pertenece.

De esta forma, si el control aparece en el 100% de los Institutos, su efectividad tiene el mismo valor que el nivel de riesgo del indicador, sin importar el valor de este, mientras que la ausencia total del factor implica una efectividad de cero para cualquier valor del nivel de riesgo.

2.7.7.6. Valoración del Riesgo Residual

Gracias a la determinación de la efectividad de todos los factores o controles establecidos para mitigar o eliminar un riesgo específico (nivel de riesgo inherente a una variable) se puede calcular el riesgo residual que persiste tras la implementación de dichos controles, para lo cual se emplea la relación matemática siguiente:

$$\boldsymbol{RRP = NR - \overline{E}}$$

Ecuación 3: *Cálculo del Riesgo Residual Parcial Correspondiente a Cada Indicador*

Donde:

- **RRP** = Riesgo Residual Parcial para cada indicador (redondeado a valor entero)
- **NR** = Nivel de Riesgo estimado para cada indicado
- $\overline{\mathbf{E}}$ = Promedio de la Efectividad de los factores estudiados para un indicador

De esta forma, se puede cuantificar el Riesgo Residual Parcial correspondiente a cada indicador como el residuo aritmético de restar el promedio de la efectividad de todos sus controles a su nivel de riesgo inherente, de forma que si el nivel de riesgo y la efectividad de sus controles poseen el mismo valor, el riesgo residual resulta ser de cero, correspondiendo a un riesgo eliminado o controlado, mientras que si la efectividad promedio posee un valor de cero, el riesgo residual mantiene el valor del nivel de riesgo estimado, declarando la ausencia de medidas de mitigación o controles eficaces.

2.7.8. Gestión de Riesgo

Con base en la información recopilada tras una evaluación de riesgo y en negociación con la empresa, industria o estado que ha sido sujeta a la evaluación, se toman las decisiones necesarias para abordar, minimizar o eliminar las condiciones que generan los riesgos encontrados, proceso al cual se le conoce como "gestión de riesgo".

En este proceso surge la figura del gestor o administrador de riesgo, quien es el ente encargado no solo de considerar los resultados de la evaluación de riesgo, sino que deberá evaluar además los aspectos sociales, legales, económicos y políticos inmiscuidos, para plantear soluciones viables (ATSDR, 2002).

Una buena gestión de riesgo químico considera los principios fundamentales de la Química Verde y los transforma en aplicaciones prácticas que pueden disminuir el peligro o la exposición a él, logrando el objetivo mismo de la gestión, minimizar o eliminar los riesgos.

Las nuevas teorías sobre evaluación de riesgo hacen hincapié en que este no es un proceso lineal y finito, sino más bien un proceso constante y dinámico, pues tras una gestión se procede a una nueva evaluación de riesgos y luego a una nueva gestión, hasta asegurar la existencia de controles que aseguren al menos que los niveles de riesgo sean tolerables. Debe entonces procurarse que la evaluación de riesgo se efectué, documente y retroalimente durante todo el proceso productivo para asegurar que sus resultados no solo sean medidas de remediación, sino que se conviertan además en sugerencias de prevención ante riesgos potenciales detectados antes de un accidente.

En este momento, el lector debe considerar que el concepto de gestión de riesgo es aplicable a cualquier clase de riesgo, tal como se ha mencionado anteriormente, por lo que los métodos de evaluación y toma de decisiones varían en conformidad con el rubro en estudio, de tal forma, que la gestión de riesgos financieros posee métodos y técnicas muy propios y que difieren de sobremanera con los empleados en la gestión de riesgos químicos o la gestión de riesgos ergonómicos.

2.7.9. Gestión de Sustancias Químicas

2.7.9.1. Definición

Bajo el concepto de Gestión de Sustancias Químicas debe entenderse al conjunto de actividades que se desarrollan desde el momento en que se adquieren las sustancias, hasta su disposición final, por lo que se hace relevante la consideración tanto del ciclo de vida de cada sustancia, como de las prácticas de manejo de estas dentro de la institución o empresa que las emplea.

2.7.9.2. Análisis del Ciclo de Vida

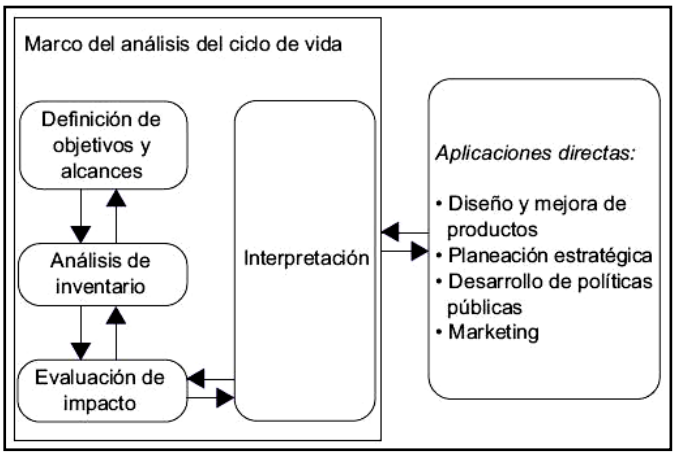
El ciclo de vida de una sustancia es básicamente su evolución natural y/o artificial dentro de un proceso productivo, que abarca toda actividad desde la "cuna" de la sustancia (proceso de adquisición, síntesis o extracción inicial) hasta su "tumba" (proceso de eliminación y disposición final de productos y residuos).

El ciclo de vida de una sustancia es esencialmente diferente para cada químico dadas sus características moleculares, sus reacciones generadas y las condiciones físicas de su entorno, por lo que se requiere en cada proceso productivo un análisis particular.

Desde sus primeros inicios, el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) conllevó implícito un carácter económico, siendo el primero de estos estudios el realizado por el Instituto de Investigación del Medio Oeste (MRI) para la Coca-Cola en 1969 y cuya intención fundamental fue la disminución de recursos, sin embargo, desde entonces se observó su importancia para el control de emisiones y por ende para la gestión de sustancias químicas.

En la actualidad el ACV es usado por muchos gobiernos e instituciones para evaluar el grado de impacto que tiene un sistema productivo en su entorno y el medio ambiente en general, siendo regulado por estándares ISO (Rodríguez, 2003).

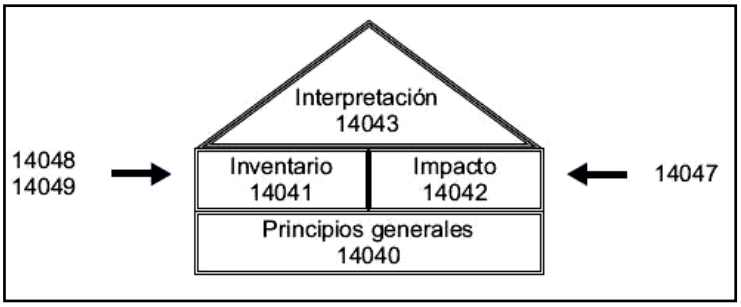
Figura 6: *Esquema de las Fases del ACV de Acuerdo a la Serie de Normas ISO-14040*



Nota: Tomado de (Rodríguez, 2003, p. 94)

Como se ve en la Figura 6, un ACV regulado por la ISO-14040 conlleva una evaluación de impacto y su interpretación, por lo que incluye además otras series de estándares ISO en cada etapa, estructuradas de la forma siguiente (véase Figura 7):

Figura 7: *Estructura del ACV bajo estándares ISO*



Nota: Tomado de (Rodríguez, 2003, p. 94)

El ACV permite estimar las posibles consecuencias ambientales asociadas al empleo de una sustancia en particular o producto, por lo que es considerado en sí mismo como una herramienta de gestión ambiental comparable a una auditoría ambiental (AA) o a un estudio de impacto ambiental (EIA), tal como se muestra a continuación en la Tabla 19:

Tabla 19: Comparación del ACV con otras herramientas de gestión ambiental

Método	Objeto	Objetivo	Proceso
ACV	Producto	Evaluación y mejora del impacto ambiental	Inventario
			Evaluación de Impacto
			Acciones
AA	Empresa o Instalación	Adaptación a una norma ambiental	Análisis situacional
			Puntos débiles
			Propuestas
EIA	Proyecto	Decisión sobre un proyecto	Evaluación de Impacto
			Medidas correctivas
			Necesidades del proyecto

Nota: Tomado de (Rodríguez, 2003, p. 95)

2.7.9.3. Prácticas de Manejo

Las prácticas de manejo de SQ son una descripción de las acciones ejercidas por los usuarios de una empresa o institución durante el rango del ciclo de vida de las SQ, que les concierne, y pueden ser categorizadas en las siguientes etapas:

- Adquisición.
- Manipulación.
- Almacenamiento.
- Tratamiento.
- Eliminación.

Cada una de estas etapas se realiza durante el proceso productivo mediante protocolos o prácticas establecidas con el tiempo, (consciente o inconscientemente) y pueden o no ser razonadas y reguladas por estándares de seguridad, por lo que son sujeto de estudio en la evaluación de riesgo químico dentro de la empresa y objetivo de mejora en la posterior gestión.

2.7.10. Estimación del Grado de Conciencia

Para evaluar el grado de conciencia que un grupo posee sobre una situación social determinada o un riesgo explícito, se puede recurrir, tal como se ha hecho en el presente estudio, a la Teoría de Normas Sociales o Normas Sociales Percibidas, la cual relaciona las percepciones de una población (Normas Percibidas) con las condiciones estadística reales (Normas Reales) de una misma situación, valorando de esta forma si la población tiene una noción exacta de la realidad o si están sobreestimando o subestimando las condiciones estudiadas (Grado de Percepción). Este método es ampliamente utilizado por psicólogos y analistas sociales para captar el grado de conciencia que una sociedad o grupo de individuos posee ante problemas conocidos como el consumo de drogas, analfabetismo, etc. y valorando posteriormente, como sus percepciones afectan su comportamiento.

Para lograr cuantificar el grado de percepción o conciencia estudiado, esta teoría propone emplear la relación siguiente:

$$\mathbf{G = NP - NR}$$

Ecuación 4: *Estimación del Grado de Percepción Social*

Donde:

- **G** = Grado de Percepción
  (Exacta/sobreestimación/subestimación)
- **NP** = Normas Percibidas
  (Porcentajes obtenidos de entrevistas o encuestas de opinión)
- **NR** = Normas Reales
  (Porcentaje extraído de estadísticas descriptivas de la realidad)

De tal forma, que si el valor de "G" resulta ser cero o estar dentro del rango establecido como válido (normalmente de -10 a 10), se considera que la población tiene una percepción exacta o aproximada de la realidad, mientras que si "G" adquiere valores por debajo del rango permitido se razona que la población esta subestimando la realidad o valores por encima de este mismo rango significarían entonces una sobreestimación, ambos casos implican una mala percepción de las situaciones y contexto valorados (Cialdini, Reno, & Kallgren, 1990).

3. MARCO METODOLOGICO

3.1. UNIDAD DE ANÁLISIS

Para esta investigación se designó como Unidad de Análisis, es decir como objeto primario y específico de estudio a los Laboratorios Activos de Ciencias Naturales que se encuentran en Institutos de Educación Media Formal del Distrito Central de Honduras.

3.1.1. Definiciones

En este estudio se conceptualizó como **Laboratorio Activo de Ciencias Naturales (LACN)** tanto al conjunto de infraestructura, recursos humanos y recursos materiales que conforman el área física y administrativa del lugar donde se realizan prácticas experimentales del área de las Ciencias Naturales, como al espacio académico destinado a cumplir la función de laboratorio en los centros educativos, indiferentemente de su orientación general como Ciencias Naturales, o específica de Química, Física y/o Biología, siempre y cuando se encontraran física, didáctica y administrativamente operativos previo y durante al período establecido para la recolección de datos de esta investigación.

Bajo el nombre de **Institutos de Educación Media (IEM)** se hará referencia a los centros educativos establecidos en el Distrito Central de Honduras, que en virtud del modelo vigente del Sistema Educativo Nacional de Honduras, cubren la Educación Media del país (de séptimo al décimo segundo grado) en el sector educativo **formal**, indistintamente de la naturaleza privada o pública de la institución o su modalidad de enseñanza monolingüe o bilingüe.

Para el presente estudio se han clasificado a los IEM en cuatro diferentes categorías, según su naturaleza y modalidad de servicio:

- Institutos Oficiales: corresponden a esta categoría todos los IEM del sector público en modalidad presencial, cuyas políticas y presupuestos son establecidos exclusivamente por la Secretaría de Educación.

- Institutos del Sistema de Educación Media a Distancia ISEMED: comprende a todos los IEM en modalidad de educación a distancia, sin importar que sean de carácter público, privado o polivalente.

- Institutos Privados de Habla Hispana: incluye a todos los IEM con carácter privado cuya educación es impartida exclusivamente en el idioma español.

- Institutos Privados Bilingües: circunscribe a todos los IEM con carácter privado cuya educación es impartida en al menos un idioma más, diferente al español.

Como **Distrito Central (DC)** se debe entender a la región geopolítica comprendida por las ciudades de Comayagüela y Tegucigalpa que conforman la capital de la República de Honduras y que son consideradas como un solo Municipio del Departamento de Francisco Morazán, ubicado en la región central de Honduras.

3.2. DISEÑO Y MODALIDAD DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Diseño de Investigación

La investigación realizada y descrita en el presente informe fue concebida como un estudio analítico, no experimental, ya que en ella "no se realizan manipulaciones deliberadas de las variables, …estudiándolas y analizándolas exclusivamente en su contexto natural"(Hernández, Fernández, y Baptista, 2003); y adoptando un diseño de tipología transversal, ya que la recolección de datos se realizó en un momento y tiempo determinado (segundo semestre del 2006 y primer semestre del 2007 en fechas y horas específicas según cronograma de visitas) en una colecta única para cada centro educativo.

3.2.2. Modalidad de Investigación

La modalidad seguida en el desarrollo de este estudio posee un Enfoque Mixto bajo el cual se recolectó información tanto de tipo cuantitativa como cualitativa, empleando los instrumentos descritos posteriormente y adecuados a cada tipo de información. Así mismo, el análisis de los datos se realizó en ambas vías debido a las características y objetivos particulares de la investigación.

3.3. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

A continuación se describen las limitaciones, fronteras y alcances establecidos para el presente estudio, a partir del diseño y modalidad seguidos, estableciendo algunos puntos relevantes para demarcar o delimitar el estudio efectuado y sus resultados:

3.3.1 Limitaciones del Estudio

En primer lugar, se debe aclarar que el estudio realizado, se limitó a describir las prácticas de gestión de sustancias químicas peligrosas y a valorar los riesgos asociados a estas prácticas, específicamente en los LACN de los IEM, excluyendo de la población a los Centros de Educación Informal y los Centros de Educación No Formal del DC, por lo que los resultados de esta investigación no reflejan su realidad.

Además, debe considerarse que si bien la unidad de análisis en esta investigación se definió como los LACN de todos los IEM sin excepción de su modalidad presencial o a distancia, luego de evaluar los Institutos correspondientes a esta última modalidad se debieron excluir de la población en estudio, debido a sus características particulares, expuestas en la sección 3.4.1.1. Criterio de Exclusión.

Es necesario enfatizar que bajo la consideración de los objetivos, tiempo, presupuesto y recursos disponibles, el estudio fue realizado en una muestra estadísticamente representativa de los IEM que contaban con LACN en el período de estudio, por lo que los resultados obtenidos en ella son una aproximación estadística de la realidad para este período de tiempo y sus proximidades, y son representativos exclusivamente de la población de estudio definida.

Se escapa de los objetivos del presente estudio el realizar una evaluación individualizada o una auditoría personalizada para cada institución evaluada, además de considerar la información particular de cada Instituto como privada, no violando la normativa de confidencialidad a la que el autor se comprometió con el personal administrativo de cada institución.

Debe mencionarse además que el presente estudio fue limitado a la información disponible en los LACN y a la otorgada por los usuarios de los mismos, no empleando ninguna clase de medición ambiental en la determinación de los niveles de riesgo, debido al diseño mismo de la investigación y las limitaciones de tiempo y recursos.

3.3.2 Alcances de la Investigación

Los alcances del presente estudio han sido enmarcados tanto por sus objetivos, como por el diseño y modalidad de investigación seleccionados, por lo que la investigación misma se ve delimitada por las normas que rigen a este formato de investigación.

Se pretende la descripción de la realidad estudiada (gestión de sustancia químicas en las LACN de los IEM) y la evaluación de los riesgos químicos existentes en la unidad de análisis, a partir de su relación con las variables en investigación, así como la verificación sobre la relación y diferencia entre grupos, por lo que, el presente estudio, si bien posee alcances fuertemente descriptivos, posee además alcances comparativos que se ven planteados al analizar tanto hipótesis descriptivas como hipótesis de la diferencia entre grupos, mediante diferencias estadísticas sobre variables específicas.

El presente estudio al ser definido como una investigación analítica no experimental, no pretende establecer las circunstancias que han llevado a la realidad actual, pese a considerar la opinión de los actores en cuanto a ciertos aspectos causales, ni procura la evaluación cuantitativa del grado de contaminación ambiental, por lo que no considera datos históricos de la muestra, estudios de los índices de contaminación local, ni ensayos experimentales para su determinación.

3.3.3 Frontera de Estudio

Debido a todo lo anterior se definió, previa realización del estudio, la delimitación del mismo, estableciendo que los siguientes aspectos no han sido contemplados dentro de sus alcances:

- Estudio de los Institutos de Educación Primaria o de Educación Superior.
- Estudio de los Institutos ubicados fuera de la región definida como el Distrito Central de Honduras.
- Estudio de los Institutos de educación No Formal o Informal.
- Análisis de la gestión de sustancias peligrosas empleadas en las instituciones educativas, fuera de los laboratorios de Ciencias Naturales.
- Existencia de sustancias peligrosas empleadas por otras dependencias diferentes al laboratorio de Ciencias Naturales (talleres, fotocopiadores, mantenimiento, oficinas, etc).
- Análisis de las políticas y legislaciones gubernamentales para la gestión de residuos peligrosos.
- Análisis del grado de contaminación ambiental provocado por las instituciones educativas (aun cuando se exponen sus posibles repercusiones) a la actualidad.
- Análisis de la calidad del servicio educativo brindado en los laboratorios y clases de Ciencias Naturales de los Institutos.

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Definición de la Población de Estudio

La población en estudio se definió como el 100% de los Institutos de Educación Media Formal en el Distrito Central que cuentan con Laboratorios Activos de Ciencias Naturales, sean estos de carácter público o privado, de naturaleza bilingüe o monolingüe y de modalidad presencial o distancia.

3.4.1.1. Criterio de Exclusión

De los 215 Institutos de Educación Media Formal registrados en el DC para el año 2006 en la Secretaría de Educación Pública, se excluyeron de la población de estudio aquellos que no poseían laboratorios de Ciencias Naturales operacionalmente activos para el mes de Agosto del mismo año (mes de inicio de la sección de investigación de campo de este estudio), ya sea por que los tenían completa o parcialmente terminados pero sin haber iniciado su funcionamiento para este momento, porque se encontraban en período de construcción o simplemente porque carecían de este servicio en ellos.

Los Institutos que funcionaban en modalidad de ISEMED (Institutos del Sistema de Educación Media a Distancia) de forma exclusiva, fueron excluidos del estudio por demostrarse tras la investigación inicial que no poseían para el 2006 instalaciones propias; así mismo los Institutos que funcionaban en modalidad presencial y en modalidad ISEMED fueron considerados únicamente en su modalidad presencial pues para el momento en que se realizó la investigación, el sistema ISEMED no contaba administrativamente con LACN propios (véase la Tabla 23).

La información considerada para la discriminación de los Institutos fue proporcionada por el Sistema Integrado de Estadísticas Educativas (SIEE) de la Secretaría de Educación de Honduras, la Unidad Externa de Medición de la Calidad de la Educación (UMCE) y la corroboración y actualización de datos mediante encuestas telefónicas y entrevistas personales con directores y docentes realizadas en la primera fase de la colecta de datos de este estudio.

3.4.1.2. Tamaño de la Población

De acuerdo con la discriminación selectiva descrita anteriormente, se identificaron como población de estudio un total de 80 Institutos de educación media, ubicados en el Distrito Central, cada uno de los cuales contaba con al menos un laboratorio activo de Ciencias Naturales para el 2006.

La descripción general y estadística del universo y población de estudio aparecen detallados en la sección 4.1, mientras que el listado completo de los IEM del DC se muestra en el Anexo 12.

3.4.2. Cálculo de la Muestra

Del total de la población depurada se calculó la muestra probabilística simple y la muestra probabilística estratificada de los Institutos educativos a ser estudiados, considerando su carácter Público o Privado y la naturaleza bilingüe o monolingüe (de habla hispana) de cada uno de ellos. El cálculo de la muestra se realizó en base a los esquemas matemático presentado a continuación y basado en los apuntes del PhD. Russbel Hernandez y las recomendaciones sugeridas por Sampieri (Hernández et al, 2003)

3.4.2.1. Cálculo de la Muestra Probabilística Simple

Como primer paso para establecer el tamaño de la muestra probabilística simple se determinó el tamaño total de la muestra ajustada, realizando para ello los siguientes cálculos:

a) Cálculo de la muestra sin ajustar:

El tamaño de la muestra está definido por la Ecuación:

$$n' = \frac{s^2}{V}$$

Ecuación 5: *Tamaño de la muestra sin ajustar*[9]

Donde*:*

$$s^2 = p(1-p)$$

$$V = (se)^2$$

Para:

- n' = Tamaño de la muestra sin ajustar
- s^2 = Varianza de la muestra expresada en función de la probabilidad de ocurrencia
- V = Varianza de la población (se^2)
- se = Error Estándar = 0.03
  (Determinado a conveniencia del investigador bajo los estándares del INE y la experiencia de campo de Cid Gallup en Honduras)
- p = Probabilidad de ocurrencia de $y = 0.95$
- y = Valor promedio de una variable = 1
  (Promedio de un laboratorio de CCNN por Instituto)

Así obtenemos:

$$s^2 = p(1-p) = 0.95(1-0.95) = 0.0475$$

$$V = se^2 = (0.03)^2 = 0.0009$$

$$n' = \frac{s^2}{V} = \frac{0.0475}{0.0009} \cong 52$$

Por lo que el tamaño de la muestra sin ajustar fue identificado como: 52 IEM del DC con LACN.

[9] Tomada de: (Hernández et al, Metodología de la Investigación, 2003, pág. 309)

b) Cálculo de la muestra ajustada:

Considerando el ajuste del tamaño de la muestra en base a la población total de la cual será representativa, se definió la muestra ajustada como:

$$n = \frac{n'}{1 + n'/N}$$

Ecuación 6: Tamaño de la Muestra Ajustada[10]

Donde:

- N = Tamaño total de la población (Definido bajo la primera discriminación de la población, con un máximo valor de 80)
- n' = Tamaño de la muestra sin ajustar
- n = Tamaño de la muestra ajustada

Obteniendo que:

$$n = \frac{n'}{1 + n'/N} = \frac{52}{1 + 52/80} \cong 31$$

Así para la población identificada de 80 Institutos, el tamaño de la muestra probabilística simple se determinó como 31 IEM del DC con LACN donde se aplicaron los instrumentos de investigación y las visitas de campo, muestra que corresponde a 39% de la población.

3.4.2.2. Cálculo de la Muestra Probabilística por Estratos

Con el afán de realizar comparaciones entre las diferentes categorías de Institutos de Educación Media del DC y acudiendo a las preguntas de investigación y objetivos planteados en ella, se establecieron los siguientes tres estratos muestrales:

- Institutos Oficial (del sector público).
- Institutos Privados de Habla Hispana.
- Institutos Privados Bilingües (independientemente del segundo idioma adoptado en ellos: inglés, francés, alemán, etc.).

[10] Tomada de: (Hernández et al, Metodología de la Investigación, 2003, pág. 310)

Así que el tamaño muestral de cada estrato se determinó por separado empleando para ello la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Tx = (fh)(Px)}$$

Ecuación 7: *Tamaño de la muestra por estrato*[11]

Donde:

- Tx = Tamaño de la Muestra por Estrato
- Px = Población del Estrato x
- fh = Fracción constante = **n / N = 31/80 = 0.3875**

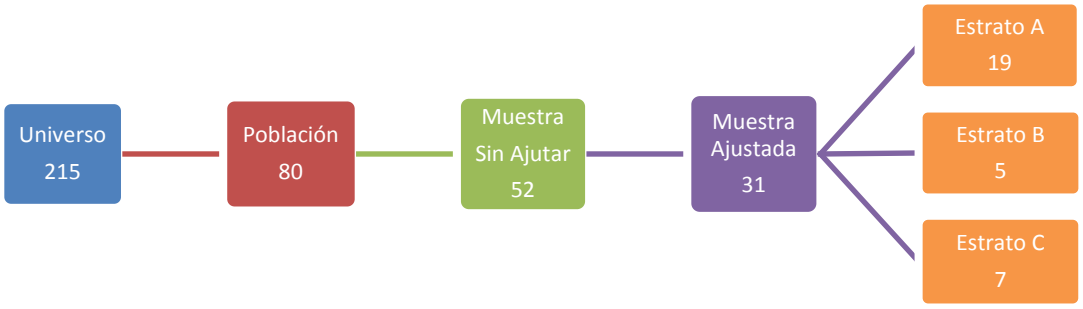
Obteniendo así el tamaño de la muestra por estrato, tal como se aprecia en la Tabla 20 presentada a continuación:

Tabla 20: *Muestra estadística por estratos*

Estratos	Población del Estrato	Tamaño de la Muestra por Estrato
Institutos Privados de Habla Hispana	49	19
Institutos Privados Bilingües	13	5
Institutos Oficiales	18	7
Totales	80	31

Con el fin de sintetizar y clarificar el proceso seguido en la determinación del tamaño de la muestra en cada estrato, se presenta a continuación el esquema lógico de la Figura 8, que muestra los resultados obtenidos en cada etapa del mismo:

Figura 8: *Esquema lógico de la determinación de la muestra*



[11] Adaptada a partir de la ecuación para el cálculo de muestras probabilísticas por estrados de (Hernández et al, Metodología de la Investigación, 2003, págs. 311-312)

3.4.3. Metodología de Selección de los Institutos de la Muestra

Una vez obtenido el tamaño de la muestra para cada estrato, se prosiguió a seleccionar los Institutos que conformaron la muestra, procurando una selección aleatoria, con el fin de obtener una muestra estadísticamente representativa de la población de estudio que pudiera ser utilizada para extrapolar los resultados a la población general y realizar algunas proyecciones para el universo de estudio.

Para la selección aleatoria de la muestra se ejecutó el procedimiento siguiente:

- Se distribuyeron en tres columnas diferentes de una hoja de cálculo de MS Excel, el total de los Institutos que conformaron la población, clasificándolos por estratos según su categoría (Oficiales, Privados de Habla Hispana y Privados Bilingües).

- Se ordenaron los Institutos de cada estrato alfabéticamente empleando las funciones automatizadas de la hoja de cálculo.

- Se asignó un número de orden a cada uno de los Institutos de cada estrato siguiendo el orden alfabético obtenido en la hoja de cálculo (véase Anexo 12).

- Se empleó la aplicación Web "Randomizer"[12] para seleccionar por separado los números que corresponderían a la muestra de cada estrato, considerando los tamaños previamente calculados para cada uno de ellos (Urbaniak, 1997).

Aun cuando el procedimiento anterior retornó los números de orden que designaban a los Institutos que conformarían la muestra y en los cuales se inició el estudio; durante el proceso de recolección de datos, se requirió sustituir un total de 8 centros educativos que aparecieron en esta muestra inicial: 2 Institutos Oficiales, 4 Institutos Privados de Habla Hispana y 2 Institutos Privados Bilingües, tanto porque no fueron otorgados por sus autoridades los permisos correspondientes para realizar el estudio en ellos, como por no contactar con el personal de laboratorio disponible para realizar las entrevistas pertinentes o con el acceso libre a la observación de sus instalaciones.

En aquellos casos en los cuales los Institutos seleccionados para la muestra tuvieron que ser sustituidos se tomaron suplentes de estos en forma aleatoria, empleando para ello el mismo procedimiento que generó la muestra inicial.

---

[12] La aplicación Randomizer fue ejecutada en línea, directamente del sitio web: http://www.randomizer.org/form.htm

3.5.1. Técnicas de Recolección de Información

En conformidad con la revisión bibliográfica y el diseño de la investigación planteado y revisado en el anteproyecto de Tesis, por los asesores técnicos y metodológicos, se seleccionaron cinco técnicas para la recolección de datos de este estudio:

- Entrevistas.
- Encuestas por Muestreo.
- Visitas de Campo.
- Análisis de Casos.
- Revisión Bibliográfica.

Cada una de estas técnicas contó con al menos un instrumento diseñado para facilitar y sistematizar la colecta de información en los Institutos de la muestra, siendo empleadas en diferentes momentos de la investigación misma.

3.5.2. Instrumentos Aplicados

Para la ejecución de esta investigación se emplearon un total de seis diferentes instrumentos tipo cuestionario para colectar los datos requeridos en cada etapa de investigación, cinco de los cuales fueron diseñados y validados exclusivamente para este estudio, mientras que un sexto cuestionario (cuestionario central HO) fue adaptado de un instrumento existente ya estandarizado.

Debe resaltarse que todos los instrumentos empleados en la recolección de datos fueron diseñados y/o adaptados en conformidad con la operacionalización de las variables realizada mediante una matriz de variables e indicadores en la etapa de creación del anteproyecto de Tesis, realizado por el investigador, conjuntamente con la revisión de bibliografía y que se puede ver reflejada en su forma aplicada en el anexo 11.

A continuación se resumen los puntos relevantes en el diseño, validación y aplicación de los instrumentos empleados para la recolección de datos:

3.5.2.1. Diseño y Validación de Instrumentos

Se diseñó un cuestionario No-estructurado identificado como (A-0) y uno Semi-estructurado (B-0) con una predominancia de preguntas abiertas para captar ideas, opiniones e hipótesis de las personas relacionadas directa e indirectamente con la unidad de análisis de esta investigación (LACN), estos instrumentos fueron validados por expertos y por pares, para evitar ambigüedad en las preguntas formuladas y facilitar la obtención de la información deseada (véase Anexo 14).

Por otro lado, se redactó un cuestionario corto de preguntas cerradas (ET-1) para aplicación vía telefónica, el cual fue depurado y validado mediante las técnicas de "preguntas a grupos conocidos", "contraste de datos previos" y "validación por expertos" (Hernández et al, 2003), empleando para este proceso Institutos cuyas condiciones ya habían sido analizadas previamente o en los cuales el personal de laboratorio formaba parte de los colaboradores de la investigación y contando durante cada etapa con la asesoría y revisión técnica del Dr. Russbel Hernandéz (Director de la entonces llamada oficina de Dirección de Investigación de la UPNFM) como experto (véase Anexo 14).

Un cuarto instrumento, considerado como el cuestionario central de investigación fue, como ya se mencionó, el resultado de adaptar un cuestionario estructurado ya existente, estandarizado y validado por el PNUMA y SERNA, el cual era empleado por CESCCO como hoja de observación para la evaluación de sitios presuntamente contaminados por agentes químicos. Este cuestionario fue modificado para ser aplicado específicamente en los laboratorios de los Institutos de Educación Media, con la revisión y aprobación de uno de sus autores (MSc. Alex Padilla) y con una validación de campo en Institutos fuera de la muestra y fue identificado como: HO (Hoja de Observación) (véase Anexo 14).

Este último instrumento sirvió además de base para la redacción de dos nuevos cuestionarios estructurados de auto-administración, uno para docentes (A-1) y otra para alumnos (B-1), los cuales fueron sometidos a depuración por validación de expertos y validación de campo donde se aplicaron a un grupo de 3 Institutos que no entraban en la muestra, para finalmente ser validados por contraste de información entre ellos (véase Anexo 14).

3.5.2.2. Etapas de Aplicación de Instrumentos

En los inicios de la investigación y previo a la selección de la muestra, se aplico el cuestionario A-0 a un grupo de 6 profesores y uno cuestionario B-0 a 6 alumnos de los IEM, para efectuar el sondeo preliminar de la situación actual de los laboratorios de Ciencias Naturales y generar las bases para el diseño y depuración de los demás instrumentos de recolección de datos empleados en las etapas posteriores.

Subsiguientemente, se empleó un cuestionario corto del tipo estructurado (ET-1) para ser aplicado como encuesta telefónica a 121 IEM (de los 215), cuya posesión de LACN se encontraba en duda, por no estar directamente vinculados a la UPNFM como centros de práctica docente profesional o por presentar dudas sobre el funcionamiento de sus instalaciones de laboratorios. Esta encuesta telefónica fue utilizada principalmente para discriminar la población y excluir de ella a los Institutos que no contaban con las condiciones para entrar en el estudio, verificando con ello la información obtenida de las bases de datos del Sistema Integrado de Estadísticas Educativas (SIEE) de la Secretaría de Educación y de la Unidad Externa de Medición de la Calidad de la Educación (UMCE).

