

Sexta parte

Transdisciplinarietà y problemas complejos

La evolución de los problemas sociales antaño analizados desde las disciplinas científicas, pasaron a una suerte de problemas complejos que requieren el concurso de una interacción de métodos para ubicarlos en campos de conocimientos para abordarse de manera integral.

Por ejemplo la problemática medioambiental y la propia educación ambiental que ya incluye problemas culturales, debe investigarse desde un enfoque transdisciplinar porque eso es lo más aproximado a la compleja realidad.

Plan de manejo integral de los residuos peligrosos en el área de química de la División Académica de Ciencias Básicas de la UJAT

MORALES-BAUTISTA, Carlos Mario, BARRADAS-CAMPECHANO, Paolina, ALOR-CHÁVEZ, Maricela de Jesús, FRÍAS-MÁRQUEZ, Dora María

C. Morales´, P. Barradas´´, M. Alor´, D. Frías´

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco´, Gestión y Asesoría Jurídico Ambiental S.C.´´.
carlos.morales@ujat.mx

González - Hernández, María de los Ángeles, Domínguez - Basurto, Maribel, García-Durán, Atanasio. (eds.) *Educación Ambiental desde la Innovación, la Transdisciplinariedad e Interculturalidad*, Tópicos Selectos de Educación Ambiental-©ECORFAN-Veracruz, 2015.

Resumen

La preservación del medio ambiente también incluye a las instituciones de educación superior ya que esto es parte de las competencias a desarrollar en sus recursos humanos hacia el desarrollo sustentable. En materia de residuos, cada laboratorio debe de contar con un plan de manejo de los mismos. Implementar un plan de manejo de los residuos peligrosos permite reducir los efectos negativos que estos ocasionan a los ecosistemas y con ello evitar la exposición del ser humano a fin de prevenir los efectos nocivos sobre la salud. La educación ambiental tiene como base crear conciencia en una comunidad, en el caso de los estudiantes de química, tomar responsabilidad de los residuos que se generan. Tomando como referencia las NOM-052-SEMARNAT 2005 y la NOM-054-SEMARNAT-1995, se realizó el diagnóstico de generación de residuos peligrosos en los laboratorios de docencia en la División Académica de Ciencias Básicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DACB-UJAT) y se identificaron cuatro tipos con mayor volumen de generación: sólidos, acuosos, orgánicos y orgánicos halogenados. Conforme a lo anterior se planteó un plan de manejo integral de los mismos y algunas medidas de prevención que permitan la administración de estos y su disposición final dando cumplimiento a la normativa vigente en la materia ambiental.

Diagnóstico, residuos peligrosos, normas ambientales, salud.

Introducción

Un residuo peligroso o RP son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio (DOF, 2003). La preocupación por la salud pública y la estrecha relación que tiene con la exposición a los RP ha obligado a crear nuevas estrategias de prevención de contaminación del medio ambiente. Para el manejo adecuado de los residuos, es necesaria una infraestructura que facilite tomar las acciones necesarias sobre el almacenamiento y disposición final de los mismos (Beron & Decisión, 1983). El plan de manejo de los residuos abarca los procesos de generación, de manipulación, de acondicionamiento, de almacenamiento, de transporte, de nuevo almacenamiento y de destino o tratamiento final, todo ello sin causar impactos negativos ni al medio ambiente ni a los seres vivos, y de ser posible, con un costo económico. Los daños que se pueden ocasionar al medio ambiente y a la salud humana, y por tanto a los trabajadores, por la incorrecta gestión de los residuos peligrosos, son de una enorme importancia (Ortiz et al., 1987). Un plan de manejo es un instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno (Díaz-Barriga, 1996).

De los diversos residuos, los que requieren especial atención son los considerados como peligrosos, generados, en los laboratorios químicos y empresas del mismo giro.

La separación, almacenamiento y disposición final está fuertemente regulada, el reglamento en materia de residuos de la Ley General de Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente (LGEEPA) estipula que: “no está permitido verter al alcantarillado municipal, aguas nacionales, suelo y aire materiales o productos de uso doméstico, industrial, sanitario, tóxico, peligroso o radiactivo, sin antes cumplir con los límites máximos permisibles que marque las normas competentes, debido a esto, deben emplearse los mecanismos preparados para la recolección” (SEMARNAT, 2015). El no cumplir con lo marcado en la legislación, suele terminar en elevadas sanciones económicas (Carrizales et al.1999). La mayoría de los laboratorios de docencia en las instituciones de educación superior del estado de Tabasco no cuentan con un plan de manejo o gestión integral de sus residuos (Laines et al., 2008).

