



DISEÑO DEL DESTINO AMBIENTAL DE LOS METALES PLOMO Y CADMIO A PARTIR DE LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN EN CULTIVOS DE LECHUGA (*LACTUCA SATIVA*) Y PASTO (*PENNISETUM CLANDESTINUM*), MEDIANTE UN ENFOQUE CTSA.

Pedro Andres Castro Gonzalez  
Cód. 2007215012

Reisele Alina Briñez Rodríguez  
Cód. 2007115064

Tesis de grado presentada como requisito para optar al título de Licenciado en  
Química

Directora Universidad Pedagógica Nacional  
MSc. Dora Luz Gómez Aguilar

Co- Directora CORPOICA TIBAITATA  
Ph. D. Inés Toro Suárez

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
BOGOTÁ  
2012



Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Evaluador

---

Firma del Evaluador

---

Bogotá, \_\_\_\_\_

*Este trabajo está dedicado a Dios, por haberme permitido llegar a este punto llena de vida, con buena salud, acompañada de su confianza, amor e infinita bondad, por los logros y momentos difíciles que me hicieron valorarte mucho más.*

*A mi madre Zahaira Rodríguez. Por guiarme en todo momento, por sus consejos, por haber aplicado sus correctivos a tiempo, por compartir conmigo alegrías, tristezas. Gracias por inculcarme valores que hicieron de mí una mejor persona, por haberme dado la oportunidad de vivir y quererme desde sus entrañas. A mi padre Aldemar Briñez. Por el valor para salir adelante, por su amor y por mostrarme la vida tal como es sin ningún tipo de consideración, siempre exigiendo lo mejor de mí. A mis familiares. A mis hermanas y hermanos, Carolina, Jenniffer, Camilo y Fabio, por su confianza, amor y ejemplo de vida, porque gracias a la grandeza de su ser soy feliz llenándome de orgullo y amor por ustedes; a mis sobrinas y sobrinos Valentina, Sara, Alejandra, Julián y Emiliano porque sus vidas son una bendición de Dios y son el motor que me impulsa a ser su ejemplo de vida; a mi abuelita Aida por ser mi heroína favorita, gracias a sus historias de vida y sus conocimientos aportados a la mía.*

*A mis maestros. Gracias por su tiempo, su apoyo y por la sabiduría transmitida en el transcurso y desarrollo de mi formación profesional. A mis amigos. Por el apoyo mutuamente dado en nuestra formación como docentes y en nuestras dificultades y alegrías personales: Paola López, Natalia Rojas, Samantha Córdoba, Luisa Vargas, Ángela Gutiérrez; a Ricardo González y su incondicional apoyo, por enseñarme el infinito amor hacia las cosas que me apasionan; y en especial a mi amigo y compañero de tesis Pedro Castro porque gracias al equipo que formamos, se logró llegar hasta el final de este camino. A la Universidad Pedagógica Nacional y en especial al Departamento de Química, por permitirme ser parte de una generación de personas con un pensamiento crítico con carácter social, gente triunfadora y productiva para el desarrollo de este país.*

**Reisele Alina Briñez Rodríguez**

*Este trabajo está dedicado a Dios por permitirme ver la luz de su propósito, de un sueño que inicia y un plan que ya está escrito, porque me guió a encontrar la verdadera y única herramienta para seguir, entender y creer su palabra y su verdad. A mi padre Pedro Castro por ser un hacedor de sueños en momentos de dificultad. A mi madre por no solo darme la vida sino vivirla conmigo por acompañarme, por ser maestra, amiga y lo más importante madre Melba Gonzalez, una madre que cada día me permite entender que cada meta es un inicio más. A mi familia por enseñarme que cada sueño no es solo de uno sino de todos, por soñar conmigo en cada momento y tener expectativas a seguir luchando y caminando. A mi gran amigo, hermano y colega Jhamilton García por acompañarme en este proceso, escucharme y ser un gran ejemplo de docente, y a mi amiga Diana Carrión por ese gran sentido que le ha dado a esta palabra de amistad gracias por la incondicionalidad. A mi compañera de tesis Reisele Briñez por soñar en este proceso. A mis maestros por guiarnos, escucharnos y apoyarnos en cada momento enseñarnos y compartirnos un poco de su amor por la profesión y por la sociedad. A la Universidad Pedagógica Nacional, por permitirnos ver nuestros sueños reflejados en cada aula y pasillo, al Departamento de Química por permitirnos siempre ir más allá de lo pensado.*

**Pedro Andres Castro Gonzalez**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios que nos ha guiado y nos ha permitido vivir este sueño, por este camino de experiencias, enseñanzas y vivencias que caminados de su mano han cobrado vida.

A nuestros padres y familiares, por acompañarnos, apoyarnos y guiarnos, en cada momento, minuto y sobre todo una vida de sueños que nos han enseñado a experimentar.

A la Universidad Pedagógica Nacional, al departamento de Química, en especial a nuestra directora de investigación Dora Luz Gómez Aguilar por confiar, creer y apoyarnos incondicionalmente en cada momento, al profesor Pedro Nel Zapata y la profesora Yolanda Ladino por su orientación, colaboración y sugerencias, al profesor Diego Blanco por su incondicional amistad, al profesor Rodrigo Rodríguez por sus consejos, y a cada uno de los profesores que nos han guiado y nos han compartido de sus experiencias, en especial al Lic. Cesar Delgado y Lic. Deisy Baracaldo al equipo de laboratorio Rember, Omar, Carolina y Andrea

A CORPOICA TIBAITATA a la Dra. Inés Toro quien nos dio la oportunidad de aprender y participar de una gran experiencia de investigación, a Rafael Pedraza, a Dionne Ballesteros, a Diana Chaves, a los diferentes equipos de laboratorio, en especial a Javier Torres y Yenny Rodriguez. Y cada una de las valiosas personas que hacen parte de esta entidad.

A nuestros amigos y compañeros en especial y con gran afecto a Ricardo González, Jamilthon García, Ricardo Suarez, Diana Carrión, Luisa Vargas, Paola López, Samantha Córdoba, Natalia Rojas, Carolina Bolaños quienes nos abrieron su corazón y nos acompañaron en todo nuestro proceso de formación y aprendizaje.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	10
1. JUSTIFICACIÓN .....	12
2. ANTECEDENTES.....	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
4. MARCO TEÓRICO.....	16
4.1. CIENCIA TECNOLOGÍA SOCIEDAD Y AMBIENTE (CTSA) .....	16
4.2. FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN.....	17
4.3. SUELO .....	18
4.3.1. Fluvaquent.....	18
4.3.2. Tropaquept.....	18
4.4. LECHGA ( <i>Lactuca Sativa</i> ) .....	19
4.5. GENERALIDADES METALES PESADOS.....	19
4.5.1. CADMIO.....	20
4.5.1.1. Disposición de uso.....	21
4.5.1.2. Toxicología .....	22
4.5.1.2.1. Manifestaciones agudas y crónicas.....	23
4.5.1.2.2. Diagnostico y tratamiento .....	23
4.5.2. PLOMO.....	23
4.5.2.1. Disposición de uso.....	24
4.5.2.2. Toxicología .....	26
4.5.2.2.1. Manifestaciones agudas y crónicas .....	27
4.5.2.2.2. Diagnostico y tratamiento .....	28
4.6. REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS .....	29
4.6.1. METODOS CONVENCIONALES .....	29
4.6.1.1. BIORREMEDIACIÓN .....	29
4.7. MODELOS MADAP .....	30
5. OBJETIVOS.....	34
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	34
5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	34
6. METODOLOGÍA.....	35
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	39
8. CONCLUSIONES .....	70
9. BIBLIOGRAFÍA.....	72
ANEXOS.....	

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Actividad Toxicocinética del Cadmio.....	22
Tabla 2. Fuentes de intoxicación y la toxicocinética del Plomo .....	27
Tabla 3. Dosis de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb). .....	35
Tabla 4. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 1 .....	39
Tabla 5. Justificación de las Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 1 .....	39
Tabla 6. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 2 ... ..	40
Tabla 7. Justificación de las Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 2 .....	40
Tabla 8. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II al aumento o disminución de uso .....	41
Tabla 9. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 3 .....	41
Tabla 10. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 4 .....	41
Tabla 11. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 5 .....	42
Tabla 12. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 6 .....	42
Tabla 13. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 7 .....	43
Tabla 14. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 8 .....	43
Tabla 15. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 9 .....	43
Tabla 16. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 10 .....	44
Tabla 17. Conceptos a Profundizar ó Complementar.....	44
Tabla 18. Nuevas concentraciones a trabajar en el experimento de Cadmio y Plomo .....	49

Tabla 19. Resultados obtenidos en Tejido en el experimento de Lechuga ( <i>Lactuca Sativa</i> ) y Pasto ( <i>Pennisetum Clandestinum</i> ) con presencia del metal Cadmio .....	50
Tabla 20. Resultados obtenidos en Tejido en el experimento de Lechuga ( <i>Lactuca Sativa</i> ) y Pasto ( <i>Pennisetum Clandestinum</i> ) con presencia del metal Plomo. ....	52
Tabla 21. Resultados obtenidos en Agua de Lixiviado en el experimento de Lechuga ( <i>Lactuca Sativa</i> ) y Pasto ( <i>Pennisetum Clandestinum</i> ) con presencia del metal Cadmio.....	53
Tabla 22. Resultados obtenidos en Agua de lixiviado en el experimento de Lechuga ( <i>Lactuca Sativa</i> ) y Pasto ( <i>Pennisetum Clandestinum</i> ) con presencia del metal Plomo.....	54
Tabla 23. Resultados obtenidos en Suelo en el experimento de Lechuga ( <i>Lactuca Sativa</i> ) y Pasto ( <i>Pennisetum Clandestinum</i> ) con presencia del metal Cadmio.....	55
Tabla 24. Resultados obtenidos en Suelo en el experimento de Lechuga ( <i>Lactuca Sativa</i> ) y Pasto ( <i>Pennisetum Clandestinum</i> ) con presencia del metal Plomo.....	56
Tabla 25. Resultados Factor de Bioconcentración (BCF), para el metal Cadmio	59
Tabla 26. Resultados Factor de Bioconcentración (BCF), para el metal Cadmio	59
Tabla 27. Parámetros de diseño del destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio.....	66
Tabla 28. Análisis de Parámetro y Diseño en el test 2.....	66
Tabla 29. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II con relación a los parámetros de Diseño del destino ambiental.....	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema general de evaluación ambiental en el análisis de proceso.....	31
Figura 2. Aspectos generales del análisis de procesos.....	32
Figura 3. Fases de la evaluación ambiental de un proceso.....	33
Figura 4. Aspectos de comparación en la evaluación ambiental de procesos...	34
Figura 5. Esquema de diseño experimental.....	36
Figura 6. Procedimiento Fase 1 de la Metodología.....	36
Figura 7. Aspectos de interés en el diseño del destino ambiental.....	37
Figura 8. Implicaciones sociales y ambientales.....	38
Figura 9. Distribución de Bloques.....	48
Figura 10. Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> ).....	50
Figura 11. Pasto ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ) .....	50
Figura 12. Agua de Riego Desionizada y muestras recolectadas al final del cultivo .....	53
Figura 13. Disposición de suelos para la siembra .....	55
Figura 14. Aspectos de interés en el diseño del destino ambiental.....	62
Figura 15. Zonas afectadas por inundaciones periodo Diciembre 2010 a Marzo 2011 .....	63
Figura 16. Fuentes de contaminación en el sistema suelo/planta.....	64
Figura 17. Pautas generales para el diseño del destino ambiental.....	64
Figura 18. Destino Ambiental de los metales Plomo y Cadmio.....	65
Figura 19. Relación entre parámetros de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente .....	68
Figura 20. Reconocimiento de parámetros .....	69

## INTRODUCCIÓN

El enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) es una propuesta educativa innovadora de carácter general, que tiene como meta la formación de conocimientos y valores que favorezcan la participación ciudadana en la evaluación y el control de las implicaciones sociales y ambientales de la ciencia. Como enfoque pedagógico y didáctico contribuye tanto en la formación de ciudadanos críticos (educación científica), como en el mejoramiento de la enseñanza y el aprendizaje de las disciplinas científicas (didáctica de las ciencias). Sin duda, este enfoque ha transformado los roles del estudiante y del profesor en la escuela (Intelectual que asume el rol de investigador), considerando al estudiante como un sujeto crítico en formación que se prepara para ejercer su ciudadanía en una sociedad que cada día se torna más influencia por el desarrollo científico y tecnológico. En este sentido el estudiante debe reconocer el conocimiento científico y tecnológico, más allá de la lógica interna de sus cuerpos teóricos y metodológicos, preocupándose también por los problemas sociales, ideológicos y ambientales implicados en su construcción y desarrollo (Martínez, Peñal, Villamil. 2007).

la contaminación de suelos por metales pesados es uno de estos problemas ambientales la cual se ha incrementando en los últimos años, debido a la acumulación antropogénica según las diferentes actividades (Romaniuk, Brandt, Rios, Giuffré. 2007). agrícolas (riego, fertilizantes inorgánicos, pesticidas, estiércol), la generación de energía eléctrica, las centrales térmicas, actividades industriales (fábricas de hierro y acero, fabricación de baterías, industrias de productos químicos, fármacos, pigmentos, tintes), los residuos domésticos aproximadamente el 10% de la basura está compuesta por metales, al ser enterradas pueden contaminar las aguas subterráneas, mientras que la incineración puede contaminar la atmósfera al liberar metales volátiles, así como la basura no controlada (Galán y Romero, 2008). Los metales pesados encontrados comúnmente como agentes contaminantes son el Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Arsénico (As) y Mercurio (Hg), aunque en algunas plantas sean esenciales sus componentes estructurales o sirvan como catalizadores bioquímicos de los organismos, la contaminación producida por el humano muchas veces se vierte sobre suelos y aguas generando en estos un exceso por acumulación de los mismos, produciendo daños en el ecosistema. Por lo general estos metales no son biodegradables, por esta razón se pueden acumular en órganos vitales del cuerpo humano produciendo efectos tóxicos (Miranda et al, 2008). Gran parte de estos metales pesados conforman la cadena alimenticia a través de los cultivos que absorben aguas de riego contaminado, quema de basuras, paso de camiones entre otros.

La producción de hortalizas en Colombia es elevada junto con sus gastos de producción, mano de obra, variabilidad en el mercado entre otras, La lechuga (*Lactuca sativa*) y el Pasto (*Pennisetum clandestinum*) son de los más importantes, cultivados en el municipio de Mosquera Cundinamarca ya que la sabana de Bogotá es una de las zonas más productivas del país (Miranda et al, 2008), como todos los alimentos tienen que cumplir con ciertas características fisicoquímicas como color, olor, tamaño, textura; éstas se podrían ver afectadas por el exceso de metales pesados.

Mediante un convenio con CORPOICA TIBAITATA y la UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL se elaborará el Diseño del destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio a partir de la determinación del Factor de Bioconcentración en cultivos de Lechuga (*Lactuca sativa*) en un suelo Typic Tropaquep y Pasto (*Pennisetum clandestinum*) en un suelo Tropic Fluvaquent, analizando los posibles impactos en la cadena trófica usando como modelo las zonas afectadas por inundaciones entre diciembre del 2010 y marzo del 2011 en Mosquera Cundinamarca contemplando las principales fuentes de contaminación debido a transporte, transferencia y transformación.

Este diseño ambiental será usado como herramienta pedagógica y didáctica de los procesos de enseñanza-aprendizaje con los estudiantes de décimo semestre del espacio académico “Énfasis de Aguas” de la Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional. Lo que permitirá un acercamiento por parte de los estudiantes a la problemática por inundaciones que se evidencio.

## 1. JUSTIFICACIÓN

Según Martínez y otros en el 2006 especifican que la educación en ciencias no solo debe promover el aprendizaje de conceptos científicos, sino también, debe involucrar una formación de intereses favorables hacia la ciencia, que desarrollen en el individuo habilidades participativas, argumentativas y propositivas; al igual que promueva el desarrollo de capacidades para resolver problemas de su entorno. Trabajos desarrollados a partir del enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) centran su atención en tres aspectos entorno a la educación en ciencias; en primer lugar, se encuentran las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia y las relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente; en segundo lugar, se ubican trabajos que fomentan en el individuo la participación y la responsabilidad como ciudadano y finalmente se manifiesta especial interés en el propósito de alcanzar una formación científica y tecnológica a partir de la profundización de los conceptos y su aplicación a situaciones concretas.

