



# Alternativa para la segregación de residuos químicos generados en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad del Cauca

Adriana Consuelo Mera Benavides<sup>1</sup> / Bárbara Andrade Vivas<sup>2</sup> / Mauricio Fernando Ortiz Sarria<sup>2</sup>

## *Alternative for the Segregation of Chemical Residues Generated in the Environmental and Sanitary Engineering Laboratory of the University of Cauca*

### RESUMEN

**Introducción.** Las Universidades que cuentan con laboratorios de análisis químico manejan, lógicamente, sustancias químicas y efectúan diversas operaciones que conllevan a la generación de residuos, en la mayoría de los casos peligrosos para la salud y el ambiente.

**Objetivo.** Realizar una adecuada segregación de los residuos generados en el laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad del Cauca.

**Materiales y métodos.** Para establecer una nueva alternativa de clasificación se realizaron varias actividades, entre ellas una amplia consulta bibliográfica, un análisis de experiencias, actividades desarrolladas en el laboratorio, claridad en el instante de la segregación, facilidad de recuperar y reutilizar los desechos, entre otras.

**Resultados.** La alternativa planteada clasifica y recolecta los desechos químicos en grupos, permitiendo su fácil recuperación y potencial reutilización facilitando, además, la identificación de residuos peligrosos y no peligrosos.

**Conclusión.** Con la aplicación de esta alternativa se han recuperado reactivos útiles como: sulfato de cobre, cromato de potasio, etanol, soluciones desinfectantes, soluciones salinas, soluciones ácido-base, dióxido de silicio, dióxido de manganeso y azufre.

**Palabras claves:** Residuos químicos. Clasificación. Etiquetado. Recuperación. Reutilización.

---

<sup>1</sup> Químico. Especialista en Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Docente de Ingeniería Ambiental, Universidad del Cauca / <sup>2</sup> Estudiante de Ingeniería Ambiental, Universidad del Cauca

Correspondencia: Adriana Consuelo Mera Benavides. e-mail: adrymera@hotmail.com

Fecha de recibo: 05/12/2007; fecha de aprobación: 19/07/2007

## ABSTRACT

**Introduction.** Universities with chemical analysis laboratories manage, of course, chemical substances and make diverse operations that generate residues which are, in most of the cases, dangerous for human health and the environment.

**Objective.** To achieve an adequate segregation of the residues generated in the Environmental and Sanitary Engineering laboratory of the University of the Cauca.

**Materials and methods.** In order to establish this new classification alternative, several activities were done, among them a wide bibliographical research and an analysis of experiences, activities developed in the laboratory, clarity in the moment of the segregation, easiness of recovering and reuse of waste, among others.

**Results.** the outlined alternative classifies and gathers the chemical waste inside the laboratory in groups and subgroups according to each practice or laboratory activity to be developed during the semester.

**Conclusion.** the outlined alternative allows gathering, in an appropriate way, the residuals generated in laboratory practices, allowing its easy recovery and potential reuse. It also facilitates to identify dangerous and not dangerous residues and, with the application of this alternative, several useful assets have been recovered such as: copper sulphate, potassium chromate, ethanol, disinfectant solutions, saline solutions, acid- base solutions, silicon dioxide, manganese, dioxide and sulphur.

**Key words:** Chemical waste. Classification. Recovery. Reuse. Reusing.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental causada por la generación de desechos peligrosos es un problema creciente y globalizado. La actividad industrial, minera y de otros tipos, ha descargado al ambiente un sinnúmero de sustancias peligrosas para los humanos y los recursos naturales. Los residuos peligrosos, una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente durante cientos de años. Además su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación.

A diferencia de otros contaminantes que pueden ser desintegrados en componentes inocuos a través de tratamientos químicos o térmicos, los metales, especialmente los pesados, no pueden ser destruidos.<sup>1</sup>

En los laboratorios de análisis químico se manejan sustancias químicas y se efectúan diversas operaciones que conllevan a la generación de residuos que, en la mayoría de los casos, son peligrosos para la salud y el ambiente. Aunque el volumen de residuos que se genera es relativamente más bajo en relación al proveniente del sector industrial, no por ello debe considerarse como un problema menor.<sup>2</sup>

Por lo anterior, unas adecuadas condiciones de trabajo en el laboratorio implican inevitablemente el control, tratamiento y eliminación de los residuos generados en el mismo, por lo que la fase de su segregación es un aspecto imprescindible en

la organización de cualquier laboratorio.<sup>3</sup> Esta fase se hace especialmente necesaria en nuestro país, debido a que en la mayoría de las instituciones educativas no se identifican ni se cuantifican los residuos químicos ni, mucho menos, se cuenta con sistemas para su tratamiento.