Una vez definida la población y seleccionada la muestra, se recurrió al cuestionario Semi-estructurado (A-0) para orientar las entrevistas realizadas por los encuestadores al

personal administrativo de los Institutos de la muestra (Directores, Sub-directores, Superintendentes, Administradores y Otros), el cual además de ser empleado para solicitar la respectiva aprobación y orientar al personal clave sobre los objetivos, tipología de investigación y preguntas a ser realizadas al resto del personal, se empleaba para indagar sobre información referente a la parte operativa-administrativa de los Institutos, la cual eran codificadas posteriormente en las Hojas de Observación (HO), previo o durante la visita de campo.

Finalmente, se emplearon dos diferentes cuestionarios estructurados de auto-aplicación para realizar las encuestas a 3 profesores (A-1) y 3 alumnos por cada profesor (B-1) de cada uno de los Institutos de la muestra y dos copias del cuestionario central elaborado en forma de hoja de observación (HO) para realizar las visitas de campo a cada uno de los laboratorios de estos Institutos.

3.5.3. Estrategias en la Recolección de Datos

3.5.3.1. Permisos y Políticas de Privacidad del Estudio

Con el fin de obtener acceso a las instalaciones de los laboratorios y almacenes de los IEM y procurando que la información suministrada fuese confiable y lo más objetiva posible, se requirió como estrategia de recolección de datos el redactar un documento avalado por el Departamento de Ciencias Naturales de la UPNFM, el cual bajo el seño de esta institución respaldaba los objetivos de la investigación y estando dirigida a las respectivas autoridades máximas de cada Instituto dentro de la muestra, solicitaba el permiso correspondiente para realizar las actividades necesarias para colectar la información del Instituto y del personal.

De acuerdo con las condiciones planteadas por las autoridades de los Institutos visitados, se incluyó en el documento de solicitud de permisos un apartado dedicado a asegurar a dichas autoridades que tanto el nombre como la evaluación particular de cada Instituto visitado en la investigación sería tratado como información confidencial y no sería publicado en este u otro documento sin la autorización previa de las autoridades competentes. Razón por la cual no se menciona en ninguna parte de este documento el nombre particular de una u otra institución, salvo casos excepcionales y bajo la aprobación pertinente.

Cada grupo de encuestadores entregó personalmente el documento anterior a las autoridades de cada Instituto visitado, recibiendo la aceptación o la negación del permiso respectivo para realizar la recolecta de datos, la cual en la mayoría de los casos se efectuó el mismo día de entrega de la solicitud o en un número menor de casos, unos cuantos días después de su aprobación, asegurando así la disponibilidad del personal encargado de laboratorio y el acceso a las instalaciones de los laboratorios y almacenes.

En aquellos casos donde las autoridades se negaron a facilitar la información requerida, fue necesario sustituir el Instituto por otro seleccionado aleatoriamente y al cual se le

presentaba la misma solicitud formal y así sucesivamente hasta obtener la aceptación respectiva (véase sección 3.4).

Si bien este mecanismo de solicitud de permisos contribuyó a alargar el tiempo necesario para la recolección de datos, aseguró el acceso total a la información y evitó sustancialmente la falsificación de información por coerción o temor de las autoridades y personal en general.

3.5.3.2. Selección de Encuestadores y Colaboradores por Etapas

Las entrevistas iniciales y la aplicación de los cuestionarios No-Estructurados (A-0) fueron realizadas por el investigador principal (autor del presente documento), el cual realizó dicha tarea con el fin de complementar la revisión bibliográfica y nutrir su propia concepción con los insumos para la formulación de hipótesis y la generación de preguntas de investigación adecuadas a la situación actual de los centros educativos, además de contribuir, como ya se mencionó, al diseño de los demás instrumentos de recolección de datos.

En las etapas de verificación, depuración y selección de la población de estudio, de las cuales ya se ha comentado detalladamente en las secciones anteriores, se contó con 2 colaboradores (amigos personales de confianza del investigador) que conjuntamente con el investigador realizaron un total de 121 encuestas telefónicas (110 de las cuales fueron validas para el estudio) empleando el cuestionario ET-1 para corroborar y complementar los datos suministrados por la Secretaría de Educación sobre la ubicación, autoridades, tenencia y funcionamiento de LACN en cada uno de los IEM.

Para la aplicación de los instrumentos A-1, B-0, B-1 y HO, antes descritos, se empleó la ayuda de 8 encuestadores organizados en parejas, quienes fueron debidamente entrenados por el investigador principal y expertos en investigación tanto sobre la temática estudiada, como sobre la forma de aplicar y llenar los instrumentos.

Este grupo de 8 encuestadores estaba constituido por estudiantes de entre el tercer y cuarto año de la carrera de Ciencias Naturales en el grado de Licenciatura de la UPNFM, lo que facilitó su entrenamiento científico, además de asegurar la recolección de observaciones lo más especializadas posibles y la percepción de detalles técnicos en las visitas de campo.

Cabe mencionar, como referencia para futuras investigaciones, que dos de estos ocho encuestadores realizaron su proyecto de investigación de pre-grado con parte de la información recolectada mediante la aplicación de algunos de los instrumentos diseñados para este estudio.

Se contó además con la colaboración de 5 estudiantes de último año del programa de Formación Inicial de Docentes (FID), quienes bajo la supervisión del investigador principal realizaron un estudio de pregrado, tipo exploratorio para descubrir los nombres y

tipología de los principales manuales de laboratorio empleados en el Distrito Central de Honduras, información que fue utilizada en el análisis de las sustancias químicas peligrosas de uso sugerido en las prácticas experimentales de CCNN (véase sección 4.2.5)

3.5.3.3. Metodología en la Aplicación de Instrumentos

La metodología seguida por los encuestadores en la aplicación de los instrumentos se puede resumir en tres pasos que se describen a continuación:

1. Cada pareja de encuestadores realizaba una visita de campo a un Instituto de la muestra, entrevistando al personal administrativo, y aplicando los respectivos instrumentos a 5 docentes de Ciencias Naturales (A-1) y a 5 estudiantes de estos docentes (B-1), prefiriendo la aplicación a estudiantes de III de Ciclo Común o Técnico y a estudiantes de último año de diversificado, evitando particularmente la aplicación de cuestionarios a estudiantes sin experiencia en el Instituto (Estudiantes de Traslado y de I año de Ciclo).

2. Cada uno de los miembros de cada pareja llenaba por separado una hoja de observaciones HO, basándose en su apreciación de aspectos específicos de los laboratorios y almacenes del Instituto visitado y en la entrevista realizada a los encargados del laboratorio y al personal administrativo (encuestados con el instrumento B-0).

3. Al finalizar la visita de campo, cada pareja entregaba las dos hojas de observación al investigador principal, quien conjuntamente con ellos contrastaba la información de ambas hojas y determinaba la validez de las observaciones o la necesidad de realizar una nueva observación del sitio, la cual era ejecutada en caso de requerirlo en un intervalo de tiempo no mayor a dos semanas después de la primera aplicación (Este procedimiento fue ejecutado en la evaluación de 4 de los 31 Institutos de la muestra).

3.5.3.4. Organización de las Visitas de Campo

Como parte de las estrategias de recolección de datos se dividió las visitas de campo en dos momentos diferentes:

El primero de ellos para cubrir entre los meses de septiembre y noviembre de 2006 las visitas a los Institutos de habla hispana tanto públicos como privados que culminaban sus labores a mediados de noviembre y un segundo momento para cubrir los Institutos bilingües que trabajan normalmente los primeros días del mes de diciembre y a partir de mediados de enero del siguiente año.

Pese a lo anterior y debido a retrasos en la programación de las visitas, finalización prematura del año escolar en los Institutos Oficiales y diferentes trámites administrativos, se requirió de un tercer momento para retomar las visitas a Institutos de habla hispana en el período comprendido entre los meses de abril a julio de 2007.

3.5.3.5. Validez y Fiabilidad de la Información

Para asegurar la Validez y Fiabilidad de los datos colectados durante las encuestas aplicadas a docentes y alumnos de los Institutos de la muestra, se incluyó en los cuestionarios preguntas empleadas para verificación tanto por "pruebas de preguntas repetidas" (Test-Retest) como por "pruebas de contraste" (Cross-check-questions).

Las pruebas de preguntas repetidas se realizaron entre ítems similares de un mismo cuestionario, los cuales se redactaron de diferentes formas para solicitar la misma información y verificar la consistencia de la misma; mientras que las pruebas de contraste se emplearon entre ítems de cuestionarios diferentes, efectuando una misma pregunta en los instrumentos de los docentes y en los destinados a estudiantes, procurando que al menos un estudiante de los entrevistados fuese alumno del profesor entrevistado al mismo tiempo, para poder contrastar la validez de la información obtenida acerca de la unidad de análisis.

Debido a que la toma de la muestra se efectuó en forma transversal, procurando la recolección de datos en una sola visita por institución, se adoptó como estrategia preventiva el realizar la entrevista a 5 docentes de Ciencias Naturales y 5 estudiantes por Instituto en los casos en que esto fuese posible (siempre que la institución contara con esta cantidad de personal), previniendo el descarte de 2 instrumentos de cada tipo por invalidaciones al someterse a las pruebas antes descritas, o bien por resultar incongruentes con pruebas de tendencia y comportamiento de grupos (Predictive Validity) o simplemente por sobrepasar la cuota válida.

Se estableció como cuota válida, un total de 3 cuestionarios de docentes y 3 cuestionarios de alumnos de c/u de los IEM, tomando aquellos cuya información no poseyese discrepancias significativas entre docentes y estudiantes, y permitiendo la eliminación de 2 instrumentos para docentes y sus respectivos alumnos por no cumplir con esta validación o por no existir suficientes docentes de Ciencias Naturales en el Instituto.

Finalmente se consensuó la información de las dos hojas de observación llenadas por cada miembro de la dupla de encuestadores para generar el llenado de una sola hoja con la información y observaciones de ambos, luego de su validación y aprobación por parte del investigador, corroborando que no existiesen discrepancias entre las observaciones realizadas.

3.6.1. Software Empleado para Análisis de Datos

Para el ordenamiento, procesamiento y análisis de datos colectados durante la investigación se emplearon diversas herramientas disponibles en dos diferentes programas de computadora obtenidos bajo licencia legal de las respectivas compañías:

- Microsoft Excel 2003 (Microsoft Office Profesional, Edición 2003).
- SPSS para Windows (Versión 11.5.1).

Además de la ya mencionada aplicación web: "Randomizer", usada en la selección aleatoria de la muestra (véase sección 3.4.3).

3.6.2. Procesamiento de Datos

3.6.2.1. Tabulación y Bases de Datos

Con la información suministrada por la Secretaría de Educación y la UMCE, se creó una base de datos en una hoja de cálculo de MS Excel 2003 la cual fue depurada y complementada con la información obtenida por las encuestas telefónicas para crear así la base de datos de la población de estudio.

Empleando la selección aleatoria de casos mediante las funciones de orden alfabético de MS Excel 2003 y la función de selección aleatoria de la aplicación Web "Randomizer" se seleccionó la muestra siguiendo el mecanismo descrito en la sección 4.3 de este capítulo, para luego crear en una nueva hoja de cálculo la base de datos de la muestra.

Para el ordenamiento y procesamiento de la información recolectada con los diferentes cuestionarios se crearon para cada uno de estos instrumentos una base de datos en SPSS empleando como base la información codificada en MS Excel para la muestra y asignando a cada ítem un indicador nominal de variable con sus respectivos valores.

El trabajo de diseño y creación de las diferentes bases de datos fue realizado por el investigador principal y autor de esta Tesis, mientras que el tabulado y vaciado de la información colectada mediante los instrumentos estuvo a cargo de dos técnicos pagados, quienes se apegaron a las codificaciones y esquemas del estudio, bajo la supervisión del investigador.

3.6.2.2. Codificación de la Información

En cumplimiento con el acuerdo de privacidad convenido con las autoridades de los Institutos de la muestra, se codificó en MS Excel la información referente a sus LACN, asignando a cada Instituto un número de orden y un identificador por categoría que sustituyese su nombre en las bases de datos y los análisis de información realizados posteriormente.

La información obtenida de las entrevistas a personal administrativo y encargados de laboratorio fue post-codificada en las Hojas de Observación designadas a cada Instituto y verificada conjuntamente con estas en los procesos de validación ya descritos.

Los datos obtenidos del resto de instrumentos de investigación fueron pre-codificados asignando valores numéricos a cada pregunta formulada e identificadores numéricos a cada posible respuesta a preguntas cerradas, así como identificadores alfanuméricos para las ponderaciones de preguntas de opinión, con la finalidad de facilitar su análisis en SPSS.

Para facilitar la tabulación de los instrumentos y asegurar un eficiente procesamiento de los datos, se designó la codificación siguiente a todos los ítems incluidos en los instrumentos de investigación:

El número "1" para SI y el "2" para No en todos las preguntas cerradas.

La letra "A" para Bueno, la "B" para Regular y la "C" para Malo en las ponderaciones de preguntas de opinión.

Un número para cada pregunta y un sub-número para cada posible respuesta en las preguntas de respuesta única. (Pregunta 3, respuestas 3.1, 3.2 o 3.3)

Un número de orden de cuatro dígitos, para cada cuestionario de cada tipo, asignados a partir de 0001 en adelante, de acuerdo al orden de empleo.

Un código de identificación de 5 o 6 caracteres para cada Instituto el cual era plasmado en los instrumentos respectivos, y resumía la información disponible en la base de datos del universo, empleando el No. del Distrito Escolar al que pertenece el Instituto (01, 02, etc), el No. de Orden designado por la Secretaría de Educación (01, 02, etc) y al menos una letras que designaban la Naturaleza de la institución (O= Oficial, P= Privado de Habla Hispana y PB = Privado Bilingüe).

Debido a las limitantes en la versión 11.5.1. del SPSS, se requirió emplear la codificación numérica de cada pregunta de los cuestionarios y sus respuestas como nombre de variable ya que esta versión del paquete estadístico solo permite emplear nombres de variables que no superen los 8 dígitos. Cabe mencionar que si bien esta limitante ya ha sido superada en versiones posteriores del SPSS que circulan por Honduras, para el momento en que se realizó el estudio, la única versión accesible al autor, que contaba con licencia completa presentaba esta restricción.

Debe advertirse al lector y considerarse en futuras investigaciones que de acuerdo a las experiencias obtenidas en esta investigación, el empleo de la codificación numérica es preferible a la codificación mediante letras al momento de tabular la información y analizarla con SPSS, ya que la disposición de los números en los teclados de computadora actuales favorece el ingreso de los mismos con mayor rapidez que el ingreso de letras consecutivas alfabéticamente, aun para personal adiestrado en la escritura a máquina.

3.6.2.3. Tratamiento Estadístico de los Datos

Con la certeza de contar con una muestra estadísticamente representativa y en consideración de los alcances y objetivos de investigación, los resultados obtenidos directamente de la muestra fueron extrapolados a la población total, bajo las restricciones y excepciones que esta plantean.

Como parte del procesamiento de los datos se emplearon distribuciones de frecuencias, comparaciones de medias, identificación de tendencias, análisis de varianza (véase Anexo 13), relaciones porcentuales y otros procesos estadísticos para el tratamiento y análisis de los datos colectados, según la naturaleza y objetivos de estos en la investigación.

Para la presentación de los resultados del procesamiento de información se empleó MS Excel para generar los gráficos necesarios, debido a las facilidades y atractivos de diseño que presenta este programa y SPSS para generar las tablas requeridas, ya que las bases de datos de los instrumentos y el análisis de datos fue realizado directamente en este programa.

La aplicación de ecuaciones especializadas para medir parámetros de riesgo y peligro fueron empleadas en base a los totales obtenidos tras analizada la estadística descriptiva ya mencionada.

3.6.3. Análisis de Resultados

El análisis de los resultados obtenidos en la recolección de datos, se realizó bajo los objetivos del estudio con el empleo de un modelo de evaluación ya validado y estandarizado, efectuando sobre él las adaptaciones pertinentes a la naturaleza, limitaciones y características particulares de esta investigación.

En consideración a lo expuesto sobre los modelos de evaluación de riesgos químicos, se seleccionó como base para el análisis de resultados de esta investigación, el modelo de evaluación de riesgos semi-cuantitativo del INSHT, por lo que se consideraron cada una de las características y requerimientos particulares de este modelo (véase sección 2.7.7.).

En lo que respecta a la determinación de los riesgos residuales y el análisis de la calidad de la gestión de las SQP en los LACN de los IEM, se generó para este estudio una matriz de evaluación basada en el modelo del INSHT mediante la cual se determinaron tanto los riesgos residuales parciales, asociados a cada indicador, como los riesgos residuales totales correspondientes a cada variable analizada, tal como se aprecia en el ejemplo mostrado a continuación:

Tabla 21: *Matriz de Evaluación General de la Calidad de la Gestión y Riesgos Residuales*

Variable	Indicador	Nivel de Riesgo	Calidad de la Gestión				Riesgo Residual Parcial
			Referente Empírico (Factor)	%	Efectividad	Promedio	
X	A	6	A1	10.00	0.6	1	5
			A2	0.00	0		
			A3	40.00	2.4		
	B	5	B1	90.00	4.5	4	1
			B2	50.00	2.5		
	C	4	C1	80.00	3.2	2	2
			C2	50.00	2		
			C3	30.00	1.2		
						Riesgo Residual Total	3

Los detalles sobre las adaptaciones realizadas para este estudio, son expuestos en el capítulo 5 (Análisis de los Resultados) del presente estudio y el Anexo 11.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ESTADÍSTICA GENERAL

Con el fin de justificar formalmente la necesidad e importancia de este estudio, se realizó en la primera fase del mismo, una recopilación de información sobre los aspectos que enmarcan la realidad actual de la existencia, distribución, funcionamiento y magnitud de la población atendida en los LACN de los IEM, por lo que a continuación se presentan los resultados estadísticos obtenidos y las relaciones encontradas sobre estos aspectos:

4.1.1. Total de Institutos de Educación Media en el DC por Categorías

Según datos oficiales registrados en el Sistema Integrado de Estadísticas Educativas (SIEE) de la Secretaría de Educación de Honduras, para Agosto de 2006 se encontraban instalados y activos un total de 215 IEM.

La distribución por categorías de los IEM según su naturaleza de servicio se muestra en la Tabla 22, y fue generada a partir de los datos del SIEE, validados por contraste con la información disponible en la UMCE para el año 2006.

Tabla 22: *Distribución por categorías de los IEM*

Categorías Institutos Por su Naturaleza	No. de Institutos	%
Oficiales (Públicos)	66	30.70
ISEMED (A distancia)	4	1.86
Privados Bilingües	37	17.21
Privados de Habla Hispana	108	50.23
Total	215	100.00

Puesto que el análisis de la equidad en la distribución de la educación en el DC no es parte de los objetivos de este estudio, no se vuelve necesario analizar a fondo la distribución anterior, sin embargo, se debe resaltar el hecho de que más del 60% de los IEM pertenecen al sector privado, aspecto que se considerará más adelante como parte de el análisis descriptivo de la población en estudio.

4.1.2. Institutos que Poseen LACN en el DC

4.1.2.1. Frecuencia de Institutos con LACN por categoría

De acuerdo al cruce de información entre los datos de la Secretaría de Educación de Honduras, la información disponible de los centros de práctica docente para el departamento de Ciencias Naturales de la UPNFM y los datos obtenidos mediante las encuestas telefónicas y las entrevistas personales con directores y docentes, la distribución de IEM por categorías y con la diferenciación numérica y porcentual de la presencia o ausencia de LACN en sus instalaciones, es la presentada a continuación en la Tabla 23:

Tabla 23: *Tabla de contingencia de los IEM por categoría y tenencia de LACN*

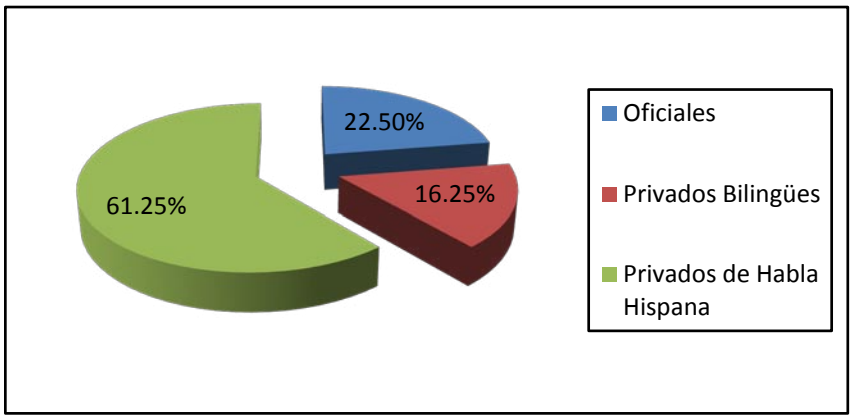
Naturaleza	Totales	Tenencia de LACN		Frecuencias Relativas (%)	
		SI	NO	SI Posee	NO Posee
Oficiales	66	18	48	27.27	72.73
ISEMED	4	0	4	0.00	100.00
Privados Bilingües	37	13	24	35.14	64.86
Privados de Habla Hispana	108	49	59	45.37	54.63
Total	215	80	135	37.21	62.79

De acuerdo a la información anterior, el 37.21% del total de los IEM poseen LACN, es decir que aproximadamente 4 de cada 10 Institutos del MDC cuentan con este servicio académico.

Esta cifra si bien no representa un grupo extraordinario de Institutos (80 de 215) cobra relevancia al considerar otros parámetros que se discutirán más adelante, tales como la población estudiantil atendida, el tiempo de funcionamiento y la distribución geográfica de estos Institutos en el Distrito Central.

Fuera de los alcances del presente estudio se encuentra la evaluación de la disposición de recursos con que cuenta cada categoría de instituciones, sin embargo, con el fin de mostrar la relevancia de la información porcentual presentada anteriormente, se destacará a continuación una problemática explícita en los datos colectados, que se logra exponer al fijar la atención en la cantidad de Institutos que poseen LACN en el sector público (Oficiales) y la cantidad que pertenecen al sector Privado (Bilingües y de Habla Hispana), para lo cual se exponen las relaciones siguientes :

Gráfico 9: *Distribución porcentual de los IEM con LACN por categoría*



Como se observa en el Gráfico 9, al excluir de la estadística los Institutos que no poseían LACN, para el año 2006, se puede observar la distribución de aquellos que si contaban con este recurso, de los cuales un 61.25% son Institutos Privados de Habla Hispana, un 22.50% son Institutos Oficiales de Educación Pública y un 16.25% son Institutos Privados de Educación Bilingüe.

Al relacionar la información anterior, es posible notar que la mayoría de los Institutos que cuentan con LACN pertenecen al sector privado (77.50%), mostrando una relación de 8 a 2 con respecto al sector público. Dicho de otra forma, 8 de cada 10 Institutos con LACN en el DC pertenecen al sector privado.

Al realizar una prueba de Chi-cuadrado entre las categorías de IEM con LACN (Oficiales, Privados Bilingües y Privados de Habla Hispana), se demostró que la distribución porcentual presentada en el Gráfico 9, muestra una diferencia estadísticamente significativas en cuanto a la tenencia de LACN (véase **Tabla 24**).

Tabla 24: *Chi-cuadrado para las categorías de IEM por su tenencia de LACN*

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	22,839(a)	3	,000
Razón de verosimilitudes	22,940	3	,000
Asociación lineal por lineal	20,667	1	,000
N de casos válidos	2927		

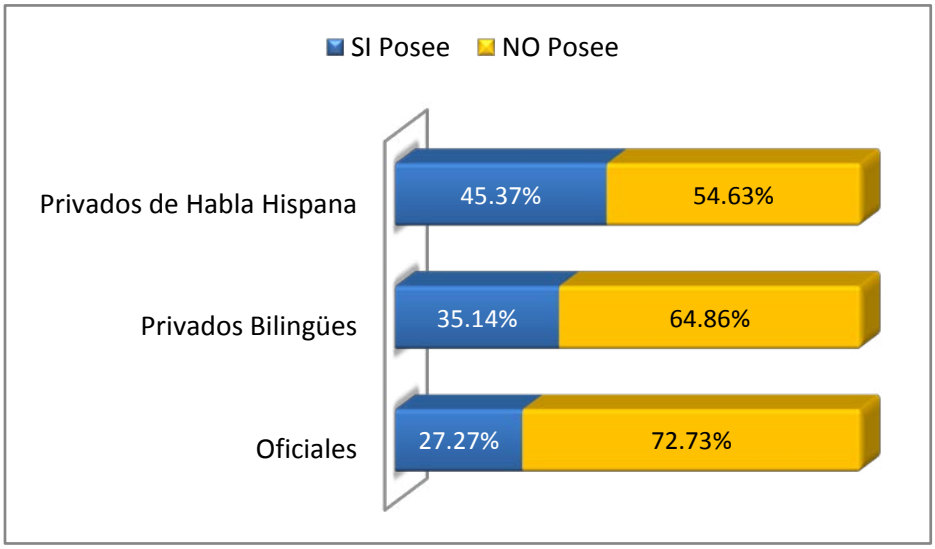
$p < 0.05$, diferencias significativas entre categorías.

Por su parte, los Institutos en modalidad de ISEMED no poseen instalaciones propias, por lo que tampoco poseen laboratorios propios (0.00%) e incluso en la mayoría de los casos, según comentaron los entrevistados, los docentes de CCNN que laboran en este sistema, no están autorizados a emplear los laboratorios de la institución donde imparten sus asignaturas. Razón por la cual fueron excluidos de la población en estudio.

4.1.2.2. Volumen de la oferta del servicio de LACN en cada categoría de IEM

Visto en función del número total de Institutos por categorías, la distribución porcentual de acuerdo a la presencia o ausencia de LACN en ellos, es la mostrada en el Gráfico 10:

Gráfico 10: *Contraste entre la tenencia y ausencia de LACN por categoría de IEM*



Al analizar cada categoría por separado podemos observar que son los Institutos Privados de Habla Hispana los que presentan un mayor porcentaje de tenencia de LACN, de tal forma que poco menos de la mitad (45.37%) del total de estos centros educativos prestan este servicio a sus alumnos, mientras que los Institutos Privados Bilingües proveen el mismo servicio a tan solo un poco más de un tercio (35.14%) del total.

Por otro lado, en el sector público, de los 66 Institutos Oficiales en el DC solamente 27.27% de ellos (18) poseen LACN, mientras que el restante 72.73% (48) no cuenta con las instalaciones o con el servicio activo de un laboratorio de CCNN.

A partir de los resultados antes mostrados, se observa que 4 de cada 10 Institutos en el DC cuentan con LACN, 3 de los cuales pertenecen al sector privado y 1 al sector público, de lo cual se extrae que la mayoría de los LACN en el DC pertenecen al sector privado.

Es importante destacar que ninguna de las tres categorías de Institutos analizadas (Oficiales, Privados Bilingües, Privados de Habla Hispana) alcanza actualmente 50% en tenencia de LACN, lo cual indica que menos de la mitad de los IEM del DC ofrecen un LACN como recurso didáctico a sus estudiantes.

Se observa además que 3 de cada 10 Institutos Oficiales cuentan con LACN, mientras que en el sector privado la relación fue mayor, con 4 de cada 10 Institutos Privados (tanto bilingües como de habla hispana).

La información anterior constituye una evidencia más de la falta de recursos en el sector público, el cual pese a ser en la actualidad el más grande proveedor de servicios educativos en el DC, como se demostrará en la sección siguiente (sección 4.1.3.) es sin duda, el menor sector con Institutos equipados didácticamente para la enseñanza experimental de las Ciencias Naturales. Sin embargo, dado que el análisis de esta problemática no está contemplado dentro de los objetivos de este estudio, no profundizaremos más en ella, no obstante, es parte de los precedentes teóricos sentados por esta investigación, por lo que se toma en cuenta dentro de los resultados estadísticos obtenidos.

4.1.3. Población Estudiantil Atendida en Educación Media en el DC

4.1.3.1. Estadística descriptiva del volumen de estudiantes matriculados en IEM para el 2006

De acuerdo a la "Estadística de Centros de Educación Media" de la UMCE para el 2006, la matrícula total de estudiantes en el DC presentaba la siguiente distribución estudiantil por categorías de Institutos:

Tabla 25: *Distribución de frecuencias de volumen de matrícula por categoría de IEM para el 2006*

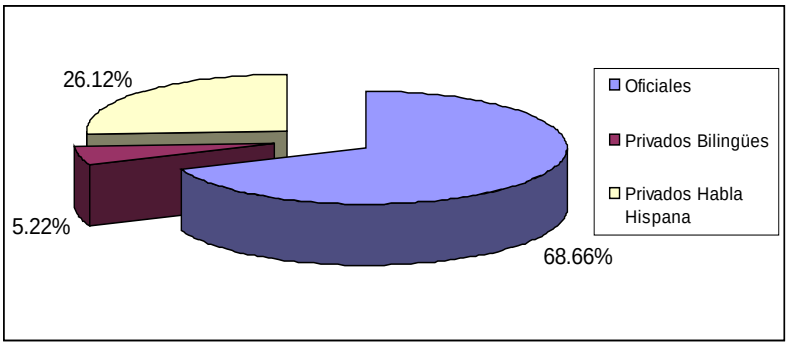
Categorías de Institutos	No. de IEM en el DC	Matrícula	
		No. de Estudiantes	% de Matrícula
Oficiales	66	75,743	68.66
Privados Bilingües	37	5,757	5.22
Privados Habla Hispana	108	28,817	26.12
*Total	211	110,317	100.00

Notas: * El total no incluye los Institutos en modalidad ISEMED.

Según los datos de la UMCE, mostrados en la Tabla 25, para el año 2006 aproximadamente 110,317 estudiantes ingresaron al sistema de Educación Media, 75,743 de los cuales lo hizo en Institutos Oficiales o Semi-Oficiales, 28,817 en Institutos Privados de Habla Hispana y 5,757 en Institutos Privados Bilingües.

Porcentualmente, lo anterior equivale a decir que un 68.66% de la población estudiantil de Educación Media en el 2006 fue atendida en Institutos Oficiales, 26.12% en Institutos Privados de Habla Hispana y el 5.22% restante en Institutos Privados Bilingües, distribución que se puede observar en el Gráfico 11.

Gráfico 11: *Distribución porcentual de matrícula del 2006 en IEM según su categoría*



Si bien es cierto, existen funcionando en el DC más Institutos de Educación Media del Sector Privado (145) que del sector Público (66) como se mostró en la sección 4.1.1, estos últimos atienden al 68.66% de la población estudiantil, que equivale a más del doble de la población atendida por el sector privado (31.34%), lo que demuestra que el sector público, es por mucho, el mayor proveedor de servicios educativos a nivel medio.

4.1.4. Población Estudiantil Atendida en Institutos con Laboratorios de CCNN

4.1.4.1 Relación de Estudiantes matriculados en IEM que cuentan con LACN por categoría

Conociendo la distribución de la población estudiantil en el DC, presentada en la sección anterior y correlacionándola con los datos sobre la tenencia de LACN en cada categoría de Institutos se obtienen las relaciones mostradas a continuación en la Tabla 26:

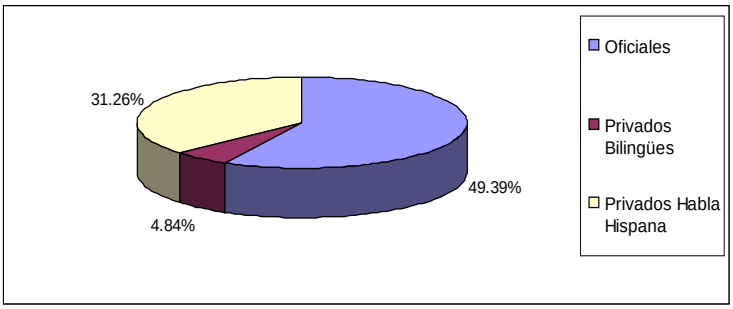
Tabla 26: *Distribución de estudiantes en los IEM por categoría y tenencia de LACN*

Categorías	Promedio de Estudiantes Matriculados	Institutos con LACN	Estudiantes en Institutos con LACN
Oficiales	1,148	18	20,657
Privados Bilingües	156	13	2,023
Privados Habla Hispana	267	49	13,074
Total	523	80	41,826

Para el año 2006, de los 110,307 estudiantes que cursaron su Educación Media en Institutos del DC, alrededor de 41,826 estudiantes (37.91%), lo hicieron en Institutos que contaban con LACN, lo que presupone que fueron expuestos al ambiente de trabajo de laboratorio en sucesivas ocasiones a lo largo de su formación académica.