A partir de este enfoque CTSA se establecerá y diseñará el destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio, basados en el monitoreo realizado por CORPOICA TIBAITATA después de las inundaciones que ocurrieron entre diciembre del 2010 y marzo del 2011 en donde el río Bogotá se desbordó y afectó aproximadamente 4 mil hectáreas de cultivo en Mosquera-Cundinamarca. Estos dos metales los cuales se considera que no tienen ninguna función biológica (Bowen, 1979; Brady & Weil, 2002), pueden llegar a ser tóxicos cuando su aporte es excesivo y afectar negativamente al crecimiento y reproducción de los organismos, pudiéndoles causar incluso la muerte. El incremento de metales pesados en los suelos reduce la diversidad de las poblaciones de flora y fauna, provocando infertilidad e incrementando los procesos erosivos. La transferencia de metales al hombre puede ocurrir a través del suelo (inhalación e ingestión de polvo), alimentos, agua, aire o piel (resultado de la absorción dérmica de contaminantes del suelo y el agua) (Chang et al., 1993; Ryan & Chaney, 1997; Diez, 2008), resaltando que esta presencia de metales también puede ser el resultado de fuentes antropogénicas como: extracción de minerales, fundiciones, industria metalúrgica, gestión de residuos, corrosión metálica, agricultura, ganadería, industria forestal y maderera y quema de combustibles fósiles (Doménech y Peral, 2006).

El diseño del destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio se realizará a partir del análisis del Factor de Bioconcentración en cultivos de Lechuga (*Lactuca sativa*) en un Suelo Typic Tropaquep y pasto (*Pennisetum clandestinum*) en un suelo Tropic Fluvaquent en un invernadero en las instalaciones de CORPOICA TIBAITATA, y así analizar los posibles impactos que tiene la introducción en la cadena trófica de lechugas y pastos contaminados a partir de la revisión literaria de la dosis máxima permitida. Para ello se usará como modelo de diseño las zonas afectadas por las inundaciones contemplando las principales fuentes de contaminación debido a transporte, transferencia y transformación

## 2. ANTECEDENTES

La contaminación por metales pesados es una problemática mundial independientemente de cuál sea su fuente de obtención sobre esto la comunidad Europea ha reportado unos valores máximos permitidos de algunos metales en el suelo. En la universidad de Sevilla se realizó una investigación sobre trazas de metales presentes en la corteza terrestre, plantas y suelos. Identificando sus dos posibles orígenes geogénico (producto de actividad volcánica o lixiviación de mineralizaciones) o antropogénico (producto industriales, minería e industria agrícola, y residuos sólidos urbanos). La contaminación del suelo es hoy en día una de los temas ambientales más importantes para la Sociedad y la Administración. La caracterización, evaluación y remediación de un suelo contaminado es uno de los principales retos ambientales por abordar en los próximos años (Huertos y Romero, 2008).

A nivel mundial se han realizado diversos estudios es el caso de Lima-Perú donde se evaluaba la contaminación en el suelo por Plomo, Cadmio, Zinc y Arsénico a diferentes distancias y niveles de profundidad y determinar su relación con características físico-químicas (Puga et al, 2006). Investigaciones similares se han realizado en distintos países donde el objetivo es determinar el equilibrio de entrada y salida de los oligoelementos metálicos como el Cadmio, Cobre, Plomo y Zinc en los suelos. Esto depende de los tipos de suelo, especies de plantas y condiciones de crecimiento, lo que hace que la contaminación del suelo influya de modo diverso en la presencia de oligoelementos en las plantas, se habla de una acumulación fitotóxica (FAO, 1983). En Colombia se han realizado algunos estudios sobre la incidencia de trazas de metales pesados en la salud humana relacionando esta exposición con los sistemas de abastecimiento de agua a la población y su uso ya sea de consumo o para riego, en un estudio realizado en la población de Sibaté Cundinamarca donde se analizaban los niveles en sangre de Plomo, Cadmio y Arsénico debido a que el sistema de abastecimiento es el embalse de muña y a su vez este es abastecido por el río Bogotá. Se concluyó que para ningún metal supera los valores máximos permitidos pero si hay un aumento de acuerdo a una investigación realizada diez años atrás (Combariza, 2007).

En otro estudio realizado a cultivos hortícolas en la sabana de Bogotá en donde se usa el agua del río Bogotá para riego, en plantaciones de lechuga, apio, repollo y brócoli en una finca cercana a la cuenca media del río Bogotá, analizando los niveles de metales Plomo, Cadmio, Arsénico y Mercurio en agua, suelo y en la parte comestible de las plantas. Se encontró que las concentraciones de Cadmio en el agua de riego estuvieron cercanas a los límites establecidos, en el suelo de las dos plantaciones estuvieron dentro del rango normal. La lechuga y el apio, a los 74 días después de transplante, presentaron contaminación con Cadmio superando el límite. En las cuatro hortalizas, la concentración de Plomo superó la concentración máxima permitida (Miranda et al, 2008).

Al ser esta una problemática mundial se hace necesario darla a conocer e integrarla desde los conceptos de ciencia de cada uno de los metales. Es así como el enfoque CTSA surge como una alternativa diferente y apropiada, mediante la cual el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, ya no se concibe como un proceso memorístico, sino más bien como una estrategia motivadora y enriquecedora para el estudiante (Rojas y Martínez, 2006) Por ello no es extraño que diversos trabajos e investigaciones en didáctica de las ciencias experimentales y la tecnología, se ocupen del problema de cómo vincular las relaciones que existen entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA). Sin embargo, algunas de estas investigaciones ponen de manifiesto que estas interacciones CTSA siguen sin ser utilizadas en la enseñanza

secundaria (Solbes y Vilches, 1995) y, mucho menos, en la superior. A lo sumo aparecen como actividades complementarias que, habitualmente, no se hacen (Ríos y Solbes, 2007). Este enfoque permite asumir un compromiso para que toda la educación, tanto formal como informal (escuelas, colegios, universidades, museos, medios de comunicación), presten atención a la situación del mundo; de manera que se facilite una percepción correcta de los problemas ambientales, y se fomenten actitudes y comportamientos favorables para el logro de un futuro sostenible (Merchan, 2011). Por lo anterior un adecuado tratamiento de las relaciones CTSA ayuda a aumentar el interés y mejorar las actitudes de los alumnos por contextos de las asignaturas, mejora la metodología del profesor y aumenta la conexión con la realidad de los contenidos impartidos, fomentando su utilidad. Además, por su naturaleza intrínseca, estas actividades bien planteadas ayudan a mejorar el ambiente en clase (Ríos y Solbes, 2007).

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde la década de los Noventa se empezó a hablar de una integración entre los conceptos de ciencia, tecnología, sociedad y Ambiente (CTSA) con el fin de mejorar la educación secundaria y de los primeros años de universidad motivando así a los estudiantes a una selección de temáticas y actividades que los acercaran a una visión aplicada de la ciencia (Galagovsky, 2010). Las relaciones CTSA son hoy más necesaria para contribuir a formar ciudadanos y científicos conscientes de la situación de emergencia planetaria y preparados para la toma de decisiones fundamentadas para hacerle frente. Ésa es la razón por la que Naciones Unidas ha instituido una Década de la educación por un futuro sostenible (2005-2014), (Pérez y Vilches, 2008). Haciendo énfasis en la necesidad que los docentes formadores de docentes y docentes en formación, incorporen en su práctica pedagógica una educación para la sostenibilidad, orientada a la formación de ciudadanos que se interesen por la situación de emergencia planetaria que se presenta (Vilches y Gil-Pérez, 2003).

Desde esta perspectiva, se pretende que los estudiantes sean capaces de realizar evaluaciones sobre diversos desarrollos científicos y tecnológicos, sobre su utilidad, sus riesgos, su impacto social y ambiental, etc. Estas evaluaciones deben llevar a valoraciones, a juicios éticos que pueden realizarse atendiendo a la contribución de dichos desarrollos a la satisfacción de necesidades humanas y a la solución de los problemas del mundo (Solbes y Vilches, 2004).

Es por esto que en este trabajo de investigación se pretende incorporar la dimensión CTSA, en el diseño del destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio con el grupo de estudiantes de décimo semestre de la Universidad Pedagógica Nacional del Énfasis de Aguas debido a la problemática de la presencia de trazas de estos metales en los suelos de Mosquera Cundinamarca, mediante la determinación del Factor de Bioconcentración en cultivos de Lechuga (*Lactuca sativa*) en un suelo Typic Tropaquep y Pasto (*Pennisetum clandestinum*) en un suelo Tropic Fluvaquent en un invernadero en las instalaciones de CORPOICA TIBAITATA, y así analizar los posibles impactos que tiene la introducción en la cadena trófica de lechugas y pastos contaminados a partir de la revisión literaria de la dosis máxima permitida; con estos datos se pretende elaborar el diseño del destino ambiental para los dos metales en análisis. Dado esto se plantea la siguiente pregunta de investigación

¿Como los estudiantes de Décimo semestre de Licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional del espacio académico Énfasis de Aguas Diseñan el destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio a partir de la determinación del Factor de Bioconcentración en cultivos de Lechuga (*Lactuca sativa*) en un suelo Typic Tropaquep y Pasto (*Pennisetum Clandestinum*) en un suelo Tropic Fluvaquent, analizando los posibles impactos en la cadena trófica mediante un enfoque CTSA?

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. CIENCIA, TECNOLOGÍA, SOCIEDAD Y AMBIENTE (CTSA)

El movimiento CTSA tiene su origen en la crisis ambiental y en las reflexiones sobre la naturaleza de la ciencia y su papel en la sociedad. Esto se ve reflejado en la desarticulación existente entre los contenidos que se enseñan en química y los aspectos de la cotidianidad que viven los estudiantes, constituyen un problema evidente, en la medida que los estudiantes no se interesan por aprender temáticas trabajadas en la clase de ciencias, tal vez al no encontrar en ellas una utilidad apreciable (Rojas y Martínez, 2006).

Con este enfoque de enseñanza, se busca rescatar valores y principios dentro del contexto contemporáneo para referir las perspectivas futuras, visualizando una educación científica transformadora, en una perspectiva reflexiva sobre el modelo del desenvolvimiento tecnológico y sobre el modelo de consumo actual (Aikenhead, 1997). Este enfoque permite asumir un compromiso para que toda la educación, tanto formal como informal (escuelas, colegios, universidades, museos, medios de comunicación), presten atención a la situación del mundo; de manera que se facilite una percepción correcta de los problemas ambientales, y se fomenten actitudes y comportamientos favorables para el logro de un futuro sostenible (Vilches y Gil-Pérez, 2003; Solbes, Vilches, 2004). Haciendo énfasis en la necesidad de que los docentes formadores de docentes y docentes en formación, incorporen en su práctica pedagógica una educación para la sostenibilidad, orientada a la formación de ciudadanos que se interesen por la situación de emergencia planetaria que se presenta. Así, Wang y Schmidt (2001) sugieren la necesidad de promover en el aula de clase un clima de atención y vinculación de problemas controversiales, que comprendan contextos socioculturales, políticos y económicos, donde se asuman con responsabilidad social diversas problemáticas, producto del desarrollo científico y tecnológico. Formando a los estudiantes para que tengan una participación activa y fundamentada en la sociedad, y se construyan una imagen más real acerca de la acción científica (Merchan, 2011).

Esta toma de decisiones, que se suele traducir, en general, en evitar la aplicación apresurada de innovaciones de las que se desconocen las consecuencias a medio y largo plazo, es hoy un hecho positivo, una garantía de aplicación del principio de precaución, que se apoya en una creciente sensibilidad social frente a las implicaciones del desarrollo tecnocientífico que puedan comportar riesgos para las personas o el medio ambiente (Gil y Vilches, 2004). Y dicha participación reclama un mínimo de formación científica que haga posible la comprensión de los problemas y de las opciones, la necesidad de un planteamiento global que evalúe los riesgos y contemple las posibles consecuencias a medio y largo plazo. Todo ello constituye un argumento cuya necesidad, aparece cada vez con más claridad ante la situación de auténtica «emergencia planetaria» (Bybee, 1991) que se está viviendo. Así, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en Río de Janeiro en 1992 y conocida como Primera Cumbre de la Tierra, se reclamó una decidida acción de los educadores para que los ciudadanos y ciudadanas adquieran una correcta percepción de cuál es esa situación y puedan participar en la toma de decisiones fundamentadas (Gil et al., 2003; Vilches y Gil, 2003). Como señalan Hicks y Holden (1995), si los estudiantes han de llegar a ser ciudadanos y ciudadanas responsables, es preciso que les proporcionemos ocasiones para analizar los problemas globales que caracterizan esa situación de emergencia planetaria y considerar las posibles soluciones (Solbes y Vilches, 2004).

Desde mediados de siglo XX, la tendencia en la enseñanza de las ciencias ha estado centrada en los contenidos, con un fuerte enfoque reduccionista, técnico y universal. Las prácticas de los docentes de ciencias, recaen en la mayoría de las veces en un conjunto de elementos que refuerza el aprendizaje memorístico lleno de datos descontextualizados, de allí que surja la necesidad de plantear diferentes enfoques que permitan mejorar ciertos aspectos de la enseñanza de las ciencias; como es el caso del enfoque CTSA, en el que se tienen en cuenta diversas variables que contribuyen a motivar a los estudiantes para la reconstrucción de su conocimiento. Las unidades curriculares que han sido pensadas desde un enfoque CTSA tienen varios propósitos, por ejemplo, generar actitudes de formación personal en relación con el ambiente y la calidad de vida, permitirle al estudiante tomar decisiones con respecto a las temáticas trabajadas, teniendo en cuenta aspectos científicos y técnicos, que permitan la participación individual y social de los estudiantes de una manera responsable y autónoma. Es así como el enfoque CTSA surge como una alternativa diferente y apropiada, mediante la cual el proceso de enseñanza –aprendizaje de las ciencias, ya no se concibe como un proceso memorístico, sino más bien como una estrategia motivadora y enriquecedora para el estudiante (Rojas y Martínez, 2006).

Para lograr que los estudiantes sean capaces de valorar, tomar decisiones, en torno a cuestiones de ciencia y tecnología y sus interacciones con la sociedad y el medio, es decir, si se trata de educar futuros ciudadanos y, en su caso, de formar científicos responsables, será necesario, entre otras cosas, que los estudiantes (Solbes y Vilches, 2004):

- a. tengan una visión adecuada de cuáles son los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad, sus causas y las posibles medidas a adoptar;
- b. comprendan el papel de la ciencia y la tecnología en la solución de los problemas;
- c. sean conscientes de la influencia de la sociedad y de intereses particulares en los objetivos de la ciencia y la tecnología;
- d. sean capaces de realizar evaluaciones sobre determinados desarrollos científicos y tecnológicos, en particular, sus riesgos, su impacto tanto social como ambiental;

#### 4.2. FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN

Este cálculo es el cociente entre la concentraciones del producto en el organismo, o en un tejido concreto, después de un largo periodo de exposición, que presumiblemente condujo a un estado de equilibrio o estacionario entre absorción y excreción, dividido por la concentración del producto en el medio (agua, alimento, dieta total, tierra, aire, etc.). Así:

$$BCF = \frac{\text{conc. en \u00f3rgano [mg/Kg]}}{\text{conc. en medio [mg/Kg]}}$$

Ecuación 1. Cálculo Factor de Bioconcentración  
Fuente: Repetto (1995)

Se ha visto experimentalmente que los BCF son muy diferentes para distintas especies; así en los humanos son de 5-50 veces más altos que en las ratas. El conocimiento de los factores de bioconcentración puede ser útil en la evaluación del riesgo de exposición a contaminantes ambientales y estimar las consecuencias de esta exposición a largo plazo sobre la salud, así como para establecer los niveles legales permisibles de la presencia de las sustancias en las aguas de bebida y en la dieta (Repetto, 1995).

Esto basado en la capacidad de las sustancias a bioacumularse y a biomagnificarse en la cadena de alimentos. Entendiéndose por bioacumulación cuando la concentración de una sustancia aumenta en el organismo expuesto en función del tiempo; por ejemplo, que las concentraciones de una sustancia específica son más altas en los peces adultos que en los jóvenes del mismo sitio, se dice que hay bioacumulación. Esta capacidad también depende, sobre todo, de las características fisicoquímicas y bioquímicas del compuesto, como son la solubilidad y velocidad de eliminación. Si un organismo está expuesto por largos periodos a una o más sustancias, estas se pueden bioacumular en él y lo afectarán. Lo referente a biomagnificación es cuando algunas sustancias pueden ser concentradas sucesivamente en cada eslabón de la cadena trófica; como resultado, sus concentraciones en los organismos que están al final de dichas cadenas; por ejemplo, las aves rapaces o los mamíferos superiores son mucho más elevadas que en los organismos que están en la base de ellas, como el plancton, este proceso se conoce como biomagnificación y es de gran importancia para el comportamiento ambiental y los efectos indeseables de algunos contaminantes persistentes en especial para los niveles tróficos elevados (Albert).