En el planteamiento de una alternativa de segregación es necesario incluir principios de producción más limpia (PML) y, como primera condición, deben considerarse la minimización o reducción de los residuos a generar y la sustitución de sustancias peligrosas por otras menos peligrosas para la salud y el ambiente. Además, es de gran importancia considerar que las técnicas analíticas son cada vez más sensibles, permitiendo utilizar menores cantidades de reactivos. Igualmente debe plantearse la posibilidad de recuperar y reutilizar los residuos dentro de las actividades realizadas en el laboratorio. Luego de analizadas y realizadas las etapas anteriores, debe considerarse como último paso en el ciclo de vida de cualquier sustancia su disposición final, específicamente para aquellos residuos que no puedan ser aprovechados después de realizar un minucioso análisis y ensayos de alternativas de tratamiento para lograr que sea posible aprovecharlos.<sup>4</sup>

A nivel mundial se presentan diferentes guías y reglamentos<sup>5-10</sup>, en los que la clasificación de los residuos químicos generados en laboratorios de análisis se encuentra basada en grupos donde se consideran las características fisicoquímicas de los productos, su peligrosidad y el destino final de los mismos. La mayoría de estos textos guías coincide en que una posible agrupación de residuos con características comunes puede ser la siguiente: metales pesados, ácidos, sales de metales pesados, bases, halogenados, disolventes, organometálicos, disolventes clorados, hidrocarburos y pesticidas.

La anterior clasificación se fundamenta en la compatibilidad química. Sin embargo se debe resaltar que esta clasificación genera mezclas en las que realizar un aprovechamiento se hace complicado, lo que constituye un aspecto fundamental para minimizar el impacto ambiental. Igualmente se aumentan los costos de tratamiento y/o disposición final, porque, al no aprovechar los residuos, los volúmenes serán más grandes. Cabe también destacar que si aquellos residuos químicos se mezclan de forma inadecuada, debido a un descuido, se podría presentar una reacción o varias reacciones en cadena peligrosas para todas las personas que laboran en los laboratorios, además de un desequilibrio ecológico.<sup>11</sup>

Por ello, y con el fin de lograr una correcta segregación de residuos generados en el laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, es necesario proponer una adecuada alternativa de separación de los mismos que garantice, en primer lugar, la seguridad de todo el personal relacionado con el laboratorio (docentes, investigadores, laboratoristas, estudiantes, etc.) y, en segundo lugar, que proporcione condiciones y técnicas para el tratamiento, y ante todo para una posible recuperación, aprovechamiento y/o disposición final de este tipo de residuos, contribuyendo con ello a propiciar un ambiente limpio y una mejor calidad de vida.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para establecer la clasificación de los residuos que a continuación se plantea, se realizaron las siguientes actividades previas:

- Amplia consulta bibliográfica de modelos de clasificación de desechos peligrosos a nivel mundial.
- Estudio de experiencias de clasificación de desechos desarrolladas en otros laboratorios, destacando su viabilidad y resultados obtenidos en el tiempo.<sup>12-13</sup>
- Se realizó un análisis de las actividades desarrolladas en el laboratorio y se consideraron todas las actividades de docencia, investigación y servicios externos, incluyendo, además, todas las materias primas empleadas en cada práctica de laboratorio, siguiendo su transformación y posibles subproductos al mezclarse con otros desechos.
- Consideración de las propiedades fisicoquímicas de cada residuo y posible tratamiento de los mismos. En este punto se consideró que la mezcla de residuos peligrosos con residuos no peligrosos trae como consecuencia que toda una mezcla se vuelva peligrosa, incrementando el volumen y aumentando por tanto el costo para eliminarla adecuadamente.

