

MODELO CONCEPTUAL DE UN SUELO POTENCIALMENTE CONTAMINADO CON DESECHOS DE UNA INDUSTRIA PAPELERA

Polo Mirna⁽¹⁾ **Martínez Yadira**⁽²⁾

⁽¹⁾ Postgrado en Ingeniería, área ambiente, uc. *mpolopa@hotmail.com*

⁽²⁾ Laboratorio Investigación y Tecnología de suelos y ambiente, uc. *yadiram20@gmail.com*

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue desarrollar un modelo conceptual para un suelo potencialmente contaminado por desechos de una industria papelera, y contar así con una herramienta que facilite la identificación y evaluación de riesgo para su uso futuro residencial e industrial. Mediante el modelo se determinaron las fuentes y tipos de contaminantes; vías y rutas de exposición; receptores humanos y ecológicos y factores del medio que inciden en el transporte y transformación de contaminantes. La investigación es documental y de campo, a través de observación directa, uso de sistemas de información geográfica, recopilación y análisis de documentos legales, históricos, y datos secundarios. Se concluye que es necesario implementar un plan de caracterización que en los desechos incluya dioxinas, pruebas de toxicidad, corrosividad, metales como Aluminio y Zinc; y en el suelo dioxinas a fin de determinar necesidades de evaluación de riesgos y acciones de recuperación ambiental.

Palabras claves: contaminantes, desechos, evaluación de riesgo, papelera, vías y rutas de exposición.

INTRODUCCIÓN

Históricamente el suelo ha sido receptor de sustancias químicas y/o desechos peligrosos generados en actividades industriales y comerciales realizadas en el pasado y/o presente, que ha puesto en riesgo la salud pública y los receptores ecológicos. Ello ha conllevado al desarrollo de legislaciones para la protección de este recurso. Lagrega y cols. (1996) señalan que los terrenos abandonados y contaminados por residuos peligrosos en Estados Unidos en los años 1980, motivó la creación de la ley general de compensación y responsabilidades de reacción medioambiental (CERCLA) que dio lugar a la creación del denominado "Superfund" para mejorar, restaurar y limpiar sitios contaminados. También países de la Unión Europea se han visto afectados por la presencia de terrenos contaminados, considerándose a la contaminación como uno de los ocho principales procesos de degradación que afectan a los suelos, de esta forma el Parlamento Europeo establece la propuesta para la protección del suelo y se modifica la Directiva 2004/35/ce la cual señala la necesidad de contar con un inventario de terrenos contaminados y el desarrollo de una estrategia nacional para su rehabilitación a fin de preservar y manejar los suelos de manera sostenible y mantener así su capacidad de uso con fines ecológicos, económicos y sociales, y sus funciones para las generaciones futuras (Comisión de las Comunidades Europeas, 2006). La Agencia Ambiental de Estados Unidos (EPA) para determinar áreas que requieren atención Federal para remediación de suelos cuyo uso futuro es residencial, recomienda se realice el estudio específico del sitio, determinando superficies afectadas, tipos de contaminantes y niveles de riesgos de exposición de los