### **4.3. SUELO**

#### **4.3.1. FLUVAQUENT**

Estos suelos se han formado a partir de sedimentos finos (arcillas), son muy superficiales limitados por fluctuaciones de nivel freático y arcillas compactas, muy pobremente drenados y pertenecen al grupo textural arcilloso sobre franco. Presentan grietas anchas de 1 a 5 cm que profundizan hasta 50 cm. Morfológicamente el perfil tiene colores grises pardos, con manchas rojas y pardas fuertes, abundantes, de tamaño variable, claras; textura arcillosa y franco - limosa. A partir de 120 cm se encuentra capas de arena. Únicamente el horizonte superficial presenta estructura en bloques subangulares, a gruesa débil, los demás carecen de estructura. Químicamente presentan reacción moderadamente ácida a neutra con pH entre 5.7 - 7.0, alta capacidad catiónica de cambio y fertilidad moderada. Actualmente se hallan en ganadería extensiva con vegetación gramalote. Son aptos para ganadería extensiva y pastos de corte resistentes a la humedad. La unidad cartográfica se localiza en la Llanura fluvial deltaica del río San Jorge; en relieve plano cóncavo, con pendientes menores del 3%. El material parental está constituido por aluviones mixtos. Los suelos son profundos o muy superficiales limitadas por el nivel freático permanecen inundados en épocas de invierno. El drenaje es pobre y muy pobre, en algunos sectores bien drenados. La vegetación natural es bosque húmedo tropical (bh-T), con especies de gramalote, higo, guácimo, hobo, palma de vino altamisa y guarumo. El clima ambiental es cálido húmedo y el edáfico údico, isohipertérmico. Las tierras están explotadas en ganadería extensiva en época seca (Plan de ordenamiento territorial San Marcos).

#### **4.3.2. TROPAQUEPT**

Estos suelos se han desarrollado de aluviones finos; son muy superficiales limitados por el nivel freático; se localiza en los bacines de la Llanura fluvial deltaica. El perfil modal es de tipo A-B-C, de colores predeterminantes pardo amarillento oscuro y manchas grises claras en las capas superiores y; en los horizontes inferiores predominan los colores grises hasta llegar a ser gley verdoso. La textura es arcillosa y arcillosa - limosa a través de todo el perfil; la estructura corresponde a bloques

subangulares. Químicamente presentan reacción ligeramente ácida en todo suelo; las saturaciones de bases son muy altas y la capacidad catiónica de cambio media a alta. Esta Unidad cartográfica, se encuentra en la Llanura fluvial-deltaica; son áreas depositacionales plano - cóncavas, con pendientes de 0 - 1%, que permanecen cubiertas de agua la mayor parte del año. El clima es cálido húmedo con vegetación de bosque húmedo tropical; campano, corozo, escobilla, altamiza, zarza, uvero y varasanta. Como se señaló anteriormente los suelos son superficiales a muy superficiales, limitados por nivel freático, con régimen de humedad ácuico. Actualmente se utiliza en ganadería extensiva en época seca (Plan de ordenamiento territorial San Marcos).

#### **4.4. LA LECHUGA (*Lactuca sativa*)**

Pertenece a la familia Compositae. Es la hortaliza más cultivada en Cundinamarca con un área aproximada de 636 ha con una producción anual de 9.276 t (Asohofrucol, 2008). Contiene alto porcentaje de agua (90-95%), como también folatos, provitamina A o beta-caroteno y cantidades apreciables de vitamina C, estas dos últimas con acción antioxidante, relacionadas con la prevención de enfermedades cardiovasculares e incluso de cáncer (CCI, 2006).

En Colombia, la agricultura ha experimentado una notable modernización en las zonas de mayor producción y uso intensivo del suelo; si bien esto ha representado un importante incremento de la producción agrícola, también se ha aumentado la tasa de contaminación salina de los suelos en algunas regiones del país, ocasionando en ellas un notable deterioro de los suelos, las aguas y, en general, del medio ambiente y la productividad de muchos productos agrícolas. Estudios realizados en el 2001 por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ideam (Bogotá), suministran información sobre las perspectivas y la degradación de los suelos en cada departamento de Colombia. Indican que alrededor de 10% del suelo en el país está sujeto a niveles de salinidad de moderados a altos, y 23% a altos o muy altos niveles de erosión. Los datos son consistentes en la región norte de Colombia donde, por condiciones de salinidad de suelo, entre 45 a 85% de los suelos están afectados. En la Sabana de Bogotá, una importante fuente de contaminación de los suelos y cultivos ha sido el uso tradicional y continuo de las aguas del río Bogotá y sus afluentes con fines de riego, especialmente en las zonas hortícolas (González y Mejía, 1995). La alta salinidad en el suelo causa considerables pérdidas en el rendimiento en una amplia variedad de cultivos alrededor del mundo

#### **4.5. GENERALIDADES DE METALES PESADOS**

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos de la serie de transición de la tabla periódica que tienen una densidad superior a 6/gr/cm<sup>3</sup> y un peso atómico comprendido entre 63.55 (Cu) y 200.59 (Hg). De acuerdo a su interrelación con los seres vivos, se distinguen dos grupos dentro de los metales pesados. Un grupo de *oligoelementos o micronutrientes* que se requieren en pequeñas cantidades para el funcionamiento de sistemas enzimáticos, dentro de los que se encuentran el Cobre, Hierro, Selenio y Zinc, entre otros, que a su vez pueden ser tóxicos si se incrementa la concentración a la cual se exponen los organismos. El otro grupo son los *metales pesados sin función biológica conocida*, los cuales pueden originar efectos tóxicos a partir de determinadas concentraciones; este grupo tiene la propiedad de ser persistentes en el ambiente y bioacumularse, haciendo que su concentración en un organismo vivo, tienda con el tiempo, a superar la concentración del elemento en el ambiente; en este grupo se encuentran el Arsénico, Cadmio, Cromo, Plomo, Mercurio

y Talio. El potencial de toxicidad de estos últimos depende de su capacidad de combinarse con diferentes tipos de moléculas, especialmente las que cuentan en su estructura con grupos sulfhidrilos. Es importante aclarar que aunque los términos metales pesados y metales tóxicos se utilicen como sinónimos, solo algunos de los metales pesados son tóxicos. (Goyer, 1997)

Esto depende de su especie química (forma específica de un elemento definida por su composición isotópica, su estado electrónico o de oxidación y/o su estructura compleja o molecular) y su interrelación con el ambiente, los metales pesados pueden presentar diferentes rutas de movilidad a nivel ambiental. En el suelo, de acuerdo a las características del mismo, pueden quedar retenidos, ya sea por fijación por procesos de adsorción y precipitación, o disueltos en la solución del mismo; pueden ser absorbidos por plantas y de esa manera incorporarse a las cadenas tróficas. A nivel aéreo pueden ingresar a la atmosfera por fenómeno de volatilización y por último, pueden movilizarse hacia aguas superficiales o subterráneas, especialmente provenientes de suelos en los cuales el efecto de los ácidos facilita la liberación y migración de los metales. La principal forma por la cual los metales pesados entran en contacto con el ser humano es por el consumo de agua o alimentos contaminados. De acuerdo a las características del metal, también puede presentarse exposición por vía aérea (Combariza, 2007).

#### 4.5.1. CADMIO

En su forma elemental es un metal blando, maleable y resistente a la corrosión, su densidad es de 8.642 g/cm<sup>3</sup>, de color blanco plateado que es fácil de cortar con cuchillo, pertenece al Grupo II B de la Tabla Periódica; está presente en la naturaleza como óxidos complejos, los sulfuros y los carbonatos de Zinc, Plomo y Cobre; no se recupera como producto principal de las minas, sino como un subproducto de la extracción de otros metales no ferrosos, principalmente de minerales de zinc (Prosperi et al 2003).. Sus vapores son 3.88 veces más pesados que el aire. Su presión de vapor es relativamente alta, por lo que pasa fácilmente al estado de vapor y en este estado se oxida rápidamente produciendo óxido de cadmio que permanece en el aire. Cuando en la atmósfera hay gases o vapores reactivos, como los bióxidos de Azufre o de Carbono, reaccionan con ellos y produce respectivamente carbonato, sulfito, hidróxido, sulfato y cloruro Cadmio (Martinez et al 2003). Alrededor del 18 por ciento del consumo mundial proviene del reciclaje. Los usos principales del cadmio refinado son: en baterías (pilas Ni Cd), pigmentos para plásticos, cerámica y esmaltes; estabilizadores para plásticos, placas de hierro y acero, también como elemento de aleación de Plomo, Cobre y Estaño (Pnuma, 2010).

Existen dos principales fuentes de obtención de Cadmio, de tipo primario obtenido de la recuperación de la fundición del Zinc y del Cadmio, la otra fuente es de tipo secundario, derivado del reciclaje de baterías de Níquel-Cadmio, de las aleaciones de Cobre-Cadmio, Hierro y otros, así como del reciclaje de polvos de Hierro y Cadmio. En el año 2004 el Cadmio reciclado representó 3.500 toneladas equivalentes al 17,5 por ciento del suministro mundial de aproximadamente 20.000 toneladas. Los suelos contaminados pueden contener niveles de concentración de cadmio superiores a 57 mg/kg como resultado del depósito de lodos en suelos y a 160 mg/kg en los alrededores de las industrias de metales (Osorio Saldívar, 1997; Campos y Pivetta, 1990). Igualmente el Cadmio se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre en una concentración promedio de 0.1 mg/kg., en las rocas sedimentarias las concentraciones son más elevadas; las condiciones ambientales como la erosión causan el transporte de grandes cantidades de cadmio a los océanos cuyo contenido de este metal es alrededor de 0.1 ug/kg. Los sedimentos oceánicos cercanos a las

áreas de alta actividad humana pueden contener cadmio en concentraciones muy elevadas, lo cual está asociado con la descarga de desechos biológicos. La actividad volcánica es la mayor fuente natural de liberación de cadmio a la atmósfera y se ha calculado que el incremento total anual debido a esta fuente es de 100 y 500 toneladas; el vulcanismo subterráneo también libera cadmio al ambiente pero aún no se ha cuantificado el efecto de este proceso. (Osorio Saldívar, 1997; Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación- Argentina, 2008).

#### 4.5.1.1. DISPOSICIÓN DE USO

- Revestimientos y electroplateados

El revestimiento y electroplateado de cadmio se aplica a ciertos metales para evitar su corrosión. La cantidad de cadmio consumido para revestimientos y electroplateados a nivel mundial ha disminuido en los últimos años, varias partes cromadas con cadmio fueron eliminadas de los vehículos de motor. Sin embargo, los recubrimientos de cadmio todavía son utilizados por la industria aeroespacial y militar para algunas aplicaciones críticas en las que la sustitución del recubrimiento puede poner en peligro la seguridad operacional. El cadmio se utiliza comúnmente para sujetadores, placas en dispositivos de aterrizaje de aviones y paracaídas, debido a una combinación de propiedades no presentes en otros revestimientos anticorrosivos<sup>1</sup> (Pnuma, 2010).

- Baterías de Níquel-Cadmio

Las reacciones dentro de una batería recargable de NiCd se producen entre los compuestos de níquel en el electrodo positivo y entre los compuestos de cadmio en el electrodo negativo. Las pilas NiCd tienen un elevado número de ciclos de carga-descarga, una alta tasa de descarga de energía y un amplio rango de temperatura de operación. Por su duración del consumo de energía son de gran aplicación en productos electrónicos portátiles (principalmente herramientas eléctricas) y por ofrecer energía de reserva para aplicaciones industriales y sistemas eléctricos de aeronaves (Pnuma, 2006; Puma 2010). El uso de la batería de NiCd en electrónica de consumo se pensó que estaba disminuyendo debido en parte a la preferencia por la batería química recargable de ión Litio (Li-ión), que ya ha reemplazado las baterías de NiCd de los teléfonos celulares y computadoras portátiles debido a su alta densidad de energía. Sin embargo, las baterías de NiCd tienen una ventaja de costos en comparación con otras baterías químicas, por lo que todavía se usan en aparatos de consumo más baratos y electrónica (Cepal, 2009; Pnuma, 2010). Otro uso que se le vienen dando a las baterías de NiCd de tamaño industrial es para almacenar energía producida por energía solar o eólica (células solares y parques eólicos). El almacenamiento de energía en un sistema de baterías en masa es necesario para la nivelación de carga, la que será más tarde enviada durante los periodos de alta demanda de electricidad. Las baterías químicas de NiCd son las más indicadas (favoritas) para este uso debido a su estabilidad en ambientes de clima muy duros y en alta mar (Schuschny – Cepal, 2007; Pnuma, 2010).

---

<sup>1</sup> 2008 Minerals Yearbook U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey CADMIUM [ADVANCE RELEASE]

- Pigmentos

El pigmento de Cadmio inorgánico se basa en Sulfuro de Cadmio, que es de color rubio dorado, se puede variar el espectro del color de los pigmentos de Cadmio desde el amarillo brillante al marrón. Los pigmentos de Cadmio se emplean sobre todo a los plásticos de color que se procesan a temperaturas más altas; los pigmentos son capaces de soportar altas temperaturas sin degradarse (van Hoof – Cepal, 2003; Pnuma, 2010).

- Células solares

El principal compuesto utilizado es el Teluro de cadmio (CdTe), película flexible delgada de células solares que es una alternativa al Silicio cristalino, tradicionales células solares, y es práctica para las aplicaciones comerciales en la azotea y en gran escala. Las células fotovoltaicas de CdTe fueron considerados seguras, y de aplicación ecológicamente amigable para el Cadmio pues el Cadmio se mantiene contenido en la estructura y es reciclable. Las celdas de CdTe contienen un promedio de 7 gramos (g) de Cadmio por metro cuadrado. Esto equivale a 70 g de Cadmio por kilovatio de energía eléctrica producida, suponiendo que las células son de 10% de eficiencia (Domínguez – CEPAL, 2003; PNUMA, 2010).

#### 4.5.1.2. TOXICOLOGÍA

Desde el punto de vista industrial, destacan los óxidos, sulfuros, cloruros, bromuros, sulfatos o carbonatos, según las diversas aplicaciones. En unión al Selenio forma seleniuros. Además, existen fuentes de intoxicación extra profesionales, entre las cuales destacan la ingesta de bivalvos, que pueden contener hasta 1 mg/Kg. Hace algunos años también aparecían impregnaciones importantes por consumo de alimentos conservados en latas galvanizadas que contenían Cadmio o preparados en utensilios culinarios fabricados con aleaciones de Cadmio; este metal, al igual que el Plomo, se disuelve en los ácidos orgánicos, incorporándose así a los alimentos, en la tabla 1 se especifica la actividad toxicocinética (Gil, 2005).

<b>Toxicocinética</b>	
Absorción	El Cadmio penetra en el organismo por inhalación y, sobre todo, en los procesos de fundición y refinado de los minerales que lo contienen, y en los procesos de molienda y envasado de los pigmentos cádmicos.
Distribución	En la sangre se fija en un 90-95% a los hermaties y a la metalotioneina, proteína de bajo peso molecular, rica en grupos –SH. En los tejidos se fija a esta proteína, cuya síntesis es estimulada por el propio metal, lo que explicaría el carácter acumulativo. El cadmio se acumula principalmente en el riñón y el hígado (50-75%) y en menor proporción en el tejido óseo, pulmones, páncreas, tiroides, testículos y glándulas salivales.
Eliminación	Se realiza por la orina de forma muy lenta, de ahí su acumulación

Tabla 1. Actividad Toxicocinética.

Fuente: Gil (2005)

#### 4.5.1.2.1. Manifestaciones Agudas y Crónicas

La dosis tóxica por vía digestiva, ingestas de hasta 100 mg van a producir síntomas gastrointestinales, mientras que a partir de los 350 mg se considera que es potencialmente mortal. Por vía inhalatoria, concentraciones ambientales superiores a los 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  inducen la "fiebre de los metales", a partir de 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  aparece una neumonitis química y más allá de los 5.000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se considera que es mortal.

**Intoxicación aguda:** La ingesta oral ocasiona náuseas, vómitos, diarreas, y dolores abdominales. La absorción por vía respiratoria puede producir desde un cuadro de hipertermia, ("fiebre de los metales") hasta una neumonitis química y un edema agudo de pulmón, que incluso puede ser mortal.