La distribución porcentual de estos 41,826 estudiantes en las tres categorías de naturaleza de Institutos con laboratorios activos, se refleja en el Gráfico 12, mostrado a continuación:

Gráfico 12: *Distribución de los estudiantes matriculados en IEM que cuentan con LACN*



Para el 2006, del total de estudiantes matriculados en IEM que contaban con LACN, el 49.39% estaban inscritos en Institutos Oficiales, 31.26% en Institutos Privados de Habla Hispana y tan solo 4.84% en Institutos Bilingües.

La información anterior reafirma el hecho de que pese a que el sector oficial no posee la mayor cantidad de Institutos con LACN, si es responsable de brindar este servicio a la mayoría de estudiantes en el DC y por ende es el responsable de salvaguardar la salud de la mayoría de la población estudiantil en el nivel medio, que puede estar expuesta a sustancias químicas dentro de los LACN.

4.2. PRESENCIA DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS EN LOS IEM

En el presente estudio se encontró que solamente 1 de cada 30 IEM del DC que poseen LACN no poseen sustancias químicas catalogadas como peligrosas (SQP), lo cual no resulta extraño al considerar el área de enfoque de los laboratorios de CCNN: química, física y biología, en los cuales únicamente el área de física puede llegar a funcionar por completo sin el empleo de reactivos químicos, sin embargo, esto no justifica el uso excesivo y muchas veces innecesario de sustancias consideradas como altamente peligrosas e incluso prohibidas a nivel mundial por los daños a la salud que pueden causar tras su exposición.

Vale la pena aclarar que si bien la presencia de SQP en los laboratorios académicos no es un indicador directo del grado de contaminación o de la falta de seguridad en sus instalaciones, su presencia en ellos puede llegar a constituir un riesgo importante ante la

posibilidad de exposición, por lo que ha sido considerado en este estudio como punto de partida en el análisis de la seguridad y la evaluación del manejo de estas sustancias peligrosas en los IEM.

Con el fin de analizar la variable: presencia de SQP en los IEM con LACN, se identificaron, midieron y evaluaron por separado los siguientes indicadores:

- Formas y Fuentes de Obtención de Sustancias Químicas en los Institutos.
- Tipos de Sustancias Peligrosas vs. No. de Institutos que las Poseen.
- Variedad de Sustancias Químicas Peligrosas por Categoría de Institutos.
- Sustancias Altamente Peligrosas Identificadas en los Institutos.
- Sustancias Peligrosas de Uso Sugerido en los Manuales de Laboratorio Vigentes.
- Residuos Peligrosos Encontrados en los Alrededores de los Laboratorios.

Cada uno de los cuales aportó valiosa información sobre la realidad que se presenta en los LACN de los IEM, razón por la cual se presentan por aparte los resultados obtenidos para cada aspecto.

4.2.1. Formas y Fuentes de Obtención de Sustancias Químicas en los Institutos

4.2.1.1. Fuentes de obtención de SQ en los IEM privados y sus repercusiones

Se encontró tras este estudio que, 97.43% de los Institutos Bilingües y al menos un 23.11% de los Institutos Privados de Habla Hispana que cuentan con LACN en el DC, importaron sets completos de laboratorio de países como Estados Unidos, Francia, Inglaterra y Alemania, al iniciar el funcionamiento de sus laboratorios, sin embargo, la segunda ronda de entrevistas sistemáticas, la evaluación por visitas de campo y el análisis de las guías y manuales de laboratorio vigentes en estos centros, señaló que si bien estos laboratorios inician con sets importados, al pasar de los años este no es el mayor afluente en la dotación de sustancias químicas para estas instituciones privadas.

La mayoría de los encargados de laboratorio entrevistados comentaron que: la mayor parte de las sustancias químicas son producto de la donación de padres de familia que trabajan en universidades, droguerías, hospitales e industria, lo cual si bien permite en muchas ocasiones la realización de las prácticas experimentales previstas, tiene además varias repercusiones adversas, tales como:

Dado que muchas veces los reactivos químicos donados no han sido solicitados por los docentes para prácticas específicas, los Institutos no cuentan con el equipo, entrenamiento, ni las instalaciones adecuadas para su correcta manipulación, almacenamiento y eliminación.

Muchos de los reactivos obtenidos por donación no son acompañados de información relevante para su correcto manejo, tal como las fichas de seguridad respectivas, por lo que se desconoce su fecha de caducidad, así como la información de primera mano respecto a los cuidados y mecanismos adecuados para su segura gestión.

En variadas ocasiones, los docentes de Ciencias Naturales no realizan prácticas de laboratorio que no estén contempladas en los manuales extranjeros, por lo que muchas de las sustancias donadas nunca son empleadas y terminan siendo almacenadas por largos períodos de tiempo en las instalaciones de los Institutos.

Al no contar con reactivos de primera calidad comprados selectivamente por los encargados de laboratorio, algunas prácticas experimentales se realizan empleando reactivos sustitutos que han sido donados, los cuales en ocasiones presentan mayor peligrosidad que los originalmente sugeridos en los manuales.

4.2.1.2. Fuentes de obtención de SQ en el resto de IEM

Por otra parte, 100% de los Institutos Oficiales y la mayoría de los Privados de Habla Hispana (76.89%), según los datos proporcionados por los profesores y el personal administrativo encuestado, la dotación de reactivos químicos depende en orden de prioridad de:

- La compra directa de la institución (53.10%).
- La compra de los mismos por los estudiantes (35.23%).
- Las donaciones de instituciones y padres de familia (11.67%).

Por lo que la aparición de SQP en estos centros educativos está más ligada al desconocimiento de su peligrosidad al momento de realizar la compra de ellas y su aparición en los manuales y guías de laboratorio empleados en esta categoría de IEM, que a la captación descontrolada por medio de donaciones.

La comparación entre las categorías de IEM se realizó mediante una prueba ANOVA, que demostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las categorías IEM Oficiales y Privados de Habla Hispana en cuanto a sus fuentes de obtención de SQ para sus LCN (véase Tabla 27).

Tabla 27: *ANOVA para las categorías de IEM en cuanto a sus fuentes de obtención de SQ*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	.600	2	.300	.628	.541
Intra-grupos	12.900	27	.478		
Total	13.500	29			

4.2.2. Tipos de SQP vs. Porcentaje de Institutos que las Poseen

Los tipos de SQP encontradas en los IEM, corresponden a las clases y divisiones, de la clasificación de la ONU que se muestra en la Tabla 28 a continuación:

Tabla 28: *Tipos de SQP encontradas en los LACN de los IEM*

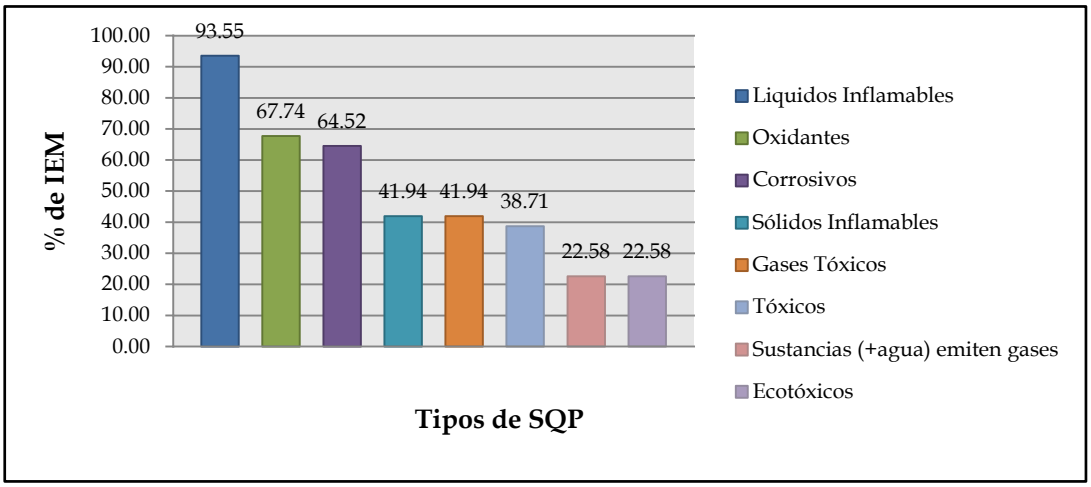
Clasificación ONU	Tipos de Sustancias Peligrosas
Clase 2 – División 2.3	Gases Tóxicos
Clase 3	Líquidos Inflamables
Clase 4 - División 4.1	Sólidos Inflamables
Clase 4 - División 4.3	Sustancias (+agua) emiten gases
Clase 5 - División 5.1	Oxidantes
Clase 6 – División 6.1	Tóxicos
Clase 8	Corrosivos
Clase 9	Ecotóxicos

Notas: Tras las investigaciones preliminares no se encontró sustentó para considerar la existencia de sustancias radioactivas (Clase 7), en los IEM y por falta del equipo y capacitación requerida para su identificación no se consideró su presencia en este estudio.

Las clases y divisiones no contempladas en la Tabla 28, corresponden a tipos de SQP que no fueron encontradas o identificadas en los IEM de la muestra analizada para el presente estudio.

La distribución porcentual de los tipos de SQP encontradas en los IEM en función del número de Institutos que las poseen, tanto en su área de laboratorio como en su almacén, se detalla a continuación en el Gráfico 13:

Gráfico 13: *Porcentaje de IEM que poseen cada tipo de SQP*



Como se mostró en la Tabla 28 y en el Gráfico 13, al analizar de manera individual cada una de las clases de SQP, se observa que los tipos que aparecen con más frecuencia en los IEM con LACN son:

- Líquidos Inflamables (93.55%).
- Oxidantes (67.74%).
- Corrosivos (64.52%).
- Sólidos Inflamables (41.94%).
- Gases Tóxicos (41.94%).

Con lo anterior, se puede apreciar que más del 41% de los IEM con LACN poseen al menos 5 clases de SQP en sus instalaciones.

Le siguen a estas cinco las sustancias Tóxicas, las Sustancias que Emiten Gases en Presencia de Agua y los Ecotóxicos. Estos últimos aparecen en su mayoría como parte de algunas prácticas de biología que se realizan ocasionalmente en instituciones que ejecutan ensayos agropecuarios en sus predios o bien que los emplean como preservantes o colorantes en prácticas particulares.

4.2.3. Variedad de Tipos de SQP por Categorías de Institutos

De acuerdo a los datos recolectados para este estudio, la frecuencia de medias aritméticas de la variedad de tipos de SQP presentes en los IEM que poseen LACN es la presentada en la Tabla 29 a continuación:

Tabla 29: *Comparación entre las Medias Aritméticas de la variedad de tipos de SQP por categoría de IEM que las poseen*

Categoría de IEM	Media aritmética	Desviación típica	Error típico
Privado Bilingüe	4.20	1.924	0.860
Privado de Habla Hispana	4.95	2.857	0.655
Oficial	4.71	2.563	0.969
Total	4.77	2.604	0.468

Notas: Intervalo de Confianza para las medias de 95%

Según los resultados descritos en la Tabla 29, los Institutos Bilingües presentan en promedio una menor variedad en cuanto a los tipos de sustancias peligrosas que se encuentran almacenados o en uso dentro de sus LACN, con una media aritmética de 4.20 tipos de SQP por Instituto, en comparación a los Institutos Oficiales (4.71) y los Privados de Habla Hispana (4.95) los cuales poseen un valor medio ligeramente superior.

Para comprobar si las diferencias entre las medias aritméticas mostradas anteriormente eran estadísticamente significativas, y poder probar la veracidad de la tercera hipótesis de investigación (véase H_3 en la sección 1.7.1.), se realizó una prueba ANOVA (Análisis de Varianza) en Una Dirección, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 30:

Tabla 30: *Análisis de Varianza en Una Dirección para la variedad de SQP por cada categoría de IEM*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	2.24	2	1.12	0.16	0.86
Intra-grupos	201.18	28	7.18		
Total	203.42	30			

Notas: Análisis con SPSS 11.5.1 (Intervalo de Confianza para las medias de 95%)[13]

En base a los resultados anteriores se negó la hipótesis de que existen diferencias significativas entre las distintas categorías de IEM, en cuanto a la variedad de SQP que poseen (0.86), al menos para el porcentaje de confianza adoptado para este estudio (95%).

Ante los resultados, es posible decir: que en general, todos los IEM que cuentan con LACN, independientemente de su naturaleza pública o privada, poseen en promedio 5 de las 9 clases de sustancias catalogadas como peligrosas según la clasificación de la ONU (véase sección 2.4.3).

4.2.4. Sustancias Químicas Peligrosas Encontradas en los LACN de los IEM

Dado que la investigación realizada fue del tipo transversal, tomando una única muestra en un período limitado de tiempo; y que tal como se mencionará más adelante, no se contó con los inventarios actualizados de SQ de la mayoría de Institutos visitados, no fue posible evaluar la cantidad existente de cada SQP encontrada en los IEM, sin embargo, bajo los alcances del estudio, fue posible determinar la frecuencia de aparición de cada tipo de SQP en los Institutos de la muestra, como ya se mostró en la sección 4.2.3., y la variedad de SQ de cada clase y división, de lo cual se exponen los resultados a continuación:

Dentro de las SQP encontradas en los LACN destacan las mostradas en la Tabla 31:

[13] El valor crítico para F es devuelto en SPSS como Sig., siendo el valor contraste para la prueba de hipótesis de 0.05 (véase anexo 13 para más referencias)

Tabla 31: *SQP encontradas en los LACN*

Clasificación ONU	Sustancias Encontradas
Clase 2 - División 2.3 - Gases Tóxicos	Ácido Clorhídrico Concentrado Amoniaco Concentrado
Clase 3 - Líquidos Inflamables	Alcohol Etílico Alcohol Isopropílico Alcohol Metílico Benceno Carmín Acético Eosina Éter de Petróleo. Éter Etílico. Gasolina Keroseno Xilol
Clase 4 - División 4.1 - Sólidos Inflamables	Alcanfor Naftalina
Clase 4 - Divisón 4.3 - Sustancias (+ agua) emiten gases	Carburo de Calcio
Clase 5 - División 5.1 - Oxidantes	Dióxido de Manganeso Hipoclorito De Sodio Nitrato de Plata Permanganato de Potasio
Clase 6 - División 6.1 - Tóxicos	Anilina Cianuro de Potasio Cloroformo Compuestos de Plomo Insecticidas y Herbecidas Yodo
Clase 8 - Corrosivos	Acido Nítrico Concentrado Ácido Propiónico Concentrado Acido Sulfúrico Concentrado Anhídrido Acético Cloruro de Amonio Formalina Hidróxido de Sodio Puro Lugol (Yodo – Yoduro de Potasio) Mercurio

Tal como se aprecia en la Tabla 31, los Líquidos Inflamables no solo son el tipo de SQP más frecuentes en los IEM, sino que además son la categoría con más variedad de sustancias identificadas en los LCN (11 SQ), seguido de los Corrosivos con 9 SQ identificadas y los Tóxicos con 6 diferentes SQ.

Con las visitas de campo a los LACN de los IEM, se comprobó la presencia de las SQP enlistadas anteriormente en la Tabla 31, sin embargo, dado el diseño transversal de esta investigación, no es posible afirmar con certeza que no hayan existido durante los últimos años dentro de las bodegas y laboratorios de los Institutos, otras sustancias peligrosas fuera de las ya mencionadas, dado que al no contar con inventarios actualizados, registros de compra, ni observaciones longitudinales durante el transcurso del año, no se suprime la posibilidad de que algunas sustancias hayan sido agotadas, descartadas e incluso extraviadas en el transcurso del año.

Por lo anterior, la evaluación de las guías y manuales de laboratorio que se muestra en la siguiente sección puede dar un indicio de otras sustancias de frecuente manipulación que no fueron encontradas en los almacenes y laboratorios al momento de las visitas de campo, pero que muy probablemente fueron manipuladas durante el año escolar.

4.2.5. SQP de Uso Sugerido en los Manuales de Laboratorio Vigentes

Además de completar el listado de SQP que se mostró en la sección anterior, se revisaron en este estudio, los manuales de laboratorio de uso más popular entre los profesores de Ciencias Naturales de los diferentes IEM, para corroborar si las sustancias encontradas en los Institutos, fueron manipuladas frecuentemente o si son parte del remanente de sustancias almacenadas por largos períodos de tiempo en bodegas y anaqueles de laboratorio.

Luego de la selección y revisión de los 5 manuales más empleados en los Institutos Oficiales, 7 de los más usados en los Institutos Privados de Habla Hispana y 3 de Institutos bilingües, se pudo identificar en ellos la sugerencia de uso de las SQP mostradas en la Tabla 32:

Tabla 32: *SQP de uso sugerido en los manuales de laboratorio de los IEM*

Clasificación ONU	Sustancias Encontradas
Clase 2 - División 2.3 - Gases Tóxicos	Ácido Clorhídrico Concentrado Amoniaco Concentrado
Clase 3 - Líquidos Inflamables	*Acetona Alcohol Etílico Alcohol Metílico Benceno Eosina Éter Etílico. Éter Sulfúrico. Xilol
Clase 4 - División 4.1 - Sólidos Inflamables	Alcanfor Naftalina
Clase 4 - Divisón 4.3 - Sustancias (+ agua) emiten gases	Carburo de Calcio *Sodio Puro
Clase 5 - División 5.1 - Oxidantes	Dióxido de Manganeso Hipoclorito de Sodio Nitrato de Plata Permanganato de Potasio
Clase 6 - División 6.1 - Tóxicos	*Acetato de Plomo Anilina Cloroformo Compuestos de Plomo *Mercurocromo *Óxido de Mercurio Yodo
Clase 8 - Corrosivos	*Acido Acético Glacial Acido Nítrico Concentrado Ácido Propiónico Concentrado Acido Sulfúrico Concentrado Cloruro de Amonio Formalina Hidróxido de Sodio Puro Lugol (Yodo – Yoduro de Potasio) Mercurio

Notas: Las sustancias marcadas con (*), son SQP sugeridas en los manuales de laboratorio, pero cuya presencia no fue detectada en las visitas a los IEM de la muestra.

Dado que todas las SQP mostradas en la Tabla 32, aparecen enlistadas como parte del material a ser empleado en las prácticas de laboratorio sugeridas en los manuales de uso más popular en los IEM, se puede considerar que idealmente estos químicos son utilizados y renovados periódicamente en los Institutos, por lo que su almacenamiento no implica períodos largos de tiempo, sin embargo, cabe mencionar que en muchos de los casos estas sustancias en su forma concentrada son fumantes, volátiles o requieren cuidados especiales para su almacenamiento.

Al contrastar el listado de sustancias químicas peligrosas encontradas en los laboratorios con las sugeridas en los manuales se pueden señalar algunas de las cuales no son empleadas frecuentemente e implica que su posesión puede durar largos períodos de tiempo, causando en algunos casos la inestabilidad de los compuestos químicos y el aumento de su peligrosidad, tal como ocurre con el Éter de Petróleo que puede llegar a formar mezclas explosivas con el aire o algunos compuestos de mercurio que requieren ser aislados a bajas temperaturas para evitar su volatilización.

De las SQP encontradas en estas condiciones destacan las siguientes:

- Acido Fosfórico Concentrado
- Alcohol Isopropílico
- Alcohol Metílico
- Anhídrido Acético
- Carmín Acético
- Cianuro de Potasio
- Compuestos de Mercurio
- Compuestos de Plomo
- Dióxido de Manganeso
- Éter de Petróleo

El riesgo en la manipulación de las SQP que aparecen en los manuales de laboratorio de la mayoría de los IEM, especialmente en los editados en nuestro país, se ve altamente incrementado al notar que la mayoría de las guías y manuales no contienen las advertencias y sugerencias de uso y eliminación correcta sobre estas sustancias peligrosas, ni hacen referencia a fuentes bibliográficas donde puedan consultarse, por lo que la exposición a estas sustancias depende directamente de los conocimientos que los docentes e instructores de laboratorio posean sobre el manejo seguro de estas y del equipo de seguridad disponible, aspectos que han sido considerados y analizados en este estudio y cuyos resultados se mostrarán más adelante.

Nota: La valoración de la peligrosidad asociada a las SQP encontradas en los LACN es tema de discusión del capítulo 4 (Análisis de Resultados), así como la discusión sobre los riesgos asociados a cada una de ellas.

La segunda variable considerada para la evaluación global del manejo de sustancias químicas peligrosas en esta investigación (una vez determinada su existencia en ellos) fue la seguridad instalada en los Laboratorios de los Institutos de Educación Media del DC con LACN, entendiéndose como tal a todos los recursos materiales con que cuenta la institución para procurar la protección individual, colectiva y ambiental previo, durante y posterior a la manipulación de SQP.

Para la evaluación de la variable Seguridad Instalada, se analizaron por separado y en conjunto los siguientes indicadores:

- Equipos de seguridad disponibles en los laboratorios.
- Estado de la infraestructura y mantenimiento.
- Acondicionamiento de ventilación e iluminación.
- Organización y distribución de espacios y equipo.
- Rutas y sistemas de evacuación funcionales.

En ninguno de los parámetros anteriores se evaluó la eficiencia del desempeño de cada aspecto, debido a las limitaciones previstas para esta investigación, sin embargo, si se consideró la eficacia, capacidad global, condiciones y requerimientos específicos para cada equipo. A continuación se muestran los resultados obtenidos de dicha evaluación:

4.3.1. Equipo de Seguridad Disponible en los Laboratorios

Como ya se mencionó anteriormente la simple existencia de sustancias peligrosas en los Institutos solo implica un peligro potencial, el cual podría ser controlado fácilmente al contar con el equipo e instalaciones de seguridad requeridas para su manejo seguro y tomando las medidas de precaución necesarias.

Para mayor claridad sobre el riesgo asociado a los laboratorios activos, se presentará a continuación únicamente los resultados de la evaluación del material y equipo de seguridad presentes en el área de trabajo de los laboratorios de los IEM, dejando para una sección aparte los resultados de la evaluación del área de almacenamiento de las sustancias químicas.

La distribución porcentual de IEM que contaban con el equipo de seguridad básico para la manipulación de sustancias químicas en general, dentro de sus LACN se observa en la Tabla 33.

Tabla 33: *Frecuencias Relativas de la Tenencia de los Equipos de Seguridad Básicos en los IEM con LACN*

Equipos y Estructuras de Seguridad Básicas para Laboratorios de Ciencias Naturales	Porcentaje de Institutos que Poseen Cada Equipo
Lavaojos	0.00
Equipo contra derrames	0.00
Extractores	0.00
Campanas de gases	0.00
Detectores de humo	3.23
Duchas	19.35
Extintores	29.03
Piletas	38.71
Botiquín	38.71
Lavamanos	70.97

Al observar los datos obtenidos y mostrados en la Tabla 33, se aprecia que la única estructura de seguridad que presentó una presencia significativa en los IEM son los lavamanos, los cuales aparecen en un 70.97% de los Institutos con LACN.

Las piletas y botiquines, pese a su importancia en los laboratorios de CCNN solo aparecieron en 38.71% de ellos, mientras que los extintores catalogados como equipo indispensable para un laboratorio según todas las normas de seguridad existentes a nivel internacional, se encontraban únicamente en 29.03%, las duchas y detectores de humo existen en algunos Institutos que constituyen casos aislados, alcanzando un 19% y 3%, respectivamente.

Lavaojos, equipos contra derrames, extractores y campanas de gases no fueron encontrados, en forma funcional, en ningún IEM, y pese a que algunos centros los poseían desde hace varios años, por diversas razones no estaban instalados o completos, por lo que no constituyen parte de la seguridad instalada en ellos.

Como es apreciable con la información anterior, existe una marcada deficiencia en el equipo de seguridad que poseen los IEM, por lo que la manipulación de la mayoría de sustancias químicas pasa de ser un peligro potencial a un riesgo inminente para la salud de estudiantes y docentes cada vez que se emplean en prácticas de laboratorio.

Con el fin de efectuar una comparación entre las diferentes categorías de los Institutos en base a su tenencia de equipos de seguridad básicos ya mencionados, fue conveniente realizar una comparación de medias y una prueba ANOVA en una dirección, de las cuales se obtuvieron los resultados mostrados a continuación en la Tabla 34 y la Tabla 35:

Tabla 34: *Comparación de medias aritméticas entre categorías de IEM por el número de equipos básicos de seguridad instalados en sus LACN*

1. Naturaleza	Media	N	Desv. típ.
Privado Bilingüe	1.60	5	.894
Privado de Habla Hispana	2.47	19	1.349
Oficial	1.43	7	.976
Total	2.10	31	1.274

Tabla 35: *ANOVA para las medias aritméticas de las categorías de IEM por tenencia de equipos de seguridad instalados en sus LACN*

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	7.059	2	3.529	2.373	.112
Intra-grupos	41.651	28	1.488		
Total	48.710	30			

Nota: Análisis realizado con SPSS 11.5.1 (A un intervalo de Confianza para las medias de 95%)[14]

Al comparar las medias del número de equipos de seguridad que tiene cada categoría de IEM, es fácil percatarse de que no hay una marcada diferencia entre la cantidad de equipos de seguridad que posee cada categoría (ver Tabla 34), lo cual se refuerza al observar los resultados del análisis de varianzas en una dirección (ver Tabla 35), de donde se puede afirmar que no existen diferencias estadísticamente significativas (0.112), para el intervalo de confianza del 95%, entre las diferentes categorías de los Institutos en cuanto a la cantidad de equipo de seguridad presentes en ellos.

Gracias a lo anterior es posible afirmar que los IEM con LACN cuentan en promedio con 2 de los 10 equipos de seguridad considerados como básicos para el manejo de sustancias químicas en el laboratorio, independiente de su naturaleza pública o privada, o su modalidad bilingüe o monolingüe.

4.3.2. Infraestructura y Mantenimiento de los Laboratorios

En el presente estudio se valoró el estado y limpieza de la infraestructura (paredes, piso y techo) como parte de la visión general de seguridad, considerando que una infraestructura deficiente puede llegar a constituir un peligro importante cuando se trata de un laboratorio donde se realizan prácticas experimentales, por otro lado, la limpieza de las instalaciones refleja el cuidado y dedicación de sus usuarios e incluso en una inspección más acuciosa podría denotar si ha existido una mala manipulación o almacenamiento de

[14] Bis

sustancias químicas al observar manchas específicas o residuos de sustancias en paredes piso o techo.

Para realizar la evaluación de la infraestructura general de los laboratorios se seleccionó una ponderación en tres niveles (Bien, Regular y Mal) para cada aspecto, identificando las características a cumplir para cada nivel en la siguiente forma:

Para Evaluar la Limpieza:

Bien = sin residuos, manchas, ni cantidades importantes de polvo y desperdicios.
Regular = con pocos residuos, manchas, polvo y/o desperdicios.
Mal = muchos residuos, manchas o cantidad excesivas de polvo y desperdicios.

Para Evaluar el Estado:

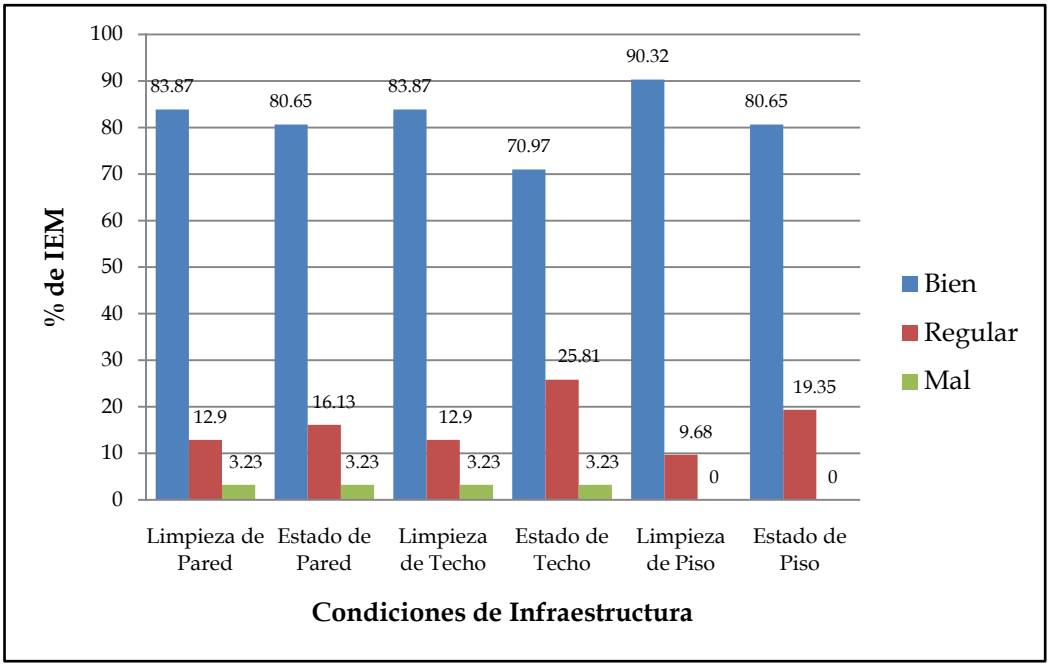
Bien = sin grietas o daños rigurosos a la estructura general, material en óptima condición y pintura en buen estado.
Regular = grietas parchadas o daños estructurales leves, material en buena condición y pintura en buen estado.
Mal = grietas visibles o daños graves a la estructura, material en mal estado o de mala calidad visible y pintura irregular o dañada.

Considerando la ponderación anterior, los resultados obtenidos de la inspección superficial de la infraestructura de los laboratorios en los IEM se muestran a continuación clasificados por pared, techo y piso:

Tabla 36: *Tabla de Contingencia de Frecuencias Relativas sobre la Valoración de la limpieza y estado general de la infraestructura de los LACN*

Variables	Ponderación (%)		
	Bien	**Regular**	**Mal**
Limpieza de Pared	83.87	12.90	3.23
Estado de Pared	80.65	16.13	3.23
Limpieza de Techo	83.87	12.90	3.23
Estado de Techo	70.97	25.81	3.23
Limpieza de Piso	90.32	9.68	0.00
Estado de Piso	80.65	19.35	0.00

Gráfico 14: *Comparación de los resultados de valoración de limpieza y estado general de la infraestructura de los LACN por categoría de IEM*



Como se puede observar en la Tabla 36 y el Gráfico 14 correspondiente, tanto la limpieza como el estado de la infraestructura general de los laboratorios en la mayoría de los IEM se encuentra en el rango definido como: "Bien"; es decir que en su mayoría no presentan residuos, manchas, ni cantidades importantes de polvo y desperdicios, así como tampoco grietas o daños rigurosos a la estructura general, mostrando materiales en óptima condición y pintura en buen estado.

Cabe resaltar que el Piso de los laboratorios fue el que obtuvo el porcentaje más alto de IEM que presentan buena limpieza y estado (90.32% y 80.65%, respectivamente) y menor incidencia de casos considerados como malos en estos dos aspectos (0%), mientras que los techos de estos son los que presentan mayores deficiencias (25.81% de los techos se encuentran en estado "regular" y 3.23.% en "mal" estado), aun cuando 70.97% de los Institutos poseen techos en buen estado y 83.87% los mantienen con una limpieza adecuada.

4.3.3. Acondicionamiento de los Laboratorios

4.3.3.1. Ventilación e Iluminación

Otros dos factores empleados como indicadores de riesgo a la salud y la seguridad en un laboratorio de CCNN son la ventilación y la iluminación con que estos cuentan.

Una ventilación deficiente contribuye a aumentar las concentraciones de los gases, partículas y vapores que se emanan en las prácticas de laboratorio y los expulsados por las sustancias químicas almacenadas, mientras que una deficiente iluminación puede ser la causa de múltiples accidentes en el laboratorio, ya sea por tropiezos, mal ubicación de sustancias en los anaqueles, enmascaramiento de fugas o derrames e incluso puede llegar a provocar la combinación de sustancias no compatibles por ser un obstáculo considerable en el campo de visión del estudiante.

Para este estudio se consideraron dos posibles valores en cuanto a las condiciones de iluminación y ventilación, sean estas de origen natural o artificial:

- **Adecuada Ventilación:** si existe un flujo apreciable de aire, sin la presencia de malos olores persistentes, ni características del síndrome de edificios enfermos definido por la OMS.

- **Adecuada Iluminación**: si no existen sombras persistentes o espacios oscuros dentro del local, reflejos molestos de luz o fuentes de luz directa a la altura de los ojos.