A partir de las actividades anteriores se establece que la mejor manera de evitar accidentes, lograr aprovechar los residuos y bajar los costos de tratamiento y disposición final es clasificar los residuos, primero por asignatura de laboratorio y, luego, recolectarlos por cada una de las prácticas o actividades realizadas en los diferentes procesos de docencia, investigación y de servicios desarrollados dentro del mismo laboratorio. Lo anterior garantiza conocer con certeza qué tipo de residuo contiene cada recipiente, manipulación en caso de accidentes y facilidad de tratamiento, posible recuperación y reutilización de estos residuos dentro o fuera del laboratorio. Se debe destacar que los residuos químicos generados en los laboratorios de análisis químico son por principio desechos peligrosos y no deberán arrojarse bajo ninguna circunstancia a desagües o alcantarillados, ni mucho menos a las basuras domésticas.

Propuesta la forma de clasificación de los desechos químicos en el laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria: se procedió a determinar el mejor material para el almacenamiento de los desechos. En este punto se tuvieron en cuenta aspectos como: resistencia, durabilidad, facilidad de transporte y economía de éste.

Lo más importante de esta alternativa es la claridad que deben tener todos los usuarios del laboratorio en el instante de la segregación, factor importante como etapa inicial para realizar una gestión integral, pues a que una inadecuada disposición por parte del generador dificultará el tratamiento de los desechos. Para ello se determinaron colores para las etiquetas, los cuales se escogieron por ser

llamativos y no causar confusión con otros sistemas de color. Igualmente se incluyeron pictogramas para la identificación del riesgo.

Los tratamientos a realizar a los desechos se determinaron teniendo en cuenta aspectos como: recuperación y aprovechamiento, costo del tratamiento, facilidad de aplicación y riesgos del procedimiento, entre otros.

Lista la alternativa se colocó en marcha, realizando semestre a semestre actividades para educar a la comunidad que diariamente utiliza el laboratorio.

## RESULTADOS

**Clasificación.** La alternativa planteada clasifica y recolecta los desechos químicos dentro del laboratorio en grupos y subgrupos. Los grupos principales para la recolección de los desechos químicos se encuentran clasificados primero por asignatura o actividad de laboratorio, las cuales se identifican por siglas. Esta clasificación se expone en la tabla I.

**Tabla I. Grupos principales para la segregación de los residuos químicos**

Grupo	Laboratorio	Siglas
I	QUÍMICA ANAL Química analítica	LA
II	Fisicoquímica	LF
III	Química sanitaria	LS
IV	Química ambiental	LM
V	Tesis y servicios externos	LTS
VI	Procesos unitarios	LPU
VII	Operaciones unitarias	LOU

Cada grupo principal de laboratorio a su vez se divide en subgrupos según las prácticas o actividades en el laboratorio a realizar durante el semestre, segregando por separado los residuos peligrosos y no peligrosos generados en cada una, división que será citada mas adelante.

### Mecánica de funcionamiento

**Envases.** Para el envasado, almacenamiento y correspondiente separación de los residuos, tanto sólidos como líquidos, se emplean recipientes plásticos (polietileno). El tamaño del recipiente depende de la cantidad generada de cada uno de los residuos, utilizándose preferencialmente de uno a dos litros. Los residuos líquidos se disponen en recipientes de boca angosta y los sólidos en recipientes de boca ancha (Foto 1).







**Etiquetado e identificación de envases.** Todos los envases se encuentran correctamente etiquetados, identificando claramente su contenido y acompañando

dos de un pictograma que indica si se trata de un residuo corrosivo, reactivo, tóxico y/o inflamable. Los pictogramas de identificación de riesgo para cada residuo generado que se citan en la tabla 2 fueron tomados de la clasificación que realiza la Comunidad Económica Europea.<sup>14</sup> Esta clasificación es utilizada como complemento para el almacenamiento de sustancias químicas en laboratorios o bodegas y en el etiquetado de los frascos o contenedores y es hecha en función de las propiedades fisicoquímicas, toxicologías, efecto en la salud y efecto sobre el ambiente que puedan causar las sustancias químicas manipuladas.

**Foto1. Envases utilizados en la segregación de los residuos químicos.**



**Tabla 2. Pictogramas utilizados para identificar la clase de riesgo**

Pictograma	Riesgo	Pictograma	Riesgo
	Corrosivo		Toxico
	Explosivo		Nocivo
	Comburente		Inflamable

Siguiendo con el proceso de clasificación, para las etiquetas se utilizan distintos colores que identifican y diferencian claramente a cada grupo principal (asignatura o actividad de laboratorio). En la tabla 3 se presentan los colores utilizados para las etiquetas.