**Intoxicación crónica:** Puede ocasionar pigmentación amarilla del esmalte en forma de anillos semiconcéntricos, alteraciones respiratorias en forma de rinitis, anosmia, bronquitis y enfisema. La nefropatía cádmica se caracteriza por una tubulopatía proximal con una proteinuria anómala. La aparición de la proteinuria cádmica está generalmente asociada a cadmiurias que sobrepasan los 10  $\text{m}\mu\text{g}/\text{g}$ . creatinina. También se pueden asociar alteraciones glomerulares. Se considera al cadmio como un cancerígeno de pulmón y de próstata (Estructuplan online, 2003).

#### 4.5.1.2.2. Diagnóstico y Tratamiento

Las concentraciones máximas permisibles de cadmio son de 5  $\mu\text{g}/\text{L}$  en sangre y de 5  $\mu\text{g}/\text{g}$  de creatinina en orina. También se utilizan los marcadores de daño renal. Las concentraciones de albuminuria deben de ser inferiores a 20  $\text{mg}/\text{L}$ . Las concentraciones de beta-microglobulina y de la proteína transportadora del retinol en orina deben de ser inferiores a 300  $\mu\text{g}/\text{g}$  de creatinina. En las intoxicaciones agudas por vía digestiva se puede administrar EDTA  $\text{Ca Na}_2$  por vía intravenosa (Estructuplan online, 2003).

### 4.5.2. PLOMO

En su forma elemental es de color blanco plateado y se vuelve de color gris azulado cuando se expone al aire. Pertenece al Grupo IVA de la Tabla Periódica. Sus propiedades incluyen: un bajo punto de fusión, alta densidad, facilidad de fundición, baja resistencia, maleabilidad, facilidad de fabricación, resistencia a los ácidos, y resistencia a la corrosión. En la naturaleza el Plomo se encuentra con el mineral de Zinc, Plata y Cobre y se extrae junto con estos metales. La minería produce más del 90 por ciento del consumo mundial actual y el reciclaje representa alrededor del 10 por ciento del total del consumo mundial de Plomo. Aproximadamente tres cuartas partes del consumo de Plomo se utiliza principalmente en la fabricación de baterías, mientras que un quinto en láminas de Plomo para el techado de viviendas, para la fabricación de municiones, balas de Plomo para escopetas, en aleaciones metálicas, revestimientos de cables y para los aditivos de la gasolina (Comunidad Andina de Naciones, 2002).

Los compuestos de Plomo se usan como pigmentos en pinturas, en barnices para cerámicas y en materiales de relleno. La cantidad de Plomo que se usa en estos productos se ha reducido en años recientes para minimizar los efectos nocivos del Plomo sobre seres humanos y animales. El tetraetilo de Plomo y tetrametilo de Plomo se usaron en Estados Unidos como aditivos para aumentar el octanaje de la gasolina.

Sin embargo, su uso en Estados Unidos se discontinuó gradualmente y el uso del plomo en gasolina para motores de vehículos se prohibió a partir del primero de enero del año 1996. El tetraetilo de Plomo aún se puede usar en gasolina para vehículos que no son para uso en carreteras y en gasolina para aviones. El Plomo todavía se usa en muchos países en desarrollo. El uso del Plomo en municiones, su uso principal aparte del uso en baterías, ha permanecido relativamente constante en años recientes. Sin embargo, el uso del Plomo en balas y proyectiles, como también en cañas para pescar, se ha reducido debido al daño que causa al medio ambiente. La mayor parte del Plomo usado por la industria proviene de minerales de Plomo («primario») o de trozos de metal o baterías recicladas («secundario»). El Plomo es minado en Estados Unidos, principalmente en Alaska y Missouri. Sin embargo, hoy en día la mayor parte del Plomo es Plomo «secundario» obtenido de baterías de Plomo. Se estima que aproximadamente el 97% de estas baterías son recicladas (Comunidad Andina de Naciones, 2009).

#### 4.5.2.1. DISPOSICIÓN DE USO

- Baterías

Las baterías técnicamente denominadas "acumuladores" en el año 2003 representaron el 75% del consumo total de Plomo. El Plomo está presente en las baterías, tanto en forma metálica y química. Las principales aplicaciones de las baterías de Plomo son las baterías de arranque para vehículos, y su consumo en cada país en gran medida refleja el número de vehículos del parque automotor. Otras aplicaciones importantes son las baterías de tracción para carretillas eléctricas y baterías estacionarias para el suministro de energía de respaldo. Las preocupaciones sobre el uso de Plomo con las baterías están relacionadas principalmente con la eliminación al final de la vida útil y actualmente es una de las principales fuentes secundarias a partir del reciclaje de las mismas (Dobson, 1992; Pnuma – Borrador final de revisión científica de plomo, 2008).

- Municiones

El plomo se utiliza en diferentes tipos de munición. La aplicación principal es para escopetas de perdigones de Plomo. De las 52,700 toneladas de plomo usado en las municiones en la UE-15 en 1993, el 90% se utilizó para perdigones de Plomo, el 10 por ciento restante utiliza las balas de fusiles y pistolas (Hansen et al., 2004a). Sin embargo existe un uso significativo de granalla de Plomo y otros usos para la caza (Pnuma, 2000; Pnuma – Borrador final de revisión científica de plomo, 2008).

- Aditivos de Gasolina

Existe un marcado descenso en el uso del Plomo como aditivos de gasolina, principalmente como resultado de las restricciones de uso en la mayoría de los países. El Plomo, en forma de tetraetilo de Plomo y tetrametilo de Plomo, puede ser utilizado como un agente antidetonante en la gasolina. A través de este uso, el Plomo es liberado en forma de diferentes compuestos de Plomo a la atmósfera. El uso del Plomo para la fabricación de aditivos de gasolina, según lo informado a GIEPZ, se redujo de 31,500 toneladas en 1998 a 14,400 toneladas en 2003. México y el Reino Unido fueron los únicos países que notificaron el uso de Plomo para este propósito. La Alianza a favor de vehículos y combustibles menos contaminantes (PCFV) ha logrado

un gran éxito en la eliminación mundial de Plomo en la gasolina desde su lanzamiento en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en 2002. Si bien la mayoría los países en desarrollo y países con economías en transición utilizar gasolina con Plomo en 2002, en la actualidad sólo seis países lo están haciendo, y en pequeñas cantidades, la eliminación total mundial de gasolina con Plomo está a su alcance durante el próximo bienio. Durante el bienio pasado, Bosnia y Herzegovina, Egipto, Montenegro, Serbia, Tayikistán, la ex República Yugoslava de Macedonia y Uzbekistán eliminado la gasolina con plomo (a finales de enero de 2010). Por otra parte, la gasolina con Plomo (llamada AVGAS) todavía se utiliza para algunos tipos de embarcaciones neumáticas-hélice en la mayoría de los países (2nd Congressional District).

- Revestimiento de Cable

La disminución en el uso del plomo para el revestimiento de cable ha sido en parte motivada por la preocupación medioambiental en algunos países, y en parte por el desarrollo de materiales de revestimiento alternativos (Healthystuff.Org; PNUMA – Borrador final de revisión científica de plomo, 2008).

- Planchas o Láminas de Plomo

Las planchas u hojas de Plomo se utilizan principalmente para cubiertas de techo brillantes que han tenido recientemente un gran desarrollo (The Associated Press; 2009).

- Tubos de rayos catódicos

El uso de vidrio de Plomo para la protección contra la radiación en los tubos de rayos catódicos (CRT) pronto será una aplicación histórica por la tecnología de panel plano. Los paneles planos, y en particular pantallas de plasma (PDP), también contienen vidrio con Plomo, pero el contenido de cada panel es significativamente inferior a la de los CRT. El propósito de vidrio con Plomo en pantallas planas es diferente de su propósito en la CRT. Actualmente es de especial preocupación el destino a largo plazo de las grandes cantidades de tubos de rayos catódicos con Plomo existentes en el mundo (Pnuma – Borrador final de revisión científica de Plomo, 2008; S/N 2010).

- Pigmentos

El uso del Plomo en los pigmentos disminuyó de 14 a 5 por ciento del consumo total de compuestos de Plomo. Una serie de compuestos de Plomo se pueden utilizar como pigmentos en pinturas, plásticos y cerámicas incluyendo óxido de Plomo, cromatos de carbonatos (también conocido como blanco de Plomo), plomiza de Calcio y Plomo / molibdatos (GIEPZ, 2004). Todavía se pueden utilizar en muchos países, en particular, para el mantenimiento de estructuras de acero antiguas, la plomiza de Calcio también se utiliza como inhibidor de la corrosión en el acero galvanizado, el carbonato de Plomo (blanco de Plomo) ha sido históricamente utilizados para la pintura de la pared en los hogares y sigue siendo una fuente importante de exposición al público en general, el carbonato de Plomo está prohibido en muchos países, pero todavía puede ser utilizado en algunos, por ejemplo, en pinturas artísticas. Los cromatos, molibdatos y sulfatos de Plomo son aún ampliamente utilizados. Los cromatos de Plomo representan alrededor del 1 por ciento del uso de Plomo en todo el mundo. El uso de cromato de Plomo se redujo sustancialmente en Europa y los EE.UU. durante la

década de 1980, y el mercado ha venido disminuyendo en un promedio de 4 por ciento anual en Europa y 7,5 por ciento anualmente en los EE.UU. (GIEPZ, 2004; OK INTERNATIONAL).

- Esmaltes y cerámicas

Los esmaltes y cerámicas pueden contener Plomo y puede provocar lixiviación significativa durante la alimentación. Existen distintos tipos de esmaltes y vidrios que contienen Plomo y el potencial de lixiviación de Plomo varía según el tipo. En algunos países los cristales vidrios o cerámicas pueden conducir a altas tasas de lixiviación de Plomo. Como ejemplo, en Marruecos, ciertos polvos (galena PbS) utilizado para el esmaltado de tagines (ollas de barro) contenía más de 53% de Plomo (presentación Marruecos, 2005). Actualmente existen normas internacionales para la lixiviación del Plomo de los productos con esmaltes y cerámicas que están en contacto con los alimentos (S/N, 2010).

- Estabilizadores de PVC

Los compuestos de Plomo son ampliamente utilizados como estabilizadores de calor y de la radiación ultravioleta en productos de PVC. Los estabilizadores son los más importantes, el segundo mercado para los compuestos de Plomo después de tubos de rayos catódicos. Los estabilizadores de Plomo se utilizan principalmente para los cables, recubrimientos de exteriores, tuberías y canalones, marcos de ventanas, puertas, techos, etc. En Europa (UE-15, Noruega, Suiza y Turquía), un total de 112.000 toneladas de estabilizantes de Plomo se utilizaron en el año 2000, distribuidos en las tuberías y alcantarillas (35.932 toneladas), cables (17.226 toneladas) y perfiles (57.147 toneladas) (ESPA, 2002). El contenido total de Plomo de las 112.000 toneladas de estabilizantes se estima en aproximadamente 50.000 toneladas (Lassen et al., 2004). Es de preocupación mundial el destino y la forma de la eliminación de productos de PVC (Pnuma –Borrador final de revisión científica de Plomo, 2008; Cuadrados, 2009).

#### 4.5.2.2. Toxicología

Los principales efectos tóxicos debidos al Plomo son conocidos desde hace más de 2.000 años. Las actividades laborales de mayor riesgo son la fusión primaria y secundaria del mineral, fabricación y demolición de baterías, fabricación de plásticos (estereato de Plomo), pulido y refinado de metales, desguace de buques, fabricación y uso de pinturas, fabricación y/o utilización de barnices y esmaltes para cerámicas, etc. De los diferentes riesgos no laborales al Plomo destacan el cocinar o almacenar alimentos o bebidas en recipientes de cerámica vidriada, ingestión de bebidas alcohólicas de destilación ilícita fabricadas en serpentines plomados, ingesta de vinos tratados con arseniato de Plomo o con acetato de Plomo como antifermatativo, aguas de consumo canalizadas a través de cañerías de Plomo, ingestión de plantas medicinales, retención y reabsorción de proyectiles, fenómeno de la "pica" (niños que chupan o ingieren pintura rascada de las paredes), masticación de envoltorios metálicos a base de Plomo, inyecciones intravenosas de heroína adulterada, etc. En la tabla 2 se encuentra la relación entre las fuentes de intoxicación y la toxicocinética (Gil, 2005).

<b>Fuentes de intoxicación</b>	
<b>Inorgánicos</b>	Poco solubles y, por lo tanto, de escasa toxicidad. Entre ellos tenemos los óxidos (el más conocido es el minio [Pb <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ] u óxido de Plomo rojo, que es base de pinturas anticorrosivas), el Cromato (se usa como colorante amarillo), el arseniato de Plomo (presente en algunos plaguicidas), el Carbonato (empleado como pigmento blanco) y el sulfuro o galena (utilizado por ceramistas y alfareros).
<b>Orgánicos</b>	Entre ellos se encuentra al acetato de Plomo o sal de Saturno (muy soluble; se empleo como abortivo), el estearato (un aditivo de plásticos), el naftaleno de Plomo (empleado en aceites industriales) y el Plomo tetraetilo (que se ha usado durante bastante tiempo como antidetonante en los carburantes).
<b>Toxicocinética</b>	
<b>Absorción</b>	El Plomo puede ingresar en el organismo por vía respiratoria o cutánea. La absorción por vía respiratoria depende del tamaño de las partículas, la ventilación pulmonar y la solubilidad del compuesto. Por esta vía se inhalan vapores, polvos y humos de Plomo. Aquellas partículas inferiores a 1µm penetran hasta el alvéolo. Por vía ingestiva solo se adsorbe un 10% del Plomo ingerido, siendo eliminado el 90% restante por las heces. En el caso de los niños, dada la mayor permeabilidad de la mucosa intestinal, la absorción puede alcanzar hasta un 30%. También influye aquí la solubilidad e inversamente proporcional, la riqueza de calcio y potasio en la dieta. La vía cutánea suele ser exclusiva de los derivados (naftaleno, tetraetilato, etc.).
<b>Distribución</b>	El Plomo se distribuye en el organismo unido en un 95% a los hematíes. Existe, además, una fracción ligada a proteína ricas en Azufre, Nitrógeno y Oxígeno, así como una fracción ligada a los tejidos, de gran importancia en la exposición laboral dado al carácter acumulativo del compuesto; de este modo, por ejemplo, se acumula en el hígado, el riñón, el sistema nervioso y, sobre todo en el tejido óseo, en forma de trifosfato en la epífisis de huesos largos.
<b>Eliminación</b>	El Plomo se excreta fundamentalmente por vía renal (75%) y aquellas fracciones no absorbidas se eliminan por las heces. En menor proporción intervienen las faneras, el sudor y la saliva.

Tabla 2. Fuentes de intoxicación y la toxicocinética.

Fuente: Modificado Gil (2005)

#### 4.5.2.2.1. Manifestaciones Agudas y Crónicas

La dosis letal de Plomo absorbida es de unos 0.5 gramos. El riesgo de intoxicación crónica se considera a partir de 0.5 mgrs/día. La concentración máxima permisible en el aire, en los puestos de trabajo es de 0.15.

**Intoxicación aguda:** La intoxicación aguda por compuestos de Plomo actualmente es excepcional. Las manifestaciones clínicas más importantes son: Alteraciones digestivas: dolores epigástricos y abdominales, vómitos, diarreas negruzcas y posteriormente la presencia de estreñimiento pertinaz. Excepcionalmente se han descrito casos de insuficiencia hepática aguda. Alteraciones hematológicas: anemia hemolítica, Alteraciones renales: insuficiencia renal aguda, Alteraciones neurológicas (encefalopatía saturnina). Es más frecuente en niños. Se manifiesta en forma de convulsiones, y coma, que puede conllevar a la muerte en 2-3 días después de la intoxicación.

**Intoxicación crónica:** Los compuestos inorgánicos de Plomo pueden ocasionar alteraciones: digestivas, hematológicas, neurológicas, renales, endocrinas y del sistema reproductor: Las alteraciones digestivas se pueden manifestar en forma de un cuadro abdominal agudo ("cólico seco"), con dolores intensos y difusos, vómitos y constipación. También se han descrito casos de hepatitis tóxica. La anemia del saturnismo es debida a dos mecanismos: uno debido a la inhibición de la síntesis de la hemoglobina (inhibiendo las enzimas delta-aminolevulínico dehidrasa y la ferroquelatasa) y otro por hemólisis. El Plomo puede afectar al sistema nervioso central en forma de cefaleas, insomnio, alteraciones del carácter y de la memoria. También se ha relacionado la exposición al Plomo con disminución del rendimiento escolar en niños. El Plomo puede ocasionar una polineuropatía, de predominio motor que afecta principalmente a las extremidades superiores. La evolución crónica puede desencadenar una nefropatía plúmbica con destrucción de las células tubulares y aparición posterior de fibrosis. También se ha relacionado la exposición al Plomo con la aparición de hipertensión arterial. La gota saturnina podría ser debida a la inhibición de la actividad de la guanasa (aumentando las concentraciones de guanina insoluble y cristalizada en las articulaciones). Se han descrito casos de impotencia y alteraciones en los espermogramas (hipospermia, teratospermia y astenospermia), mientras que las mujeres expuestas al Plomo presentan una mayor incidencia de esterilidad y abortos espontáneos (Estrucplan on line, 2003).