Debido a que tanto las condiciones de ventilación como las de iluminación fueron analizadas como aspectos de seguridad únicamente, no se consideró la eficiencia del diseño del laboratorio para proveer estos recursos en forma natural, ni las especificaciones civiles para su distribución artificial.

Según las observaciones realizadas a los IEM se encontró que en general, 70.97% de estos posee una ventilación adecuada, mientras que 74.19% posee una iluminación adecuada.

Sin embargo, al realizar el mismo análisis anterior pero considerando la diferenciación por categoría de los IEM, se encontró una marcada diferencia entre las condiciones de ventilación e iluminación de los laboratorios en cada categoría. Los resultados obtenidos se muestran a continuación en forma porcentual:

Tabla 37: *Tabla de Contingencia - Valoración de las Frecuencias Relativas sobre las condiciones de iluminación y ventilación de los LCN por categoría de IEM*

Categoría	Adecuada Ventilación (%)	Adecuada Iluminación (%)
Oficiales	28.57	42.86
Privados Habla Hispana	78.95	78.95
Privados Bilingües	100.00	100.00

Resalta en la Tabla 37 que mientras un 100% de los Institutos Privados Bilingües del DC poseen en sus laboratorios una adecuada ventilación e iluminación, solamente un 28.57% de los Institutos Oficiales poseen laboratorios con ventilación adecuada y un 42.86% de ellos con iluminación adecuada.

Tabla 38: *ANOVA para la comparación de categorías de IEM por condiciones de iluminación y ventilación*

Variables		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Adecuada Iluminación	Inter-grupos	1.063	2	.532	3.055	.043
	Intra-grupos	4.872	28	.174		
	Total	5.935	30			
Adecuada Ventilación	Inter-grupos	1.801	2	.900	5.496	.010
	Intra-grupos	4.586	28	.164		
	Total	6.387	30			

Notas: Análisis realizado con SPSS 11.5.1 (A intervalos de Confianza de 95%)[15]

Bajo los resultados de la prueba estadística ANOVA – One Way (análisis de varianza en una dirección), que se muestran en la Tabla 38, es posible afirmar que los IEM difieren significativamente en cuanto a las condiciones de ventilación que presentan sus laboratorios de acuerdo a la categoría.

Al realizar una prueba de Chi-cuadrado se obtienen un resultado que refuerza los resultados de la ANOVA, con $p=0.014$ (< 0.05), demostrando diferencias significativas entre las categorías de IEM.

[15] Bis

La diferenciación anterior muestra, sin duda, una deficiencia crítica en cuanto a iluminación y ventilación de los laboratorios de los IEM Oficiales, lo que se traduce en una violación grave a las condiciones de seguridad que estos poseen, aumentando las posibilidades de exposición e intoxicación por inhalación, accidentes por baja visibilidad y aumento de las concentraciones de gases en el laboratorio, lo que deriva en un riesgo considerable a la salud y seguridad de los estudiantes y profesores que realizan bajo estas condiciones sus prácticas experimentales.

4.3.2. Instalaciones Varias

De acuerdo a los resultados obtenidos en la aplicación de formularios de observación, se puede afirmar, sobre las instalaciones accesorias a la infraestructura del laboratorio, que:

El 0.0% de los IEM no cuentan con aire acondicionado en las instalaciones de laboratorio, ni almacén de SQP, lo cual indica la imposibilidad para regular la temperatura de trabajo o almacenamiento, muchas veces requerida para estabilizar, regular o controlar diferentes tipos de sustancias volátiles, explosivas e inflamables.

Un 87.10% de los IEM cuenta con instalaciones de abastecimiento de agua potable dentro de los laboratorios de CCNN.

Un 93.55% de los IEM cuenta con instalaciones de electricidad, indiferentemente del voltaje (110 V o 220 V), instaladas en sus laboratorios, sin embargo, solamente un 45.16% de estos posee sus instalaciones bien ubicadas y sin violación a las medidas de seguridad.

Solamente un 3.23% de los IEM con LACN posee instalaciones de distribución de gas (LPG, Propano o Butano).

4.3.4. Organización y Distribución de Espacios y Equipo

En cuanto a los requerimientos de seguridad para la organización del laboratorio se obtuvieron los resultados siguientes en los IEM:

Tabla 39: *De la organización y distribución de espacios y equipo en los LACN*

	Equipo Bien Organizado	Instalaciones Bien Distribuidas	Estantes Rotulados	Espacio Adecuado
% de Institutos	29.03	35.48	35.48	38.71

Si bien se observa que un 35.48% de los Institutos poseen instalaciones bien distribuidas, solamente un 29.03% del total de Institutos mantienen bien organizado su equipo de laboratorio, independientemente del estilo de organización, lo cual se vió reflejado tanto en el desconocimiento de los encargados del laboratorio de la forma de organización seguida, como en la observación misma de acceso entre mesones y piletas, equipo de seguridad y zonas de trabajo, armarios y fuentes de luz.

Por otra parte, al considerar el espacio entre mesones y hacia las paredes, la accesibilidad de piletas y equipos de seguridad, la capacidad máxima de atención y el número de estudiantes que realmente se atienden por sección, se encontró que solo 38.71% de los IEM con LACN cuentan con un espacio adecuado para la realización de las prácticas experimentales de acuerdo con las normas de seguridad contempladas en el manual de profesores de Ciencias Naturales de la UNESCO (UNESCO, 1981).

4.3.5. Rutas y Sistemas de Evacuación Funcionales

Como ya se ha mencionado, un indicador más de la seguridad instalada en un laboratorio es la presencia de un sistema de evacuación en caso de emergencias que sea funcional y con rutas bien seleccionadas y señalizadas.

Para evaluar este indicador se tomaron tres referentes empíricos: la existencia de una ruta de evacuación definida, al menos una puerta de emergencia y los rótulos y señales de seguridad, emergencia y prevención dentro del laboratorio; obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 40.

Tabla 40: *Evaluación de rutas y sistemas de evacuación*

	Ruta de Evacuación	Puerta de Emergencia	Señalización de Seguridad	Plan de Contingencia
% de IEM	3.23	3.23	9.68	0.00

Solamente un 3.23% de estos Institutos poseen rutas de evacuación definidas y rotuladas, en igual magnitud porcentual, solo un 3.23% de los Institutos poseen puertas de emergencia habilitadas y un 9.68% del total de Institutos poseen señalizaciones de seguridad en sus laboratorios sobre salidas y consejos ante emergencias.

Ninguno de los IEM de la muestra pudo demostrar la existencia de un plan de contingencia ante situaciones de riesgo químico. Mostrando únicamente en 3 casos especiales un plan en caso de incendio general.

En la sección anterior se expusieron los resultados obtenidos al analizar las condiciones de seguridad presentes en el área de trabajo de los LCN en los IEM dejando por fuera la evaluación directa de la zona de almacenamiento de SQ, tema al que está dedicada esta sección, en la cual no solo se expone lo referente a la seguridad instalada en estas áreas sino que a la vez se presentan los resultados de la observación y análisis de las prácticas de almacenamiento de SQ.

4.4.1 Tipos de Almacén con que Cuentan los LCN en los IEM

Los resultados obtenidos de acuerdo a las entrevistas realizadas a docentes, jefes de laboratorio y personal administrativo, bajo la validación de la información por inspecciones en visitas de campo, con respecto al tipo de área empleada como almacén de sustancia químicas en los IEM con LACN, revelan la existencia de tres grandes categorías de sitios de almacén, presentes en las siguientes proporciones:

- **Bodegas Exclusivas:** El 29.03% de los Institutos emplean como almacén de sustancias químicas una bodega destinada exclusivamente para el LCN.

- **Bodegas Compartidas:** Un 16.13% de los Institutos emplean como almacén de sustancias químicas del LCN, bodegas que son compartidas para almacenar material o equipo de otras áreas operativas de los Institutos, encontrando en ellas material de talleres, equipo de aseo general, pinturas, papelería y otros.

- **Áreas Dentro del Laboratorio:** El restante 54.84% de los Institutos emplean anaqueles, armarios y/o repisas dentro del laboratorio como sitio de almacén de sustancias químicas

4.4.2. Condiciones de Seguridad del Área de los Almacén de SQ en los LACN

Para evaluar las condiciones de seguridad del área de almacén de los Institutos de Educación Media del DC con LACN, se consideraron tres aspectos principales:

- Aislamiento de la Zona.
- Condiciones de Seguridad de la Infraestructura.
- Condiciones de Seguridad en los Estantes.
- Equipo de Seguridad Instalado en el Almacén de SQ.

Cada uno de los anteriores puntos fue evaluado por separado e independientemente de la categoría de Institutos y del tipo de zona de almacén que poseen, obteniendo los siguientes resultados:

4.4.2.1. Aislamiento de la Zona de Almacenamiento:

Se encontró que solamente los Institutos que cuentan con una bodega exclusiva para el almacenamiento de material y equipo de laboratorio tienen su área de almacén debidamente delimitada, lo que corresponde a un 29.03% de los IEM con LACN, mientras que apenas un 16.13% de ellos han restringido adecuadamente el acceso a esta área, ninguno de los Institutos de la muestra poseen bordes de contención sobre la misma (véase Tabla 41).

Tabla 41: *Aislamiento del área de almacén de SQ en los IEM*

Parámetros	Porcentaje de Institutos que lo poseen
Posee Bordes de Contención	0.00%
El acceso está restringido	16.13%
El área está bien delimitada	29.03%

4.4.2.2. Condiciones de Seguridad de la Infraestructura del Almacén

Independientemente del tipo de almacén, se encontró que la mayoría de los Institutos (por encima del 70% de ellos) cuentan con una zona de almacenamiento, suficientemente iluminada, techada y limpia. Sin embargo, solamente un 67.74% de ellos poseen condiciones adecuadas de ventilación, mientras que un 51.61% presentan su infraestructura básica en buen estado (piso, techo, paredes), sin grietas, desgaste intenso o condiciones que pongan en riesgo la seguridad (véase Tabla 42).
Por otra parte, menos del 50% de los IEM con LACN poseen un área de almacén con piso impermeable y construcción resistente al fuego.

Tabla 42: *Seguridad instalada y condiciones de la infraestructura del área de almacén*

Condiciones de Seguridad	Porcentaje de IEM que lo poseen (%)
Construcción resistente al fuego	29.03
Piso Impermeable	48.39
Infraestructura en buen estado	51.61
Ventilación Adecuada	67.74
Instalaciones Limpias	70.97
Almacén Techado	74.19
Suficiente Iluminación	77.42

Se debe resaltar que solamente los Institutos que cuentan con bodegas exclusivas para los LCN cuentan con todas las condiciones de infraestructura y seguridad expuestas en la Tabla 42.

4.4.2.3. Condiciones de Seguridad en los Estantes

Si bien es cierto que cada sustancia química requiere de medidas y condiciones de almacenamiento específicas, existen algunas condiciones generales que deben considerarse en la distribución y organización de estas sustancias dentro del sitio de almacenamiento, las cuales fueron evaluadas en todos los almacenes de la muestra, independientemente de si se encontraban dentro del área de laboratorio o como bodegas separadas. Los resultados encontrados al respecto se observan en la Tabla 43:

Tabla 43: *Resultados sobre las observaciones de la organización y distribución de las SQ en el almacén*

Condiciones de Seguridad	Porcentaje de Institutos que lo cumplen
Sustancias clasificadas por estantes	38.71%
Sustancias alejadas de la luz solar directa	58.06%
Estantes alejados de fuentes de calor	61.29%
Estantes libres de humedad	61.29%

Tal como se muestra en la Tabla 43, solamente 38.71% del total de IEM con LACN emplean una clasificación particular para ubicar las sustancias químicas almacenadas en los diferentes depósitos de los estantes disponibles (repisas, armarios, vitrinas, etc…), la cual varía de acuerdo a la opinión de los encargados del laboratorio y al tipo de sustancias que se poseen en el almacén, mientras que el restante 61.29% ubica todas las SQ sin diferenciación alguna en uno o más estantes.
En cuanto a las condiciones de almacenamiento seguro visibles en los estantes de las SQP, se observó que en 58.06% de los LACN los estantes con SQP se encontraban alejados de la luz solar directa, en 61.29% dichos estantes se encontraban alejados de fuentes de calor y en igual proporción libres de humedad (véase Tabla 42).

4.4.2.4. Equipo de Seguridad Instalado en el Almacén de SQ

Anteriormente en la sección 3.1 de este capítulo se mostró la proporción de existencia del equipo de seguridad mínimo dentro de los LCN de los IEM, sin evaluar el acceso de este equipo al sitio de almacén, con el fin de mostrar por separado esta valoración, sin embargo, tal como se demostró en la sub-sección 4.1.1: más del 50% de los Institutos poseen dentro del mismo laboratorio una zona destinada al almacenamiento de material y equipo, sin una delimitación física, por lo que emplean el equipo de seguridad disponible de forma compartida tanto para el área de trabajo del laboratorio como para la zona de almacenamiento.

Debido a lo anterior, se evaluó por separado la tenencia del equipo de seguridad de los almacenes de sustancias químicas, únicamente en los casos en que estos se encuentran separados del área de laboratorio físicamente, ya sea como bodegas exclusivas o compartidas, lo que corresponde a un 45.16% del total de IEM con LACN.

Se encontró que:

- Ninguna de las bodegas (compartidas o exclusivas) posee detectores de humo, equipos contra derrames, extractores, duchas de seguridad, ni lavaojos.

- Solamente 2 de cada 10 bodegas cuentan con al menos un contenedor especial para sustancias peligrosas y en igual proporción, poseen al menos un extintor contra incendios.

- 6 de cada 10 bodegas poseen al menos un lavamanos dentro o inmediatamente fuera de sus instalaciones.

Al comparar estos resultados con los obtenidos en área de trabajo de los LCN, se puede apreciar como el área de almacén se encuentra aún menos provista de equipo y material de seguridad que la zona de trabajo, lo que es sin lugar a duda, una grave violación a las normas de seguridad dentro de estas zonas.

4.4.3. Evaluación de la Disponibilidad de Información Sobre Almacenamiento Seguro

Como parte de la valoración de las prácticas de almacenamiento, se consideró contar con la evaluación de la documentación y acceso a la información sobre estrategias, técnicas y consideraciones de seguridad que deben tenerse en cuenta para lograr un almacenamiento seguro de las SQ. Los referentes considerados para medir este indicador fueron:

- Documentos de Registro y Control.
- Encargados de Laboratorio Permanentes.
- Capacitación del Personal.

4.4.3.1. Documentos de Registro y Control

En base a las observaciones realizadas y los resultados de las encuestas a los encargados de laboratorio, se encontró que un poco más de la mitad de los IEM con LACN cuentan con inventarios de equipos (58.06%) e inventarios de sustancias químicas (54.84%) lo que denota un profundo descuido por conocer, evaluar y registrar cada equipo y sustancia química presente en los laboratorios, dada la relevancia y obligación legal de poseer y actualizar esta documentación.

Debe considerarse que según el inciso "a" del Art. 127, de las Leyes Educativas de Honduras: "Al Jefe de Laboratorio le corresponde: Recibir y entregar el laboratorio por inventario"(Honduras, 2003), lo que en teoría debería obligar a todos los IEM que cuentan con este cargo, a poseer un inventario de laboratorio, lo que debería corresponder al 100% de los Institutos con LACN.

Vale la pena recordar, que si bien las razones para inventariar el equipo de un laboratorio son mayormente administrativas, el objetivo de hacerlo con las sustancias químicas es en primera instancia, por seguridad.

Se encontró además que solamente 30.10% de los Institutos llevan un registro de la fecha de compra de las sustancias químicas, dentro o fuera de sus inventarios.

Por otra parte, pese a la existencia de reactivos químicos en todos los IEM con LACN, solamente 12.90% disponen de las hojas de seguridad asociadas a cada sustancia, las cuales según los resultados de las entrevistas realizadas al personal encargado de los laboratorios, no suelen venir adjuntas a la mayoría de sustancias químicas donadas y rara vez son proporcionadas por los distribuidores locales.

4.4.3.2. Encargados de Laboratorio Permanentes

Este aspecto es considerado dentro de la evaluación de disponibilidad de información sobre el almacenamiento seguro, debido a que es la existencia de un encargado de laboratorio la que garantiza, al menos en teoría, la posibilidad de centralizar los recursos, dar mantenimiento, cuidar el almacenamiento y llevar el registro de las sustancias y brindar la información pertinente a los usuarios sobre todo lo referido a la administración del almacén.

Con base a los resultados obtenidos en las entrevistas con directivos de los IEM se constató que 83.87% de los LACN cuentan con al menos una persona nombrada para administrarlos, ya sea en forma exclusiva o parcial, bajo el cargo de instructores, asistentes o jefes de laboratorio, por lo que las prácticas de almacenamiento y control son responsabilidad de este personal casi en forma exclusiva.

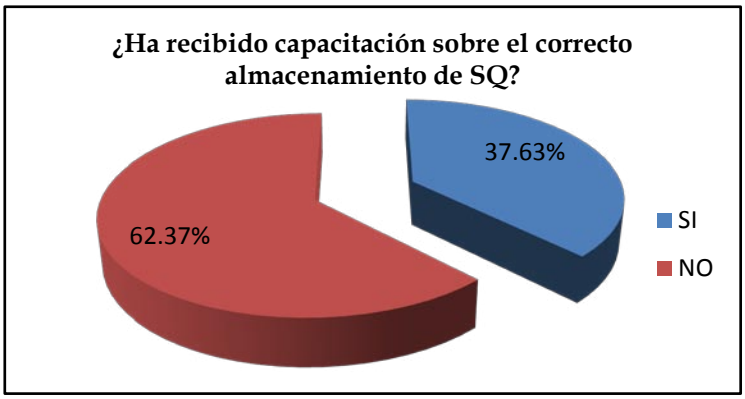
En el restante 16.13% de los IEM, el almacén de SQ y el control de toda la actividad de sus LACN se reparte sobre todos los profesores de Ciencias Naturales que laboran en la institución, lo que en la mayoría de los casos limita las posibilidades de una correcta administración y más aún de un control de la forma, cuidados y requerimientos de almacenamiento y mantenimiento de las SQ.

4.4.3.3. Capacitación del Personal

Para evaluar la capacitación que el personal ha recibido sobre las técnicas de almacenamiento, se consultó tanto a los encargados de los laboratorios, como al personal docente que imparte las asignaturas de Ciencias Naturales en los IEM, obteniendo los siguientes resultados:

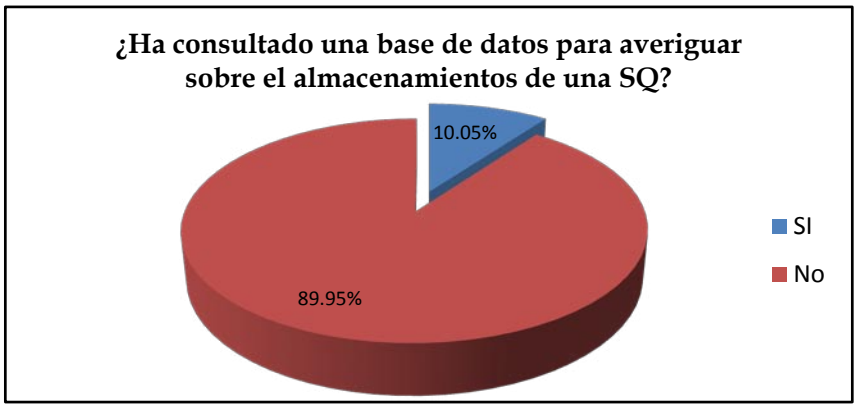
A la pregunta referente a si han recibido alguna capacitación sobre técnicas, mecanismos o formas de organización de las SQ para un almacenamiento seguro, solamente el 37.63% de los encuestados respondieron que "SI", de los cuales un 28.57% explicaron haber recibido esta clase de capacitación exclusivamente en su vida estudiantil.

Gráfico 15: *Capacitación recibida por el personal de los LACN sobre el almacenamiento seguro de SQ*



A la pregunta concerniente a si conocían y habían consultado alguna vez una base de datos internacional para averiguar las normas de almacenamiento de una SQ, solamente un 10.05% de los encargados del laboratorio contestaron "SI"(véase Gráfico 16).

Gráfico 16: *Porcentaje de consulta a bases de datos sobre normas de almacenamiento de SQ*



Si bien han existido diversas capacitaciones impartidas en los últimos 5 años, por diversas ONG y Universidades, sobre el manejo de algunas SQP en Tegucigalpa, los resultados de las encuestas muestran que los encargados de laboratorio y profesores de Ciencias Naturales del DC no han sido, en su mayoría, beneficiados por estas; además la falta de consultas a FDS y bases de datos internacionales refleja una pobre auto-capacitación por parte de este personal con respecto a la gestión de SQP.

4.4.4. Evaluación del Envasado y Etiquetado de Sustancias Químicas

Otros indicadores de las prácticas de almacenamiento considerados en este estudio, fueron el envasado y el etiquetado de SQ, aspectos que se evaluaron separadamente, obteniendo los resultados siguientes:

4.4.4.1. Tipos de Contenedores y Envases Utilizados

Pese a que cada sustancia química particular requiere de cuidados específicos para su mantenimiento, como se ha mencionado repetidamente, existen normas generales sobre el tipo de contenedores adecuados para almacenar sustancias consideradas como peligrosas.

Los resultados obtenidos sobre la observación del tipo de recipientes utilizados para almacenar sustancias peligrosas en los LACN de los IEM, fuera de los envases originales, se resumen a continuación en la Tabla 44.

Tabla 44: *Tipos de contenedores utilizados para SQP en los LACN de los IEM*

Tipo de Contenedor	Bolsas plásticas	Contenedor de Concreto	Contenedor de Madera	Contenedor de Metal	Recipiente metálico	Recipiente plástico
Porcentaje de IEM que los emplean	74.19%	0.00%	32.26%	22.58%	12.90%	48.39%

Un 74.19% de los Institutos emplea bolsas plásticas (generalmente sin sello hermético) para almacenar sustancias peligrosas, especialmente en su estado sólido, cuando se encuentran en pequeñas cantidades, indiferentemente de si estas son o no volátiles.

En frecuencia de uso, le siguen a las bolsas, los recipientes de plástico sólido con 48.39%, los contenedores de madera con 32.26%, los contenedores de metal con 22.58% y los recipientes metálicos (tipo latas) con 12.90%.

En este punto es importante recordar la variedad y tipos de SQP que fueron encontradas con más frecuencia en los LACN de los IEM (véase sección 4.2.), líquidos inflamables, sustancias combustibles, agentes oxidantes y corrosivos, de los cuales ninguno resulta ser viable de almacenar en recipientes metálicos, ni bolsas plásticas, con muy pocas excepciones.

4.4.4.2. Etiquetado de Sustancias Químicas

Sin considerar la eficiencia de los rótulos, ni evaluar el tipo de información que estos contienen, se observó que ninguno de los Institutos de la muestra poseen rotulación o sistemas de identificación de las válvulas existentes en el sitio de almacenamiento, solamente 3.23% de los Institutos poseen áreas señalizadas dentro del almacén y solo un

38.71% conservan rótulos de identificación o prevención en los estantes utilizados para almacenar sustancias químicas (véase Tabla 45).

Tabla 45: *Resultados Porcentuales sobre la señalización general en el área de almacén*

Condiciones de Señalización	Porcentaje de Institutos que lo poseen
Válvulas Identificadas y Rotuladas	0.00%
Áreas Señalizadas	3.23%
Estantes Rotulados	38.71%
Recipientes Rotulados	80.65%

Por otra parte, 80.65% de los Institutos mantienen rotulados (correctamente o no) la mayoría de los recipientes que permanecen en el área de almacenamiento, sin embargo, solamente 1 de cada 10 profesores encuestados admitió conocer el significado de las frases R y S incluidas en las etiquetas originales, mientras que 6 de cada 10 admitió conocer el significado de los pictogramas internacionales. Si bien la mayoría de los envases se encuentran bien etiquetados, dichas etiquetas no son correctamente interpretadas en cuanto a seguridad se refiere, debido al desconocimiento de profesores y alumnos sobre la nomenclatura e indicadores de seguridad en que están basados.

4.5. PRÁCTICAS DE MANIPULACION DE SUSTANCIAS QUÍMICAS

Debido al diseño y modalidad de la investigación, no se incluyó en este estudio la observación sistemática y longitudinal de las prácticas experimentales al momento de su ejecución en los LACN de los IEM, por lo que la evaluación de las prácticas de manipulación de SQ se realizó considerando indicadores medibles en forma transversal, de los cuales se seleccionaron los siguientes:

- Disponibilidad de información sobre la manipulación segura de SQ.
- Capacitación del personal y estudiantes sobre manipulación de SQP.
- Historial de accidentes ocurridos durante la manipulación de SQ.
- Equipo de Protección Individual EPI empleado en los LACN.

4.5.1. Disponibilidad de Información Sobre Manipulación Segura de SQ

Bajo las consideraciones arriba mencionadas, se consideró de suma importancia en este estudio contar con la evaluación de la disponibilidad de información sobre estrategias, técnicas y consideraciones de seguridad que deben tenerse en cuenta para la manipulación segura de SQ en general, para lo cual se valoraron los puntos descritos a continuación:

4.5.1.1. Documentos de Seguridad en el Laboratorio

Un 38.71% de los LACN poseen en sus instalaciones láminas informativas de prevención con normas de seguridad generales, información sobre la manipulación de equipo y/o sustancias específicas.

Solamente 32.26% de los IEM cuentan con un Reglamento Interno de Laboratorio, más específico y adecuado que el Reglamento General contemplado en las Leyes Educativas.

La existencia de láminas de seguridad orientadas a mostrar procedimientos de emergencia, manipulación de equipo de seguridad y peligros específicos dentro del laboratorio aparecen tan solo en 22.58% de los IEM con LACN.

Como ya se mencionó anteriormente, pese a la existencia de reactivos químicos en todos los IEM con LACN, solamente 12.90% poseen hojas de seguridad asociadas a cada sustancia, sean estas proporcionadas por los proveedores al momento de la compra o adquiridas por los encargados de laboratorio posteriormente.

Tabla 46: *Comparación de medias del número de documentos de seguridad presentes en los LACN por cada categoría de IEM*

Categoría de IEM	Media	Desviación típica	Error típico
Privado Bilingüe	1.80	.837	.374
Privado de Habla Hispana	2.16	1.834	.421
Oficial	2.57	1.512	.571
Total	2.19	1.621	.291

Al realizar una comparación entre el número promedio de documentos de seguridad presentes en los LCN con distinción de la categoría de IEM, se encontró que no existe una diferencia significativa entre ellos. Es decir que, en promedio, los IEM con LACN cuentan solamente con 2 de los 5 documentos básicos de seguridad (inventario, hojas de seguridad, láminas informativas, reglamento, señalizaciones preventivas) independientemente de la categoría a la que pertenecen (véase Tabla 46).

4.5.1.2. Conocimiento de la Existencia y Acceso a Bases de Datos Sobre SQ

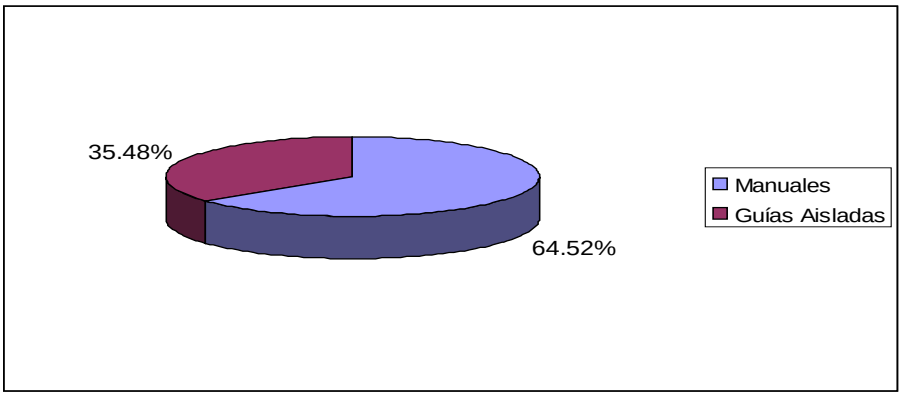
Tras consultar con los profesores de Ciencias Naturales y encargados de laboratorio se encontró que la mayoría de ellos, pese a tener la conciencia de la existencia de recursos digitales e impresos donde se pueden consultar bases de datos sobre el manejo de SQ, solamente 7 de cada 10 admite haber consultado dichos recursos en su vida (la mayoría de ellos en su vida estudiantil), mientras que solamente 1 de cada 10 pudo demostrar, durante la entrevista, que conocía direcciones web de bibliotecas y bases de datos en línea.

4.5.1.3. Adopción de un Manual de Laboratorio

El empleo de manuales de laboratorio es relevante a la hora de establecer y dar a conocer a docentes y alumnos, las normas de seguridad y los peligros asociados a las prácticas sugeridas en el manual. Las guías aisladas bajadas de la Internet o copiadas parcialmente de manuales, generalmente no están acompañadas de los anexos y sugerencias del autor, por lo que no es una práctica aconsejable en educación.

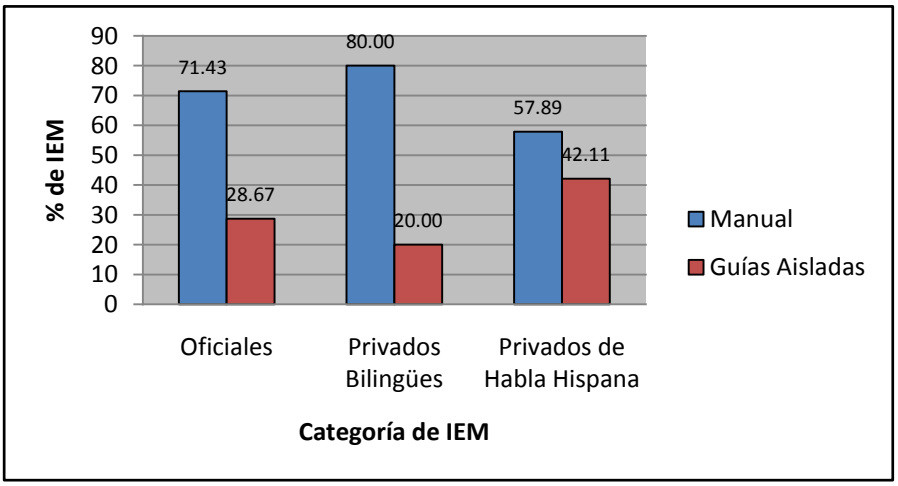
Basándose en la premisa anterior, se hizo relevante un análisis del empleo de manuales vs guías aisladas en los IEM con LACN, los resultados se aprecian a continuación en el Gráfico 17:

Gráfico 17: *Frecuencias relativas de empleo de manuales vs. guías aisladas de laboratorio en los IEM*



Un grupo considerable, estimado en 64.52% de los IEM emplean preferentemente manuales de laboratorio en lugar de guías aisladas para realizar la actividad experimental en el laboratorio.

Gráfico 18: *Comparación entre categorías de IEM sobre el empleo de manuales de laboratorio*



Tal como se aprecia en el Gráfico 18, todas las categorías de IEM prefieren el empleo de manuales de laboratorio al uso de guías aisladas, sin embargo, es posible notar que la diferencia porcentual entre estas dos opciones se ve bastante disminuida en los Institutos Privados de Habla Hispana, de los cuales solo 57.89% poseen un manual establecido, mientras 42.11% emplean guías aisladas.

Tanto en los Institutos Oficiales como en los Privados Bilingües la preferencia de los docentes, las políticas institucionales e incluso motivaciones económicas hacen que estas instituciones se inclinen fuertemente al empleo de manuales completos de laboratorio, como lo señalaron las opiniones de los entrevistados y las observaciones de campo.

4.5.1.4. Medidas de Seguridad Incluidas en los Manuales de Laboratorio

Si bien la adopción de un manual de laboratorio es generalmente preferible al de guías aisladas, esta constituye una buena medida de seguridad siempre y cuando los manuales adoptados incluyan las recomendaciones de seguridad generales y específicas para cada práctica, y sus autores hayan considerado la reducción del peligro en la selección de SQ, empleando en la medida de lo posible bajas concentraciones en las soluciones necesarias y reactivos inocuos o de bajo peligro asociado, destacando los cuidados a tener en la manipulación de cada SQP incluida.

Tras revisar los manuales de laboratorio de uso común en los IEM con LACN, se encontró que: tal como se detalló en la sección 4.2.5. de este capítulo, los manuales más populares sugieren el empleo de 32 diferentes SQ catalogadas en el SGA como peligrosas, de las cuales 9 han sido internacionalmente vetadas como restringidas en venta por su alta toxicidad, requiriendo de equipo especializado para su empleo seguro.