**Tabla 3. Colores de las etiquetas para la identificación de los grupos principales**

Grupo	Laboratorio	Color de la etiqueta
I	Química analítica (LA)	Lila
II	Fisicoquímica (LF)	Azul claro
III	Química sanitaria (LS)	Rosado
IV	Química ambiental (LM)	Verde claro
V	Tesis y servicios externos (LTS)	Ocre
VI	Procesos unitarios (LPU)	Beige
VII	Operaciones unitarias (LOU)	Gris

Cada una de las etiquetas tienen dos letras mayúsculas que indican la asignatura (grupo principal) de laboratorio donde se generó el residuo, un número que proporciona la práctica o actividad (subgrupo) de laboratorio a la cual pertenece el residuo y un nombre que proporciona información sobre lo que contiene el recipiente. Cada recipiente tendrá una etiqueta y uno o varios pictogramas para su identificación, facilitándose con ello la correcta y adecuada segregación de los residuos.

En el ejemplo de la foto 2, las dos primeras letras y el color lila de la etiqueta indican que el residuo se generó en la asignatura "Laboratorio de Química Analítica", el número indica que el residuo pertenece a la práctica número 6 de dicha asignatura, el nombre sugiere que se trata de una mezcla de ácido sulfúrico concentrado con agua por tratarse de una solución y el pictograma significa que el residuo es de carácter CORROSIVO. En caso de un accidente su manejo se realizará de acuerdo con esta característica relevante, igual que su aprovechamiento, tratamiento y/o disposición final (Ver foto 2)

**Foto 2. Ejemplo de etiquetado e identificación de envases**



A continuación en la tabla 4 se cita la guía de segregación de todos los residuos que se van a generar durante el semestre en la asignatura “Laboratorio de Química Analítica”, la cual será entregada al inicio del periodo académico a cada uno de los estudiantes que cursarán dicha materia. Igualmente se impartirá una conferencia donde se capacitará por espacio de dos horas a los estudiantes de las diferentes asignaturas y actividades que se desarrollarán en el laboratorio durante todo el semestre en aspectos como riesgo, sustancias químicas y gestión de residuos químicos.

Como en el ejemplo de guía de segregación citada anteriormente, se elaboraron las demás guías para cada una de las asignaturas y actividades desarrolladas en el laboratorio.

## DISCUSIÓN

La alternativa de segregación planteada en este artículo ha permitido aplicar técnicas para la eliminación y/o recuperación de residuos químicos. Los procedimientos para el tratamiento o eliminación de residuos son varios, siendo en la actualidad los más utilizados: tratamientos físicos (evaporación, destilación, filtración), tratamientos químicos<sup>15</sup> (fotocatálisis, neutralización, precipitación) y otros como vertimiento directo o almacenamiento para otros usos. Los tratamientos citados se han aplicado para un 70% de los residuos. Para los residuos faltantes (30%) se están estudiando y probando otras posibles alternativas de tratamiento, aprovechamiento y/o disposición final.

La aplicación de esta nueva alternativa en el laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad del Cauca ha permitido la recuperación de reactivos como: sulfato de cobre, cromato de potasio, etanol, soluciones desinfectantes, soluciones salinas, soluciones ácido-base, dióxido de silicio, dióxido de manganeso y azufre.

El sulfato de cobre y el cromato de potasio, obtenidos por la técnica de evaporación, y el etanol utilizando destilación, son reactivos que han entrado a hacer parte nuevamente de los procesos del laboratorio. Las soluciones desinfectantes son entregadas al personal de servicios generales para que se utilicen en el aseo del edificio de ingenierías, las soluciones salinas van a ser utilizadas como parte de un proceso de compostaje y las soluciones ácido-base libres de indicadores se almacenan y se utilizan en otras prácticas o actividades de laboratorio, aumentando de esta manera su vida útil y evitando con ello la contaminación ambiental. El dióxido de silicio y el dióxido de manganeso, sólidos obtenidos de forma directa en las prácticas desarrolladas en el laboratorio, se van a utilizar como catalizadores en procesos de fotocatálisis heterogénea, los cuales se han venido empleando en el laboratorio para la desactivación de otros residuos químicos, específicamente para la degradación y mineralización de indicadores ácido-base como la fenolftaleína<sup>16</sup> y el naranja de metilo, y los metalocromos como el negro de ericromo T y la murexida.<sup>17</sup> El azufre, que se genera por precipitación y en cantidades relativamente elevadas, se ha venido almacenando para en un futuro,



mediante un proceso químico, físico o biológico, procesarlo y transformarlo en ácido sulfúrico, uno de los reactivos más utilizado en nuestro laboratorio.