#### **4.5.2.2. Diagnóstico y Tratamiento**

Para confirmar el diagnóstico de saturnismo utilizaremos marcadores del efecto toxicológico y los de dosis interna. Los marcadores del efecto toxicológico están basados en el efecto del plomo sobre el metabolismo de las protoporfirinas (ALA-d eritrocitaria, ZPP, ALA-U). La actividad de la ALA-d eritrocitaria, se correlaciona inversamente con las concentraciones de plumbemia y empieza a ser significativa cuando las plumbemias sobrepasan los 25  $\mu$ /DI El aumento de la protoporfirina libre o la unida al Zinc (ZPP), se correlaciona con el aumento de la plumbemia. ZPP hasta 40  $\mu$ g/dL se consideran normales. El aumento del ácido del amino-levulínico urinario (ALA-U) es debido a la acción del Plomo sobre la síntesis del grupo hemo. Se consideran valores normales de ALA-U las concentraciones inferiores a 6 mg/L. Los marcadores de dosis interna son: la plumbemia, Plomo basal en orina y Plomo en orina tras la administración de EDTA monocálcico disódico. La plumbemia es un marcador actual de exposición e indica exposiciones recientes. Se consideran plumbemias aceptables hasta 40  $\mu$ g/dL (10  $\mu$ g/dL, en niños según la CDC,1991). Plumbemias tóxicas son aquellas > 4,8  $\mu$ mol/L. Se considera límite legal de Plomo en sangre: 1,45  $\mu$ mol/L (300  $\mu$ g/L).La determinación de Plomo en orina tras la administración de EDTA monocálcico disódico es un buen marcador de la exposición crónica al Plomo, considerándose aceptables valores de hasta 600  $\mu$ g de Plomo en orina de 24 horas.

Tratamiento Intoxicación aguda: La ingesta oral requiere las medidas habituales de descontaminación digestiva (lavado gástrico, carbón activado, etc.). El uso de antidotos se planteará si la plumbemia supera los 20 µg/dL en niños o los 40 µg/dL en adultos, pudiéndose utilizar EDTA o penicilamina en función del estado clínico. Tratamiento Intoxicación crónica: Debe separarse al paciente de la exposición al Plomo, iniciar un tratamiento sintomático y valorar la utilización de quelantes. Para pacientes sintomáticos y con plumbemias superiores a 60 µg/dL, el EDTA monocálcico disódico es el quelante de elección: 25-75 mgrs/kg/día/iv, durante 5 días. Pacientes paucisintomáticos, o con plumbemias entre 40 y 60 µg/dL pueden recibir d-penicilamina por vía oral: 1-2 gramos/día, durante varias semanas. La d-penicilamina está contraindicada en los pacientes alérgicos a la penicilina ya que, puede presentar cuadros de hipersensibilidad cruzada. Deben controlarse los posibles efectos secundarios de esta medicación. En los casos de intoxicaciones agudas con componente encefalopático, el tratamiento con EDTA irá precedido por dimercaprol o BAL por vía IM, a la dosis única de 3 mg/Kg. Como alternativa al EDTA Ca Na2 y a la d-penicilamina, se están utilizando derivados del dimercaprol, como el ácido 2,3 dimercaptosuccínico (DMSA) y el 2,3-dimercapto-1-propanosulfonato (Estrucplan on line, 2003).

#### **4.6. REMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS**

Existe una creciente reserva a aplicar directamente los resultados basados en sistemas de simulación tipo en sistemas naturales: cada situación es única y debe ser tratada como tal. Por tanto, cada caso de contaminación debe ser estudiado para un ambiente específico. Para la remediación de suelos contaminados por metales pesados se usan, además de los métodos convencionales, las técnicas de biorremediación.

##### **4.6.1. Métodos Convencionales**

Los métodos convencionales de remediación in-situ o ex-situ están basados en técnicas con un alto valor económico y limitadas a un área relativamente pequeña. Algunas de estas técnicas son (Barceló y Poschenrieder, 2003):

- i) Lixiviación de contaminantes por lavado con agua o quelato
- ii) Solidificación/estabilización ya sea mediante interacción física o interacciones químicas entre el agente estabilizante y el contaminante
- iii) Vitrificación usando energía térmica para la fusión del suelo, permitiendo la estabilización química o física
- iv) Migración de las especies iónicas hacia electrodos insertados en el suelo (Tratamiento electrocinético)
- v) Oxidación o reducción química de los contaminantes hasta alcanzar especies químicas de menos toxicidad, que sean más estables y menos móviles.
- vi) Excavación y tratamiento ex-situ o almacenamiento en un lugar adecuado

Las desventajas de éstas técnicas convencionales para la remediación de suelos contaminados son, principalmente, a) un elevado valor económico, b) la eliminación de los organismos vivos asociados al suelo, c) alteración de la estructura del suelo y, d) zona de actuación relativamente pequeña (Llugany et al., 2007).

##### **4.6.1.1. Biorremediación**

En las últimas tres décadas la comunidad científica ha desarrollado técnicas basadas en el potencial de organismos vivos, principalmente microorganismos y plantas para descontaminar el medio ambiente. Dentro de estas técnicas cabe destacar principalmente el uso de:

- *Micorrizas*: principalmente el tipo arbusculares, alivian el estrés causado por metales pesados en las plantas potenciando su crecimiento. La colonización de este tipo de micorrizas tiene un impacto significativo en la expresión de muchos genes de la planta, que codifican proteínas presumiblemente involucradas en la tolerancia y detoxificación de metales pesados (Macek et al., 2006). Sin embargo, muchas plantas hiperacumuladoras de metales pesados, pertenecen a la familia Brassicaceae que generalmente son no micorríticas. Si lo son algunas Brassicaceas como *Biscutella laevigata* y muchas especies de *Thlaspi* (Hildebran et al., 2007).
- *Bacterias*: resistentes a los metales pueden aportar un mayor grado de resistencia a las plantas en suelos contaminados por metales pesados (Lelie Van de D, 1998). Además, los exudados de las bacterias en la rizósfera, juegan un papel muy importante en las interacciones planta-microorganismos y en la acumulación de metales pesados en las raíces de las plantas. Por ejemplo, la bacteria *Pseudomonas fluorescens* tiene una influencia en el crecimiento del girasol y la acumulación de As (Shilev et al., 2006). Sin embargo, éstos mecanismos aún no han sido muy estudiados (Lopareva, 2006).
- *Hongos*: pluricelulares ha sido usados para la remediación de suelos contaminados, agua y una variedad de otros sustratos (micoremediación) y son, particularmente, efectivos en la degradación de contaminantes aromáticos, clorados o alifáticos (Thomas et al., 1999). También han sido descritos como acumuladores de Se, en los cuales la concentración de este elemento es mil veces mayor que en plantas verdes (Kabata-Pendias y Pendias, 2000).
- *Otros organismos*: Existen otros organismos con capacidad de descontaminar los suelos contaminados. Estudios realizados por Rida (1996) han demostrado que la presencia de *Lombricus terrestris* ha aumentado la concentración de Cd, Co y Zn en las raíces y tallos de *Lolium perenne* y la concentración de Pb y Fe en las raíces de la misma especie.
- *Plantas*: A pesar del acusado carácter inhóspito de los suelos mineros, es raro encontrarlos totalmente desprovistos de vegetación. Algunas plantas tienen la capacidad de absorber metales pesados e incorporarlos en algunos órganos sin perjudicar la fisiología de la planta. Las plantas silvestres tienen una gran habilidad de supervivencia y pueden, además, desarrollar una gran cantidad de biomasa independiente de la relación con el clima y las condiciones del suelo (Tlustos et al., 2006). La técnica mediante la cual se usan plantas para remediar suelos contaminados se llama fitorremediación, fitolimpieza o fitocorrección (Barceló y Poschenrieder, 2003).

#### 4.7. Modelo MADAP

El desarrollo metodológico de evaluación ambiental en el análisis de procesos, mencionado por (Herrera, 2004), el consta de cuatro fases o etapas. Dichas etapas permiten explorar todas las variables necesarias para el análisis de un proceso o actividad industrial, de manera que se involucren los aspectos ambientales en diferentes niveles de detalle. Las cuatro etapas son:

1. Análisis de procesos, de la cual se obtiene información acerca de los requerimientos y de las etapas necesarias para desarrollar la actividad.
2. Transferencia de información, esta etapa permite la transferencia de la información generada en el análisis de procesos, y que será utilizada en la evaluación ambiental.
3. Evaluación ambiental, donde se valoran desde las cargas ambientales identificadas, hasta los daños (reales y potenciales).
4. Toma de decisiones, las decisiones pueden estar basadas en los resultados obtenidos del análisis de procesos, después de la transferencia de información o a partir de cada uno de los niveles de la evaluación ambiental.

Las etapas que describen la metodología general seguida en el estudio, se presentan en el siguiente esquema (Figura 1)

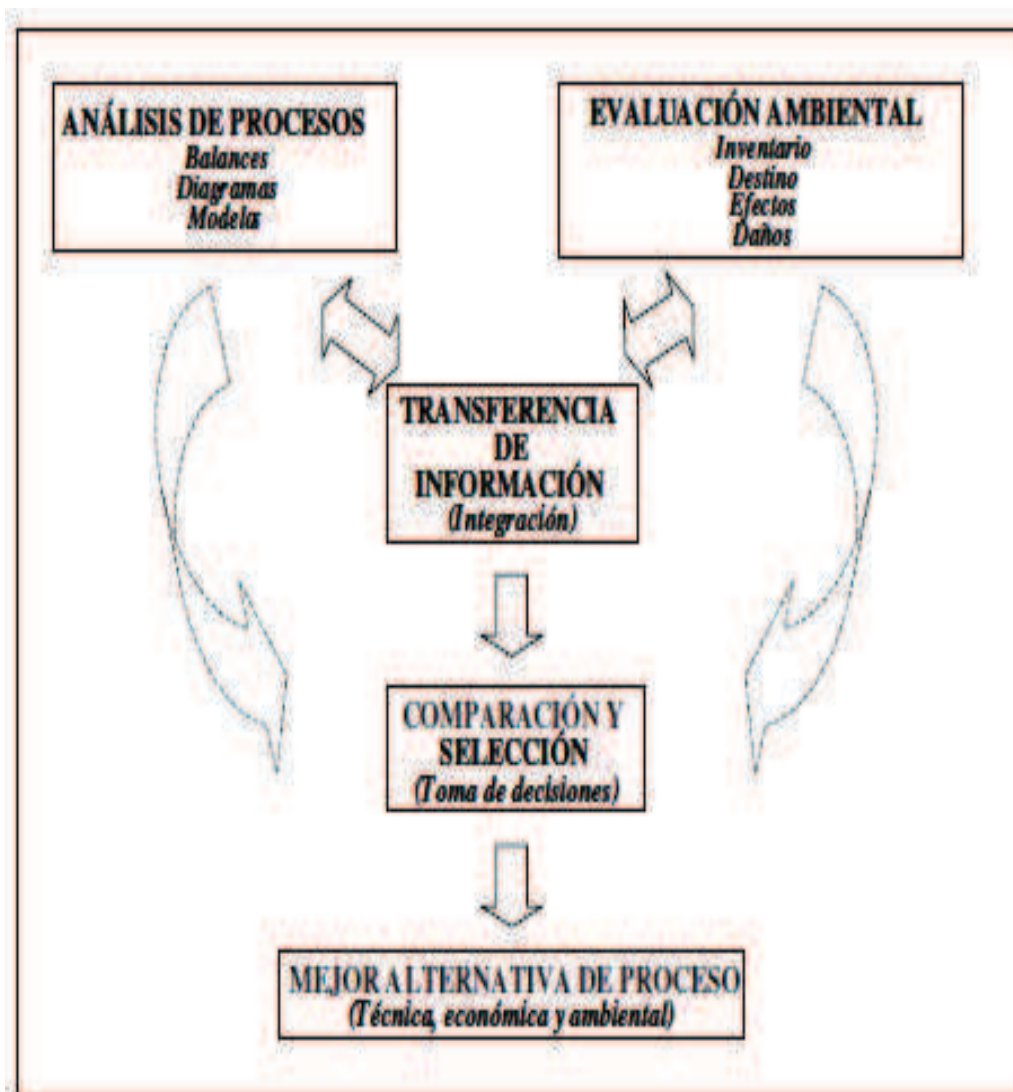


Figura 1. Esquema general de evaluación ambiental en el análisis de procesos.  
 Fuente: Herrera (2004)

En el análisis de proceso, se deben identificar todos y cada uno de los aspectos que posibilitan el funcionamiento de los procesos, tal como se muestra en la figura 2

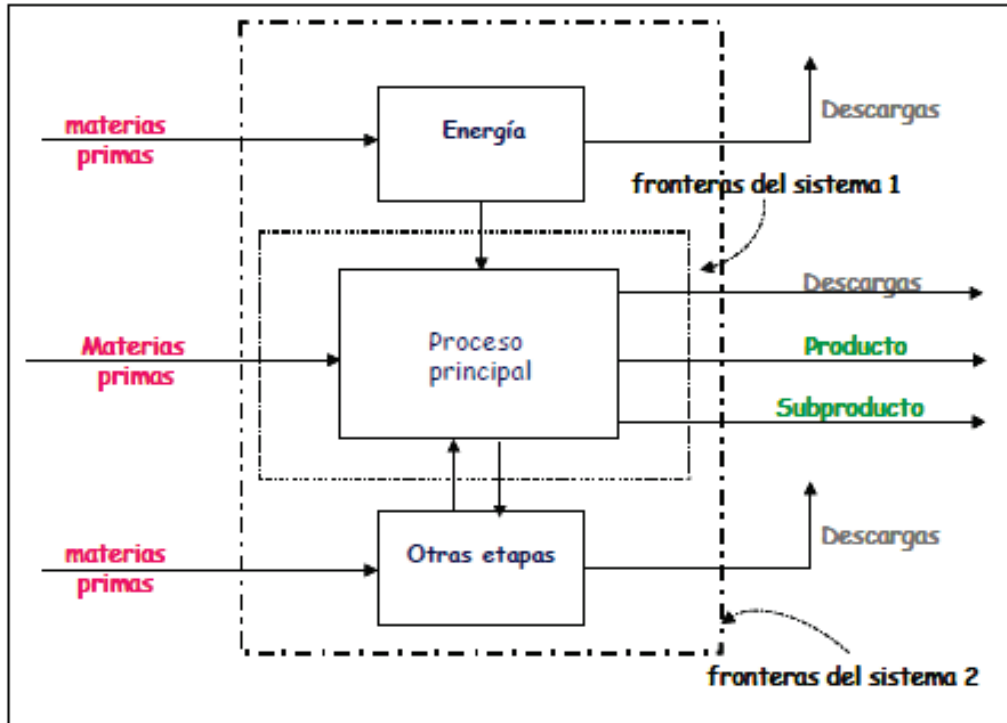


Figura 2. Aspectos generales del análisis de procesos.  
Fuente: Herrera (2004)

- Costos ambientales internos y externos

La segunda etapa de la metodología o transferencia de información desde el análisis de procesos. Esta transferencia, consiste básicamente en el desarrollo de tres etapas:

1. identificación de las variables que interviene en el proceso
2. definición de los aspectos que posibilitan la interconexión
3. definición de la captura y envío de datos (importación/exportación de datos).

La evaluación ambiental o tercera fase permite hacer una valoración de los procesos industriales, al analizar su incidencia ambiental. Esta evaluación, se basa en la descripción de los efectos y/o daños que pueden darse sobre la salud humana, los ecosistemas y los recursos naturales, a través de diferentes medios o compartimentos, tales como al aire, el agua, el suelo y sedimentos. Los efectos identificados, son determinados a través de la cuantificación de la *carga ambiental* debida a las sustancias nocivas, la concentración en los medios afectados, así como los efectos y daños ambientales en las diferentes áreas de protección (Figura 3).