Por otra parte, 7 de cada 10 profesores de Ciencias Naturales considera que los manuales empleados en sus respectivos Institutos contienen las medidas de seguridad o sugerencias necesarias para la manipulación segura de las SQP que aparecen en ellos, lo cual según el análisis de los textos realizado en este estudio resulta ser falso para la mayoría de los manuales editados en Honduras.

4.5.2. Capacitación del personal y estudiantes sobre manipulación de SQP

Para evaluar la capacitación del personal y el estudiantado en lo referido a la manipulación segura de SQP se realizaron una serie de preguntas (abiertas y cerradas) a ambos grupos, que pudiesen reflejar su conocimiento sobre este tema y a partir de las cuales se obtuvieron los resultados siguientes:

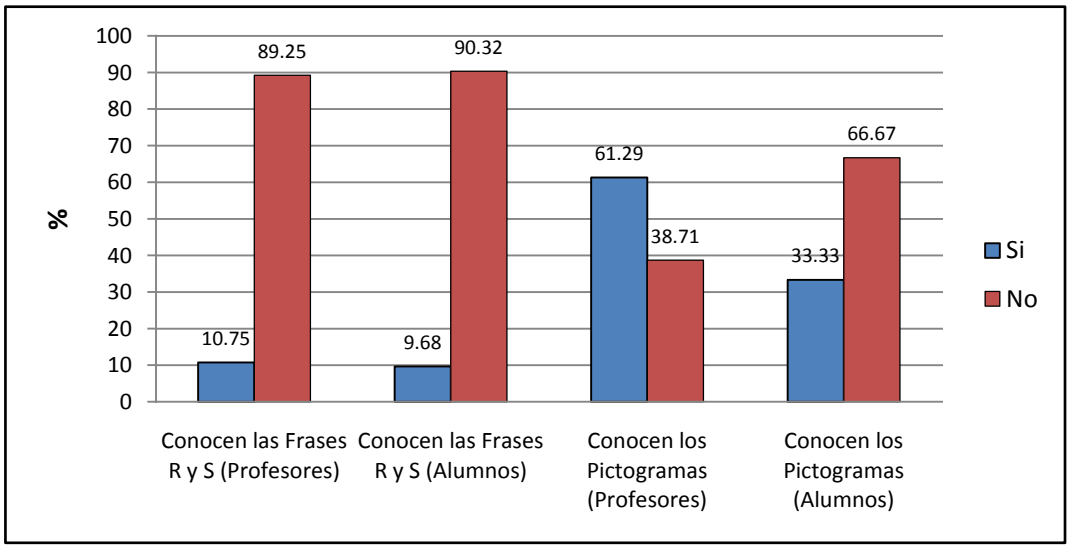
- 6 de cada 10 profesores demostró conocer la utilidad de los pictogramas de peligros, sin embargo, solo 3 de cada 10 estudiantes pudo reconocer su existencia.

- 1 de cada 10 profesores conocía la importancia de las frases R y S, e igual proporción de estudiantes conocía su existencia e importancia.

En el Gráfico 19, se observa que existe un alto porcentaje, muy similar para alumnos y profesores, de usuarios que desconocen el uso de las Frases R y S.

En lo que respecta a los pictogramas de peligro, más del 50% de los profesores encuestas demostró conocer su utilidad, sin embargo, casi tres cuartas partes de los alumnos encuestados desconocía su existencia, reflejando un pobre efecto multiplicador en los conocimientos sobre este tema.

Gráfico 19: *Comparación entre porcentaje de alumnos y profesores sobre su conocimiento y manejo de señales de seguridad y riesgo en las etiquetas de SQP*



Por otra parte, aun cuando 7 de cada 10 profesores cree conocer los procedimientos adecuados de manipulación de SQP, solamente 5 de cada 10 considera conocer los riesgos asociados a las sustancias químicas que se manipulan en su laboratorio, mientras que apenas 3 de cada 10 manifestó haber recibido capacitaciones al respecto.

Por su parte 3 de cada 10 estudiantes consultados considera conocer los procedimientos de manipulación de las SQP que emplea en su laboratorio, mientras que solamente 3 de cada 10 estudiantes aceptó haber recibido hojas de información de seguridad (de cualquier tipo) de las SQ antes de ser manipuladas en su laboratorio.

4.5.3. Historial de accidentes ocurridos durante la manipulación de SQ

Pese a que ninguno de los IEM con LACN visitados posee un registro histórico de los accidentes de laboratorio que han ocurrido en ellos, no obstante, tras las visitas realizadas a estos Institutos y con las entrevistas de profesores y alumnos, se encontraron pruebas de accidentes ocurridos recientemente en la mayoría de los laboratorios.

En algunos casos, los estudiantes confesaron haber presenciado accidentes leves o moderados, ocasionados por una mala manipulación de material o equipo de laboratorio, que van desde salpicaduras de sustancias, hasta pequeños incendios, en otros casos, los profesores fueron quienes citaron situaciones de peligro o accidentes ocurridos en los laboratorios, mostrando en ocasiones las evidencias en daños a paredes, instrumentos, pisos y mesas en los sitios donde ocurrieron.

Debido a las limitantes de investigación preestablecidas, este aspecto en particular no pudo ser cuantificado en este estudio, sin embargo, las respuestas del personal y estudiantes dadas a preguntas abiertas reflejan la existencia de una variedad de accidentes en los laboratorios que pueden ser sujeto de una nueva investigación, tal como se menciona más adelante en la sección de sugerencias de este trabajo.

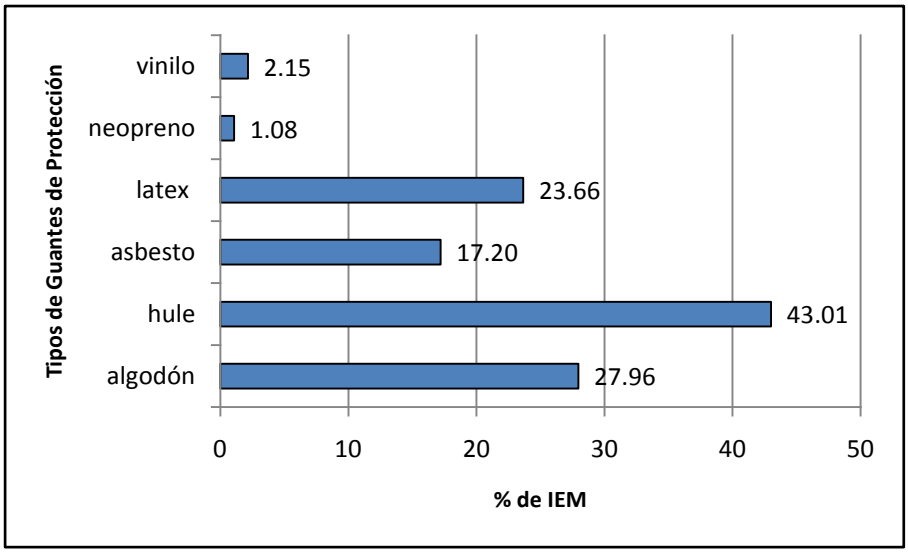
4.5.4. Equipo de Protección Individual (EPI) empleado por los usuarios de los LACN

Como parte de las estrategias de investigación para evaluar las prácticas de manipulación de SQ en los IEM, se consultó mediante encuestas estructuradas a los usuarios de los LACN (estudiantes y docentes) sobre los EPI que suelen emplear durante las prácticas de laboratorio, obteniendo los siguientes resultados:

4.5.4.1. Guantes de Protección

Según los resultados de las encuestas menos del 50% de los usuarios de los LACN han empleado algún tipo de guantes de protección durante la ejecución de las prácticas experimentales en sus IEM, destacando los guantes de hule, algodón, látex y asbesto como los más empleados, mientras que los guantes de vinilo y neopreno requeridos para el manejo de agentes corrosivos resultan ser empleados únicamente en Institutos excepcionales que representan menos del 3% del total. El porcentaje de uso de cada tipo de guantes se ve expresado en el Gráfico 20:

Gráfico 20: *Porcentaje de usuarios de LACN por tipo de guantes empleados como EPI en los IEM*



4.5.4.2. Ropas de Protección

Durante las entrevistas a los usuarios de los LACN y las visitas de campo, solamente se encontró evidencias del uso de gabachas como ropas de protección obligatoria en tan solo un 17.20% de los IEM, independientemente de las características de esta indumentaria, lo que destaca una muy alta violación a las medidas básicas de seguridad requeridas para el correcto manejo de SQ.

4.5.4.3. EPI de las vías respiratorias

Al consultar a los usuarios de los LACN sobre el tipo de EPI empleados para proteger las vías respiratorias, se encontraron diferentes tipos de mascarillas de uso casual, las cuales según sus materiales y límites de empleo se pueden categorizar en:

- Desechables.
- Reutilizables (plásticas sin filtros).
- Reutilizables (con filtros).

El 48.39% de los usuarios confesó conocer la existencia de mascarillas desechables como EPI usadas regularmente en sus respectivos LACN, mientras que solamente un 10.75% de ellos opinó lo mismo sobre mascarillas reutilizables sin filtros y tan solo un 2.15% dijo haber empleado alguna vez mascarillas especiales con filtro (de cualquier clase) durante la manipulación de SQ.

No se encontró ningún IEM que contase con alguna clase de equipo aislante autónomo o semiautónomo para la protección de las vías respiratorias.

4.5.4.4. Equipo de Protección Ocular

Solamente se encontró evidencia de la existencia de EP ocular en un 20.43% de los LACN, pese a que el 51.61% del total de usuarios encuestados comentó haber empleado gafas de seguridad durante la ejecución de las prácticas experimentales de Ciencias Naturales.

El campo de uso de las gafas encontradas en los LACN de los IEM fueron esencialmente de "uso básico", para "partículas gruesas de polvo" y para "gases y partículas finas". (Véase Tabla 9)

En general, se puede resaltar que existe una deficiencia muy marcada en cuanto a la posesión, uso y obligatoriedad de uso de los EPI para los usuarios de los LACN, lo que constituye una falta muy grave a la seguridad durante la manipulación de SQ.

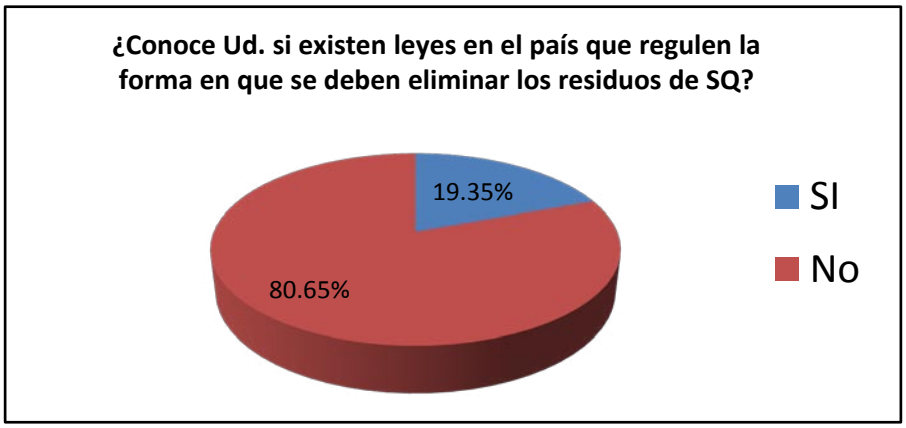
4.6. PRÁCTICAS DE TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE SQP

Con el fin de evaluar las prácticas de tratamiento y eliminación de SQP en los LACN de los IEM, se colectó tanto información objetiva sobre el tema, como opiniones y percepciones de los usuarios de los laboratorios para poder evaluar el grado de conciencia que estos poseen sobre los mecanismos de eliminación empleados y sus riesgos implícitos, bajo el Modelo de Normas Sociales Percibidas (Cialdini, Reno, & Kallgren, 1990). A continuación se exponen los resultados obtenidos en ambas líneas:

4.6.1. Conocimiento de Leyes y Regulaciones Nacionales

A la pregunta: *¿Conoce Ud. si existen leyes en el país que regulen la forma en que se deben eliminar los residuos de sustancias químicas?* 3 de cada 10 profesores y 1 de cada 10 alumnos respondieron que "Si" citando únicamente la Ley General del Ambiente, esto corresponde al 19.35% de los usuarios de los LACN.

Gráfico 21: ***Conocimiento sobre la legislación aplicable a Honduras sobre la eliminación de SQ***

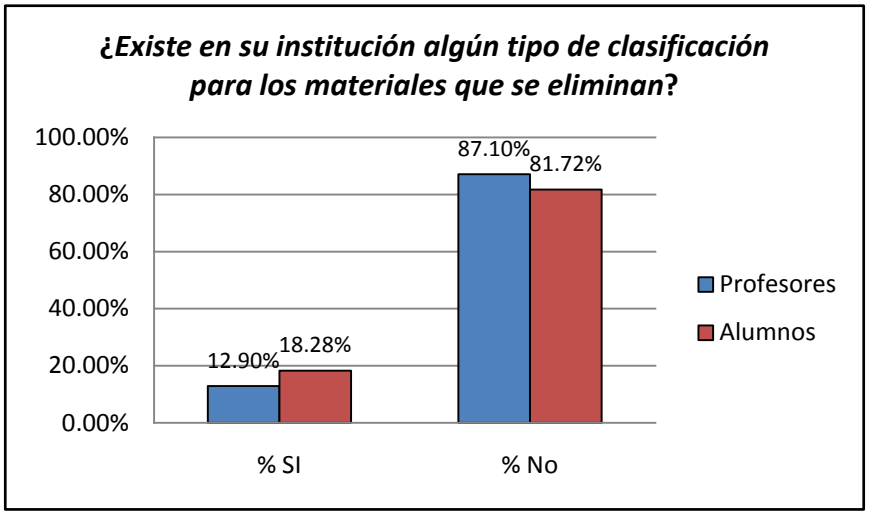


De lo anterior resalta un masivo desconocimiento de las legislaciones nacionales e internacionales y las regulaciones sobre eliminación de residuos peligrosos, que son aplicables en Honduras.

4.6.2. Clasificación de los residuos químicos

A la pregunta: *¿Existe en su institución algún tipo de clasificación para los materiales que se eliminan?* solamente 1 de cada 10 profesores y 2 de cada 10 estudiantes contestaron que "Si", mostrando una opinión generalizada (84.41% de los usuarios) de que no se hace distinción alguna entre los residuos generados en el laboratorio, previa eliminación, siendo este el primer aspecto que desmiente la percepción de que se realiza un correcto manejo de los residuos químicos (véase Gráfico 22).

Gráfico 22: *Opinión sobre la Realización de Clasificación de los Materiales que se Eliminan en los LACN*



4.6.3. Tratamiento y Neutralización de SQP

Tras las visitas a los LACN y las entrevistas con los instructores y encargados de laboratorio de los IEM, no se encontró en ninguna institución manuales o protocolos estandarizados para el tratamiento o eliminación de las SQP empleadas en las prácticas experimentales y sus residuos.

Como ya se ha mencionado anteriormente, solo el 12.90% de los LACN cuenta con un registro o almacén de las hojas de seguridad o las FDS de las SQ que poseen y un 10.05% de los docentes y encargados han consultado bases de datos sobre el manejo de SQ, pese a que 8 de cada 10 IEM cuentan con personal designado a la administración del laboratorio, lo que denota una grave falta en la posesión y búsqueda de información sobre la correcta gestión de las SQ, incluido en ello los mecanismos de eliminación de las mismas.

Además, no se encontró en ningún Instituto, sistemas de tratamiento y/o equipo para neutralización de las SQP presentes en sus laboratorios, siendo las únicas prácticas de neutralización empleadas, según los encargados de laboratorio, las siguientes: dilución en agua y neutralización ácido-base. Sin embargo, solamente 2.25% de los Institutos han destinado alguna clase de recipiente para almacenar los residuos de soluciones en forma separada y controlada, por lo que aun estas prácticas de neutralización son realizadas esporádicamente y sin registro sistemático de ellas.

4.6.4. Disposición Final de los Residuos de SQ

Al cruzar la información obtenida de los profesores y encargados de laboratorio sobre la disposición final de los residuos químicos y el listado de SQ que se emplean en los IEM, se encontró que 70.97% de los LACN elimina los residuos de SQ desechándolos por la cañería de lavabos y piletas, cuando se encuentran en solución o en su estado líquido, mientras que en su estado sólido son vertidos al basurero común del laboratorio, con muy pocas excepciones.

Al consultar a los estudiantes sobre donde depositaban las SQ identificadas como peligrosas por los observadores de campo, 64.52% contestó que en el alcantarillado, mientras que el restante 35.48% varió su respuesta entre: jardines, basureros comunes, baños, cunetas y de regreso al recipiente original, no encontrando casos en los cuales se hablase de recipientes especiales, incineraciones o sitios de tratamiento.

4.6.5. Residuos Peligrosos Encontrados en los Alrededores de los Laboratorios

En 38.71% de los Institutos visitados se observaron residuos peligrosos en estado sólido en los basureros y alrededores, siendo estos de los siguientes tipos:

- Basura contaminada (papel toalla, papel filtro, trapos y palillos usados, etc.).
- Residuos de laboratorio (envases e instrumentos, etc.).
- Residuos clínicos (gasas, vendas, lancetas, etc.).
- Residuos con mercurio (termómetros, barómetros, etc.).
- Residuos con metales pesados (baterías, virutas, láminas, etc.).

Además se encontraron residuos líquidos peligrosos en 22.58% de los Institutos en las categorías siguientes:

- Residuos líquidos orgánicos (aceites, grasas e hidrocarburos).
- Residuos clínicos (recipientes con residuos de medicamento).
- Disolventes comunes (lacas, barnices, resinas, etc.).
- Residuos de tintas, colorantes o pinturas.
- Residuos de soluciones ácidas.
- Residuos de soluciones básicas.

Debido a que la recolección de basura se realiza, por lo general, al menos una vez por semana, no se descarta la existencia de otra clase de residuos peligrosos en los depósitos de basura del laboratorio y aledaños, que no pudieron ser observados durante las visitas a los Institutos.

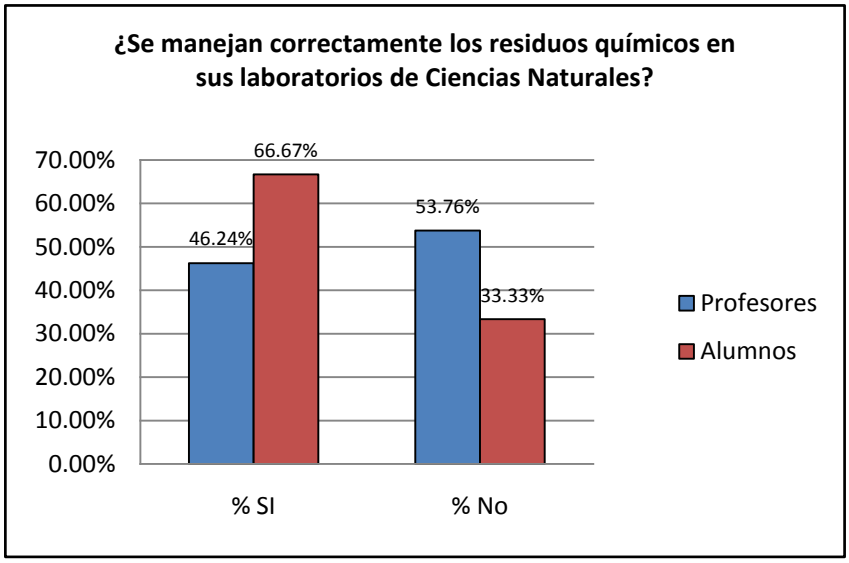
La presencia de esta clase de residuos peligrosos descubre una falta grave en la eliminación correcta de los residuos peligrosos, así como un desconocimiento o indiferencia hacia los riesgos implicados en las malas prácticas de eliminación por parte de los responsables y usuarios de los laboratorios de los IEM.

4.6.6. Grado de conciencia sobre las prácticas de manejo de los residuos de SQ

Tras consultar tanto a profesores como a sus respectivos alumnos sobre el manejo de los residuos de SQ del laboratorio se encontró que:

5 de cada 10 profesores consideran que "Si" se realiza un buen manejo de los residuos químicos, mientras que 7 de cada 10 estudiantes opina lo mismo, marcando una diferencia considerable entre la percepción de ambos grupos (véase Gráfico 23).

Gráfico 23: *Opinión de Profesores y Alumnos Sobre el Manejo de los Residuos Químicos*



Pese a esta percepción, donde el 56.45% de los usuarios consideran que existe un buen manejo de los residuos químicos, las observaciones realizadas denotan un mal manejo de estos, como ya se ha demostrado en las secciones anteriores, por lo que se indagó el porqué de esta falsa percepción, consultando bajo preguntas abiertas la justificación de cada respuesta, obteniéndose los siguientes resultados:

Al consultar a los profesores que consideraban que "Si" se realiza un buen manejo y eliminación de los residuos químicos, el por qué de su opinión se encontró que:

- 16.28% creen que no se usan SQP en sus laboratorios.
- 13.95% creen que se usan cantidades muy pequeñas que pueden diluirse.
- 9.30% opinan que los residuos se están almacenando en forma segura.
- 32.56% opinan que los residuos se desechan adecuadamente.
- 27.91% no contestó.

Los profesores que contestaron que "No" se está realizando un correcto manejo de los residuos, argumentaron una variedad de razones, en la mayoría no tabulables, pero de las cuales destacan:

- No hay encargado de laboratorio.
- No se cuenta con el equipo para eliminarlos correctamente.
- No hay información.
- Falta capacitación.
- Se desechan todas las sustancias de igual forma.
- Todo va al vertedero.
- No hay control.
- No se reutilizan.

Pocos estudiantes justificaron su opinión ante la pregunta ya planteada, prevaleciendo en la mayoría de los que respondieron que "Si", el argumento de que el profesor o encargado elimina las SQ, o da instrucciones para hacerlo en forma adecuada, dejando plausible únicamente su confianza en el conocimiento de sus tutores; mientras que aquellos que opinaron que "No" coincidieron en justificar su respuesta de acuerdo a su experiencia, donde casi siempre se vierten los residuos por la cañería.

Para evaluar el grado de conciencia de los usuarios de los LACN sobre las prácticas de manejo de los residuos de SQ que se emplean en los IEM se recurrió a la Teoría de Normas Sociales Percibidas, aplicando la relación discutida en la sección 7.10 del capítulo I (véase Ecuación 4):

$$\mathbf{G = NP - NRE}$$

Donde:

- Grado de Percepción = G
- Normas Percibidas = NP = 43.55% (usuarios que consideran que existe un mal manejo de residuos)
- Normas Reales = NRE = 71.16% (LACN que presentaron un mal manejo de residuos)

De tal manera que:

$$G = 43.55 - 71.16 = - 27.61$$

Encontrando así que los usuarios de los LACN subestiman el mal tratamiento que reciben los residuos de SQ en sus instituciones, creando una mala percepción de seguridad al respecto y probablemente constituyendo una de las circunstancias que orientan a esta población a descuidar los mecanismos de control de riesgo.

4.7. FACTORES DE RIESGO FÍSICOS Y BIOLÓGICOS EN LOS ALREDEDORES

Con el fin de indagar sobre aspectos externos a los LACN que pudiesen convertirse en factores de riesgo químico para la salud o medioambiente al aumentar las probabilidades de exposición de los usuarios del laboratorio o bien de los vecinos de las comunidades cercanas a él, se evaluó durante las visitas de campo la existencia de parámetros tanto físicos como biológicos que tuviesen este potencial; mostrando a continuación los resultados obtenidos sobre estos aspectos:

4.7.1. Riesgos Físicos en los Alrededores del Laboratorio y Almacén

Con respecto a los riesgos físicos en los alrededores del laboratorio y sitios de almacenamiento de sustancias químicas en los IEM, se encontró que solamente uno de los parámetros investigados (Ruidos y Vibraciones) representa un riesgo físico general en los IEM con LACN como se muestra en la Tabla 47:

Tabla 47: *Riesgos físicos en los alrededores de los LACN*

Parámetros	Porcentaje de IEM
Calor (Fuentes Artificiales)	3.23%
Bajas temperaturas	3.23%
Humedad	12.90%
Gases, humo, olores, polvo...	32.26%
Ruidos y vibraciones *	64.52%
Maquinaria o talleres	6.45%

* Parámetro que representa un riesgo significativo para la población

No se encontró un porcentaje significativo de IEM con fuentes de calor artificial o frigoríficos dentro o en las cercanías del laboratorio o almacén.

En los Institutos que poseen talleres del área industrial (Institutos Técnicos o Politécnicos) o de actividades prácticas, estos no se encontraban en las cercanías de los LCN, ni el área aledaña a las zonas de almacén, por lo que el parámetro: maquinarias o talleres no aparece como un riesgo generalizable o significativo para este estudio.

Solamente 32.26% de los IEM presentaron problemas significativos con gases, humo, olores o polvo proveniente del exterior del laboratorio.

Pese a que una buena parte del levantamiento de datos fue realizado a finales de la época lluviosa en Honduras (Octubre y Noviembre), solamente 12.90% de los laboratorios y almacenes de los IEM presentaron zonas afectadas por la humedad.

4.7.2. Riesgos Biológicos en los Alrededores del Laboratorio y Almacén

Para este estudio se tomaron en cuenta indicadores de contaminación por residuos orgánicos comunes, tales como: presencia de basura, insectos y animales muertos, tanto para valorar las condiciones sanitarias de los laboratorios, como para verificar los desperdicios orgánicos de los laboratorios y el riesgo intrínseco a ellos. Los resultados obtenidos de esta valoración se muestran en la Tabla 48 a continuación:

Tabla 48: *Riesgos biológicos en los alrededores de los LACN*

Parámetros	Porcentaje de IEM
Basura común fuera de los basureros	25.81%
Insectos comunes	12.90%
Animales muertos	0.00%

No se encontraron animales muertos en los basureros o zonas aledañas al laboratorio de los IEM visitados, lo cual no necesariamente es prueba del buen manejo de los residuos de animales en los laboratorios, dado que los datos colectados para este estudio fueron de orden transversal, con una única colecta por Instituto, tal como se considero en la limitaciones previstas para este estudio.

Se encontró la presencia de insectos comunes como hormigas, moscas y mosquitos en los alrededores de 12.90% de los laboratorios de los IEM, mientras que 25.81% presentó residuos de basura común..

Ninguno de los parámetros medidos alcanzó porcentajes suficientes para ser caracterizados como riesgos considerables en la generalidad de IEM.

5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

5.1. DIFERENCIAS ENTRE LAS CATEGORÍAS DE IEM POR NATURALEZA

Como ya se ha expuesto en el capítulo anterior, para este estudio se contrastaron los resultados obtenidos de cada variable e indicadores, para las siguientes categorías de Institutos:

- Oficiales.
- Privados Bilingües.
- Privados de Habla Hispana.

Siendo estas categorías diferenciables entre sí e identificables durante las visitas de campo, se estableció mediante pruebas ANOVA la significancia de las diferencias sobre la gestión de SQ y la seguridad instalada en los LACN, entre ellas, encontrando para el intervalo de confianza del 95%, diferencias estadísticamente significativas únicamente para los siguientes aspectos:

- Tenencia de LACN (véase sección 4.1.2.).
- Ventilación e Iluminación de los LACN (véase Tabla 38).
- Fuentes de obtención de las SQP (véase sección 4.2.1.).

Y diferencias porcentualmente importantes en las distribuciones de la población estudiantil para cada categoría de IEM (véase sección 4.1.3), así como para el acceso de esta población a LACN (véase sección 4.1.4)

Dado que todos estos aspectos, a excepción de los dos últimos, corresponden exclusivamente a la oferta del recurso didáctico (LACN) y no a las prácticas de gestión y la seguridad instalada en los laboratorios, bajo las condiciones y restricciones del presente estudio se niega la existencia de diferencias significativas en cuanto a las prácticas de gestión y el manejo de la seguridad de las SQ entre las tres categorías de IEM del Distrito Central de Honduras, por lo que la evaluación general de riesgos y las conclusiones del presente estudio son aplicables a toda la población en estudio, indiferentemente de la categoría de cada institución educativa.

Las implicaciones de las diferencias en las fuentes de obtención de SQP en los LACN y las condiciones de ventilación e iluminación que muestra una excepción a la premisa anterior, han sido expuestas y discutidas con anterioridad en la sección 4.2.1 y 4.3.1.

Tal como se mencionó en el capítulo, existen una variedad de modelos y técnicas para la evaluación de riesgos, siendo en la mayoría de ellos el primer paso, la identificación de peligros y factores de peligro, seguidos de la evaluación de la exposición y la caracterización de la evaluación.

Dado que durante el análisis estadístico realizado en las secciones anteriores se han establecido parámetros necesarios para la evaluación de riesgo, en esta sección se hace uso y referencia de ellos constantemente, enlazando la información y resultados requeridos para sentar los juicios respectivos a cada etapa de la evaluación de riesgo.

En consideración de los alcances y objetivos del presente estudio, se esbozan a continuación los resultados de la evaluación de riesgos químicos realizada en los LACN de los IEM bajo el modelo de evaluación semi-cuantitativa del INSHT (véase sección 2.7.7).

5.2.1. Identificación de Peligros en los LACN

Como primera instancia en el proceso de evaluación de riesgos, se identificaron algunos peligros potenciales observados en los LACN cuyas valoraciones se exponen a continuación:

5.2.1.1. Identificación de Peligros Químicos

En la sección 2 del capítulo anterior se demostró la existencia de SQP en los LACN de los IEM, encontrando un promedio de 5 de las 9 clases de SQP de la clasificación de la ONU, sin diferencias significativas para cada categoría de IEM.

Además, se encontraron en las instalaciones de los LACN, 39 sustancias químicas identificadas como peligrosas según las normativas del SGA y 42 SQP sugeridas en los manuales de laboratorio de los IEM, dando un total de 45 SQP diferentes a las cuales se presupone existe una exposición de los docentes y estudiantes de estas instituciones.

Tras analizar las FDS de las 45 SQP identificadas en los LACN, y manuales de laboratorio (véase Tabla 11 y Tabla 32), se identificaron 3 sustancias que tienen implícito en su uso un Muy Alto peligro para la salud, 2 de las cuales pueden causar daños agudos y el restante con potencial de daños crónicos, además de identificarse 15 sustancias con Muy Alto potencial de peligro al medio ambiente, 1 de Muy Alto y 11 de Alto riesgo a incendios y explosiones, como se ve en la Tabla 49 y la Tabla 50 a continuación:

Tabla 49: *Identificación de peligros en los LACN bajo el Modelo de Columnas*

Valoración	Peligros Agudos para la Salud	Peligros Crónicos para la Salud	Peligros al Ambiente	Peligro de Incendios o Explosiones
Muy Alto	2	1	15	1
Alto	9	8	0	11
Medio	12	0	0	4
Bajo	9	36	30	29
Muy Bajo	13	0	0	0

Nota: Esta tabla es el resultado de la aplicación de la matriz mostrada en la Tabla 11 al listado de SQP mostrado en la sección 2.4 del presente capítulo, véase Anexo 10.

Tabla 50: *Listado de sustancias identificadas en los LACN con Alto y Muy Alto peligro asociado*

Peligros Agudos para la Salud	Peligros Crónicos para la Salud	Peligros al Ambiente	Peligro de Incendios o Explosiones
Cianuro de Potasio *	Benceno *	Anilina *	Éter Etílico *
Óxido de Mercurio *	Anilina	Compuestos de Mercurio *	Alcohol Metílico
Ácido Clorhídrico Concentrado	Compuestos de Mercurio	Mercurio *	Sodio Puro
Alcohol Metílico	Formalina	Compuestos de Plomo *	Acetona
Amoniaco Concentrado	Mercurio	Acetato de Plomo *	Alcanfor
Anilina	Compuestos de Plomo	Óxido de Mercurio *	Alcohol Isopropílico
Benceno	Acetato de Plomo	Amoniaco Concentrado *	Acido Nítrico Concentrado
Compuestos de Mercurio	Cloroformo	Naftalina *	Alcohol Etílico
Formalina	Óxido de Mercurio	Nitrato de Plata *	Carburo de Calcio
Hipoclorito de Sodio		Permanganato de Potasio *	Benceno
Mercurio Metálico		Yodo *	Permanganato de Potasio
		Éter de Petróleo *	Éter de Petróleo.
		Lugol *	
		Cianuro de Potasio *	
		Ferrocianuro de Potasio *	

* Sustancias con Muy Alto peligro asociado, según el INSHT

Además de lo anterior, se ha identificado en los LACN, mediante el presente estudio, algunas sustancias incluidas en la Lista Negra del INSHT, que según esta institución y bajo acuerdos internacionales no deben ser comercializadas abiertamente, permitiendo su manipulación únicamente bajo reglamentación internacional en cuanto a trabajos de investigación prioritarios, siempre y cuando se cuente con las instalaciones y equipo de seguridad de primera categoría que aseguren la salud de los usuarios. Estas sustancias y sus peligros potenciales son:

Tabla 51: *SQP de la lista negra del INSHT encontradas en los LACN*[16]

Carcinógeno	Tóxicos para la Reproducción	Sensibilizantes	Tóxicos Persistentes
Acetato de Plomo	Acetato de Plomo	Formalina	Acetato de Plomo
Anilina	Compuestos de Plomo		Cianuro de Potasio
Benceno	Éter de Petróleo.		Compuestos de Mercurio
Cloroformo			Compuestos de Plomo
Formalina			Éter de Petroleó.
			Ferrocianuro de Potasio
			Lugol
			Mercurio
			Naftalina
			Nitrato de Plata
			Óxido de Mercurio
			Permanganato de Potasio

Nota: véase Tabla 12 y Anexo 10, para más referencias sobre la generación de las listas negras.