**Tabla 4. Residuos químicos generados en la asignatura Laboratorio Química Analítica (LA) con los respectivos títulos de las etiquetas y características de riesgo.**

Número de práctica	Tipo de Desechos generados	Título en la Etiqueta	Características del desecho (Pictogramas)
1	No se generan	-	-
2	No se generan	-	-
3	Mezcla con indicador ácido-base	LA 3-Desechos estandarización de ácido Sulfúrico	-
	Mezcla con indicador ácido-base	LA 3-Desechos estandarización hidróxido de sodio	-
4	Solución ácida	LA 4 –Desechos solución de ácido sulfúrico	-
	Solución básica	LA 4 –Desechos solución de hidróxido de sodio	Corrosivo
	Mezcla ácida con indicador ácido-base	LA 4 – Desechos curvas de titulación	Corrosivo
5	Solución ácida	LA 5- Desechos vinagre	Corrosivo
	Mezcla con indicador ácido-base	LA 5- Desechos titulación de ácido acético	–
6	Solución neutra	LA 6 – Desechos solución de cloruro de sodio	–
	Mezcla con cromo	LA 6 - Desechos prueba blanco cloruros	Tóxico
	Mezcla con cromo	LA 6 – Desechos titulación muestra cloruros	Tóxico
7	Solución desinfectante	LA 7- Solución de hipoclorito	Corrosivo
	Mezcla ácida	LA 7- Desechos titulación de hipoclorito	Corrosivo
8	Solución básica	LA 8- Desechos solución cal	Corrosivo
	Mezcla básica con indicador metalocrómico	LA 8- Desechos titulación complejométrica	Corrosivo
9	No se generan	-	-
10	Solución ácida	LA 10 – Desechos de Ácido Clorhídrico	Corrosivo
11	Mezcla básica con indicador metalocrómico	LA 11- Desechos titulación con murexida	Corrosivo
	Mezcla básica con indicador metalocrómico	LA 11- Desechos titulación con negro de eriocromo T	Corrosivo
12	Mezcla neutra con colorante orgánico	LA 12 – Desechos azul de metileno	–
	Solución neutra	LA 12 – Desechos de permanganato de potasio	Nocivo - Inflamable

Es importante resaltar que esta alternativa de segregación permite aplicar tratamientos relativamente sencillos y de bajo costo. Por ejemplo en la práctica número 6, desarrollada en la asignatura “Laboratorio de Físicoquímica” (LF), los estudiantes determinan el cambio de entalpía a partir de los datos obtenidos en un calorímetro y aplican la ley de Hess para calcular el cambio de entalpía en los procesos de pentahidratación y disolución del sulfato de cobre. Para alcanzar los objetivos de la práctica, se utilizan dos sales: sulfato de cobre anhidro y pentahidratado, cada una de las sales se coloca en un calorímetro, se adicionan aproximadamente 50 g de agua, se cierra el calorímetro, se agita la mezcla (sal-agua) y se determina la temperatura de equilibrio en el sistema. Cada grupo de laboratorio realiza este procedimiento por triplicado. En el semestre se utilizan aproximadamente 150 g de sulfato de cobre anhidro y 250 g de sulfato de cobre pentahidratado y para los dos casos el residuo químico obtenido es una solución de agua, en la que se encuentra disuelto el sulfato de cobre.

Este residuo se recolecta en un recipiente según la clasificación de segregación citada. Posteriormente se pasa a vasos de boca ancha, los cuales son cubiertos con servilletas (ver foto 3) y se deja que la mayor cantidad de agua se evapore a temperatura ambiente. El agua que no se lograra evaporar de esta manera, se retira mediante el uso de una estufa. El sólido obtenido, que es la sal de sulfato de cobre pentahidratado, se divide en dos partes, una se guarda y la otra se somete a calentamiento a una temperatura entre 100-105 °C por espacio de dos horas, para obtener el sulfato de cobre anhidro. Es así entonces como las sales se incorporan nuevamente a la misma práctica de laboratorio una y otra vez.