En este ámbito, los laboratorios de docencia de química de la División Académica de Ciencias Básicas de la UJAT (DACB-UJAT) hasta 2013 se atendía una matrícula de 100 estudiantes de licenciaturas en química, sin embargo, este mismo año se ofertó la licenciatura en químico fármaco biólogo incrementándose la matrícula has 450 estudiantes (Castellanos, 2014). Se observó que los RP de las reacciones realizadas en las prácticas diarias eran vertidos en el drenaje y en los recipientes destinados como contenedores de residuos sólidos urbanos (RSU). También se observó que los recipientes vacíos de reactivos no eran almacenados por compatibilidad.

Para establecer un plan de manejo que incluyera los mecanismos de almacenamiento, manejo y disposición final de los RP así como la correcta operación de los laboratorios de docencia, fue necesario realizar un diagnóstico para determinar qué tipo de residuos y estimar cuanto se generaban de cada uno de ellos, todo lo anterior con base en la NOM 052 SEMARNAT 2005 y la NOM 054 SEMARNAT-1993.

Metodología

De acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente define como materiales peligrosos a “los elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico representen un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico infecciosas como las sustancias químicas, líquidas o sólidas, resultantes de la actividad de los laboratorios que sean motivo de desecho y que supongan un riesgo para el entorno”. Esto significa que los residuos son parte del ciclo de vida de los materiales, y que ambos son peligrosos por que poseen las mismas características por lo tanto: El manejo inadecuado de los materiales y residuos peligrosos co lleva a impactos ambientales importantes al suelo, aire y agua, así como riesgos a la salud (Garfias y Ayala & Barojas, 1995).

La DACB-UJAT no cuenta con conexión al alcantarillado municipal, las descargas son destinadas a fosas sépticas con más de 20 años de operación. Se encontró que la cuenta con tres laboratorios de docencia y cuatro de investigación, los primeros están destinados a prácticas de todos los semestres de ambas licenciaturas y los segundos al desarrollo de tesis de licenciatura y posgrados en el área de sólidos, materiales, orgánica y ambiental. Los residuos generados en las prácticas diarias son llevados directamente a los contenedores de los sólidos urbanos o vertidos al drenaje. No se cuenta con un diagnóstico de los residuos que se generan pero existe una bitácora de los reactivos que se manejan en las prácticas. Díaz-Barriga (1996) y Carrizales et al. (1999) mencionan que algunos de los residuos generados en los laboratorios de química son considerados como peligrosos. Debido a la necesidad de saber la cantidad y el cómo realizar el manejo de los RP se realizó el diagnóstico de la generación de los residuos peligrosos durante un semestre del periodo Agosto 2014-Enero 2015 y se propuso un plan de manejo de aquellas sustancias químicas o materiales provenientes de los laboratorios.

El horario de atención dentro de los laboratorios es de 8 am a 6 pm y se realizan promedio 12 prácticas por semana. Estas prácticas se revisaron y se se pudieron identificar los reactivos y productos de reacción, posteriormente estos se clasificaron orientados en la NOM-052-SEMARNAT-2005 y el Anexo I de la NOM-054-SEMARNAT-1993. Por su naturaleza, compatibilidad y reactividad química, los residuos se pudieron agrupar en seis categorías, que fueron:

Grupo I: Halogenados. Se entiende por tales, los residuos líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halogenuro. Se trata de productos muy tóxicos e irritantes y, en algún caso, cancerígenos. Se incluyen en este grupo también las mezclas de disolventes halogenados y no halogenados, siempre que el contenido en halógenos de la mezcla sea superior al 2%.

Grupo II: No Halogenados. Se clasifican aquí los residuos líquidos orgánicos inflamables que contengan menos de un 2% en halógenos. Son productos inflamables y tóxicos y, entre ellos, se pueden citar los alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos. Es importante, dentro de este grupo, evitar mezclas de disolventes que sean inmiscibles ya que la aparición de fases diferentes dificulta el tratamiento posterior.

Grupo III: Acuosos. Este grupo corresponde a los residuos de soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos. Se trata de un grupo muy amplio y por eso es necesario establecer divisiones y subdivisiones, tal como se indica a continuación. Estas subdivisiones son necesarias ya sea para evitar reacciones de incompatibilidad, o por requerimiento de su tratamiento posterior: soluciones acuosas inorgánicas; soluciones acuosas básicas (hidróxido sódico, hidróxido potásico); soluciones acuosas de metales pesados (níquel, plata, cadmio, selenio, fijadores); soluciones acuosas de cromo VI; otras soluciones acuosas inorgánicas (reveladores, sulfatos, fosfatos, cloruros); soluciones acuosas orgánicas o de alta DQO; soluciones acuosas de colorantes; soluciones de fijadores (formol y glutaldehído); mezclas agua/disolvente (solventes de cromatografía, metanol/agua).