Aun comprobada la existencia de SQP en los IEM, se observó que los LACN cuentan en promedio con solo 2 de los 10 equipos básicos de seguridad requeridos para el manejo de estas sustancias (véase Tabla 34), presentando una completa ausencia de lavaojos, equipos contra derrames, extractores y campanas de gases (véase Tabla 33) por lo que el potencial de peligro crece exponencialmente al manipular estas sustancias durante las prácticas experimentales.

[16] La categorización mostrada en la Tabla 51 corresponde a la evaluación sugerida por INSHT bajo la matriz mostrada en Tabla 12.

5.2.1.2. Identificación de Peligros de Incendio y Explosión

Pese a que se encontró en este estudio que el 87.10% de los IEM posee en sus instalaciones Líquidos Inflamables, 67.74% sustancias Oxidantes, 64.52% sustancias catalogadas como Corrosivas y 41.94% Sólidos Inflamables (véase el Gráfico 13), identificándose al menos 12 diferentes sustancias en estas categorías, solamente 29.03% de los Institutos poseen Extintores en sus laboratorios (véase Tabla 33), 3.23% detectores de humo y 3.23% Rutas de Evacuación y Puertas de Emergencia (véase Tabla 40), lo que denota una falta grave en la seguridad instalada y evidentemente un peligro potencial de incendios y explosiones.

5.2.1.3. Identificación de Peligros por Infraestructura y Distribución de Mobiliario

Aun cuando se encontró que la mayoría de los IEM privados cuentan en sus LACN con los requerimientos mínimos de mantenimiento en su infraestructura, condiciones de iluminación, ventilación y aseo (Sección 3.3), la mayoría de los Institutos Oficiales reflejaron poseer graves deficiencias en estos aspectos (véase Tabla 38), identificándose peligros potenciales de accidentes por baja visibilidad, deterioro de infraestructura y saturación de contaminantes en el ambiente de trabajo, estos últimos con mayor gravedad dados los peligros químicos ya comentados.

Por otra parte, se identificaron problemas potenciales implícitos en la mala organización y distribución de mobiliario en los LACN según las normativas de la UNESCO (véase Tabla 39) y variadas faltas a la seguridad instalada en las áreas de almacén de SQ de los IEM (sección 4.2.2)

No se encontraron problemas graves asociados al suministro de agua, ni a las instalaciones de electricidad y gas en la mayoría de los IEM con LACN.

5.2.1.4. Identificación de Peligros por Falta de Información y Capacitación

Se identificó en este estudio una grave ausencia de capacitación y actualización del personal técnico y docente que administra los LACN, denotado por los aspectos siguientes:

- Solamente, 37.63% de los docentes de CN declararon haber recibido alguna clase de capacitación referente a la gestión de SQP.

- Únicamente, 10.05% de los docentes de CN afirmaron haber empleado bases de datos de cualquier índole para consultar los peligros asociados a las SQ que emplean.

- Si bien más de la mitad de los docentes demostraron conocer la utilidad de las frases R/S y los pictogramas de peligro, un grupo muy reducido de sus estudiantes logran percibir el significado de estas advertencias (véase Gráfico 19).

Estos y otros aspectos descritos anteriormente, señalan una marcada desinformación de los usuarios y administradores de los LACN sobre el manejo y gestión de las SQ, lo cual se convierte en un evidente peligro dada la existencia de SQP en estas instalaciones.

5.2.2. Evaluación de la Exposición

Dadas las características del presente estudio, no se realizaron análisis de las condiciones ambientales y del grado de contaminación de los usuarios de los LACN, sin embargo, si se ha realizado en la sección 1 de este capítulo, una estimación de la población que está expuesta directamente a las SQP y los factores de peligro ya mencionados, encontrando que:

Al menos el 80% de los IEM cuentan con LACN que presentan las condiciones y peligros ya expuestos.

Todos los estudiantes y profesores que realizaron prácticas de laboratorios en los IEM con LACN han estado expuestos al menos a 5 diferentes clases de SQP.

Se estima que la población estudiantil de IEM con LACN, 4 de cada 10 estudiantes se ha expuesto a sustancias consideradas como muy tóxicas, durante su estancia en dichos centros.

Alrededor de 41,826 estudiantes de Educación Media (rango de edad de 12 a 20 años) y cerca de 400 profesores de CCNN (rango de edad de 23 a 55 años) se exponen anualmente a SQP dentro de sus laboratorios educativos.

Dado que no se fabrican productos para la venta en los LACN no se estima que exista exposición por consumo de segunda mano.

Por falta de registros de prácticas de laboratorio semanales en los IEM, no se pudo contar con una estimación de la frecuencia de exposición directa de estudiantes y profesores a SQP, sin embargo, se resalta el hecho de que muchas de estas sustancias no requieren un consumo prolongado para producir efectos nocivos sobre la salud humana (tóxicos agudos).

Por otra parte, la falta de un registro sistemático de los accidentes ocurridos en cada LACN imposibilita la valoración certera de la frecuencia de daños y estadísticas de casos ocurridos, por lo que se ha debido recurrir en este estudio, a una escala de valoración semi-cuantitativa de riesgo con base a la probabilidad de ocurrencia de un accidente hipotético (Tabla 13) que conlleva un nivel de impacto referenciado en la Tabla 14, y aplicando ambos criterios a todos los indicadores de cada etapa del manejo de las SQP (Manipulación, almacén, tratamiento y eliminación), cuyos resultados de investigación se han expuesto ya a lo largo del capítulo 5.

5.2.3. Niveles y Valoración de los Riesgos

Se realizó para este estudio una valoración cualitativa para evaluar la probabilidad de ocurrencia de accidentes (véase Tabla 13) ante la ausencia de cada indicador (de la matriz de variables e indicadores del estudio), estimando el nivel de impacto que tendría el accidente presupuesto (véase Tabla 14) y nombrando a esta ponderación como el nivel de riesgo asociado.

Esta relación de impacto y probabilidad de ocurrencia se realizó mediante el uso de las matrices mostradas en la Tabla 15 y Tabla 16, realizando así una valoración semi-cuantitativa bajo la cual se obtuvieron los siguientes resultados, mostrados a continuación en la Tabla 52:

Tabla 52: *Valoración Semi-cuantitativa del Nivel de Riesgo para Cada Indicador Valorado en los LACN*

Variables	Indicadores	Probabilidad de Accidentes	Impacto de Accidentes	Nivel de Riesgo
Manipulación	Documentos de Seguridad	2	3	5
	Capacitación del Personal	3	3	6
	Historial de Accidentes	2	2	4
Seguridad Instalada	Tenencia del Equipo de Seguridad Básico	3	3	6
	Limpieza y Estado de la Infraestructura	2	2	4
	Acondicionamiento del Local	3	3	6
	Organización y Distribución del Equipo	2	2	4
	Sistema de Evacuación Definido	1	3	4
Almacenamiento	Tipo de Almacén	1	2	3
	Aislamiento de la zona	2	3	5
	Seguridad en Infraestructura	3	3	6
	Seguridad en los Estantes	3	3	6
	Equipo de Seguridad Accesible	3	3	6
	Documentos de Registro y Control	1	2	3
	Capacitación de Personal	3	3	6
	Contenedores	2	2	4
	Etiquetado	3	3	6
Tratamiento y Eliminación	Capacitación	3	3	6
	Documentación	1	2	3
	Tratamiento de Residuos	3	3	6
	Disposición Final de Residuos	3	3	6

Siendo la interpretación de estas cifras correspondiente a las siguientes relaciones:

Tabla 53: *Interpretación del Nivel de Riesgo*

Nivel de Riesgo	Interpretación
1	Despreciable
2	Trivial
3	Tolerable
4	Moderado
5	Importante
6	Intolerable

Tal como se ha mencionado ya en la sección 7.7.4. del capítulo I, la ausencia de ciertos indicadores puede no representar una alta probabilidad de que ocurran accidentes frecuentemente, sin embargo, en caso de que estos ocurran, su ausencia puede constituir un alto impacto en cuanto a la severidad de los posibles daños, con lo cual existe un riesgo considerable (de 4 a 6 en la escala mostrada en la Tabla 53).

Tal es el caso de indicadores como el sistema de evacuación definido, que si bien "rara vez" habrá accidentes producidos por su ausencia, es decir, un bajo nivel de probabilidad (1), en caso de un accidente dentro del laboratorio, las repercusiones de que no exista esta medida de seguridad son severas, implicando un alto nivel de impacto (3) con daños severos e incluso muertes, por lo que el nivel de riesgo asociado resulta ser de categoría 4 (Moderado), en cuyo caso se requiere dedicar esfuerzos para reducir el riesgo, con medidas implementadas en un período determinado y acciones para establecer con precisión los posibles daños (véase Tabla 17)

La valoración de riesgo realizada en el presente estudio, para cada nivel y bajo su respectiva interpretación en tipos y tiempos de acción, como se ha hecho en el ejemplo anterior, está basada en la Tabla de Valoración de la FETE y la UGT, mostrada en la Tabla 17.

Bajo el modelo de evaluación general de riesgos del INSHT se valoraron cada uno de los indicadores discutidos en las secciones anteriores, considerando los resultados del presente estudio para cada referente empírico medido, como factores de control o referentes de mitigación de riesgo; y determinando su efectividad global en función del porcentaje de IEM que los demostraron poseer (véase sección 3.6.3), para estimar los riesgos residuales parciales para cada indicador y los riesgos residuales totales para cada variable en estudio, obteniendo los resultados siguientes, mostrados en la Tabla 54 a continuación:

Tabla 54: Valoración de los Riesgos Residuales Parciales y Totales en los LACN

Variables	Indicadores	Nivel de Riesgo Inherente	Riesgo Residual Parcial	Riesgo Residual Total
Manipulación	Documentos de Seguridad	5	3	4
	Capacitación del Personal	6	4	
	Historial de Accidentes	4	4	
Seguridad Instalada	Tenencia del Equipo de Seguridad Básico	6	5	3
	Limpieza y Estado de la Infraestructura	4	1	
	Acondicionamiento del Local	6	1	
	Organización y Distribución del Equipo	4	3	
	Sistema de Evacuación Definido	4	4	
Almacenamiento	Tipo de Almacén	3	2	3
	Aislamiento de la zona	5	4	
	Seguridad en Infraestructura	6	2	
	Seguridad en los Estantes	6	3	
	Equipo de Seguridad Accesible	6	6	
	Documentos de Registro y Control	3	2	
	Capacitación de Personal	6	3	
	Contenedores	4	4	
	Etiquetado	6	4	
Tratamiento y Eliminación	Capacitación	6	4	4
	Documentación	3	3	
	Tratamiento de Residuos	6	6	
	Disposición Final de Residuos	6	3	

Nota: *Los resultados mostrados en esta tabla son producto del desarrollo de la matriz de evaluación mostrada en la Tabla 21 y cuyo detalle puede apreciarse en el Anexo 11.*

Bajo estos resultados se pueden inferir las valoraciones y medidas de acción requeridas en cuatro instancias diferentes, siguiendo los parámetros establecidos por la FETE y la UGT (véase la Tabla 17), de la forma siguiente:

a) Existe un SEVERO riesgo actual (residual) en los LACN asociado a:

- La ausencia de buenas prácticas de tratamiento de residuos químicos.
- La falta de equipo de seguridad accesible al almacén.

Acción: Se requiere de atención inmediata en estos factores, significando inclusive la restricción o prohibición de labores en los LACN antes de su remediación.

b) Existe un IMPORTANTE riesgo asociado a:

- La tenencia de equipos de seguridad básicos dentro de los LACN.

Acción: Debe darse prioridad a la inversión de fondos en este factor, procurando no emplear SQP sin antes no haber solucionado la ausencia de estos recursos.

c) Existe un MODERADO riesgo ligado a:

- La falta de capacitación del personal sobre prácticas de gestión de SQ.
- La ausencia de un buen registro de accidentes dentro de los LACN.
- El mal aislamiento de las zonas de almacén de SQ.
- La forma y mantenimiento del etiquetado de SQ.
- La naturaleza y estado de los contenedores de SQ.
- La falta de sistemas de evacuación y protocolos de emergencia.

Acción: Se requiere enfatizar esfuerzos en la disminución de estos riesgos, realizando inversiones precisas que aseguren la mejora de estos controles, además de un estudio de mayor minuciosidad y de preferencia longitudinal para establecer la probabilidad de daño y la determinación de los niveles de riesgo inherentes a cada indicador en forma más exhaustiva.

d) El resto de indicadores denotaron riesgos residuales TOLERABLES

Sin embargo, dado que solamente se muestran como DESPRECIABLES los riesgos referentes a la limpieza y mantenimiento de la infraestructura, y los parámetros de acondicionamiento del área de trabajo de los LACN, se requiere la comprobación periódica de la eficacia del resto de controles y el seguimiento de su eficiencia ante accidentes.

5.4. VALORACIÓN CUALITATIVA DE LA QUÍMICA VERDE EN LOS LACN

Bajo la consideración de los resultados antes expuestos y con base a los principios de la Química Verde mostrados en el capítulo I del presente documento, se puede decir lo siguiente en cuanto a la incorporación de esta filosofía científica en las prácticas de gestión y manejo de sustancias químicas de los LACN de los IEM:

1. El empleo de SQP innecesarias y fácilmente sustituibles en los protocolos experimentales desarrollados en los LACN son evidencia de la falta de capacitación y ausencia de concientización sobre la Química Verde dentro de los IEM.

2. La generación de residuos peligrosos y las malas prácticas de tratamiento y eliminación de los mismos, denotan otra falta en cuanto a los principios de Química Verde en los Institutos Educativos.

3. La falta de capacitación y la mala gestión de información sobre FDS, la ausencia de protocolos ante accidentes y la ausencia de registros sistemáticos de accidentes forman parte de una violación no solo a los principios de la Química Verde, sino además a los estándares internacionales de seguridad.

Sumado a los tres puntos anteriores, destaca la falta de conocimiento, por parte de los usuarios de los LACN, sobre los fundamentos y principios que representa la Química Verde a nivel mundial, siendo desconocida por muchos y apenas mencionada como parte del sentido general de conciencia ambiental y desarrollo sostenible por los entrevistados.

6. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

6.1. CONCLUSIONES GENERALES

Los Institutos de Educación Media Formal del Distrito Central de Honduras que cuentan con laboratorios activos de Ciencias Naturales emplean en promedio 7 de las 9 clases de sustancias químicas catalogadas como peligrosas por la ONU, incluyendo 15 sustancias que figuran en las listas negras del SGA, INSHT y REACH, por lo que se estima estadísticamente que alrededor de 41,826 estudiantes de Educación Media (rango de edad de 12 a 20 años) y cerca de 400 profesores de CCNN (rango de edad de 23 a 55 años) se exponen anualmente a SQP dentro de sus laboratorios educativos

Los principales manuales de laboratorio de los Institutos de Educación Media Formal del Distrito Central de Honduras sugieren el uso de sustancias químicas peligrosas en las prácticas experimentales, sin apuntar las restricciones de uso o las medidas de seguridad requeridas para su manipulación; siendo en la mayoría de las prácticas fácilmente sustituibles por otros productos químicos inocuos o menos peligrosos, sugerencia establecida por los estándares de la Química Verde.

Tras la evaluación de campo se ha constatado que existe un severo riesgo asociado a la manipulación y tenencia en los Laboratorios Educativos de al menos 11 sustancias peligrosas para la salud, 15 peligrosas para el medio ambiente y 12 con alto peligro de incendio y explosión, en ausencia del equipo de protección y seguridad adecuado, particularmente en el área de almacén, aspecto que según las recomendaciones internacionales requiere alta prioridad y atención inmediata.

No existe un programa de capacitación y actualización sobre el correcto manejo de sustancias químicas, que esté estructurado y dirigido a los encargados de laboratorio y los docentes de Ciencias Naturales en el Distrito Central, detectándose riesgos moderados ligados a este aspecto, lo que demanda especial atención por parte de las autoridades y entes promotores de la educación hondureña.

Pese a la actual facilidad de acceso a bases de datos internacionales e información de seguridad referente a sustancias químicas, solamente 10% de los docentes de Ciencias Naturales del Distrito Central, asegura haber consultado esta información, lo que denota falta de capacitación en la gestión de información y niveles de conciencia de la necesidad de actualización en esta temática.

Se encontró que cerca del 56% de los usuarios de los laboratorios educativos (alumnos y docentes) subestiman la existencia de riesgos químicos en sus Institutos, creando la falsa impresión de seguridad, mayormente por el desconocimiento de los peligros intrínsecos a cada sustancia y la falta de consulta sobre sus riesgos asociados.

Pese a haber encontrado que más del 80% de los Laboratorios de Ciencias Naturales mantienen todos los recipientes de sustancias químicas rotulados, apenas 11% lo hace bajo los estándares internacionales, incluyendo en las etiquetas información de seguridad y riesgo, además del nombre y fórmula del producto químico.

No se encontró en ninguno de los Institutos visitados, documentación que registrase la ocurrencia de accidentes, lo que limita considerablemente el establecimiento de problemas frecuentes y puntos prioritarios para mejorar la seguridad en los Laboratorios de Ciencias Naturales, así como la valoración de la eficiencia de los controles y medidas seguridad instalados.

Se encontró además, una deficiencia significativa en cuanto a la existencia y actualización de inventarios, fichas de seguridad, registro de compras y documentos de control exigidos por las normativas nacionales e internacionales como parte del mantenimiento obligatorio de los laboratorios de ciencias, lo que demanda atención por parte de las autoridades competentes en cada institución y a nivel del Ministerio de Educación en general.

No existen protocolos establecidos para el tratamiento y la eliminación segura de residuos químicos en los Institutos de Educación Media del Distrito Central, por lo que las prácticas de eliminación se realizan bajo las consideraciones exclusivas de los docentes y encargados de laboratorio, así mismo no se encontraron en esta investigación normativas nacionales que establezcas las correctas rutas de eliminación de los residuos químicos, sus envases y material contaminado.

No se encontraron, diferencias estadísticamente significativas entre las tres categorías de Institutos de Educación Media del Distrito Central (Oficiales, Privados de Habla Hispana y Privados Bilingües) en cuanto a la posesión, prácticas de manejo y gestión de sustancias químicas en sus laboratorios de Ciencias Naturales.

Los Laboratorios Activos de Ciencias Naturales del Distrito Central no poseen un plan de contingencia ante accidentes químicos y en la mayoría de los casos no existe además un sistema de evacuación delimitado, lo que destaca la necesidad de institucionalizar protocolos de emergencias generales y entrenamientos sistemáticos en forma individualizada para cada institución.

Se encontraron riesgos residuales de mayor envergadura en las prácticas y controles de manipulación, tratamiento y eliminación de las sustancias químicas, seguidos por las condiciones y prácticas de almacenamiento y seguridad instalada, al momento de la evaluación general de riesgos realizada para este estudio con los estándares del INSHT, el SGA y las consideraciones globales de la ONU.

Tras la evaluación de los laboratorios de los Institutos de Educación Media del Distrito Central, no se encontraron factores que demuestren riesgos significativos en cuanto al espacio físico y condiciones de la infraestructura de sus instalaciones, descartando en la mayoría de los casos que sea esta la causa de accidentes y el foco de atención en las inversiones necesarias para mejorar la seguridad.

Por último, es del criterio del autor y bajo las consideraciones y resultados ya expuestos, que el presente trabajo proporciona las bases científicas para demandar una reforma al seguimiento de la capacitación de los encargados de laboratorio y profesores de Ciencias Naturales en cuanto a las condiciones de seguridad y la gestión de las sustancias químicas dentro de los Institutos de Educación Media, promoviendo la incorporación de estos aspectos como ejes transversales de los programas de estudio de la carrera de Ciencias Naturales en la UPNFM, la instauración de proyectos orientados a mejorar estas competencias en los docentes en servicio y la atención de la Secretaría de Educación hacia los controles y exigencias sobre la seguridad y la incorporación del sector educación en los planes nacionales sobre gestión de residuos peligrosos.

6.2. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Tras la experiencia y resultados de la presente investigación, el autor de este documento de Tesis sugiere la consideración de los siguientes aspectos como líneas de investigaciones futuras o perspectivas de proyectos:

- Evaluación de riesgos en los centros de educación superior de Honduras.
- Análisis de emisiones y eliminación general de sustancias químicas en los Institutos educativos.
- Estudio causal del desconocimiento de las normativas de seguridad y falta de consulta a bases de información internacional, por parte de los encargados de laboratorio.
- Inventario de sustancias químicas peligrosas en los centros educativos del país.
- Estudio detallado de los riesgos inherentes a las prácticas experimentales sugeridas en los manuales de laboratorio y las posibilidades de reforma, eliminación o sustitución de las prácticas no congruentes a los principios de la Química Verde.
- Evaluación de la calidad del servicio académico ofrecido en los laboratorios de ciencias de los Institutos de Educación Media del país.
- Diseño de un modelo estándar de manejo de sustancias peligrosas en los Institutos de Educación Media, bajo estándares internacionales.
- Inventario histórico de accidentes en centros educativos del país.
- Evaluación de la gestión de sustancias químicas en talleres, oficinas y en general de los Institutos de Educación Media.
- Evaluación específica de cada centro educativo en cuanto a riesgos y controles de seguridad en sus instalaciones, en estudios de diseño longitudinal.
- Evaluación de las competencias adquiridas por los docentes de Ciencias Naturales en su formación académica sobre la gestión de riesgos y el manejo de sustancias químicas.
- Estudio completo sobre las normas percibidas de docentes y estudiantes sobre cada factor de riesgo identificado en este estudio.
- Evaluación cuantitativa de exposición a agentes químicos específicos en docentes y estudiantes de los Institutos de Educación Media.
- Diseño y creación de una red cooperativa (Universidades-IEM) para el manejo de sustancias peligrosas en los laboratorios educativos del país.

Cabe añadir a los temas anteriores la sugerencia de establecer un análisis sistemático de evaluaciones de riesgos, similar al realizado en este estudio pero incorporado a las políticas de control de calidad en los centros educativos, tanto en el sector público como en el privado.

7. REFERENCIAS

ATSDR. (2002). *Curso de toxicología para comunidades.* Modulo III - Introducción a la evaluación de riesgo. Recuperado el 18 de Febrero de 2007 desde: http://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/3/es_module3.html

Beasley, A., & Colonna, G. R. (2002). *Fire Protection Guide to Hazardous Materials* (13 ed.). Massachusetts: NFPA Publishers.

BGIA. (2008). *GESTIS International limit values 2009*. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung. Recuperado el 12 de Septiembre de 2008 desde: http://bgia-online.hvbg.de/LIMITVALUE/WebForm_gw.aspx?Recherche=Open+database

Borman, S. (2002). In Situ Click Chemistry. *Chemical and Enginneering News (C&E)* , 8 (6), 29-34.

C&EN. (2000). Color Me Green. *Chemical & Engineering News , 78* (28), 49-55.

Cann, M. C. (3 de Febrero de 2005). *Greening Across The Chemistry Curriculum.* Green Module for General Chemistry. Recuperado el 12 de Junio de 2007 desde: http://academic.scranton.edu/faculty/CANNM1/general.html

Carter, D., Ayala-Fierro, F., & Peña, C. (2001). *Toxicología Ambiental, Evaluación de Riesgo y Gestión Ambiental.* Arizona: At the College of Pharmacy the University of Arizona.

CAS-ACS. (2007). CAS Catalog 2007. Recuperado el 10 de Septiembre de 2007 desde: http://www.cas.org/ASSETS/F49C2CB85F544A789B53B8A9A90D259E/catalog.pdf

Castro, D. R., & Arcos, G. P. (1998). El riesgo de desastre químico como cuestión de salud pública. *Revista Española de Salud Pública* , 72, 481-500.

CESCCO. (2004). *Contaminación, Ambiente y Salud (CAS).* Tegucigalpa: SERNA, (7), 35-39.

Cialdini, R. B., Reno, R., & Kallgren, C. A. (1990). A Focus Theory of Normative Conduct. *Journal of Personality and Social Psychology* , 26 (8), 1015-1026.

Esquivel, M. I. (2008). *Capacitación: Gestión de Riesgos por Sustancias Químicas y Residuos Peligrosos.* Proyecto PNI COPs Honduras, conferencia impartida el 29 de Septimbre del 2008. Tegucigalpa.

FETE-UGT. (2006). *Prevención de Riesgos Laborales, del Sector de la Enseñanza*. Recuperado el 12 de Octubre 2006 desde: http://fete.ugt.org/PRL/paginas/documentacion_00.html

Haack, J. (2007). *Greener Education Materials for Chemists.* Incorporating Green Chemistry into your Curriculum. Recuperado el 28 de Febrero de 2008, desde: http://greenchem.uoregon.edu/Pages/AboutGEMs.php

Health & Safety Executive. (1998). *COSSH Essentials: Easy Steps to Control Hazardous Substances.* Londres: HSE.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2003). *Metodología de la Investigación* (Tercera edición ed.). México D. F.: Mc Graw Hill.

Honduras, S. d. (2003). *Leyes Educativas de Honduras.* Tegucigalpa, MDC: Graficentro Editores.

INSHT. (2001). *Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de Riesgos Presentes en los Lugares de Trabajo por Agentes Químicos.* Barcelona: Publicaciones del Centro Nacional de Condiciones de Trabajo.

López, A. (2002). *PANAFTOSA-OPS/OMS.* Análisis de riesgo, Métodos de evaluación. Recuperado el 18 de Febrero de 2007 desde: http://bvs.panaftosa.org.br/textoc/Seminario2002-p9Lopez.pdf

OHSAS. (1999). *Normas 18000.* Washinton, D.C.: OHSAS Publications.

ONU. (1997). *Cumbre para la Tierra +5.* Recuperado el 20 de Diciembre de 2006 desde: http://www.un.org/spanish/conferences/cumbre&5.htm

ONU. (2003). *Manual de Pruebas y Criterios* (4ta ed.). New York and Ginebra: Publicación de Naciones Unidas.

ONU. (2005). *Recomendaciones Relativas al Transporte de Mercancias Peligrosas* (14 ed., Vol. II). New York and Ginebra, USA: Publicación de Naciones Unidas.

Padilla, A. (2006). Curso sobre Fundamentos Básicos de Residuos Peligrosos, Impartido en la UPNFM, el 9 de Septiembre del 2006. *Impartido en la UPNFM el* . Tegucigalpa, Francisco Morazán, Honduras.

Perez, C. (2001). *Técnicas Estadísticas con SPSS.* Madrid: Prentice Hall.

PNUMA. (2003). Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación. *Serie del Convenio de Basilea* , 01(03), 01-04.

PNUMA/IPCS. (1999). *Evaluación de Riesgos Químicos.* Ginebra: Publicación de Naciones Unidas.

PNUMA/Sustainlabour. (2008). *Manual de Formación sobre Gestión Racional y Sostenible de Sustancias Químicas. Un manual para las y los trabajadores y los sindicatos.* Madrid/Nairobi: Oficina de Naciones Unidas en Nairobi (UNON), Sección de Servicios de Publicación.

Portillo, J. (1999). *Guía orientativa para la selección y utilización de protectores oculares y faciales.* Madrid: INSHT, Recuperado el 08 de Octubre del 2007 desde: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias/Guias_Orientativas_EPI/Ficheros/protectores_oculares_y_faciales.pdf

Portillo, J. (1999). *Guía orientativa para la selección y utilización de ropa de protección.* Madrid: INSHT. Recuperado el 08 de Octubre del 2007 desde: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias/Guias_Orientativas_EPI/Ficheros/ropa_proteccion.pdf

Rodríguez, B. I. (2003). El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental. *Boletin del Instituto de Investigaciones Eléctricas* , 91-97.

Rubio, J. C. (2004). *Métodos de evaluación de riesgos laborales.* Malanga: Ediciones Díaz de Santos.

SBEF. (2005). *Boletín de Gestión de Riesgo.* La Paz: Publicación de la Unidad de Evaluación del SBEF.

Scholaen, Susanne. (2004). *Guía para la gestión de sustancias químicas.* Eschborn: GTZ publicaciones.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina. (Agosto de 2000). *Acuerdos Internacionales.* Recuperado el 13 de Octubre de 2006, de Convenio de Basilea: http://www2.medioambiente.gov.ar/acuerdos/convenciones/basilea/baselconv.htm

SPSS. (2000). *Guía para el análisis de datos con SPSS.* Madrid: SPSS Inc.

Takala, D. Y. (2003). *Intervención en la reunión de Enfoque Estratégico para una Gestión Química Internacional (SAICM).* Bangkok: OIT.

UDEC. (2005). *Plan de Manejo de Sustancias y Residuos Peligrosos*. MATPEL. Recuperado el 3 de Diciembre de 2006 desde: http://www.udec.cl/matpel/gestionresiduos.php

UNECE. (2007). *SGA.* New York. Recuperado el 05 de diciembre de 2007 desde: http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev01/01files_s.html

UNESCO. (1981). *Manual de la UNESCO para profesores de ciencias.* PARIS: Publicaciones de la UNESCO.

University Of Ioannina. (2004). *Chemistry Education: Research And Practice In Europe (CERAPIE)*. Recuperado el 23 de Julio de 2006 desde: http://www.uoi.gr/cerp/

Urbaniak, G. C. (1997). *Research Randomizer*. Recuperado el Septiembre de 2006 desde: http://www.randomizer.org/about.htm

USEPA. (1999). *The Presidential Green Chemistry Challenge Awards Program, Summary of Award Entries and Recipients.* Washington: EPA.

USEPA. (2002). Química diseñada para el medio ambiente. *Green Chemistry Program Fact Sheet*. Recuperado el 07 de Septiembre de 2007 desde: http://www.epa.gov/oppt/greenchemistry/pubs/docs/general_factsheet_spanish.pdf

USEPA. (2008). *Green Chemistry Education*. Recuperado el 15 de Agosto de 2006 desde: http://www.epa.gov/greenchemistry/pubs/educat.html

Varsavsky, A. I. (2005). *Química Verde y Prevención de la Contaminación*. AQA - FUNDACION NEXUS. Recuperado el 08 de Agosto de 2006 desde: http://www.aqa.org.ar/iyq1.htm

Warner, J. C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. New York: Oxford University Press.

8. ANEXOS

ANEXO 1: Ejemplo de una guía de laboratorio clásica de química orgánica, reformada bajo los principios de la Química Verde.

Reproduced with permission from *Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments* by K.M. Doxsee and J.E. Hutchison, Thompson Brooks/Cole, 2004; pp 129-134. Please contact Thompson Brooks/Cole to request a review copy of the textbook (ISBN 0534388515).

Experiment #4: Preparation and Distillation of Cyclohexene

Pre-Lab Preparation

1. Study the technique sections in your lab manual regarding clamps, boiling, distillation, extraction, drying agents, and infrared spectroscopy.
2. Carry out pre-lab preparations as described in Chapter 11, section 11.6A, or as called for by your instructor.

Experimental Procedure

SAFETY PRECAUTIONS: Phosphoric acid, while safer than sulfuric acid, is corrosive. Avoid contact, and clean up any spills immediately. Cyclohexanol does not appear to present any unusual safety hazards. Cyclohexene is flammable and has a disagreeable odor.