Es importante resaltar que, para elegir el tratamiento o procedimiento más adecuado para el aprovechamiento o correcta disposición de los residuos generados en un laboratorio, se deben considerar algunos aspectos como:

- Volumen de los residuos generados
- Periodicidad de generación
- Posibilidad de recuperación, reciclado o reutilización
- Costo del tratamiento o tratamientos
- Tiempo máximo de almacenamiento

Todos estos factores combinados deberán ser convenientemente valorados con el objeto de optar por un modelo de aprovechamiento, tratamiento y/o disposición final de residuos adecuado y concreto.<sup>18</sup>

Se debe destacar que la sensibilización, educación y participación activa de toda la comunidad relacionada con el laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria ha sido un aspecto fundamental en el éxito de la aplicación de esta gestión realizada a los residuos químicos, actividad básica que ha permitido obtener resultados satisfactorios hasta la fecha.

**Foto 3. Evaporación de los desechos de sulfato de cobre a temperatura ambiente**



## CONCLUSIONES

La alternativa de segregación para los desechos químicos planteada en este artículo permite recolectar de manera adecuada los residuos generados en las diferentes prácticas y actividades desarrolladas en el laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad del Cauca, facilitando el tratamiento de los desechos, su potencial recuperación y su reutilización y/o eliminación.

Esta alternativa ha permitido clasificar los diferentes desechos generados en las prácticas y actividades desarrolladas en el laboratorio de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, identificando claramente con ello los residuos peligrosos y los no peligrosos.

Con la aplicación de esta alternativa se han recuperado reactivos útiles, como sulfato de cobre anhidro y pentahidratado, cromato de potasio, etanol, soluciones desinfectantes, soluciones salinas, soluciones ácido-base, dióxido de silicio, dióxido de manganeso y azufre, a partir de la utilización de diversas técnicas fisicoquímicas.

Esta alternativa de segregación puede servir como una guía de sistematización para la clasificación y etiquetado de los residuos generados en los laboratorios, considerándose también como la primera fase para la construcción de un manual que permita el manejo de residuos químicos.

Es importante destacar que a pesar de realizar campañas de educación, información y modificación de guías de laboratorio para clasificación y reducción de desechos, siempre en cada análisis químico experimental se va a generar residuos, los cuales deben ser tratados y/o dispuestos adecuadamente.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todos los miembros del consejo de la Vicerrectoría de Cultura y Bienestar de la Universidad del Cauca, especialmente al Doctor Mauricio Vega Zafrané, por creer en el grupo GIRP desde el primer instante y por el gran apoyo brindado de manera incondicional.

A las directivas, docentes y laboratoristas del departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria (Facultad de Ingeniería Civil, Universidad del Cauca) por proporcionarnos las herramientas para crecer día a día como grupo de investigación.

Al docente Luís Alfonso Vargas del departamento de Química de la Universidad del Cauca, por las sugerencias realizadas a esta alternativa y por su colaboración en todas las actividades realizadas por el grupo GIRP dentro y fuera de nuestra institución.

A cada uno de los 19 miembros del grupo GIRP que han permitido a diario convertir una idea, inicialmente de tres personas, en una realidad tangible.

## REFERENCIAS

1. AGUILAR RUIZ, Graciela; SÁNCHEZ FERNÁNDEZ, José Manuel y RODRÍGUEZ VÁZQUEZ, Refugio. Residuos peligrosos: Preocupante contaminación. En: Avance y Perspectiva. Vol. 20 (may.-jun. 2001); p. 151-158.
2. LÓPEZ GALÁN, Jorge Enrique. Guía práctica para tratamiento de desechos de los análisis de DQO. Santiago de Cali: Universidad del Valle, 2004. 30 p.
3. HERRERA Z., Leandro. Procesos de neutralización de residuos industriales líquidos. [online]. Santiago: Universidad de Chile, Octubre, 2000. [Citado julio 2007]. URL disponible en: [http://www.cec.uchile.cl/~leherrer/iq651/Apuntes1/Fisicoqapu01.htm#\\_Toc493666874](http://www.cec.uchile.cl/~leherrer/iq651/Apuntes1/Fisicoqapu01.htm#_Toc493666874)
4. COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO. Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos. [online]. Bogotá: El ministerio, Diciembre, 2005. [Citado julio 2007]. URL disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documento/politica\\_resid\\_pel.pdf](http://www.minambiente.gov.co/admin/contenido/documento/politica_resid_pel.pdf).
5. BENAVIDES, Livia. Guía para la definición y clasificación de residuos peligrosos. [online]. Washington : Organización Panamericana de la Salud, 2007. [Citado junio de 2007] URL disponible en: <http://www.cepis.opsoms.org/cdromrep86/fulltexts/eswww/fulltext/gtz/declarp/guiares.html>.
6. UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN. Reglamento de manejo de residuos peligrosos. [online]. Concepción, Chile: Universidad de Concepción: 1998. [Citado julio de 2007]. URL disponible en: <http://www2.udec.cl/sqrt/reglamento/reglresiduos.html>.
7. UNIVERSIDAD DE SEVILLA. Residuos de laboratorio. [online]. Sevilla: Universidad de Sevilla, Unidad del Medio Ambiente, Octubre 2002. [Citado julio de 2007].