receptores humanos y ecológicos. Señala que ello debe comprender un proceso paso a paso que contemple el desarrollo de modelos conceptuales, cálculo de niveles referenciales de contaminantes en diferentes escenarios de uso del suelo, definición de colección de datos, muestreo en campo, análisis de laboratorio, comparación de niveles de contaminantes estudiados con los calculados y determinación de áreas que requieren un estudio más profundo de la contaminación. El uso de modelos conceptuales como herramientas en el proceso de planeamiento de estudio de suelos, conlleva a ilustrar la fuente u origen del contaminante, mecanismo de transporte y transformación, vías y rutas de exposición y potenciales receptores. Su desarrollo contempla varias fases como el levantamiento de data histórica del sitio, que puede incluir muestreos realizados a contaminantes, mapas, fotografías aéreas, planos de planta, información de fuentes de residuos y acciones de remediación implementadas. Así mismo requiere de información sobre geología, hidrogeología, clima, hidrografía y uso generalizado del suelo. También debe incluir su construcción gráfica que ilustre todos los elementos del modelo (EPA, 1996). Cabe destacar que se han desarrollado modelos conceptuales en sitios militares con materiales peligrosos y explosivos que pueden contaminar el suelo (U.S Department of the Army, 2003). Otro ejemplo es Nueva Jersey con un modelo conceptual para la Unidad Operable 4 (OU4) en el sitio cornell-dubilier electronics, a objeto de identificar y evaluar el riesgo para el programa Superfondo (EPA, 2006). Con respecto a los niveles de contaminantes en suelo, en el año 1996, la EPA señala éstos deben estar en un spectrum, el cual debe ser usado para la identificación y manejo de riesgo de los receptores humanos y ecológicos y la probabilidad del daño a los mismos dependerá de su exposición a los niveles de contaminantes presentes. La selección de niveles referenciales de contaminantes en suelos para uso futuro residencial, se llevó a cabo primeramente en 1996 a través de ecuaciones relacionadas a rutas de exposición por ingestión de suelo y por la vía de ingestión de agua contaminada debido a migración de contaminantes hacia el acuífero. Más tarde la EPA incorpora una guía complementaria donde incluye nuevos escenarios con criterios para uso comercial e industrial y para la construcción (EPA, 2000). En el caso de la Unión Europea países como España han fijado criterios y niveles de referencia de contaminantes en suelos (Real Decreto 9/2005), mientras que en la Comunidad Autónoma de Galicia se estableció en el Decreto 60/2009 el procedimiento para declararlo como contaminado. Con respecto al muestreo de suelo, se recomienda como primer paso la revisión histórica de las operaciones del sitio, de los procesos químicos, materias primas usadas, productos obtenidos, residuos generados y prácticas de disposición, lo cual proporcionara pistas para diagnosticar la contaminación (EPA, 1995). La propuesta de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco para la protección del suelo y se modifica la Directiva 2004/35/Ce, ha planteado que para facilitar la identificación de los terrenos contaminados es necesario confeccionar una lista común de las actividades que tienen un potencial significativo de generar contaminación del suelo. España en el Real Decreto 9/2005 ha incluido la fabricación de pasta papelera, papel y cartón entre este tipo de actividades. En Venezuela, las empresas papeleras se instalaron sin tecnología para reciclar el licor negro, descargándolo directamente al suelo generando daños al ambiente. Este licor lo define la EPA como sustancias cáusticas gastadas de la industria Kraft con características corrosivas que puede regenerarse (EPA, 40CFR 261) en caso de ser descartado y no reciclado puede constituirse en un residuo peligroso. Por otra parte tampoco se ha utilizado