Grupo IV: Ácidos. Corresponden a este grupo los residuos líquidos de ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas concentradas (más del 10% en volumen). Debe tenerse en cuenta que su mezcla, en función de la composición y la concentración, puede producir alguna reacción química peligrosa con desprendimiento de gases tóxicos e incremento de temperatura. Para evitar este riesgo, antes de hacer mezclas de ácidos concentrados en un mismo envase, debe realizarse una prueba con pequeñas cantidades y, si no se observa reacción alguna, llevar a cabo la mezcla. En caso contrario, los ácidos se recogerán por separado.

Grupo V: Sólidos. Se clasifican en este grupo los residuos en estado sólido de naturaleza orgánica e inorgánica y el material desechable contaminado con productos químicos. No pertenecen a este grupo los reactivos puros caducados en estado sólido (grupo VI). Se establecieron los siguientes subgrupos de clasificación dentro del grupo de sólidos:

- a) Sólidos orgánicos. A este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza orgánica o los contaminados con productos químicos orgánicos, por ejemplo, carbón activado o gel de sílice impregnados con disolventes orgánicos.
- b) Sólidos inorgánicos. A este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza inorgánica.
- c) Material desechable contaminado. A este grupo pertenece el material contaminado con productos químicos.

Grupo VI: Especiales. A este grupo pertenecen los productos químicos, sólidos o líquidos, que, por su elevada peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los otros grupos, así como los reactivos puros obsoletos o caducados. Estos productos no deben mezclarse entre sí ni con residuos de los otros grupos. Es éste apartado se deben de incluir los residuos no identificados.

La cuantificación de los residuos peligrosos se basó en cada uno de los grupos anteriores y se realizó durante veinte y no a cinco días como generalmente se hacen los muestreos debido a que las prácticas no son el mismo número ni las mismas cada semana. En cada laboratorio se colocaron seis bidones de 20 L (12 en total y que anteriormente se empleaban como contenedores de agua destilada) uno para cada tipo de residuo, los cuales se etiquetaron con la leyenda correspondiente. Se instruyó a los docentes responsables de cada una de las asignaturas y a los técnicos académicos sobre la deposición de los residuos en los mismos y se implementó una bitácora de generación para cada laboratorio. Transcurridos los 20 días, los residuos fueron pesados en una balanza industrial de la empresa denominada Servicios Anticontaminación de Tabasco (SATAB) por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) la cual dio disposición final a los mismos

Resultados y diagnóstico de generación per cápita

En la tabla 1 muestra la cuantificación de residuos peligrosos para los laboratorios de docencia en la DACB-UJAT.

Tabla 1 Generación de RP en los laboratorios de docencia de la DACB-UJAT (20 días)

Grupo	Cantidad (kg)
I	94.5
II	81
III	49.5
IV	27
V	22.5
VI	22.5
Total	297

Considerando que 297 son para 20 días y que el tiempo efectivo de clases semestrales en ciclo largo a largo del año fue de 180 días y que en 2013 solo atendieron a 450 estudiantes, se clasifico a la DACB-UJAT como un gran generador con 2673 kg/año (DOF, 2003). Con la apertura de la licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo (Q F B) en septiembre del 2013 el número de estudiantes que usan los laboratorios de docencia aumento por lo que un diagnostico preliminar en 2012 colocaba a la División Académica como microgenerador ya que solo se atendía una matrícula de 100 estudiantes. Debido a que el plan de estudios de QFB es anual, a un mínimo de tres años y medio, se espera que la generación de RP para 2015 y 2016 sea creciente. Anualmente se reciben en promedio 300 alumnos en el área de química por que la matricula sin egresar para el 2016 se estima sea de más de 1000 alumnos duplicando la generación de RP a casi 5 Tn/año.

Los residuos especiales ocupan el mayor porcentaje de generación, esto se debió a que la mayoría de ellos eran reactivos caducos o productos de reacción existentes los cuales no estaban etiquetados o identificados. Lo que hace necesario la implementación de plan de compra de acuerdo al tipo y número de prácticas, etiquetar los reactivos caducos y la habilitación de un almacén temporal o sitio de transferencia de RP.

Los residuos orgánicos suman un total de 35%, los cuales son empleados en extracciones continuas y no continuas. Del total el 19% representa a los orgánicos halogenados considerados como cancerígenos, las normas ambientales han ido restringiendo su uso, por lo que es necesario buscar alternativas de reducción o sustitución de los mismos.

Los RP acuosos son productos que representan los residuos de reacciones de neutralización con colorantes y restos de mezclas etanol-agua empleadas en cromatografía, constituyen un mínimo de generación. Los residuos sólidos representan recipientes y bolsas vacías que contenían reactivos químicos.