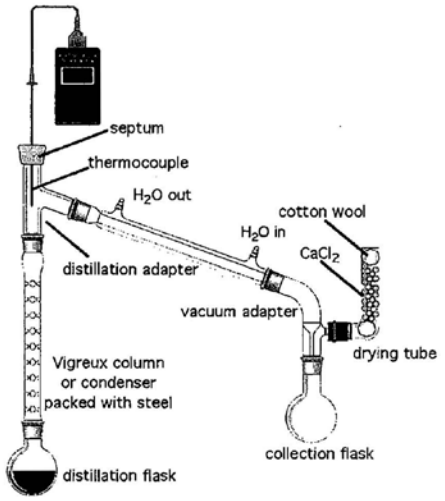
Reaction

1. To a 50 mL round-bottom flask containing a magnetic stir bar (or boiling stone), add 0.074 moles of cyclohexanol and 1.75 mL of 85% H_3PO_4. Use gentle swirling to mix the two layers.
2. Fit the flask with a fractionating column, a distillation adapter, a thermocouple (or thermometer), a condenser, and a vacuum adapter as for fractional distillation (see illustration). A rubber septum should be used to provide a seal between the thermocouple or thermometer and the glassware. Be sure that the seal is good – if it is not, cyclohexene will escape from your glassware, causing your experiment to fail, and those of your classmates who find the odor of cyclohexene objectionable

131

Reproduced with permission from *Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments* by K.M. Doxsee and J.E. Hutchison, Thompson Brooks/Cole, 2004; pp 129-134. Please contact Thompson Brooks/Cole to request a review copy of the textbook (ISBN 0534388515).

will complain loudly! A drying tube, as shown in the illustration, can help to control the disagreeable odor of cyclohexene.



Apparatus for dehydration of cyclohexanol

3. Heat the reaction mixture first at a *gentle* reflux for about 5 minutes, then heat the flask more strongly in order to distill the mixture into the collection flask. Keep distilling until the volume remaining in the distillation flask has been reduced to approximately 1 mL.

Workup

4. Transfer the distillate to a separatory funnel and wash with approximately 5 mL of water. Carefully separate the layers and transfer the organic layer into a small, dry Erlenmeyer flask. If any water droplets are visible, remove them before adding the drying agent (sodium sulfate). Add a small amount of anhydrous sodium sulfate to the flask. Let the mixture stand for 5 minutes, occasionally swirling it gently. If the drying agent completely clumps together, its capacity to remove water has been exceeded and a little more sodium sulfate should be added. If you have successfully removed the water, the liquid should be clear, and at least a little of the drying agent should remain free flowing.

Reproduced with permission from *Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments* by K.M. Doxsee and J.E. Hutchison, Thompson Brooks/Cole, 2004; pp 129-134. Please contact Thompson Brooks/Cole to request a review copy of the textbook (ISBN 0534388515).

5. Decant or pipette the organic liquid away from the drying agent and place it in a clean, dry round-bottom flask. This will be the distillation flask for the next step. The appropriate size depends upon your yield. The flask should be about half full at the beginning of the distillation.

Distillation

6. Fit the flask with a distillation adapter and condenser in preparation for a simple distillation. (The apparatus will look the same as that used for fractional distillation, except that there will be no Vigreux or other fractionating column.
7. Be sure that your thermometer or thermocouple is properly positioned in order to measure the temperature of the distilling liquid accurately (see the illustration above). Carefully distill the organic material, collecting the material that distills in the range of 80 – 90°C. Typically there will be very little material remaining in the distillation flask. Be sure to record the boiling range that you observe.

Characterization

8. Transfer the distilled cyclohexene to a clean, dry, pre-weighed sample vial and determine the mass of the product. If time permits record an infrared spectrum of the distilled product.

Storage

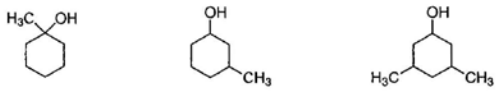
9. You will need the cyclohexene for Experiment 5 – Synthesis of Adipic Acid. Keep it in a well-sealed and suitably labeled sample vial until then.

Post-Lab Questions and Exercises

1. Describe the color and state of your purified product. Report the mass and percent of theoretical yield of the purified product.
2. What boiling point range did you observe during your (a) initial distillation and (b) your final distillation? How do you explain the difference between these, if there was one?

Reproduced with permission from *Green Organic Chemistry - Strategies, Tools, and Laboratory Experiments* by K.M. Doxsee and J.E. Hutchison, Thompson Brooks/Cole, 2004; pp 129-134. Please contact Thompson Brooks/Cole to request a review copy of the textbook (ISBN 0534388515).

3. What role does phosphoric acid play in this reaction? Use both words and chemical equations to answer this question.
4. Attach your infrared spectrum (if you obtained one) and identify ("assign") the major peaks in the spectrum. If you did not have time to obtain your own spectrum, assign the major peaks in a spectrum obtained from your instructor.
5. Calculate the atom economy for the reaction.
6. Perform an economic analysis for the preparation of cyclohexene via this route.
7. Predict the dehydration product(s) for the following alcohols. Show all anticipated products.



Experiment Development Notes

This experiment is presented in many organic lab texts in various forms. Some use sulfuric acid as a catalyst; others call for the use of phosphoric acid. We use phosphoric acid as a greener reagent. This dehydration chemistry may be readily extended to other alcohols, as hinted at in post-lab exercise 7, and this offers an ideal opportunity for inquiry-driven investigation. (Naturally occurring terpene alcohols are particularly attractive substrates.) In many cases, mixtures of isomers may be anticipated, calling for the use of additional analytical tools to determine the outcome of the reaction. A later edition of this text will include experimental details for the dehydration of α-terpineol and gas chromatographic analysis of the resulting product mixture.

Tomado de: http://greenchem.uoregon.edu/PDFs/GEMsID70.pdf

ANEXO 2: Ejemplo de la guía para maestros del módulo sobre Biodiesel del programa de "Química Verde en el Curriculum" de la Fisher Company

---

Fisher Science Education

beyondbenign
a warner babcock foundation

Green Chemistry in the Curriculum: Biodiesel Module

Teacher's Guide to the Biodiesel Module

Module Layout and Preparation:
The module is designed to be a multi-component module with multiple lesson plans. Portions can be used as appropriate within the classroom. The following activities are outlined throughout this module:

Part 1. Physical Properties, Physical changes and Chemical Changes
Activity 1-1: Determining the physical properties of vegetable oils.
Part 2. Preparation of Biodiesel.
Activity 2-1: Titration of WVO.
Activity 2-2: Synthesis of Biodiesel from WVO.
Activity 2-3: Analysis of biodiesel.

Green Chemistry Principles:
The Biodiesel module demonstrates a number of Green Chemistry principles including:
Principle #1: Pollution Prevention – It is better to prevent waste than to treat or clean up waste after it is formed.
Principle #4: Safer Chemical Products – Chemical products should be designed to preserve efficacy of function while reducing toxicity.
Principle #7: Renewable Resources – A raw material feedstock should be renewable rather than depleting whenever technically and economically practical.
Principle #10: *Design for Degradation* – Chemical products should be designed so that at the end of their function they do not persist in the environment and break down into innocuous degradation products.

. Learning Standards:
High School Chemistry Learning Standards are identified throughout the biodiesel module. The module can be used in a variety of formats and to discuss many Learning Standards, including:

1. Properties of Matter
   a. Identify and explain physical properties (density, melting point, boiling point, etc.) and chemical properties (the ability to form new substances. Distinguish between chemical and physical changes.
2. Chemical Reactions and Stoichiometry
   a. Classify chemical reactions as synthesis (combination), decomposition,

single displacement (replacement), double displacement, and combustion.

3. Solutions, Rates of Reaction, and Equilibrium
   a. Calculate concentration in terms of molarity. Use molarity to perform solution dilution and solution stoichiometry.
   b. Identify the factors that affect the rate of a chemical reaction (temperature, mixing, concentration, particle size, surface area, catalyst).
4. Acids and Bases and Oxidation-Reduction Reactions
   a. Relate hydrogen ion concentrations to the pH scale and to acidic, basic, and neutral solutions. Compare and contrast the strengths of various common acids and bases.
   b. Describe oxidation and reduction reactions and give some everyday examples, such as fuel burning and corrosion.

Scientific Inquiry Skills Standards:

The hands-on approach to this module allows for the use of inquiry skills throughout. There are many instances where the skills can be applied. The inquiry skill standards identified include:

SIS1. Make observations, raise questions, and formulate hypotheses.
- Observe the world from a scientific perspective.
- Pose questions and form hypotheses based on personal observations, scientific articles, experiments and knowledge.

SIS2. Design and conduct scientific investigations.
- Articulate and explain the major concepts being investigated and the purpose of an investigation.
- Select required materials, equipment, and conditions for conducting an experiment.

SIS3. Analyze and interpret results of scientific investigations.
- Use results of an experiment to develop a conclusion to an investigation that addresses the initial questions and supports or refutes the stated hypothesis.
- State questions raised by an experiment that may require further investigation.

Activity 1-1: Determining the physical properties of vegetable oils.

.Learning Standard: Properties of Matter

This is a simple way of visualizing physical changes of matter by investigating the difference in vegetable oils. Students are given 4 unknown oils, which are available at the supermarket and are asked to perform a test on the oils to determine the identity of the unknown. The coconut oil has a melting point close to room temperature and will solidify upon cooling slightly. Upon cooling all 4 oils over ice, the coconut oil will solidify first, followed by the peanut oil. The canola oil and soybean oil should both not solidify due to their melting points being below the freezing point of water. The concept of other distinguishing properties of the oils can then be discussed (density, color, etc.).

Helpful Tips:

- Coconut Oil will solidify at room temperature (melting point is 77°F). Before performing this experiment it can easily be melted by placing the container in warm water.
- All oils are available from the supermarket. Rapeseed oil is canola oil.

Required class time: One class period

Supplies needed:	***Fisher Catalog Number:***
• Coconut Oil	AC36547-5000 [CAS# 8001-31-8]
• Peanut Oil*	AC41684-5000 [CAS# 8002-03-7]
• Rapeseed Oil	ICN96005501 [CAS# 8002-13-9]
• Soybean Oil	S802371 [CAS# 8001-22-7]
• 25 mL Erlenmeyer flask (4/student)	S63268
• 250 mL Beakers (4/student)	S63326
• Ice	

* Be aware of peanut allergies and substitute oils as appropriate. *Do not use if there is a peanut allergy in your classroom.*

Teacher's Guide to the Biodiesel Module
Part 2. Preparation of Biodiesel.

The preparation of biodiesel is a multi-step process that includes 3 activities. It will require 3 class periods to complete. Activity 2-1 can be done by the instructor ahead of time OR if waste vegetable oil is NOT used, then this step can be skipped.

Activity 2-1: Titration of WVO.

.Learning Standard: Solutions, Rates of Reaction, and Equilibrium
The first activity for making Biodiesel is a titration exercise, which can be used to teach students about the concept of concentrations and molarity.
Waste vegetable oil (WVO) can be obtained from the cafeteria or a local restaurant that serves fried food if asked! Be sure to filter the solids from the vegetable oil before using. Due to the breakdown of the triglycerides during the frying process, it is necessary to first determine the content of free fatty acids in the WVO. You are able to do this ahead of time to save time in class. Or, alternatively, you can use this as a lesson with your students to learn titration techniques. It is an opportunity to talk about concentration and have them perform scientific calculations. Be sure to check their answers before moving on to Activity 2-2.

Helpful Tips:

- Vegetable oil purchased from the store can be used instead of waste vegetable oil. In this case, there are no free fatty acids and the amount of base required to hydrolyze the triglyceride can be calculated easily from the Activity 2-1 Worksheet.

Required Class time: One class period.
Time saver: Determine the free fatty acid content before class to save a class period.

Supplies needed:	***Fisher Catalog Number:***
• Buret, 10 mL	03-700A
• Ring Stand	S97616
• Buret Clamp	S48400
• 0.01M NaOH (5-7 mL/student)	SS284-1
• Graduated cylinder, 10mL	08-557-1A
• Isopropanol	AC42383-0010
• Erlenmeyer flask, 25 mL	07-250-087
• Autopipet (1 mL volume)	05-402-91
• Pipet tips	05-403-71
• Phenolphthalein indicator	S76958
• Distilled water	S80239

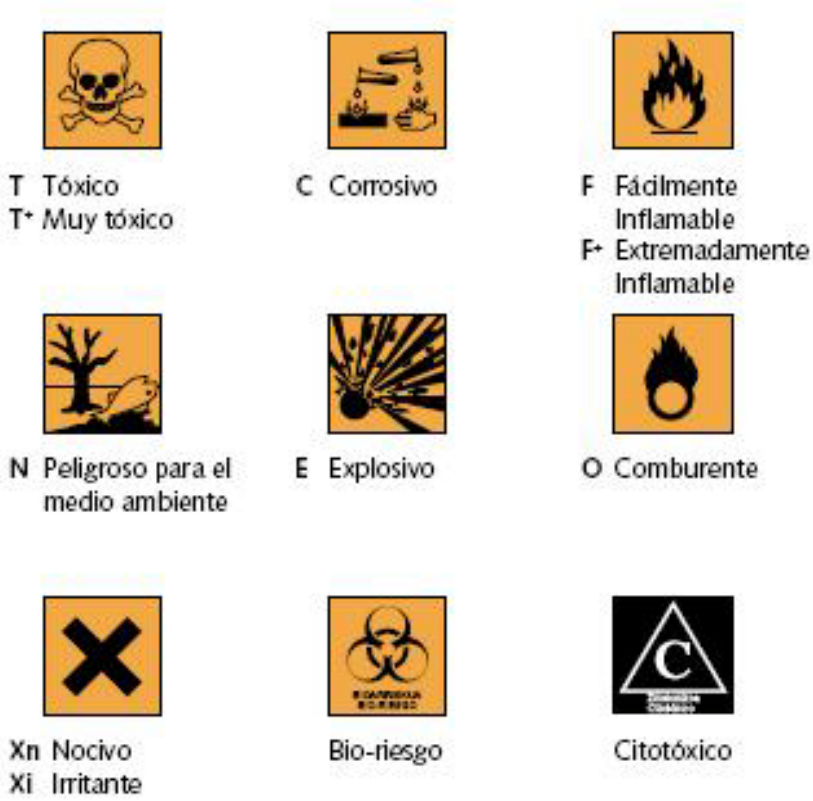
www.fisheredu.com (800) 955-1177

Tomado de:
http://www.fishersci.com/wps/downloads/segment/ScienceEducation/pdf/green_BiodieselModule.pdf

ANEXO 3: Resumen de las pruebas sugeridas en el Manual de Pruebas y Criterios de la ONU para cada clase (serie) de sustancias químicas peligrosas, con su respectiva clasificación por tipo y código

Serie	Tipo	Código	Nombre
1	a)	1 a)	Prueba de excitación con barrera interpuesta (Naciones Unidas)
1	b)	1 b)	Prueba Koenen
1	c)	a c) i)	Prueba de tiempo/presión
2	a)	2 a)	Prueba de excitación con barrera interpuesta (Naciones Unidas)
2	b)	2 b)	Prueba Koenen
2	c)	2 c) i)	Prueba de tiempo/presión
3	a)	3 a) ii)	Prueba del martinete BAM
3	b)	3 b) i)	Prueba de la máquina de fricción BAM
3	c)	3 c)	Prueba de estabilidad térmica a 75ºC
3	d)	3 d)	Prueba de combustión en pequeña escala
4	a)	4 a)	Prueba de estabilidad térmica para objetos con o sin embalaje/envase
4	b)	4 b) i)	Prueba de caída en tubo de acero, para líquidos
4	b)	4 b) ii)	Prueba de caída desde doce metros, para objetos sin embalaje/envase y objetos y sustancias con embalaje/envase
5	a)	5 a)	Prueba de sensibilidad al cebo
5	b)	5 b) ii)	Prueba de transición de deflagración a detonación (Estados Unidos de América)
5	c)	5 c)	Prueba de reacción al fuego exterior, para sustancias de la división 1.5
5	a)	5 a)	Prueba con un solo bulto
6	b)	6 b)	Prueba con una pila de bultos
6	c)	6 c)	Prueba de reacción al fuego exterior (prueba de la hoguera)
7	a)	7 a)	Prueba de sensibilidad al cebo para sustancias DEI
7	b)	7 b)	Prueba de excitación con barrera interpuesta, para sustancias DEI
7	c)	7 c) ii)	Prueba de friabilidad
7	d)	7 d) i)	Prueba de impacto con bala, para sustancias DEI
7	e)	7 e)	Prueba de reacción al fuego exterior, para sustancias DEI
7	f)	7 f)	Prueba de caldeo lento, para sustancias DEI
7	g)	7 g)	Prueba de reacción al fuego exterior, para objetos de la división 1.6
7	h)	7 h)	Prueba de caldeo lento, para objetos de la división 1.6
7	j)	7 j)	Prueba de impacto con bala, para objetos de la división 1.6
7	k))	7 k)	Prueba con una pila de bultos, para objetos de la
8	a)	8 a)	Prueba de estabilidad térmica para los ENA
8	b)	8 b)	Prueba de excitación de la detonación con barrera interpuesta para los ENA
8	c)	8 c)	Prueba de Koenen
8	d)	8 d)	Prueba del tupo con escape**a**

Pictograma de Peligros Estándar



Simbología Estandarizada del SGA

Llama	Llama sobre círculo	Bomba explotando
Corrosión	Botella de gas	Calavera y tibias cruzadas
Signo de exclamación	Medio ambiente	Peligro para la salud

Ejemplo de Pictogramas de Prohibición:

Ejemplo de Pictogramas de Advertencia:

Ejemplo de Pictogramas de Obligatoriedad:

Ejemplo de Pictogramas de Señalización Informativa:

DIAMANTE DE PELIGRO O ROMBO NFPA-704	CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO	
	CÓDIGO DE RIESGO PARA LA SALUD **0** Como material corriente **1** Ligeramente peligroso **2** Peligroso. Utilizar aparato para respirar **3** Extremadamente peligroso. Usar vestimenta totalmente protectora **4** Demasiado peligroso que penetre vapor o líquido.	**CÓDIGO DE RIESGO DE INFLAMABILIDAD** **0** Materiales que no arden **1** Deben precalentarse para arder **2** Entra en ignición al calentarse moderada mente **3** Entra en ignición a temperaturas normales **4** Extremadamente inflamable.
	CÓDIGO RIESGO DE REACTIVIDAD **0** Estable totalmente **1** Inestable si se calienta. Tome precauciones normales **2** Posibilidad de cambio químico violento. Utilice mangueras a distancia **3** Puede detonar por fuerte golpe o calor. Utilice monitores detrás de las barreras resistentes a la explosión **4** Puede detonar. Evacue la zona si los materiales están expuestos al fuego.	**CÓDIGO RIESGO INFORMACIÓN ESPECIAL** **W** Sustancia reactiva con el agua **OXY** Sustancia peligrosa por ser muy oxidante.

Los símbolos especiales que pueden incluirse en el recuadro blanco son:

'₩' Reacciona con agua de manera inusual o peligrosa, como el cesio o el sodio.
'OX' Oxidante, como el perclorato potásico
'COR' Corrosivo: Acido o Base fuerte, como el Acido Sulfúrico o el Hidróxido Potásico.
'ACID' Ácido.
'ALK' Álcali.
'BIO' Peligro Biológico: por ejemplo, un Virus
Radioactivo, como el Plutonio.
'CRYO' Criogénico

Sólo '₩' y 'OX' se reconocian oficialmente por la norma NFPA 704, pero se usaban ocasionalmente símbolos con significados obvios como los señalados.

OXI Agente oxidante

COR Agente corrosivo

Reacción violenta con el agua

Radioactividad

Frases R: Riesgos específicos atribuidos a las Sustancias y Preparados Peligrosos

R1 Explosivo en estado seco
R2 Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición
R3 Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición
R4 Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles
R5 Peligro de explosión en caso de calentamiento
R6 Peligro de explosión en contacto o sin contacto con el aire
R7 Puede provocar incendios
R8 Peligro de fuego en contacto con materias combustibles
R9 Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles
R10 Inflamable
R11 Fácilmente inflamable
R12 Extremadamente inflamable
R14 Reacciona violentamente con el agua
R15 Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables
R16 Puede explosionar en mezcla con sustancias comburentes
R17 Se inflama espontáneamente en contacto con el aire
R18 Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas/inflamables
R19 Puede formar peróxidos explosivos
R20 Nocivo por inhalación
R21 Nocivo en contacto con la piel
R22 Nocivo por ingestión
R23 Tóxico por inhalación
R24 Tóxico en contacto con la piel
R25 Tóxico por ingestión
R26 Muy tóxico por inhalación
R27 Muy tóxico en contacto con la piel
R28 Muy tóxico por ingestión
R29 En contacto con agua libera gases tóxicos
R30 Puede inflamarse fácilmente al usarlo
R31 En contacto con ácidos libera gases tóxicos
R32 En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos
R33 Peligro de efectos acumulativos
R34 Provoca quemaduras
R35 Provoca quemaduras graves
R36 Irrita los ojos
R37 Irrita las vías respiratorias
R38 Irrita la piel
R39 Peligro de efectos irreversibles muy graves
R40 Posibilidad de efectos irreversibles
R41 Riesgo de lesiones oculares graves
R42 Posibilidad de sensibilización por inhalación
R43 Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel

R44 Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado
R45 Puede causar cáncer
R46 Puede causar alteraciones genéticas hereditarias
R48 Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada
R49 Puede causar cáncer por inhalación
R50 Muy tóxico para los organismos acuáticos
R51 Tóxico para los organismos acuáticos
R52 Nocivo para los organismos acuáticos
R53 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático
R54 Tóxico para la flora
R55 Tóxico para la fauna
R56 Tóxico para los organismos del suelo
R57 Tóxico para las abejas
R58 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente
R59 Peligroso para la capa de ozono
R60 Puede perjudicar la fertilidad
R61 Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto
R62 Posible riesgo de perjudicar la fertilidad
R63 Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto
R64 Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna
R65 Nocivo si se ingiere puede causar daño pulmonar
R66 La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel
R67 La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo

Combinación de las Frases R

R14/15 Reacciona violentamente con el agua, liberando gases extremadamente inflamables
R15/29 En contacto con el agua, libera gases tóxicos y extremadamente inflamables
R20/21 Nocivo por inhalación y en contacto con la piel
R20/22 Nocivo por inhalación y por ingestión
R20/21/22 Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel
R21/22 Nocivo en contacto con la piel y por ingestión
R23/24 Tóxico por inhalación y en contacto con la piel
R23/25 Tóxico por inhalación y por ingestión
R23/24/25 Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel
R24/25 Tóxico en contacto con la piel y por ingestión
R26/27 Muy tóxico por inhalación y en contacto con la piel
R26/28 Muy tóxico por inhalación y por ingestión
R26/27/28 Muy tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel
R27/28 Muy tóxico en contacto con la piel y por ingestión
R36/37 Irrita los ojos y las vías respiratorias
R36/38 Irrita los ojos y la piel
R36/37/38 Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias
R37/38 Irrita las vías respiratorias y la piel
R39/23 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación
R39/24 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel
R39/25 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión
R39/23/24 Tóxico: Peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel
R39/23/25 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión
R39/24/25 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión
R39/23/24/25 Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión
R39/26 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación
R39/27 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel
R39/28 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión
R39/26/27 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel
R39/26/28 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión
R39/27/28 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión
R39/26/27/28 Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión
R40/20 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación
R40/21 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles en contacto con la piel
R40/22 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por ingestión

R40/20/21 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación y contacto con la piel
R40/20/22 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación e ingestión
R40/21/22 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles en contacto con la piel e ingestión
R40/20/21/22 Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación, contacto con la piel e ingestión
R42/43 Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel
R48/20 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación
R48/21 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel
R48/22 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión
R48/20/21 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel
R48/20/22 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión
R48/21/22 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión
R48/20/21/22 Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión
R48/23 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación
R48/24 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel
R48/25 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión
R48/23/24 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel
R48/23/25 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión
R48/24/25 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión
R48/23/24/25 Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión
R50/53 Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático
R51/53 Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático
R52/53 Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático

Frases S: Consejos de Prudencia Atribuibles a las Sustancias y Preparados Peligrosos

S1 Consérvese bajo llave
S2 Manténgase fuera del alcance de los niños
S3 Consérvese en lugar fresco
S4 Manténgase lejos de locales habitados
S5 Consérvese en… (líquido apropiado a especificar por el fabricante)
S6 Consérvese en… (gas inerte a especificar por el fabricante)
S7 Manténgase el recipiente bien cerrado
S8 Manténgase el recipiente en lugar seco
S9 Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado
S12 No cerrar el recipiente herméticamente
S13 Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos
S14 Consérvese lejos de… (materiales incompatibles a especificar por el fabricante)
S15 Conservar alejado del calor
S16 Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar
S17 Manténgase lejos de materiales combustibles
S18 Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia
S20 No comer ni beber durante su utilización
S21 No fumar durante su utilización
S22 No respirar el polvo
S23 No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles [denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante]
S24 Evítese el contacto con la piel
S25 Evítese el contacto con los ojos
S26 En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico
S27 Quítese inmediatamente la ropa manchada o salpicada
S28 En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con… (productos a especificar por el fabricante)
S29 No tirar los residuos por el desagüe
S30 No echar jamás agua a este producto
S33 Evítese la acumulación de cargas electrostáticas
S35 Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles
S36 Úsese indumentaria protectora adecuada
S37 Úsense guantes adecuados
S38 En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado
S39 Úsese protección para los ojos/la cara
S40 Para limpiar el suelo y los objetos contaminados por este producto, úsese… (a especificar por el fabricante)
S41 En caso de incendio y/o de explosión no respire los humos
S42 Durante las fumigaciones/pulverizaciones, úsese equipo respiratorio adecuado [denominación(es) adecuada(s) a especificar por el fabricante]
S43 En caso de incendio, utilizar… (los medios de extinción los debe especificar el fabricante). (Si el agua aumenta el riesgo, se deberá añadir: «No usar nunca agua»)

S45 En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta)
S46 En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstrele la etiqueta o el envase
S47 Consérvese a una temperatura no superior a… °C (a especificar por el fabricante)
S48 Consérvese húmedo con… (medio apropiado a especificar por el fabricante)
S49 Consérvese únicamente en el recipiente de origen
S50 No mezclar con… (a especificar por el fabricante)
S51 Úsese únicamente en lugares bien ventilados
S52 No usar sobre grandes superficies en locales habitados
S53 Evítese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso
S56 Elimínese esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos
S57 Utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente
S59 Remitirse al fabricante o proveedor para obtener información sobre su recuperación/reciclado
S60 Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos
S61 Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad
S62 En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstrele la etiqueta o el envase
S63 En caso de accidente por inhalación, alejar a la víctima fuera de la zona contaminada y mantenerla en reposo
S64 En caso de ingestión, lavar la boca con agua (solamente si la persona está consciente)

Combinación de las Frases S

S1/2	Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños
S3/7	Consérvese el recipiente bien cerrado y en lugar fresco
S3/9/14	Consérvese en lugar fresco y bien ventilado y lejos de… (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante)
S3/9/14/49	Consérvese únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado y lejos de… (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante)
S3/9/49	Consérvese únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado
S3/14	Consérvese en lugar fresco y lejos de… (materiales incompatibles, a especificar por el fabricante)
S7/8	Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar seco
S7/9	Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar bien ventilado
S7/47	Manténgase el recipiente bien cerrado y consérvese a una temperatura no superior a… °C (a especificar por el fabricante)
S20/21	No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización
S24/25	Evítese el contacto con los ojos y la piel
S27/28	Después del contacto con la piel, quítese inmediatamente toda la ropa manchada o salpicada y lávese inmediata y abundantemente con… (productos a especificar por el fabricante)
S29/35	No tirar los residuos por el desagüe; elimínense los residuos de producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles
S29/56	No tirar los residuos por el desagüe; elimínese esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos
S36/37	Úsense indumentaria y guantes de protección adecuados
S36/37/39	Úsense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara
S36/39	Úsense indumentaria adecuada y protección para los ojos/la cara
S37/39	Úsense guantes adecuados y protección para los ojos/la cara
S47/49	Consérvese únicamente en el recipiente de origen y a temperatura no superior a… °C (a especificar por el fabricante

Fichas Internacionales de Seguridad Química

BENCENO

ICSC: 0015

BENCENO Ciclohexatrieno Benzol C_6H_6 Masa molecular: 78.1 CAS: 71-43-2 RTECS: CY1400000 ICSC: 0015 NU: 1114 CE: 601-020-00-8		

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	LUCHA CONTRA INCENDIOS/ PRIMEROS AUXILIOS
INCENDIO	Altamente inflamable	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas. Riesgo de incendio y explosión (veánse Peligros Químicos).	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión (veánse Notas).	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION		¡EVITAR TODO CONTACTO!	
Inhalación	Vértigo, somnolencia, dolor de cabeza, náuseas, jadeo, convulsiones, pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y proporcionar asistencia médica.
Piel	¡PUEDE ABSORBERSE! Piel seca (para mayor información, véase Inhalación).	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.

Ojos		Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto, si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal y de garganta, vómitos (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito y proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado. (Protección personal adicional: traje de protección completa, incluyendo equipo autónomo de respiración).	A prueba de incendio. Separado de alimentos y piensos, oxidantes y halógenos.	No transportar con alimentos y piensos. Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II R: 45-11-48/23/24/25 S: 53-45 Nota: E

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0015	Preparada en colaboración entre el IPCS y la CCE. © CCE, IPCS, 1991. Versión española traducida y editada por el INSHT

Fichas Internacionales de Seguridad Química

BENCENO **ICSC: 0015**

D A T O S I M P 0 R T A N T E	**ESTADO FISICO; ASPECTO:** Líquido incoloro, de olor característico. **PELIGROS FISICOS:** El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. **PELIGROS QUIMICOS:** Reacciona violentamente con oxidantes y halógenos, originando peligro de incendio y explosión. **LIMITES DE EXPOSICION** TLV (como TWA): 10 ppm; 32 mg/m^3 A2 (ACGIH 1993-1994). **VIAS DE EXPOSICION** La sustancia se puede absorber por inhalación y a través de la piel. **RIESGO DE INHALACION:** Por evaporación de esta sustancia a 20°C, se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.	**EFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION** La sustancia irrita la piel y el tracto respiratorio. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y el consiguiente riesgo de neumonitis química. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central. La exposición por encima del OEL puede producir pérdida del conocimiento. **EFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA** El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar a la sangre, al hígado y al sistema inmunológico. Esta sustancia es carcinógena para los seres humanos.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 80°C Punto de fusión: 6°C Densidad relativa (aqua = 1): 0.9 Solubilidad en agua, g/100 ml at 25°C: 0.18 Presión de vapor, kPa a 20°C: 10 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.7	Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire= 1): 1.2 Punto de inflamación: -11°C (c.c.) Temperatura de autoignición: alrededor de 500°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.2-8.0 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.13

NOTAS

El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo.
Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición.
La alerta por el olor es insuficiente.
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-7
Código NFPA: H 2; F 3; R 0;
EXPLOSION/PREVENCION: NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.

Tomado de: http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/ic/71432.htm

A continuación se presentan algunos de los sitios web más populares para buscar FDS de productos químicos, en idioma español:

- Canadian Transport Emergency Centre (CANUTEC)
  http://www.tc.gc.ca/canutec/en/menu.htm

- MERCK (Compañía Privada Productora de Químicos)
  http://www.merck-chemicals.com/workplace-safety-cards/spanish/c_K6ib.s1Og9gAAAEYsBMK0EA4;sid=JGtkP92ay3dgP5SsLKd2aHVa92jhIBWO40SsKxq192jhIA6ZoXSsKxq1

- The International Programme on Chemical Safety (IPCS)
  http://www.who.int/ipcs/en/

- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)
  http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.a82abc159115c8090128ca10060961ca/?vgnextoid=4458908b51593110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD

- Chemical Abstracts Service (CAS) – American Chemical Society (ACS)
  http://www.cas.org/

- ChemIDplus Lite – USA National Library of Medicine
  http://chem2.sis.nlm.nih.gov/chemidplus/chemidlite.jsp

- National Institute of Standards and Technology (NIST)
  http://webbook.nist.gov/chemistry/

- WebWISER
  http://wiser.nlm.nih.gov/

- Busca-Tox
  http://busca-tox.com/

Sustancias Encontradas	No. CAS
Acetato de Plomo	301-04-2
Acetona	67-64-1
Acido Acético Glacial	64-19-7
Ácido Clorhídrico Concentrado	7647-01-0
Acido Fosfórico Concentrado	7664-38-2
Acido Nítrico Concentrado	7697-37-2
Acido Sulfúrico Concentrado	7664-93-9
Alcanfor	76-22-2
Alcohol Etílico	64-17-5
Alcohol Isopropílico	67-63-0
Alcohol Metílico	67-56-1
Amoniaco Puro	7664-41-7
Anhídrido Acético	108-24-7
Anilina	62-53-3
Benceno	71-43-2
Carburo de Calcio	75-20-7
Carmín Acético	1260-17-9
Cianuro de Potasio	151-50-8
Cloroformo	67-66-3
Cloruro de Amonio	12125-02-9
Mercurio	7439-97-6
Compuestos de Plomo	7439-92-1
Dióxido de Manganeso	1313-13-9
Eosina	110-54-3
Éter de Petróleo.	110-54-3
Éter Etílico.	60-29-7
Ferrocianuro de Potasio	14459-95-1
Formalina	50-00-0
Glicerina	56-81-5
Hidróxido de Sodio Puro	1310-73-2
Hipoclorito de Sodio	7681-52-9
Lugol (Indicador Base Yodo – Yoduro de Potasio)	25655-41-8
Naftalina	91-20-3
Nitrato de Plata	7761-88-8
Óxido de Mercurio	21908-53-2
Permanganato de Potasio	7722-64-7
Sodio Puro	7440-23-5
Sudan IV	85-83-6
Xilol	1330-20-7
Yodo	7553-56-2

ANEXO 10: Clasificación e Identificación de Peligrosidad y Riesgos Intrínsecos de las SQP encontradas en el estudio.