tecnologías limpias para el blanqueo de la pulpa, descargándose efluentes industriales con compuestos tóxicos organoclorados. En Venezuela los Decretos 883 y 2635 para vertidos a cuerpos de agua y manejo de desechos peligrosos respectivamente se aplican a todas las industrias por igual a diferencia de países como EE.UU y Canadá que han impuesto límites de descargas en los efluentes de industrias papeleras en función al proceso utilizado, y han establecido la unidad de medida AOX para los Haluros Orgánicos Absorbible (EPA, 40CFR 430). En el caso estudio se descargó licor negro y efluentes industriales, utilizando un sistema de tratamiento ineficiente, que generó subproducto de éstos. En este sentido este trabajo está dirigido a realizar un modelo conceptual para un suelo en una empresa papelera ubicada en la zona costera de Venezuela correspondiente al Estado Carabobo, como fase necesaria para ahondar en los estudios de contaminación del lugar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis del estudio se realizó a través de revisión bibliográfica de normativas ambientales nacionales e internacionales; análisis de documentos históricos aportados por la industria papelera; datos secundarios de caracterizaciones de efluentes; visitas al sitio (área de emplazamiento industrial); diario de campo, lista de chequeo; cámaras fotográficas; y uso de sistemas de información geográfica con ArcGIS 9.2, ArcView 3.2 y Autocad 5 con base cartográfica a escalas 1:25000 y 1:50.000 en Datum Canoa y Regven y ortofotomapas e imágenes satelitales de Google Earth.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como paso inicial del modelo se estudió la fuente primaria de contaminación determinándose que los procesos que dieron origen a los desechos de la industria papelera fueron por una parte la producción de pulpa, la cual utilizó Hidróxido de Sodio (NaOH) para extraer la lignina de las fibras de celulosa del bagazo de caña e Hipoclorito de sodio y cloro para el blanqueo de la misma; y por otra parte la obtención de papel y cartón que uso pulpa fabricada a partir de bagazo de caña, pulpa fabricada con material reciclado y pulpa importada. Para ello se utilizaron cinco (5) máquinas papeleras agregando los aditivos necesarios para alcanzar las especificaciones del producto final. Estos procesos dieron origen al licor negro y efluentes industriales de pulpa y de máquinas papeleras. Como fuente secundaria de contaminación se identificó las infraestructuras utilizadas para tratar inicialmente el licor negro y los efluentes industriales, las cuales consistieron en una fosa para la estabilización del pH y temperatura, un sedimentador para efluente de pulpa y dos (2) clarificadores para efluentes de las máquinas papeleras. La fuente terciaria de contaminación se corresponde con los sistemas de tratamientos biológicos aplicados a las emisiones, que en el caso del licor negro la conformaron dos (2) lagunas de oxidación en serie y para los efluentes industriales cinco (5) lagunas de oxidación. (Figura 1). Se estableció como contaminantes primarios el licor negro antes de descargarse en la fosa de estabilización, y los efluentes de pulpa y de máquinas papeleras sin tratar; como contaminantes secundarios el licor negro a la salida de la fosa de estabilización, los efluentes de pulpa tratados a la salida del sedimentador con subproductos sedimentables, y los efluentes de máquinas papeleras tratados con lodos subproductos del tratamiento. Como contaminantes terciarios se identificó los residuos provenientes de la mezcla de licor negro con lodos dragados del sedimentador y lodos de los clarificadores presentes en las lagunas

de tratamiento biológico del licor; así como los efluentes contenidos en las cinco (5) lagunas de oxidación (Figura 1). Cabe destacar que caracterizaciones realizadas al licor negro durante cuatro (4) años consecutivos muestran elevados valores de color, sólidos suspendidos, DBO₅, DQO y pH lo cual indica es un líquido poco degradable y puede ser corrosivo (Cuadro 1). Estos resultados son comparables con los reportados en monitoreos del programa de producción de compuestos de alto volumen, donde el pH está en rangos de 11.5 to 13 y el mismo se caracteriza por ser poco degradable (The American Forest & Paper Association HPV Work Group, 2003).