El plan de manejo de reactivos y residuos peligrosos generados en los laboratorios de docencia se propuso de la siguiente manera:

1. Programa continuo de capacitación del personal académico en el manejo de residuos peligrosos.
2. Rutas alternas para la disposición final de los residuos peligrosos.
3. Se colocaron seis bidones de 20 L en cada laboratorio, con las indicaciones necesarias para el almacenaje de los residuos. Una vez llenos, estos son vaciados en tanques de mayor volumen para almacenar lo generado en todos los laboratorios para su posterior disposición final contratando a una empresa certificada.
4. Implementación de reacciones químicas en microescala (química verde)
5. En el caso de los ácidos y los sólidos se implementó un almacén temporal ordenado por compatibilidad química, el cual servirá como banco de reactivos que pueden reutilizarse.
6. Se dividieron los reactivos químicos en sólidos y líquidos posteriormente se ordenaron de acuerdo a la compatibilidad química e la NOM-018-STPS-2000.
7. Capacitación a cada técnico académico de laboratorio en el adecuado control de insumos y residuos mediante una bitácora y con ello se estime semestralmente el tiempo de arancel y la disponibilidad de cada uno de ellos. De este modo se tienen las bases para crear los mecanismos que permitan limitar la compra de reactivos
8. La disposición final por una empresa autorizada a los residuos que lo requieran e implementar su costo en el PFI.
9. Para establecer la generación per cápita en los laboratorios de investigación se implementó una bitácora de generación de residuos peligrosos para que se clasifiquen y se establezca el plan de manejo de los mismos.

Conclusiones

La revisión de prácticas de los laboratorios de docencia demuestra que se generan residuos peligrosos clasificados en seis grupos, de los cuales, los recipientes no etiquetados y los orgánicos halogenados son los de mayor porcentaje de generación. El diagnóstico de generación del 2014 y la proyección de 2016 clasifica a la DACB-UJAT como pequeño generador. Se implementaron medidas de prevención, almacenamiento y disposición final de los residuos peligrosos como parte del plan de manejo. Se establecieron medidas a largo plazo para desarrollar un plan de manejo que incluya toda la DACB-UJAT.

Con lo anterior se espera un manejo adecuado de los residuos desde su generación hasta su disposición, cumpliendo así con la normativa, permitiendo reducir los daños que se pueden ocasionar al medio ambiente y a la salud humana que se exponga a ellos.

Referencias

- Álvarez Cadavid, G. & Álvarez, G. (2012). Análisis de ambientes virtuales de aprendizaje desde una propuesta semiótico integral. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 14(2): 73-88
- Anaya, A. 2006. Diagnóstico de seguridad e higiene del trabajo listados de verificación basados en la normatividad mexicana. *e-Gnosis*, 4(3): 1-15.
- Beron, L.E. & Decisión, S.R.L. 1983. Manejo de residuos peligrosos. *Ingeniería química*, 5(24): 54-9.
- Castellanos Vargas V. 2014. Tercer Informe de Actividades de la DACBas. Tabasco, México: División Académica de Ciencias Básicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Carrizales, L.; Batres, L.; Ortiz, M.; Mejía, J.; Yáñez, L.; García, E.; Reyes H. & Díaz Barriga F. 1999. Efecto en salud asociados con la exposición a residuos peligrosos. *Scientiae Naturae*, 3: 5-28
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2003. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR). México, Distrito Federal.
- Díaz-Barriga, F. 1996. Los residuos peligrosos en México: evaluación del riesgo para la salud. *Salud Pública*; 38: 280-291.
- Garfias y Ayala, F.J. & Barojas Weber, L. 1995. Residuos peligrosos en México (p. 126). México: Instituto Nacional de Ecología, Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- INEGI. 2013. Catálogo único de claves de áreas geostatísticas estatales, municipales y localidades - consulta y descarga: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática de México. Consultado en 2015: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/catalogoclaves.aspx>
- Laines Canepa, J.R.; Goñi Arevalo, J.A.; Adams Schroeder, R.H. & Camacho Chiu, W. 2008. Mezclas con potencial coagulante para tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario. *Interciencia*, 33(1): 22-28.
- Ortiz Monasterio, F.; Cortinas de Nava, C. & Maffey García, M.L. 1987. Manejo de los desechos industriales peligrosos en México, D.F (p. 116). México: Universo Veintiuno.
- SEMARNAT. 2005. NOM-052-SEMARNAT-1993, que establece las características de los residuos peligrosos y el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado en 2015: <http://www.semarnat.gob.mx>
- SEMARNAT. 2013. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Consultado en 2015: <http://www.semarnat.gob.mx>
- SEDESOL. 1993. NOM-054-SEMARNAT-1993, que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la NOM-052-SEMARNAT-1993. Secretaria de Desarrollo Social. SEDESOL. Consultado en 2015: <http://www.semarnat.gob.mx>