Nombre de la SQP	Frases R	Frases S	Peligros Asociados	Clasificación ONU
Acetato de Plomo	61-33-40-48/22-50/53-62	53-45-60-61	T, N	6.1
Acetona	11-36-66-67	(2-)9-16-26	F, Xi	3
Acido Acético Glacial	10-35	23-26-45	C	8
Ácido Clorhídrico Concentrado	23-35	(1/2-)9-26-36/37/39-45	C, T	2.3
Acido Fosfórico Concentrado	34	(1/2-)26-45	C	8
Acido Nítrico Concentrado	8-35	(1/2-)23-26-36-45	O, C	8
Ácido Propiónico Concentrado	34	(1/2-)23-36-45	C	8
Acido Sulfúrico Concentrado	35	(1/2-)26-30-45	C	8
Alcanfor	11-36/37/38		F	4.1
Alcohol Etílico	11	(2-)7-16	F	3
Alcohol Isopropílico	11-41-67	(2-)7-16-24-26-39	F, Xi	3
Alcohol Metílico	11-23/24/25-39-23/24/25	(1/2-)7-16-36/37-45	F, T	3
Amoniaco Puro	10-23-34-50	(1/2-)9-16-26-36/37/39-45-61	T, N	2.3
Anhídrido Acético	10-34	(1/2-)26-45	C	8
Anilina	20/21/22-40-48/23/24/25-50	(1/2-)28-36/37-45-61	T, N	6.1
Benceno	45-11-48/23/24/25	53-45	E, F, T	3
Carburo de Calcio	15	8-43	F	4.3
Carmín Acético			Xn, T	3
Cianuro de Potasio	26/27/28-32-50/53	1/2-7-28-29-45-60-61	T+, N	6.1
Cloroformo	22-38-40-48/20/22	(2-)36/37	Xn	6.1
Cloruro de Amonio	22-36	(2-)22	Xn	8
Compuestos de Plomo	61-20/22-33-50/53-62	53-45-60-61	T, N	6.1
Dióxido de Manganeso	20/22	2-25	Xn	5.1
Eosina	36	110-54-3	Xi	3
Éter de Petróleo.	11-38-48/20-51/53-62-65-67	16-23-24-33-36/37-61-62	F, Xn, N	3
Éter Etílico.	12-19-22-66-67	(2-)9-16-29-33	F+, Xn	3
Formalina	23/24/25-34-40-43	1/2-26-36/37/39-45-51	T	8

Hidróxido de Sodio Puro	35	(1/2-)26-37/39-45	C	8
Hipoclorito de Sodio	31-34	(1/2-)28-45-50	C	5.1
Lugol (Yodo – Yoduro de Potasio)	36, 52/53	61	Xi, N	8
Mercurio	23-33-50/53	(1/2-)7-45-60-61	T, N	8
Naftalina	22-50/53	36/37-60-61	Xn, N	4.1
Nitrato de Plata	34-50/53	(1/2-)26-45-60-61	C, N	5.1
Óxido de Mercurio	26/27/28-33-50/53	(1/2-)13-28-36-45-60-61	T+, N	6.1
Permanganato de Potasio	8-22-50/53	2-60-61	O, Xn, N	5.1
Sodio Puro	14/15-34	5-8-43-45	F, C	4.3
Xilol	10-20/21-38	25	Xn, F	3
Yodo	20/21-50	(2-)23-25-61	Xn, N	6.1

Variable	Indicador	Referente	%	Efectividad	Promedio
Seguridad Instalada	Tenencia del Equipo de Seguridad Básico	Lavaojos	0.00	1	1.5
		Equipo Contra Derrames	0.00	1	
		Extractores	0.00	1	
		Campanas de Gases	0.00	1	
		Detectores de Humo	3.23	1	
		Duchas	19.35	1	
		Extintores	29.03	1	
		Piletas	38.71	2	
		Botiquín	38.71	2	
		Lavamanos	70.97	4	
	Limpieza y Estado de la Infraestructura	Paredes limpias	83.87	5	5.0
		Techo limpio	83.87	5	
		Piso limpio	90.32	6	
		Pared en buen estado	80.65	5	
		Techo en buen estado	70.97	4	
		Piso en buen estado	80.65	5	
	Acondicionamiento del Local	Ventilación Adecuada	70.97	4	4.3
		Iluminación Adecuada	74.19	4	
		Servicio de Agua	87.10	5	
	Organización y Distribución del Equipo	Equipo bien organizado	29.03	1	1.8
		Instalaciones bien distribuidas	35.48	2	
		Estantes rotulados	35.48	2	
		Espacio adecuado	38.71	2	
	Sistema de Evacuación Definido	Ruta de Evacuación Establecida	3.23	1	1.0
		Puerta de Emergencia	3.23	1	
		Señalización de Seguridad	9.68	1	
		Plan de contingencia	0.00	1	

Variable	Indicador	Referente	%	Efectividad	Promedio
Practicas de Manipulación	Documentos de Seguridad	Láminas Informativas	38.71	2	1.9
		Reglamento Interno	32.26	2	
		Laminas de Seguridad	22.58	1	
		Hojas de Seguridad	12.90	1	
		Inventario de SQ	54.84	3	
		Empleo de Manual de Laboratorio	64.52	3	
		Medidas de Seguridad en los Manuales		1	
	Capacitación del Personal	Los Prof. Conocen las Frases R y S	10.75	1	1.7
		Los Prof. Conocen los Pictogramas	61.29	3	
		Los Alumnos conocen las Frase R y S	9.68	1	
		Los Alumnos conocen los Pictogramas	33.33	2	
		Ha recibido capacitación	37.63	2	
		Ha consultado Bases de Datos	10.05	1	
	Historial de Accidentes	Historial de Accidentes	0.00	1	1.0

Variable	Indicador	Referente	%	Efectividad	Promedio
Practicas de Almacenamiento	Tipo de Almacén	Bodega Exclusiva	29.03	1	1.7
		Bodega Compartida	16.13	1	
		Área dentro del Laboratorio	54.84	3	
	Aislamiento de la zona	Posee Bordes de Contención	0.00	1	1.0
		El acceso está restringido	16.13	1	
		El área está bien delimitada	29.03	1	
	Seguridad en Infraestructura	Construcción resistente al fuego	29.03	1	3.0
		Piso Impermeable	48.39	2	
		Infraestructura en buen estado	51.61	3	
		Ventilación Adecuada	67.74	3	
		Instalaciones Limpias	70.97	4	
		Almacén Techado	74.19	4	
		Suficiente Iluminación	77.42	4	

	Seguridad en los Estantes	SQ clasificadas por estantes	38.71	2	2.8
		SQ alejadas de la luz solar directa	58.06	3	
		Estantes alejados de fuentes de calor	61.29	3	
		Estantes libres de humedad	61.29	3	
	Equipo de Seguridad Accesible	Detectores de humo	0.00	1	1.0
		Equipo contra derrames	0.00	1	
		Extractores	0.00	1	
		Lavaojos	0.00	1	
		Duchas de Seguridad	6.45	1	
		Extintores ABC	25.81	1	
	Documentos de Registro y Control	Inventario de Equipo	58.06	3	2.3
		Inventario de Sustancias	54.84	3	
		Registro de fecha de compra de SQ	30.10	2	
		Almacen de FDS	12.90	1	
	Capacitación de Personal	Encargado de Laboratorio	84.87	5	2.7
		Ha recibido capacitación	37.63	2	
		Ha consultado Bases de Datos	10.05	1	
	Contenedores	Tipos de contenedores		1	1.0
		Contenedores Especiales	16.13	1	
	Etiquetado	Válvulas Identificadas y Rotuladas	0.00	1	2.3
		Áreas Señalizadas	3.23	1	
		Estantes Rotulados	38.71	2	
		Recipientes Rotulados	80.65	5	

Variable	Indicador	Referente Empírico (Factor)	%	Efectividad	Promedio
Practicas de Tratamiento y Eliminación	Capacitación	Conocimiento de las leyes	19.35	1	1.6
		Consulta a Base de Datos	10.05	1	
		Personal capacitado	37.63	2	
		Tenencia de FDS	12.90	1	
		Percepción correcta sobre el manejo de residuos	56.45	3	
	Documentos de Registro	Registro de prácticas de tratamiento	0.00	1	1.0
		Registro de residuos eliminados	0.00	1	
	Tratamiento de Residuos	Sistemas de tratamiento de residuos	0.00	1	1.0
		Sistemas especializados de neutralización de SQP	0.00	1	
		Recipientes especializados para almacenar residuos	2.25	1	
	Disposición Final de los residuos	Clasificacion de los residuos, previa eliminación	15.59	1	2.3
		Rutas seguras de eliminación	29.03	1	
		Ausencia de residuos sólidos peligrosos en los alrededores	61.29	3	
		Ausencia de desecho líquidos peligrosos en los alrededores	77.42	4	

ANEXO 12: IEM registrados en la Secretaría de Educación para el año 2006.

No.	Distrital	No. de Orden	Categoría	Nombre del Intituto	¿Posee LACN?
1	1	1	Oficial 1	CIIE - UPNFM	SI
2	1	1	Privado HH 1	SANTA MARÍA	NO
3	1	2	Oficial 2	ALAMEDA	NO
4	1	2	Privado HH 2	INSTITUTO HONDUREÑO DE NEGOCIOS IHNE	NO
5	1	3	Privado HH 3	MARÍA AUXILIADORA	SI
6	1	4	Privado HH 4	SALESIANO SAN MIGUEL	SI
7	1	5	Privado HH 5	INSTITUTO JEAN PEAGET	NO
8	1	6	Privado HH 6	MARÍA MONTESSORI	N0
9	1	7	Privado HH 7	TÉC. AMERICANO	SI
10	1	8	Privado HH 8	POLITÉCNICO EDUCACIONAL	NO
11	1	9	Privado HH 9	TECNOL. GENÉSIS	NO
12	1	10	Privado HH 10	ADVENTISTA METROPOLITANO	SI
13	1	11	Privado HH 11	B. CRISTIANO VIDA ABUNDANTE	SI
14	2	1	Oficial 3	RIO ABAJO	NO
15	2	1	Privado HH 12	POLIVALENTE RENACER	NO
16	2	2	Oficial 4	CARLOS ENAR REYES	NO
17	2	2	Privado HH 13	NUEVO AMANECER	SI
18	2	3	Privado HH 14	NUES. PEQUEÑOS HERMANOS	NO
19	3	1	Oficial 5	POLIVALENTE MATEO	NO
20	3	1	Privado-B 1	BIL. LA ESTANCIA	SI
21	3	2	Oficial 6	MAYOR JOSÉ LÓPEZ AGUILAR	NO
22	3	2	Privado-B 2	B. METROPOLITAN	SI
23	3	3	Privado-B 3	B. THE MAYAN SCHOOL	SI
24	4	1	Oficial 7	HUMBERTO LÓPEZ Y LÓPEZ	NO
25	4	1	Privado HH 15	LEMPIRA	NO
26	4	2	Oficial 8	MONTERREY	SI
27	4	2	Privado HH 16	CRIS. TEC. JUAN PABLO	SI
28	4	3	Oficial 9	SAN JOSÉ DEL PEDREGAL	SI
29	4	3	Privado HH 17	MONTE DE SIÓN	SI
30	4	4	Oficial 10	MARY DE FLORES	NO
31	4	4	Privado HH 18	DIONISIO DE HERRERA	NO
32	4	5	Oficial 11	INSTITUTO POLIVALENTE GERMANIA	NO
33	4	5	Privado HH 19	AMÉRICA LATINA	NO
34	4	6	Privado HH 20	JOSÉ CECILIO DEL VALLE	SI
35	4	7	Privado HH 21	NIDO DE AGUILAS	SI
36	4	8	Privado HH 22	ALFONSO GUILLEN ZELAYA	SI
37	4	9	Privado-B 4	CHILDREN´N WORD SCHOOL	NO
38	4	10	Privado HH 23	SAN JUAN BOSCO	NO
39	4	11	Privado HH 24	INST. ALTOS DE SANTA ROSA	NO
40	4	12	Privado-B 5	SALEM SUCOT	NO
41	4	13	Privado HH 25	INST. LICEO EUROPEO	SI

42	5	1	Oficial 12	ESPAÑA JESÚS MILLA SELVA (Presencial)	SI
43	5	1	Privado-B 6	EXPER. ANTARES ALDEBARAN	SI
44	5	2	Privado HH 26	CATÓLICO EMILIANI	SI
45	5	2	Oficial-ISEMED 1	INSEMED	NO
46	5	3	Oficial 13	NUEVA SUYAPA	NO
47	5	3	Privado HH 27	INSTITUTO VALENCIA	SI
48	5	4	Privado HH 28	CRISTIANA VIDA ABUNDANTE	SI
49	5	4	Oficial 14	SAN ANGEL	NO
50	5	5	Oficial 15	HÉCTOR PINEDA UGARTE	SI
51	5	5	Privado HH 29	EL VERBO	NO
52	5	6	Oficial 16	ESC. NACIONAL DE MÚSICA	SI
53	5	6	Privado HH 30	NUEVO SIGLO	SI
54	5	7	Oficial 17	JOSÉ PINEDA GÓMEZ	NO
55	5	7	Privado HH 31	INST. FUENTE DIVINA	SI
56	5	8	Oficial 18	NIMIA BAQUEDANO	SI
57	5	8	Privado HH 32	INST. TECNOLOGICO AMERICANO	SI
58	5	9	Oficial 19	TÉCNICO HONDURAS	SI
59	5	9	Privado-B 7	INST. EAGLE`S FLIGHT	NO
60	5	10	Oficial 20	BLANCA ADRIANA PONCE	NO
61	5	10	Privado-B 8	B. ELVEL SCHOOL	NO
62	5	11	Oficial 21	NORMAL PEDRO NUFIO	SI
63	5	11	Privado-B 9	B. HILCREST SCHOOL	SI
64	5	12	Oficial 22	ABRAHÁM LINCOLN	NO
65	5	12	Privado-B 10	B. NEW GENERATION CHRISTIAN	NO
66	5	13	Privado-B 11	BIL. INTERCONTI-NENTAL	SI
67	5	14	Privado-B 12	INTERNATIONAL CHRISTIAN BIL.	NO
68	5	15	Privado-B 13	BIL.ABUNDANT LIFE CHRISTIAN	NO
69	5	16	Privado-B 14	B. SAINT RAPHAEL'S	NO
70	5	17	Privado-B 15	B. LICEO FRANCO HONDUREÑO	NO
71	5	18	Privado-B 16	B. GRAN COMISIÓN	NO
72	5	19	Privado-B 17	B. SAINT MARY'S EPISCOPAL	NO
73	5	20	Privado-B 18	B. C.E.A.D. CHRISTIAN SCHOOL	NO
74	6	1	Oficial 23	REPÚBLICA DE FRANCIA	NO
75	6	1	Privado-B 19	B. ANGLO AMERICANA	SI
76	6	2	Oficial 24	INTAE	NO
77	6	2	Privado-B 20	B. DISCOVERY	SI
78	6	3	Oficial 25	CONSERVATORIO DE MÚSICA	NO
79	6	3	Privado-B 21	B. DOWAL	SI
80	6	4	Oficial 26	POLIVALENTE SAN MARTÍN	SI
81	6	4	Privado-B 22	LICEO INTERNACIONAL CRISTIANO TRILINGÜE "EL CENÁCULO"	NO
82	6	5	Privado-B 23	B. PINARES	SI
83	6	6	Privado HH 33	LINCOLN	NO
84	6	7	Privado HH 34	SANTA TERESITA	SI
85	6	8	Privado HH 35	ATLÁNTIDA	SI
86	6	9	Privado HH 36	CULTURA NACIONAL	SI
87	6	10	Privado HH 37	EL BUEN SAMARITANO	NO

88	6	11	Privado HH 38	FEDÉRICO FROEBEL	SI
89	6	12	Privado HH 39	GABRIELA MISTRAL	SI
90	6	13	Privado HH 40	I.D.E.A.L. educ. a distancia	NO
91	6	14	Privado HH 41	**I.C.C.** CIENCIAS COMERCIALES	NO
92	6	15	Privado HH 42	DIONISIO DE HERRERA	SI
93	6	16	Privado HH 43	JEAN PEAGET	SI
94	6	17	Privado HH 44	TECNOLOGICO NUEVOS HORIZONTES "ITNHOR"	SI
95	6	18	Privado HH 45	SAGRADO CORAZÓN DE JESÚS	SI
96	6	19	Privado HH 46	GREGG HONDUREÑO	SI
97	6	20	Privado HH 47	LICEO HISPANOAMERICANO	NO
98	6	21	Privado HH 48	MODERNO STELLA B. DE PINEDA	NO
99	6	22	Privado HH 49	SAN JOSÉ DEL CARMEN	SI
100	6	23	Privado HH 50	SECRETARIADO HONDURAS	NO
101	6	24	Privado HH 51	TECNOLÓGICO TEGUCIGALPA	NO
102	6	25	Privado HH 52	I.H.E.R.	NO
103	6	26	Privado HH 53	LICEO JOSÉ MARTÍ	NO
104	6	27	Privado HH 54	GUSTAVO ADOLFO ALVARADO	NO
105	6	28	Privado HH 55	POLITÉCNICO SAN ANTONIO	SI
106	6	29	Privado HH 56	MONSEÑOR JOSÉ DE LA CRUZ TURCIOS Y BARAHONA	SI
107	6	30	Privado HH 57	SAN JOSÉ DE LA MONTAÑA	SI
108	6	31	Privado HH 58	EVANGÉLICO ALBERTH	NO
109	6	32	Privado HH 59	ELOHIM	SI
110	6	33	Privado HH 60	SANTA CATALINA DE SIENA	NO
111	6	34	Privado HH 61	EDUCACION A DISTANCIA "RAMON ROSA"	NO
112	7	1	Privado HH 62	EVANGELICO WILLIAM PENN	SI
113	7	1	Oficial 27	RENACER	SI
114	7	2	Oficial 28	GABRIELA NÚÑEZ	NO
115	7	3	Oficial 29	TÉCN. MONSEÑOR LUIS ALFONSO SANTOS	NO
116	8	1	Oficial 30	LA CUESTA	NO
117	8	1	Privado HH 63	RUBÉN DARÍO	NO
118	8	2	Oficial 31	POLIVALENTE MARCO ANTONIO ANDINO	NO
119	8	2	Privado HH 64	UNIÓN, ESFUERZO Y DEMOCRACIA	SI
120	8	3	Oficial 32	TÉC. LUIS BOGRÁN	SI
121	8	3	Privado HH 65	SAN PABLO	NO
122	8	4	Oficial-ISEMED 2	ISEMED (LUIS BOPGRAN)	NO
123	8	4	Privado HH 66	COMAYAGÜELA	NO
124	8	5	Privado HH 67	LICEO HEINER REYES E.	NO
125	8	6	Privado HH 68	SALEM	NO
126	8	7	Privado HH 69	BERACA	NO
127	8	8	Privado HH 70	EVANGELICO ASHER	NO
128	8	9	Privado HH 71	EVANGELICO GRAN ESTRELLA	NO
129	9	1	Privado HH 72	ARCO IRIS	SI
130	9	1	Oficial 33	JOSÉ RAMÓN CÁLIX FIGUEROA	NO

131	9	2	Oficial 34	REPÚBLICA FEDERAL DE MÉXICO	NO
132	9	2	Privado HH 73	SAN BUENAVENTURA	SI
133	9	3	Oficial 35	REPÚBLICA DEL JAPÓN	NO
134	9	3	Privado HH 74	INMACULADA CONCEPCIÓN	NO
135	9	4	Oficial 36	HIBUERAS	SI
136	9	4	Privado-B 24	B. NAZARENO	NO
137	9	5	Oficial 37	AUGUSTO URBINA CRUZ	NO
138	9	5	Privado HH 75	JUVENTUD 8 DE JUNIO	NO
139	9	6	Oficial 38	ABELARDO R. FORTÍN	SI
140	9	6	Privado HH 76	RENACIMIENTO	NO
141	9	7	Oficial-ISEMED 3	**ISEMED (ARF)**	NO
142	9	7	Privado HH 77	MORAZÁN	NO
143	9	8	Oficial 39	DIVANNA	NO
144	9	8	Privado HH 78	SAN RAFAEL DE LAS MATARAS	NO
145	9	9	Oficial 40	21 DE FEBRERO	NO
146	9	9	Privado HH 79	LA RUE DE PARÍS	NO
147	9	10	Oficial 41	SUPERACIÓN SAN FRANCISCO	NO
148	9	10	Privado HH 80	ALPHA	NO
149	9	11	Oficial 42	ESC. NACIONAL DE BELLAS ARTES	SI
150	9	11	Privado HH 81	SAN FRANCISCO	SI
151	9	12	Oficial 43	JESÚS AGUILAR PAZ	SI
152	9	12	Privado HH 82	NORA GUNERA DE MELGAR	NO
153	9	13	Oficial 44	UNION EUROPEA	NO
154	9	13	Privado HH 83	INST. HONDUREÑO DE CULTURA INTERAMÉRICANA (A.H.C.I.)	NO
155	9	14	Privado-B 25	CHILDREN´S HOME	NO
156	9	15	Privado HH 84	INST. TECNICO "MIGUEL CERVANTES SAAVEDRA"	NO
157	9	16	Privado-B 26	MY HOUSE SCHOOL	NO
158	9	17	Privado HH 85	INST. PRIVADO RENOVACION	NO
159	10	1	Oficial 45	TÉCNICO LA CAÑADA	NO
160	10	1	Privado-B 27	INTERNACIONAL BILINGÜE	NO
161	10	2	Oficial 46	LICEO MIXTO HORIZONTES	NO
162	10	2	Privado HH 86	EVÁN. RENACER	NO
163	10	3	Oficial 47	OSCAR A. FLORES	NO
164	10	3	Privado HH 87	EVÁN. GERIZIN	NO
165	10	4	Oficial 48	REPÚBLICA DE CHINA TAIWAN	NO
166	10	5	Oficial 49	RAFAEL PINEDA PONCE	NO
167	11	1	Oficial 50	CARLOS ROBERTO FLORES	NO
168	11	1	Privado-B 28	B. MACRIS	SI
169	11	2	Oficial 51	CANAÁN	NO
170	11	2	Privado-B 29	SAINT PATRICK'S ACADEMY	NO
171	11	3	Oficial 52	21 DE OCTUBRE	NO
172	11	3	Privado HH 88	JUAN CALVINO	NO
173	11	4	Privado HH 89	CERRO DE PLATA	SI
174	11	4	Oficial 53	JUAN RAMÓN MOLINA	SI
175	11	5	Privado HH 90	ENMA ROMERO DE CALLEJAS	NO
176	11	6	Privado HH 91	IBEROAMERICANO	NO

177	11	7	Privado HH 92	LICEO ESPAÑOL	SI
178	11	8	Privado HH 93	SENDEROS DE LUZ	SI
179	11	9	Privado HH 94	EVANGÉLICO VIRGINIA SAPP	SI
180	11	10	Privado HH 95	VICENTE VILLA SEÑOR	SI
181	11	11	Privado-B 30	LIVING WATER ACADEMY	NO
182	11	12	Privado HH 96	LEMPIRA	NO
183	11	13	Privado HH 97	INST. HONDUREÑO DE EDUC. POR RADIO (I.H.E.R.)	NO
184	11	14	Privado HH 98	SANTA MONICA	NO
185	11	15	Privado HH 99	EVANGELICO PENIEL	SI
186	11	16	Privado HH 100	INST. EVANGELICO CAMINO A EMAUS	NO
187	12	1	Oficial 54	POLIVALENTE JUAN RAMÓN MOLINA	NO
188	12	1	Privado HH 101	TECNICO SANTA MARIA	NO
189	12	2	Oficial 55	TÉCNICO TÁMARA	NO
190	12	3	Oficial 56	FRANCISCO MIRANDA	NO
191	12	4	Oficial 57	LUIS LANDA	NO
192	12	5	Oficial 58	ARMANDO FLORES CARÍAS	NO
193	13	1	Oficial 59	SAÚL ZELAYA JIMÉNEZ	SI
194	13	1	Privado-B 31	BIL. SCHOOL OF TOMARROW	NO
195	13	2	Privado HH 102	I. T. E.E. C.	SI
196	13	2	Oficial 60	RAMÓN VILLEDA MORALES	NO
197	13	3	Oficial 61	REINALDO NARVAÉZ R.	NO
198	13	3	Privado-B 32	DEL CAMPO INTERNATIONAL	SI
199	13	4	Privado HH 103	SAN AGUSTÍN	SI
200	13	4	Oficial 62	CENTRAL VICENTE CÁCERES	SI
201	13	5	Privado HH 104	MODELO	SI
202	13	5	Oficial-ISEMED 4	ISEMED (Central Vicente Cáceres)	NO
203	13	6	Privado HH 105	LICEO EVANG. CENTROAMERICANO	NO
204	13	7	Privado-B 33	SUMMER HILL SCHOOL	SI
205	13	8	Privado-B 34	THE KINGDON CHILDREN MINISTRIES	NO
206	13	9	Privado HH 106	15 DE SEPTIEMBRE	NO
207	13	10	Privado-B 35	SPRINGTOWN	NO
208	13	11	Privado-B 36	BIL. TALENTOS	NO
209	13	12	Privado-B 37	SN RIVEIROS SCHOOL	NO
210	14	1	Oficial 63	DESARROLLO SOSTENIBLE	NO
211	14	1	Privado HH 107	FRANCISCO PENZOTTI	NO
212	14	2	Oficial 64	SAN PABLO	NO
213	14	2	Privado HH 108	I.M.T.I.A.N.	NO
214	14	3	Oficial 65	CULTURA POPULAR	NO
215	14	4	Oficial 66	EL BOSQUE	NO

"El análisis de varianza (ANOVA) de un factor sirve para comparar varios grupos en una variable cuantitativa. Se trata, por tanto, de una generalización de la *Prueba T para dos muestras independientes* al caso de diseños con más de dos muestras.

A la variable categórica (nominal u ordinal) que define los grupos que deseamos comparar la llamamos *independiente* o *factor* y la representamos por VI. A la variable cuantitativa (de intervalo o razón) en la que deseamos comparar los grupos la llamamos *dependiente* y la representamos por VD" (SPSS, 2000, p. 233).

En el presente estudio se utilizó la ANOVA para comparar las tres categorías de IEM (Oficiales, Privados de Habla Hispana y Privados Bilingües) como VI, en base a diferentes aspectos de la gestión de sustancias químicas (VD), tales como: La tenencia de LACN, la variedad de SQP presentes en sus laboratorios, la presencia de equipos de seguridad, entre otros.

La hipótesis que se pone a prueba en el ANOVA de un factor es que las medias poblacionales (las medias de la VD en cada nivel de la VI) son iguales. Si las medias poblacionales son iguales, eso significa que los grupos no difieren en la VD y que, en consecuencia, la VI o factor es independiente de la VD.

La estrategia para poner a prueba la hipótesis de igualdad de medias consiste en obtener un estadístico, llamado *F,* que refleja el grado de parecido existente entre las medias que se están comparando. El numerador del estadístico *F* es una estimación de la varianza poblacional basada en la variabilidad existente entre las medias de cada grupo.

"Si el nivel crítico asociado al estadístico *F* (denotado en las tablas de salida del SPSS como sig.) es menor que 0,05, rechazaremos la hipótesis de igualdad de medias y concluiremos que no todas las medias poblacionales comparadas son iguales. En caso contrario, no podremos rechazar la hipótesis de igualdad y no podremos afirmar que los grupos comparados difieran en sus promedios poblacionales" (Perez, 2001, p. 228).

Durante la etapa de recolección de datos se emplearon los siguientes instrumentos:

Instrumentos de sondeo preliminar:

A-0 (6): Cuestionario semiestructurado para el sondeo de opinión de los docentes sobre el estado y gestión de SQP en los LCN de los IEM.

B-0 (6): Cuestionario semiestructurado, dirigida a los estudiantes de los IEM, con predominancia de preguntas abiertas, orientada a identificar aspectos relevantes para el estudio.

Instrumento para la discriminación de la población y muestra:

ET-1 (121): Encuesta telefónica, orientada a depurar la población en estudio y determinar la existencia de LACN, identificar las autoridades y la ubicación de los IEM.

Instrumentos centrales de investigación:

HO (62): Hoja de Observación, adaptada del instrumento de evaluación de sitios contaminados empleado por CESCCO y validado por el PNUMA y la SERNA.

A-1 (155): Cuestionario para docentes de Ciencias Naturales que laboraban en los IEM, orientado a medir la presencia y estado de los indicadores estudiados para cada variable y corroborar los datos obtenidos de la Hoja de Observación.

B-1 (465): Cuestionario para estudiantes de los IEM, orientado a medir la presencia y estado de los indicadores estudiados para cada variable y corroborar los datos obtenidos de la Hoja de Observación, así como la validación de la información recolectada con el cuestionario A-1 dirigido a docentes.

Estos últimos instrumentos (HO, A-1 y B-1), considerados como instrumentos centrales de investigación, son mostrados a continuación en su versión depurada, edita tras sus respectivas validaciones (véase sección 3.5.2.).

Cuestionario de Sondeo A-0

Orientado a: Profesores de Ciencias Naturales del DC

1. ¿Cómo se realiza en su instituto la **Adquisición** de sustancias químicas?

2. ¿Qué problemas presenta en su instituto el **Almacenamiento** de sustancias químicas?

3. ¿Cuáles son los problemas más frecuentes que se presentan al **Manejar** sustancias químicas?

4. ¿Existe algún tipo de **Tratamiento** de sustancias químicas para los residuos de las prácticas de laboratorio en su institución?

5. ¿Cómo **Eliminación** de sustancias químicas en su instituto (peligrosas o no)?

6. ¿Qué aspectos considera que son los que implican mayor **riesgo** durante las prácticas de laboratorio de su instituto?

7. Enumere las **medidas de seguridad** más importantes que son empleadas para evitar accidentes dentro de su institución:

8. Otros comentarios relevantes:

Cuestionario de Sondeo B-0

Orientado a: Estudiantes de Educación Media del DC

1. ¿Qué medidas de seguridad toma antes de **Manipular** una sustancia química durante las prácticas de laboratorio de su colegio?

2. ¿Conoce cómo identificar las sustancias químicas peligrosas de las "No Peligrosas"?

3. ¿Dónde **Desecha** las sustancias químicas después de usarlas en sus prácticas de laboratorio?

4. ¿Qué aspectos considera que son los que implican mayor **riesgo** durante las prácticas de laboratorio de su instituto?

5. Enumere las **medidas de seguridad** más importantes que son empleadas para evitar accidentes dentro de su institución:

6. ¿Qué sustancias químicas peligrosas considera que se encuentran en el laboratorio de su colegio y por qué?

7. Otros comentarios relevantes:

ENCUESTA ET-1

INSTRUCCIONES: Comunicarse directamente con el personal administrativo (Director, Subdirector, Secretario General o Encargado del Laboratorio), continuar la encuesta únicamente si las primeras dos preguntas resultan ser positivas.

Nombre del Instituto: _____

No. de Teléfono: _____

PREGUNTAS DE LA ENCUESTA TELEFÓNICA:

1. ¿Poseen laboratorio de Ciencias Naturales?..... SI □ NO □

2. ¿El laboratorio se encuentra en funcionamiento actualmente?..... SI □ NO □

3. ¿Tienen un encargado del laboratorio?..... SI □ NO □

4. ¿Cuál es el nombre de las autoridades?

   Director: _____

   Subdirector: _____

   Encargado de Laboratorio: _____

5. ¿Cuál es la dirección completa de su institución?

_____

_____

_____

NOTA: El llenado de este documento se realizó directamente en la lista de institutos proporcionada por la Secretaría de Educación.