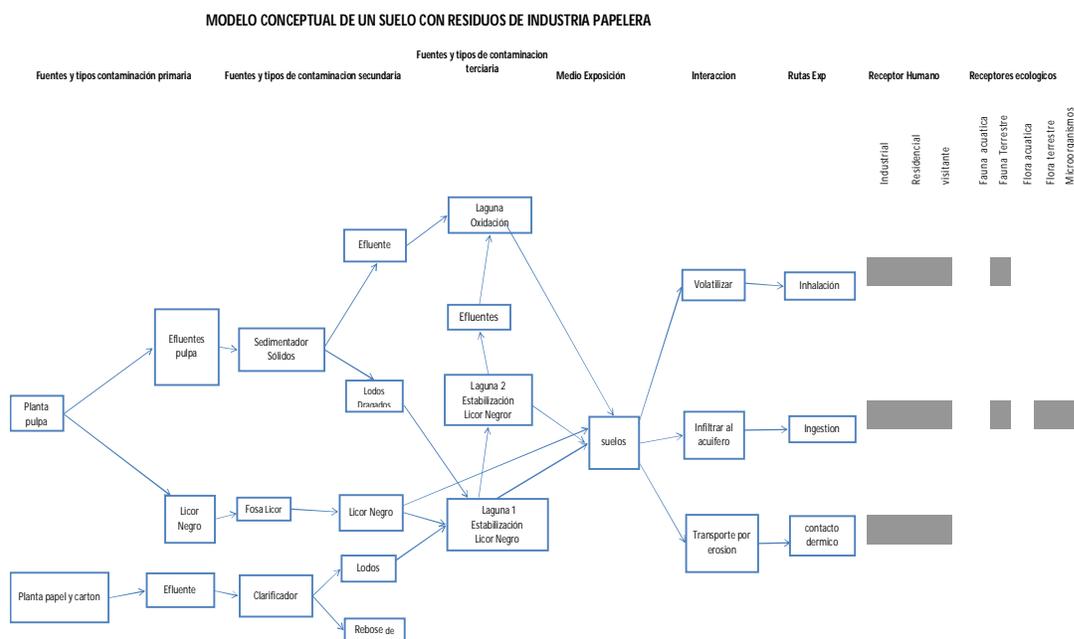


Figura 1: Modelo conceptual de la potencial contaminación de un suelo por desechos de una industria papelera

Cuadro 1: Caracterización del licor negro en fosa de estabilización para un periodo de cuatro años

Parámetro	Unidad medida	Rango de valor de los parámetros	Promedio de valor de los parámetros
DQO	mg/l	26440 a 67840	45993
DBO ₅	mg/l	4050 a 12982	8475,5
Color	Unidades de Pt/Co	2.500 a 75.000	30.312
pH	Adimensional	10.8 a 12.75	11,79
Sol. Suspendidos	mg/ L	1350 a 2730	2296
Nitrógeno	mg/ L	3,84 a 71,13	51,35
Fósforo	mg/L	3,37 a 9,88	7,82
Aluminio	mg/L	6,3 a 33,52	9,55

Fuente: Datos secundarios aportados por la industria venezolana endógena de papel

En relación a las características ecológicas del área de emplazamiento de la industria papelerera, en la cuenca del mar caribe del estado Carabobo, la geología se corresponde con una formación (Qal) con depósitos conformados por areniscas, arcillas, limos y gravas. Los suelos son subclases IVds, IVse y VIes siendo importante destacar que existen problemas de drenajes y de erosión, así mismo la capacidad amortiguadora (buffer) e intercambio catiónico del mismo afectarán la transformación de contaminantes, pudiendo existir la volatilización y transporte por erosión. En el caso de la hidrografía, existen cursos de agua que atraviesan el sitio para descargar al mar lo cuales son un medio de exposición de contaminantes. Con respecto al uso de suelo existen instalaciones industriales, acueductos, viviendas, áreas con vegetación natural, áreas claras sin vegetación, ciénagas y/o lagunas naturales y áreas misceláneas, lo cual indica que los receptores humanos lo conforman la población de trabajadores de la industria, los habitantes y visitantes en las áreas urbanas dentro del sitio; así mismo los receptores ecológicos son los ecosistemas acuáticos y terrestres presentes. Las rutas de exposición relacionadas al suelo son la ingestión, inhalación y contacto dérmico de los receptores con los contaminantes.