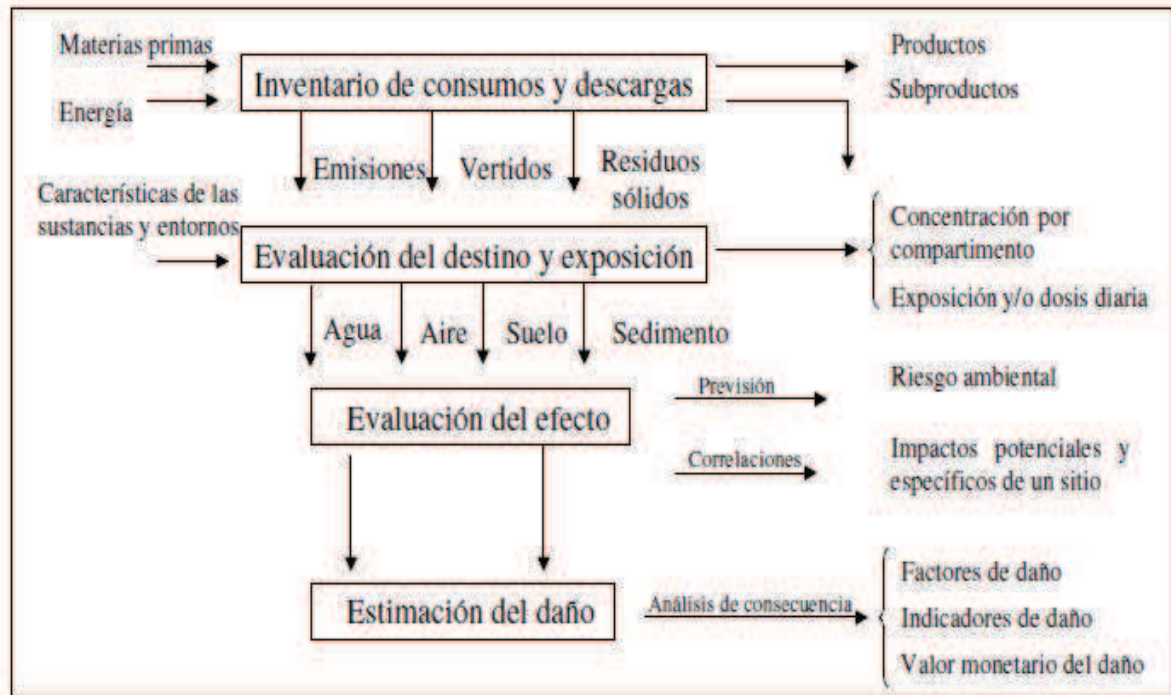


Figura 3. Fases de la evaluación ambiental de un proceso.  
Fuente: Herrera (2004)

La cuarta fase, propone la utilización de métodos de comparación, que pueden ser aplicados en cada uno de los niveles de la evaluación ambiental y del análisis de procesos, y que van desde la comparación de los balances o inventarios, hasta la aplicación de un análisis costo-beneficio, cuando es posible monetizar los daños ambientales. Cuando la evaluación ambiental se centra en el nivel destino de contaminantes, es posible a través de la diferenciación espacial, comparar las zonas de mayor riesgo ambiental (destino de contaminantes). Así mismo, si la evaluación ambiental determina los efectos ambientales en términos de riesgos o impactos, estos pueden ser comparados, aunque no sea posible monetizarlos (impactos globales o riesgos en ecosistemas). Los aspectos a través de los cuales se puede realizar la comparación, se describen gráficamente en la Figura 4.

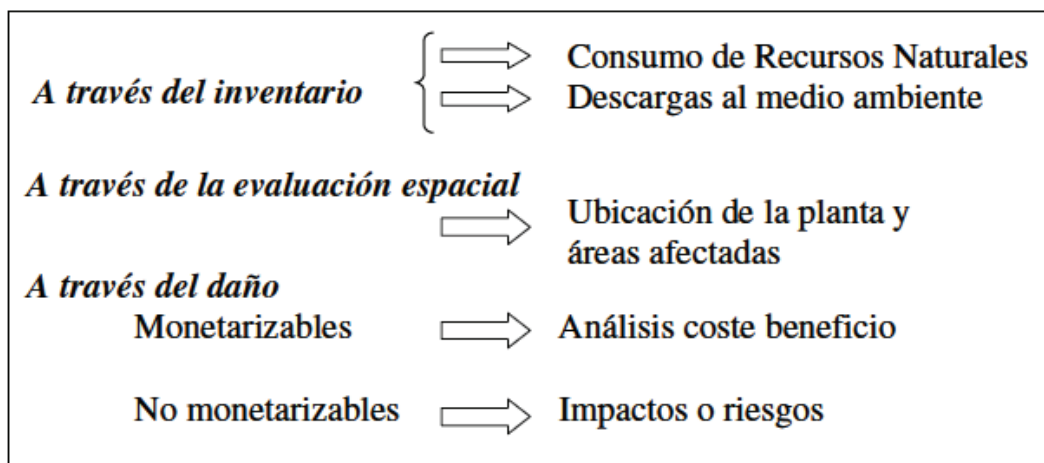


Figura 4. Aspectos de comparación en la evaluación ambiental de procesos.  
Fuente: Herrera (2004)

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar el destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio a partir de la determinación del Factor de Bioconcentración en cultivos de Lechuga (*Lactuca Sativa*) en un suelo Typic Tropaquep y Pasto (*Pennisetum Clandestinum*) en un suelo Tropic Fluvaquent, analizando los posibles impactos en la cadena trófica con los estudiantes de décimo semestre del espacio académico “Énfasis de Aguas” de la Licenciatura de Química de la Universidad Pedagógica Nacional mediante un enfoque CTSA.

### 5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el Factor de Bioconcentración en los cultivos de Lechuga (*Lactuca sativa L*) y Pasto (*Pennisetum Clandestinum*), en las instalaciones del CORPOICA TIBAITATA, Mosquera Cundinamarca
2. Establecer y diseñar el destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio con los estudiantes de decimo semestre del espacio académico “Énfasis de Aguas” de la Licenciatura de Química de la Universidad Pedagógica Nacional
3. Analizar los posibles impactos de la introducción de lechugas y pastos contaminados con Plomo y Cadmio en la cadena trófica de acuerdo a revisión literaria sobre toxicología aguda y crónica

## 6. METODOLOGÍA

### FASE 1

#### DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS CONCEPTUALES Y DISEÑO EXPERIMENTAL DE LA SIEMBRA

En esta fase el objetivo es determinar los aspectos conceptuales que deben ser abordados con los estudiantes del énfasis de agua II al momento de realizar el diseño del destino ambiental, contemplando la relación CTSA (ciencia, tecnología, sociedad y ambiente) que se quiere establecer basados en que los docentes formadores de docentes y docentes en formación, incorporen en su práctica pedagógica una educación para la sostenibilidad, orientada a la formación de ciudadanos que se interesen por la situación de emergencia planetaria que se presenta (Merchan; 2011). Esto se realizara mediante la aplicación de un test (Anexo 1) que consta de diez (10) preguntas abiertas donde el estudiantes tendrá que dar a conocer sus puntos de vista, lo que permitirá identificar que conocimiento se tiene acerca de los metales Plomo y Cadmio como: características, propiedades, disposición de uso a nivel industrial, impactos ambientales en los diferentes medios (agua, suelo, aire), consecuencias toxicológicas, métodos de análisis y métodos de recuperación en medios afectados. Cada una de estas preguntas tiene un objetivo de diseño que es la base de la relación a establecer con las respuestas para poder determinar los conceptos a profundizar.

En el diseño experimental se plantea establecer cuatro ensayos en un invernadero de la siguiente manera: 1) lechuga en suelo (typyc tropaquept) contaminado con Cadmio 2) Lechuga en suelo (typic tropaquept) contaminado con Plomo, 3) Pasto en suelo (tropic fluvaquent) contaminado con Cadmio y 4) Pasto en suelo (tropic fluvaquent) contaminado con Plomo. El suelo se colectara en Cundinamarca, municipio de Mosquera, vereda San José, en una finca productora de Hortalizas que sufrió inundación en el II semestre del 2010. Este tipo de suelo es el predominante que sufrió inundación en el cual se cultiva Hortalizas. (Lechuga, brócoli, Ajo, Cebolla, Perejil, Acelga, espinaca entre otros) y también es productora de Leche (finca ganadera). Para el ensayo, se escogió los cultivos de Lechuga y Pastos, por ser los principales cultivos de la zona representando las Hortalizas y producción de leche respectivamente. Se trabajara con Cadmio, debido a que en algunos de los análisis realizados en suelos de la vereda san José y San Francisco presentaron niveles por encima de los máximos permisibles según la Comunidad Económica Europea (CEE); se escogió trabajar también con Plomo puesto que en algunos de los análisis a nivel exploratorio en Hortalizas y pastos se encontraron niveles superiores a los máximos permitidos por la CEE. Se utilizara como fuentes: Sulfato de Cadmio (II) y Cloruro de Plomo (II). El ensayo se ubicara en el departamento de Cundinamarca, Vereda San José, Finca Tibaitata (centro de Investigación CORPOICA) de acuerdo al convenio establecido, en invernadero de Vidrio, a una altura de 2580 sobre el nivel del mar. Se utilizara un diseño de bloques completamente al azar. Se tendrá cinco tratamientos (dosis de Plomo o Cadmio dependiendo el ensayo (tabla 3), y un testigo cada uno con tres repeticiones, para un total de 18 unidades experimentales por ensayo.

Cadmio (mg*kg-1)	Plomo (mg*kg-1)
0	0
0.75	50
1.5	100
3.0	300
15	1000
30	3000

Tabla 3. Dosis de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb).

Para el ensayo de lechuga (*L sativa*. L.), cada tratamiento consta de 4 plantas de lechuga, cada lechuga estará sembrada en una bolsa de 20cm de diámetro por 20 de alto. Para pastos (*P clandestinum*), cada tratamiento consta de 12 estelones de pasto, sembrados en bandejas de 30 cm de ancho, 55 cm de alto, por 13.5 cm de altura (4 estelones de pasto por bandeja). En la figura 5 se muestra el esquema de distribución de los tratamientos en el invernadero, el tiempo para la recolección es de 60 días para la lechuga y 45 días para pasto siguiendo el parámetro de tiempo utilizado normalmente en estas siembras.

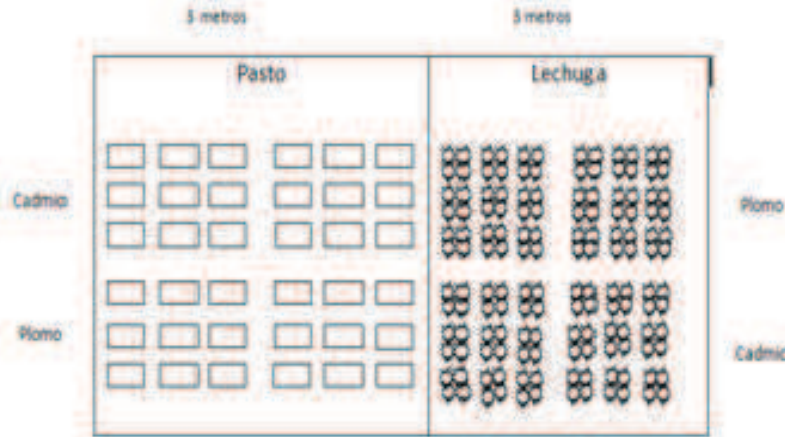


Figura 5. Esquema de diseño experimental

El Procedimiento de trabajo se especifica en Figura 6, que se presenta a continuación.

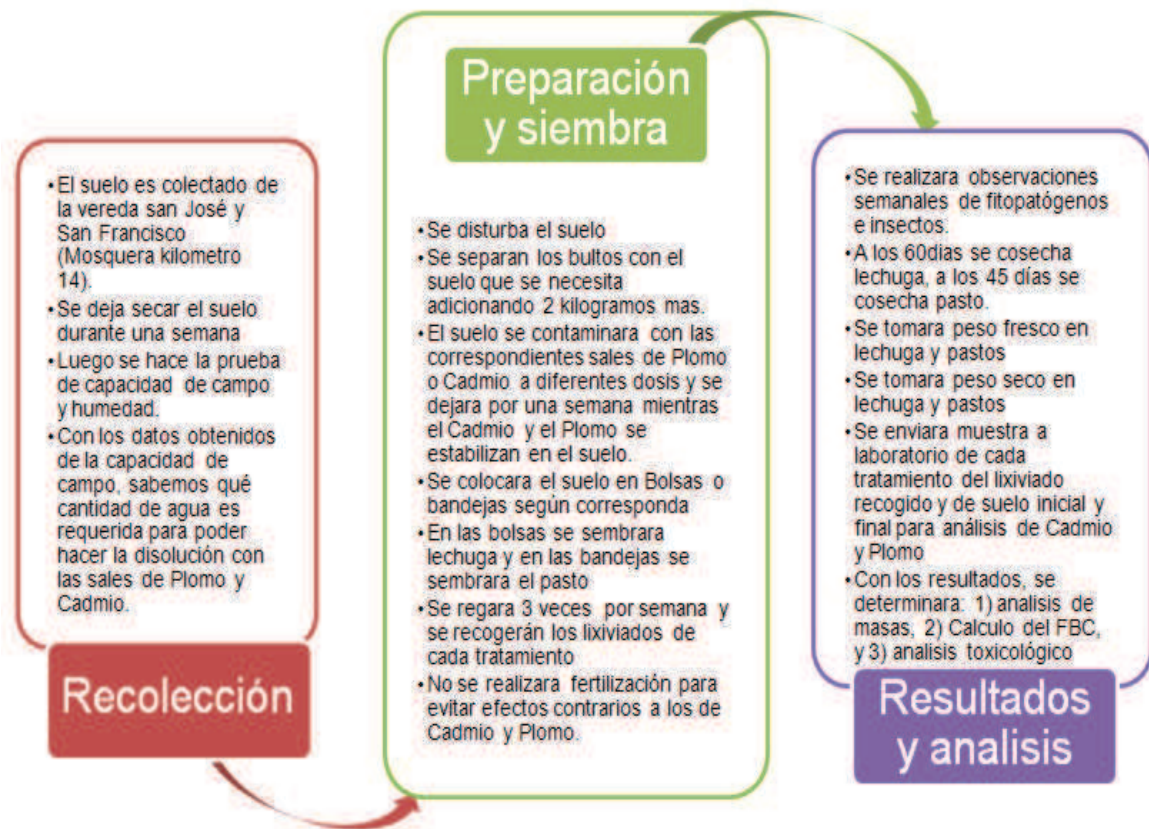


Figura 6. Procedimiento Fase 1 de la Metodología

## FASE 2 DISEÑO DEL DESTINO AMBIENTAL DE LOS METALES PLOMO Y CADMIO

En esta fase el objetivo es diseñar el destino ambiental para los metales Plomo y Cadmio, por lo cual se tendrá en cuenta los parámetros conceptuales a abordar en el momento del diseño y los resultados obtenidos en el experimento de campo con los cultivos de lechuga y pasto. Los parámetros conceptuales se obtendrán de la relación establecida entre los objetivos propuestos para la formulación de cada una de las preguntas en el test 1 y las respuestas dadas por los estudiantes. Con los datos experimentales del trabajo de campo se determinará el Factor de Bioconcentración, balance de masas y toxicología. Este diseño se realizará tomando como base los aspectos conceptuales propuestos en el modelo MADAP (Maastricht Automatic Data Processing System) con el fin de abordar los aspectos de interés en el proyecto de investigación (Figura 7) y cuál es su relación a nivel ambiental y social (Figura 8), el esquema de diseño del destino ambiental se realizará usando como modelo las zonas afectadas por inundaciones entre diciembre del 2010 y marzo del 2011 en Mosquera Cundinamarca. Donde se contemplarán cada una de las fuentes de contaminación debido a transporte, transferencia y transformación.