URL disponible en: [http://www.forpas.us.es/uma/pdf/RESIDUOS%20\(RES-MAN\) manual%20b%C3%A1sico.pdf](http://www.forpas.us.es/uma/pdf/RESIDUOS%20(RES-MAN) manual%20b%C3%A1sico.pdf)

8. ESPAÑA. INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO DEL MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. NTP 480: Gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación. [online]. Madrid: El Instituto, 2003. [Citado julio de 2007]. URL disponible en: <http://www.ugr.unsl.edu.ar/normas/GESTION%20DE%20RESIDUOS.doc>
9. PALACIO SOSA, Alyn Mariana. Residuos Peligrosos. Boletín de la Academia General de Biología. [online]. Cuernavaca: Campus Tres Marías, 28, Abril, 2004, No. 8. [Citado julio de 2007]. Disponible en: [http://www.cib.uaem.mx/agebiol/bol\\_abril2004.htm](http://www.cib.uaem.mx/agebiol/bol_abril2004.htm)
10. BLÁZQUEZ VICENTE, Sonia. Residuos de laboratorio. [online]. Alicante: Universidad de Alicante, 26 de junio de 2004. [Citado junio 2007]. URL disponible en: <http://www.ua.es/es/servicios/residuos/index.html>
11. ESPAÑA. MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. NTP 359: Seguridad en el laboratorio: gestión de residuos tóxicos y peligrosos en pequeñas cantidades. [online]. Madrid: El ministerio, 2003. [Citado junio 2007]. URL disponible en: [http://www.mtas.es/insh/ntp/ntp\\_359.htm](http://www.mtas.es/insh/ntp/ntp_359.htm)
12. ARGOTI, Juan Carlos; GIL, Julio Cesar y HERNÁNDEZ, Fernando. Agenda de Información. Popayán: Comité de desactivación de Residuos Departamento de Química Universidad del Cauca. R-626 del 2005. Popayán : Universidad del Cauca, 2005. 7 p.
13. CAMARGO MILLAN, Gloria, et al. Plan de manejo de Los residuos químicos generados en las prácticas de laboratorio de la Escuela de Ciencias Químicas de la UPTC. [CD-ROOM]. En: Viii Encuentro Nacional Y li Internacional De Semilleros de Investigación (Octubre : 2005 : Pasto). Pasto-Nariño: Publicaciones Animar, 2005. [Memorias en CD-ROM].
14. CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA CVC. Guía de manejo para productos químicos y sus residuos. Santiago de Cali: CVC, 2005. 58 p.
15. STAEDTER, Helmut. Memorias Seminario "Sustancias Tóxicas y Peligrosas". [CD-ROM]. Medellín: UTP, 2005. [Memorias en CD-ROM].
16. CASTRO, Brenda Astrid; HUETIO, Viviana Andrea y MERA, Adriana. Fotocatálisis heterogénea para el tratamiento de desechos líquidos con presencia de fenoltaleína generada en los laboratorios de análisis químico de la Universidad del Cauca. Popayán, 2006. 150p. Trabajo de grado (Ingeniería Ambiental). Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria.
17. BAQUERO, Isabel; MERA, Adriana y STERLING, Adriana. Acople fotocatalítico - biológico para el tratamiento de desechos complejométricos. Popayán, 2007. 35p. Trabajo de grado (Ingeniería Ambiental). Universidad del Cauca. Facultad de Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería Ambiental y Sanitaria.
18. ESPAÑA .MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. NTP 276: Eliminación de residuos en el laboratorio: procedimientos generales. Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo del. [online]. Madrid: El ministerio, 2003. [Citado junio 2007]. URL disponible en: [http://www.mtas.es/insh/ntp/ntp\\_276.htm](http://www.mtas.es/insh/ntp/ntp_276.htm)