CONCLUSIÓN

Mediante la aplicación del modelo conceptual, se determinaron las fuentes y tipos de contaminantes. Las caracterizaciones realizadas por la industria muestran que el licor negro es un compuesto poco degradable con alto valores de pH el cual puede ser corrosivo. La mezcla del licor negro, efluentes y lodos industriales y sólidos sedimentados de efluentes del blanqueo requiere ser estudiada para su tratamiento. Así mismo el uso de cloro en el blanqueo de la pulpa constituye una posible fuente de dioxinas en el suelo, pudiendo ocurrir procesos como el transporte de contaminantes por erosión. Así mismo los receptores humanos y ecológicos pueden estar expuestos a los contaminantes presentes en los desechos y en el suelo por las vías de inhalación, ingestión y contacto dérmico. Se concluye que es necesario implementar un plan de caracterización para los desechos que incluya dioxinas, pruebas de toxicidad, corrosividad, metales como Aluminio y Zinc; y en el suelo determinar dioxinas a fin de evaluar riesgos y tomar acciones de recuperación ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Comisión de las Comunidades Europeas. (2006). Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco para Protección del Suelo y se modifica la Directiva 2004/35/ce Bruselas. 2006/0086 (COD). [Transcripción en línea]. Disponible: <http://www.eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:143.pdf>. [Consulta: 2010, Octubre 01]
- Decreto 60/2009 (2009). Sobre suelos potencialmente contaminados y procedimiento para la Declaración de suelos contaminados. Diario Oficial de Galicia 5920 N° 57. [Transcripción en línea]. Disponible: www.redesostible.net/img/lexislacion/Ddgosolocontaminados.pdf. [Consulta: 2010, marzo 20]
- Environmental Protection Agency (1995). Superfund Program Representative Sampling Guidance. Office of Emergency and Remedial Response. Office of Solid Waste and Emergency Response. Volume 4: Waste). [Documento en línea]. Disponible: http://www.cluorg/download/char/SF_Rep_Samp_Guid_waste.pdf. [Consulta: Noviembre 2010, marzo 23]

- Environmental Protection Agency. (1996). Soil Screening Guidance: User's Guide. Second Edition. Office of Emergency and Remedial Response. U.S. May 1996. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.epa.gov/superfund/resources/soil/ssg496.pdf>. [Consulta: 2010, Noviembre 04]
- Environmental Protection Agency (s,f) Part 430--the pulp, paper, and paperboard point source category. Code of Federal Regulations: Retrieve by CFR Citation. [Transcripción en línea]. Disponible: http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_03/40cfr430_03.html. [Consulta: 2010, mayo 19]
- Environmental Protection Agency (2006). Preliminary conceptual site model for operable unit 4 of the cornell-dubilier electronics superfund site South Plainfield middlesex county, New Jersey. [Documento en línea] Disponible: www.triadcentral.org/ref/ref/CSM_Report_5-06_v03.pdf. [Consulta: 2010, Abril 20]
- Environmental Protection Agency (1985) 40 CFR parts 260, 261, 264, 265 and 266. Hazardous Waste Management System: Definition of solid waste). Federal Register (1992) Part II (Vol. 50 N°. 3) National Service Center for Environmental publications (NSCEP). [Transcripción en línea]. Disponible: <http://www.epa.gov/osw/hazard/dsw/fedreg/50fr61401041985.pdf>. [Consulta: 2010, mayo 19]
- LaGrega, M., Buckingham P., Evans J. (1996). *Gestión de Residuos Tóxicos. Tratamiento, eliminación y recuperación de suelos*. Editora McGraw-Hill. España. Traducido de la primera edición en Inglés de Hazardous waste manamegent
- Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. (Decreto 883). (1995, Octubre 11). Gaceta Oficial de la Republica de Venezuela, 5.021 (Extraordinario), Diciembre 18, 1995
- Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos (Decreto 2635).(1998, Julio 22). Gaceta Oficial de la República de Venezuela, 5.245 (Extraordinario), Agosto 3, 1998
- Real Decreto 9/2005. Se establece la relación de las actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. (14 de enero 2005). BOE núm. 15. Martes 18 enero 2005. [Transcripción en línea]. Disponible: http://www.naturalbiotec.com/pdf/RD-0009_2005-14enero.pdf. [Consulta: 2010, Abril 20]
- The American Forest & Paper Association HPV Work Group. (2003). Final Data Summary for Spent Pulping Liquor. CAS N° 66071-92-9. High Production Volume (HPV). Chemical Challenge Program. [Documento en línea] Disponible: <http://www.epa.gov/hpv/pubs/summaries/afpa/c12936fds.pdf>. [Consulta: 2010, enero 25]
- US .Department of the Army. (2003). Conceptual site models for ordnance and explosives (oe) and hazardous, toxic, and radioactive waste (htrw) projects. Manual No. 1110-1-1200. U.S. Army Corps of Engineers [Documento en línea] Disponible: <http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/em1110-1-1200/entire.pdf> [Consulta: 2010, marzo 19]