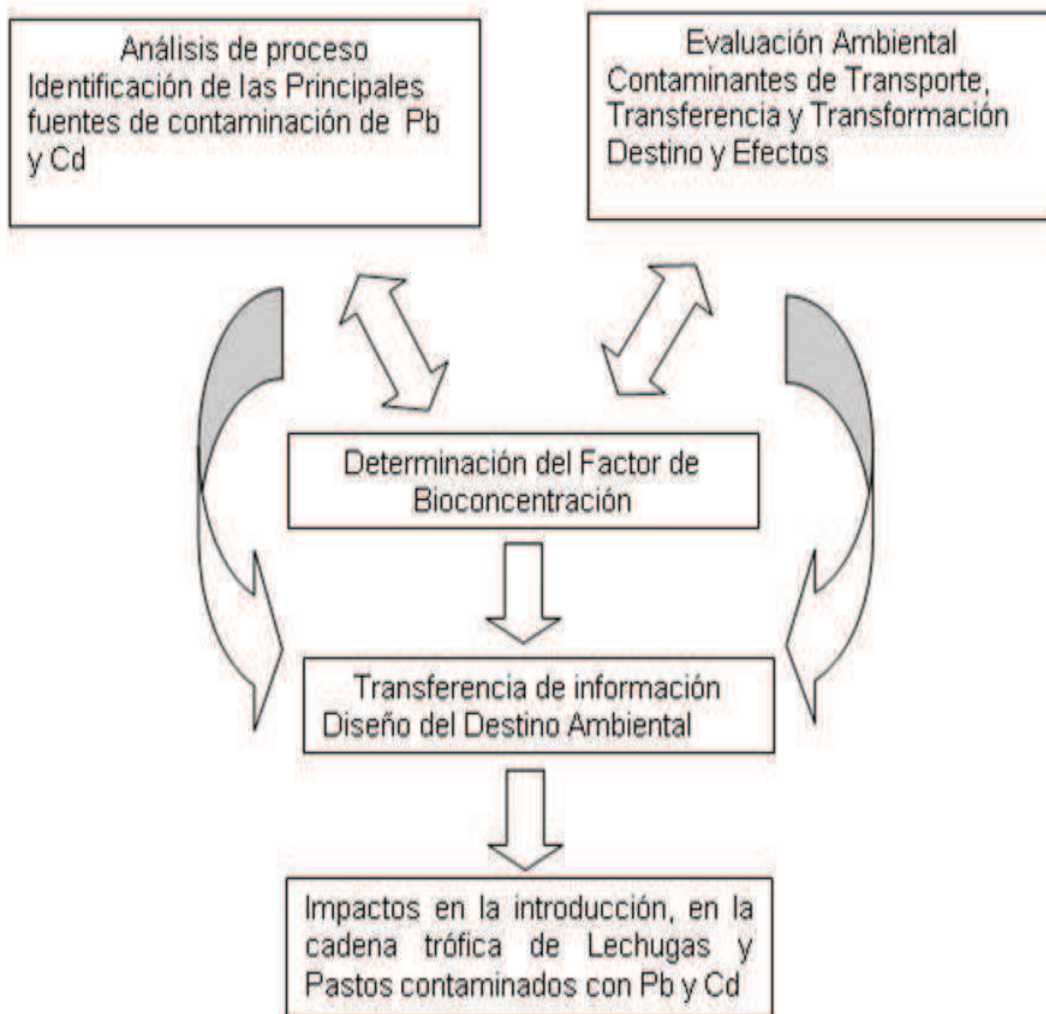


Figura 7. Aspectos de interés en el diseño del destino ambiental  
Fuente: Modificado Herrera (2004)

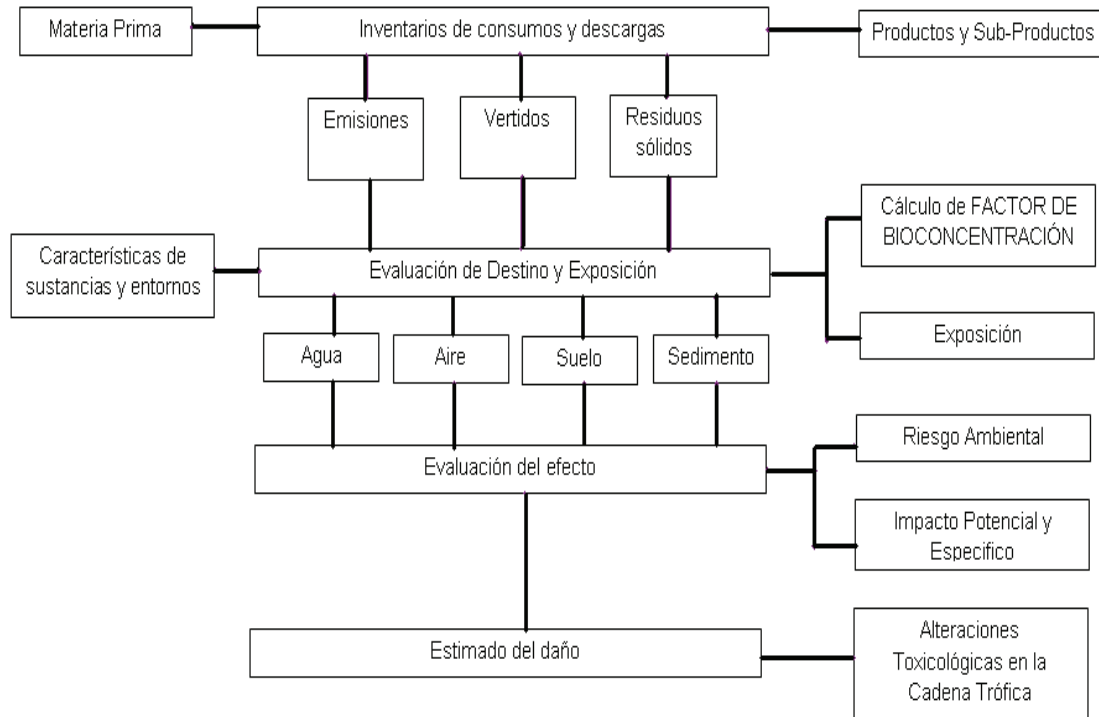


Figura 8. Implicaciones sociales y ambientales.  
Fuente: Herrera (2004)

### FASE 3

#### APLICACIÓN DEL DISEÑO DEL DESTINO AMBIENTAL DE LOS METALES PLOMO Y CADMIO A PARTIR DE LA DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN

El objetivo de esta fase es aplicar el diseño del destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio que se creó, para establecer la relación entre los componentes ciencia, tecnología y las implicaciones en la sociedad y ambiente, lo que permitirá integrar cada uno de los parámetros abordados. Para determinar la relación entre los componentes y el diseño del destino ambiental se aplicara un segundo test el cual se diseñara con base en los resultados obtenidos en las dos primeras fases de la metodología. Esto con el fin de lograr lo propuesto por Solbes y Vilches en 2004, que los estudiantes tengan una visión adecuada de cuáles son los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad, sus causas y las posibles medidas a adoptar; comprendan el papel de la ciencia y la tecnología en la solución de los problemas; sean conscientes de la influencia de la sociedad y de intereses particulares en los objetivos de la ciencia y la tecnología; sean capaces de realizar evaluaciones sobre determinados desarrollos científicos y tecnológicos, en particular, sus riesgos, su impacto tanto social como ambiental.

## 7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados obtenidos en el test 1 se analizan teniendo en cuenta el objetivo con el cual fue diseñada cada una de las preguntas, lo que permitirá identificar los parámetros conceptuales y las relaciones que se deben de establecer con la situación problema planteada en el momento del diseño del destino ambiental, para lograr implementar los parámetros presentados por Solbes y Vilches 2004, donde plantean que se hace importante lograr que los estudiantes tengan una visión adecuada de cuáles son los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad, sus causas y las posibles medidas a adoptar, de igual manera que comprendan el papel de la ciencia y la tecnología en la solución de los problemas para que sean conscientes de la influencia de la sociedad siendo capaces de realizar evaluaciones sobre determinados desarrollos científicos y tecnológicos, en particular, sus riesgos, su impacto tanto social como ambiental. Los resultados obtenidos en este test son los siguientes:

En la pregunta N° 1 Considera usted que el uso del Plomo y Cadmio en algunos materiales aumenta el riesgo de contaminación ambiental si\_ No\_ ¿Por qué?, Esta pregunta se analiza desde dos partes, la primera si el estudiante considera que el uso del Plomo y Cadmio aumenta el riesgo de contaminación ambiental. En la tabla 4 se muestra como El 86,67% de los estudiantes responde que si, mencionando que se ve evidenciado en la contaminación en medios como el agua y suelo debido a su toxicidad. El 10,00% responde que no, que no se trata del uso sino de un adecuado manejo por parte de la industria ya sea al inicio del proceso o al final de este y El 3,33% no sabe no responde.

Respuesta	N° de Respuestas	%
<b>Si</b>	26	86,67
<b>No</b>	3	10,00
<b>No sabe/ No responde</b>	1	3,33

Tabla 4. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 1

La segunda parte del análisis es de acuerdo a la justificación presentada por parte del estudiante, en la tabla 5 se muestra como El 46,67% reconocen características, propiedades y consecuencias, como que al ser metales pesados, tóxicos y cancerígenos pueden generar efectos secundarios en cultivos y aguas. El 26,67% identifican características y propiedades tales como que son metales pesados, tóxicos y que tienen alguna consecuencia o incidencia en el ambiente pero no especifican cual puede ser. El 23,33% establecen una relación entre las características, propiedades y consecuencias en el ambiente, mencionando que al ser metales pesados se pueden adherir o pueden ser adsorbidos por el suelo o llegar a cuerpos de agua de los cuales se hace difícil su remoción generando así un efecto negativo en el ambiente. El 3,33% no sabe, no responde.

Respuesta	N° de Respuestas	%
<b>Características y Propiedades</b>	8	26,67
<b>Características, propiedades y consecuencias</b>	14	46,67
<b>Relación entre características, propiedades y consecuencias</b>	7	23,33
<b>No Sabe No Responde</b>	1	3,33

Tabla 5. Justificación de las Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 1

En la pregunta N° 2 ¿Cree usted que las industrias que usan materiales que contienen Plomo y Cadmio realizan una adecuada manipulación de estos? Si\_ No\_ ¿Por qué? Esta pregunta se analiza desde dos partes, la primera si el estudiante cree que las industrias que usan estos metales en sus procesos realizan una adecuada manipulación de estos. En la tabla 6 se muestra como 73,33% considera que no realizan una adecuada manipulación de acuerdo a los problemas de contaminación que se están evidenciando. El 20,00% cree que si realiza una adecuada manipulación porque se rigen por leyes que controlan este uso y El 6,67% no sabe, no responde.

Respuesta	N° de Respuestas	%
<b>Si</b>	6	20,00
<b>No</b>	22	73,33
<b>No sabe/No responde</b>	2	6,67

Tabla 6. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 2

La segunda parte del análisis basada en la justificación dada por los estudiantes, en la tabla 7 se muestra como. El 43,33% de los estudiantes señalan que al no realizarse una buena manipulación o un control a los desechos del proceso por parte de la industria, se han generado contaminaciones en los medios agua y suelo debido a que han escuchado o conocen estudios donde se evidencia contaminación en estos medios por parte de estos metales. El 16,67% se refieren que si estos metales son usados por la industria para hacerlo debe cumplir con leyes que regulen el proceso de uso y de manipulación de residuos. El 16,67% mencionan que no solo se trata de leyes que regulen el uso de estos metales o de desechos de estos, también se trata de vigilar el cumplimiento de esta por parte de la industria, que si se llevara a cabo no se evidenciaría impactos debido a la contaminación. El 16,67% mencionan causas diferentes ya sea por falta de conocimiento del impacto generado por estos metales, o porque al desarrollar estrategias de control han encontrado que son costosas por tal motivo deciden no implementarlas y El 6,67% no sabe, no responde.

Respuesta	N° de Respuestas	%
<b>Existen leyes que regulan el proceso de desecho</b>	5	16,67
<b>No hay control sobre las leyes establecidas</b>	5	16,67
<b>Manipulación por parte de la industria</b>	13	43,33
<b>Otra (Costos)</b>	5	16,67
<b>No sabe/No responde</b>	2	6,67

Tabla 7. Justificación de las Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 2

En la pregunta N° 3 ¿Cree usted que en la actualidad ha aumentado o disminuido el número de usos en productos del Plomo y Cadmio y con qué objetivo? Esta pregunta se analiza desde dos puntos, la primera si el estudiante considera que el uso de los metales Plomo y Cadmio ha aumentado o disminuido. En la tabla 8 se muestra como el 56,67% de los estudiantes consideran que estos usos han disminuido debido a las implicaciones toxicológicas. El 23,33% que este uso ha aumentado de manera controlada debido a la demanda del mercado y el 20,00% no sabe, no responde.

Respuesta	N° de Respuestas	%
<b>Aumentado</b>	7	23,33
<b>Disminuyo</b>	16	53,33
<b>No sabe No responde</b>	7	23,33

Tabla 8. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II al aumento o disminución de uso

La segunda parte del análisis, está dada por la identificación de cada uno de los metales al momento de justificar este aumento o disminución de uso, en la tabla 9 se muestra como El 46,67% de los estudiantes no especifican el metal al cual se refieren al momento de responder se basan en que son metales tóxicos que tienen efectos nocivos a nivel ambiental y social. El 30,00% responden a partir de los efectos conocidos tóxicos del uso de Plomo en pinturas, mencionando algunos estudiantes no conocer propiedades específicas del Cadmio. El 23,33% no sabe, no responde. El 10,00% basa la respuesta que debido a los impactos contaminantes y tóxicos que tienen los metales ha disminuido o si ha aumentado pero controladamente.

Respuesta	N° de Respuestas	%
<b>Plomo</b>	9	30,00
<b>Cadmio</b>	0	0,00
<b>No especifica el metal</b>	14	46,67
<b>No sabe No responde</b>	7	23,33

Tabla 9. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 3

En la pregunta N° 4 ¿Cuáles son los impactos que genera en el ambiente él no adecuado desecho de los materiales que contienen Plomo y Cadmio? en la tabla 10 se muestra como El 73,33% de los estudiantes mencionan que él no adecuado desecho de materiales genera problemas de contaminación en los diferentes ecosistemas acuático, aéreo y terrestre, lo que ocasiona problemas en la salud de los animales que habitan allí. El 10,00% señalan que al entrar en contacto con el ambiente genera alteraciones en las propiedades químicas y físicas, no especifica alguna en especial. El 10,00% no sabe, no responde. El 6,67% relaciona los efectos contaminantes con el hombre debido a las consecuencias que trae para éste como envenenamiento o cáncer.

Respuesta	N° de Respuestas	%
<b>Relación Medio-Hombre</b>	2	6,67
<b>Relación Medio-Animales</b>	22	73,33
<b>Otra</b>	3	10,00
<b>No sabe/ No responde</b>	3	10,00

Tabla 10. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 4

En la pregunta N° 5 En cuál medio agua, suelo, aire ¿Cree usted que tiene mayor impacto los desechos contaminados con Plomo y Cadmio, y como se vería afectado este medio? En la tabla 11 se muestra como El 33,33% de los estudiantes considera que le medio de mayor impacto es el agua, debido a que es utilizado tanto por los ecosistemas como por las especies que viven en estos, resaltando de igual manera que al ser estos metales difíciles de remover va a afectar los procesos de potabilización. El 30,00% señala que los medios de mayor impacto son el agua y el suelo, por la relación que se establece al momento de su uso ya sea de riego o por filtración a aguas subterráneas. El 20,00% señala que los tres medios sufren grandes

impactos debido a estos metales se transportan en el agua o aire llegando así a los suelos y generando consecuencias en el hombre. El 6,67% consideran que los medios de mayor impacto son el suelo y aire, debido al tipo de consecuencia que pueden generar ya sea respiratoria o por consumo de alimentos contaminados. El 3,33% señala que el medio suelo es el de mayor impacto, pero no especifica el por qué. El 3,33% creen que los medios de mayor impacto son el agua y aire, por el vertimiento de residuos al agua y eliminación de gases contaminados. El 3,33% no sabe, no responde.

Respuesta	N° de Respuestas	%
Suelo	1	3,33
Agua	10	33,33
Aire	0	0,00
Los tres medios	6	20,00
Suelo-Agua	9	30,00
Suelo-Aire	2	6,67
Agua-Aire	1	3,33
No sabe/ No responde	1	3,33

Tabla 11. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 5

En la pregunta N° 6 ¿Conoce cuál es el riesgo toxicológico generado por la inhalación, o exposición a residuos contaminados con Plomo y Cadmio? Mencione posibles consecuencias. En la tabla 12 se muestra como El 40,00% de los estudiantes no sabe, no responde. El 36,67% consideran que la consecuencia sería problemas de cáncer, basados en que estos metales son considerados cancerígenos. El 10,00% cree que generaría problemas a nivel pulmonar. El 10,00% considera que genera problemas en el sistema nervioso central y El 3,33% menciona que se generaría aversión por el consumo de alimentos.

Respuesta	N° de Respuestas	%
Cáncer	11	36,67
Sis. Nervioso	3	10,00
Sis. Respiratorio	3	10,00
Envenenamiento	1	3,33
No sabe/ No responde	12	40,00

Tabla 12. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 6

En la pregunta N° 7 ¿Mediante que técnicas de análisis cree usted que se puede determinar el Plomo y Cadmio presentes en el ambiente? En la tabla 13 se muestra como El 30,00% de los estudiantes consideran que la técnica de absorción atómica es la adecuada. El 23,33% mencionan otras técnicas como fitorremediación, carbón activado y de precipitación. El 20,00% no sabe, no responde. El 16,67% creen que esta técnica de análisis es por espectrofotometría y El 10,00% mencionan que se puede realizar el análisis por medio ambas técnicas de espectrofotometría o de absorción.

Respuesta	N° de Respuestas	%
<b>Espectrofotometría</b>	5	16,67
<b>Absorción Atómica</b>	9	30,00
<b>Espectrofotometría-Absorción</b>	3	10,00
<b>Otro</b>	7	23,33
<b>No sabe/ No responde</b>	6	20,00

Tabla 13. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 7

En la pregunta N° 8 ¿Qué métodos de recuperación pueden ser utilizados en los medios afectados por contaminación con Plomo y Cadmio? En la tabla 14 se muestra como El 46,67% de los estudiantes no saben, no responden, acerca de algún método de recuperación que pueda ser aplicado a zonas contaminadas con metales Plomo y Cadmio. El 20,00% reconocen que este método puede ser la fitorremediación. El 13,33% creen que el método a usar es el de carbón activado. El 13,33% consideran que los dos métodos de recuperación son la fitorremediación y la Biorremediación y El 3,33% consideran que la Biorremediación es el que puede ser utilizado.

Respuesta	N° de Respuestas	%
<b>Fitorremediación</b>	6	20,00
<b>Biorremediación</b>	1	3,33
<b>Fitorremediación-Biorremediación</b>	4	13,33
<b>Carbón Activado</b>	4	13,33
<b>No sabe/No responde</b>	14	46,67

Tabla 14. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 8

En la pregunta N° 9 ¿Cuál cree usted que sería el recorrido que haría los metales Plomo y Cadmio desde su etapa inicial hasta su etapa final? En la tabla 15 se muestra como El 83,33% de los estudiantes no saben, no responden. El 10,00% reconocen una etapa media y final del proceso, visto como etapa media la producción de materiales con presencia de metales Plomo y Cadmio, pasando por un uso y luego como etapa final el desecho de materiales contaminados generando los diferentes impactos a nivel social y ambiental y El 6,67% mencionan una etapa inicial y final, reconociendo la etapa inicial como la extracción del metal en la mina, pasando por un tratamiento para su posterior uso en la industrial en la fabricación de material y como etapa final la recuperación del metal o desecho de este.

Respuesta	N° de Respuestas	%
<b>Inicial-Final</b>	2	6,67
<b>Media-Final</b>	3	10,00
<b>No sabe/ No responde</b>	25	83,33

Tabla 15. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 9

En la pregunta N° 10 ¿Cómo cree usted que se podría controlar el uso de los metales Plomo y Cadmio a nivel industrial? En la tabla 16 se muestra como El 40,00% de los estudiantes considera que este control se lograría con una disminución de su uso por parte de la industria, reconociendo que ya sea por costos económicos o por el aprovechamiento de sus propiedades es un poco difícil lograrlo. El 20,00% consideran que teniendo un control de entrada y salida de cantidades de Cadmio o Plomo usados se podrá establecer cuanto se está desechando. El 20,00% no sabe no responde. El

16,67% identificando un uso para el residuo con el fin de no desecharlos y El 3,33% cree que a partir de pedagogía del tema se lograría disminuir el uso de estos metales.

Respuesta	N° de Respuestas	%
Reutilización	5	16,67
Control del proceso	6	20,00
Disminución de uso	12	40,00
Otra	1	3,33
No sabe/ No responde	6	20,00

Tabla 16. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II a la pregunta N° 10

La relación entre el objetivo y el resultado obtenido en cada una de las preguntas de este test permite determinar los parámetros conceptuales se deben abordar en el momento del diseño del destino ambiental, esta relación se presenta en el siguiente tabla. (Tabla 17).

CONCEPTOS A PROFUNDIZAR Ó COMPLEMENTAR			
	Objetivo	Resultado	Análisis
<b>Pregunta N° 1</b>	Identificar el conocimiento que tiene el estudiante sobre los metales Plomo y Cadmio como sus propiedades, características y disposición de uso en algunos materiales, para determinar cuál es la relación que se le da con el riesgo de contaminación ambiental.	Los estudiantes reconocen de manera significativa propiedades de los metales Plomo y Cadmio como que son metales pesados, tóxicos que no se degradan y que debido a esto es que se presentan consecuencias en el ambiente la mayoría de respuestas resaltando el medio agua el de mayor impacto. Pero esto es visto desde el comportamiento como metal, una respuesta está basada en uno de los usos en aerosoles especificando el metal que se usa es el Plomo	En el momento de analizar esta pregunta se pudo evidenciar que los estudiantes tienen un conocimiento sobre estos metales propiedades, características y consecuencias, pero no hay reconocimiento del metal a partir de sus usos y un bajo porcentaje establece una relación con cada uno de estos al momento de especificar el impacto o su relación con el riesgo ambiental.
<b>Pregunta N° 2</b>	Identificar el conocimiento que tiene el estudiante sobre las diferentes industrias que usan o tienen contacto en sus procesos con los metales Plomo y Cadmio, y si el estudiante considera	Los estudiantes basan sus respuestas en que hay normas que regulan el uso de estos metales pero no hay un control sobre la norma debido a los impactos que son evidenciados en el ambiente y la sociedad, cabe resaltar que uno de	Al momento de responder esta pregunta los estudiantes no basan sus respuesta desde el conocimiento de una industria específica que use estos metales o tengo contacto con estos

	que al realizar esta manipulación ya sea de desechos o con productos terminados del proceso es la adecuada.	los estudiantes da como ejemplo sobre este problema la situación generada por los juguetes que contenían pintura con Plomo.	durante alguno de sus procesos.
<b>Pregunta N° 3</b>	Identificar el conocimiento que tiene el estudiante sobre el aprovechamiento de las propiedades de los metales Plomo y Cadmio en la fabricación de productos, y si este proceso ha aumentado o disminuido	Los estudiantes consideran que el aumento de usos de los metales Plomo y Cadmio se basa en la demanda del mercado pero se realiza de una manera controlada y la disminución debido al riesgo por su toxicidad e impacto ambiental. Un bajo porcentaje reconocen un uso en especial en el caso del Plomo en pinturas y el Cadmio algunos estudiantes mencionan no conocer sus usos y otros no lo mencionan en sus respuestas.	Se puede determinar que la justificación de la pregunta sobre el aumento o disminución es principalmente debido a la toxicidad de estos metales, pero no hay identificación de los diferentes productos en los cuales son usados estos metales
<b>Pregunta N° 4</b>	Identificar el conocimiento que tiene el estudiante sobre el riesgo que implica el no adecuado desecho de materiales que contienen Plomo y Cadmio, relacionando esto con el impacto que se genera en el ambiente.	Los estudiantes reconocen que el no adecuado desecho de materiales que contienen Plomo y Cadmio genera un impacto ambiental, y esto se ve reflejado en los efectos en la salud que tiene en los animales que habitan allí, y las consecuencias en la salud humana como el envenenamiento.	Se logra establecer la relación entre el impacto generado y la consecuencia, ambiental y social. Lo que permite entender que los estudiantes logran establecer la relación de riesgo ambiental, pero lo relacionado con la sociedad se hace necesario reconocer el impacto en el medio productivo con la sociedad.
<b>Pregunta N° 5</b>	Identificar el conocimiento que tiene el estudiante sobre los impactos que ocasionan los metales Plomo y Cadmio en los diferentes medios agua, suelo, aire y cuáles son las	Los estudiantes reconocen que el medio de mayor impacto es el agua debido a que es usada para riego y por el ciclo que sufre esta. Sin desconocer el medio suelo debido a almacenamiento de desechos por	La relación establecida por los estudiantes en esta pregunta, permite identificar que hay un conocimiento sobre el comportamiento de estos metales en el medio y la interacción entre estos. Ahora lo

	consecuencias de este impacto	vertimientos y el medio aire por quema de materiales y gases generados en la industria. Cabe resaltar que los estudiantes reconocen que estas trazas de metales se movilizan de un medio a otro aumentando el nivel de contaminación.	que se busca es profundizar sobre cómo llega las trazas de estos metales a alguno de los medios agua, suelo y aire.
<b>Pregunta N° 6</b>	Profundizar sobre el conocimiento que tiene el estudiante acerca del riesgo toxicológico que se genera por exposición o inhalación de residuos contaminados con los metales Plomo y Cadmio, y cuál es el comportamiento de estos al momento de ingresar en el organismo.	Los estudiantes reconocen que si hay una consecuencia a nivel toxicológico por exposición o inhalación de residuos contaminados con Plomo y Cadmio, como el cáncer, afecciones a nivel respiratorio, en el sistema nervioso central. Visto desde su característica tóxica y cancerígena.	Los estudiantes reconocen consecuencias a estas exposiciones, pero no hay un reconocimiento de que partes del cuerpo son vulnerables a este tipo de contaminantes o como este metal se comporta dentro del cuerpo.
<b>Pregunta N° 7</b>	Identificar el conocimiento que tiene el estudiante sobre técnicas de análisis para los metales Plomo y Cadmio, y si tienen conocimiento sobre el método del FBC y el de espectroscopia de emisión con fuentes de plasma de acoplamiento inductivo (I.C.P.). Debido a que por esta técnica es que se realizara el análisis de las muestras recolectadas en los cultivos.	Los estudiantes reconocen técnicas de análisis para los metales Plomo y Cadmio, como la de Absorción Atómica siendo la de mayor reconocimiento seguido de la técnica de Espectrofotometría y por último mencionan otros métodos como la fitorremediación y el carbón activado. De igual manera mencionan métodos volumétricos pero no especifican alguno.	La identificación de métodos de análisis convencionales por parte de los estudiantes, permite determinar que si hay un conocimiento sobre el manejo de estas métodos pero no hay reconocimiento del método del FBC y el de espectroscopia de emisión con fuentes de plasma de acoplamiento inductivo (I.C.P.).
<b>Pregunta N° 8</b>	Identificar el conocimiento que tiene el estudiante sobre los diferentes métodos de	Aproximadamente la mitad del porcentaje de los estudiantes no reconocen algún método de recuperación que	Se hace importante profundizar sobre los diferentes métodos de recuperación que pueden ser

	recuperación en medios afectados por la presencia de los metales Plomo y Cadmio. Para poder especificar cuáles son los métodos considerados para la recuperación de los suelos contaminados en el experimento.	pueda ser usado en los medios afectados por los metales Plomo y Cadmio. Los otros estudiantes reconocen métodos como la fitorremediación, Biorremediación y el usos de carbón activado en las zonas afectadas	implementados en medios afectados por contaminantes, en este caso por presencia de metales pesados, haciendo énfasis en los propuesto en la investigación.
<b>Pregunta N° 9</b>	Identificar como el estudiante puede relacionar el conocimiento que tiene sobre los metales Plomo y Cadmio con el fin de poder establecer el recorrido que harían estos metales desde la etapa inicial hasta su etapa final, siendo la etapa inicial la explotación y obtención del metal y la etapa final como el proceso de desecho e impacto en el ambiente y la sociedad.	Un alto porcentaje de los estudiantes no saben, no responden sobre el recorrido que hace los metales Plomo y Cadmio desde una etapa inicial hasta una etapa final. Los estudiantes que identifican estas etapas incluyen una etapa media de la siguiente manera. Etapa inicial extracción del mineral, etapa media disposición del uso del metal obtenido y como etapa final el desecho de residuos.	No hay un reconocimiento sobre el comportamiento del metal, lo que permite determinar la importancia que los estudiantes logren establecer la relación entre cada uno de los parámetros abordados en el test, con el enfoque ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA).
<b>Pregunta N° 10</b>	Reconocer cual es la opinión de los estudiantes sobre el manejo de los metales Plomo y Cadmio por parte de la industria y como creen ellos que esto se podría controlar.	Los estudiantes creen que la manera como se puede controlar es realizando: disminución de su uso, buscar un nuevo metal, mantener control de las cantidades usadas al inicio y final del proceso, o algún uso para el desecho generado, reconociendo que esto sería difícil debido a los costos que significa.	Es interesante las respuestas encontradas en esta pregunta, los estudiantes mencionan como solución la disminución de su uso pero planteando alternativas que favorezcan la industria y beneficien el medio ambiente y la sociedad.

Tabla 17. Conceptos a Profundizar ó Complementar.

Con el análisis de cada una de las preguntas de este test se puede concluir que en el momento de realizar la aplicación del diseño del destino ambiental para los metales Plomo y Cadmio, se deben de abordar ciertos parámetros conceptuales, con el fin de profundizar en algunos y en otros darlos a conocer para complementar la información con la que cuentan los estudiantes sobre estos dos metales. Estos parámetros son los siguientes:

1. Disposición de uso, basado en las características y propiedades que pueden ser aprovechadas
2. Industrias que usen en sus procesos o que tengan alguna clase de contacto con estos metales
3. Materiales que tengan presencia de Plomo ó Cadmio en su composición
4. Comportamiento de los metales en los diferentes medios agua, suelo y aire, y como se lleva a cabo el proceso de transporte y transferencia de un medio a otro.
5. Comprender que partes del cuerpo son vulnerables y como se verían afectadas por la presencia de estos metales dentro del organismo.
6. Dar a conocer como método de análisis el Factor de Bioconcentración y complementándolo con la técnica de análisis de espectroscopia de emisión con fuentes de plasma de acoplamiento inductivo (I.C.P.)
7. Métodos de recuperación en medios afectados por presencia de trazas de estos metales.
8. Disposición de uso final de los metales Plomo y Cadmio.

Estos parámetros conceptuales serán abordados a partir de la situación de emergencia por inundaciones que ocurrió entre diciembre del 2010 y marzo del 2011 en Mosquera, Cundinamarca, partiendo del análisis del Factor de Bioconcentración y toxicológico de los respectivos análisis reportados por los laboratorios de CORPOICA TIBAITATA de los cultivos de Lechuga (*Lactuca Sativa*) y Pasto (*Pennisetum Clandestinum*) en cada una de las concentraciones de Plomo y Cadmio de análisis en el experimento (anexo 2). Los cuales serán analizados desde la ubicación en la que se encontraba el cultivo en cada uno de los respectivos bloques (Figura 9).cada bloque consta de seis tratamientos a diferentes concentraciones, ubicados completamente al azar lo que permitía exponer cada uno de los tratamientos a las condiciones del invernadero, desde un principio se contemplaron factores como la humedad, ventilación y la temperatura de la cual se estableció el siguiente rango en la mañana oscilaba entre los 18°C – 20°C en la tarde alcanzaba temperaturas superiores a los 25°C y lo que se espera es que durante la noche esta temperatura fuese menor a los 15°C. Teniendo claro estas condiciones se procede al análisis de cada uno de los bloques de tratamiento.

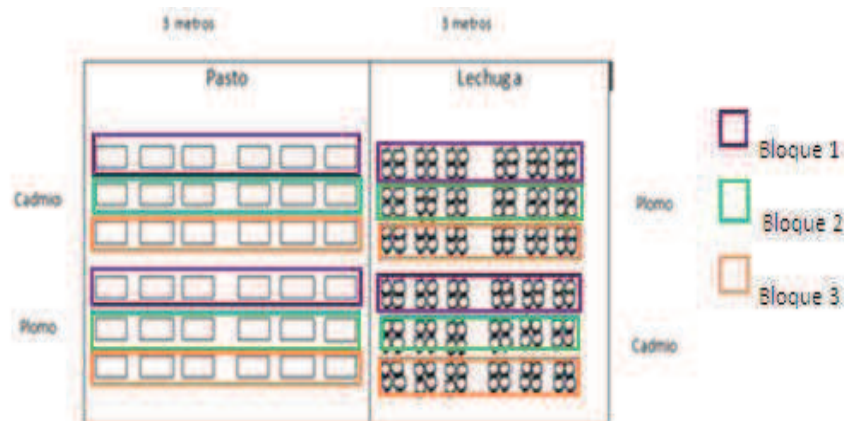


Figura 9. Distribución de Bloques

El análisis de cada uno de los resultados obtenidos se basa desde el comportamiento del metal en el suelo, tejido y aguas de lixiviado. Para esto se determina la concentración inicial que contenía cada uno de los experimentos, debido que en el planteamiento teórico las concentraciones de Cadmio a trabajar eran de 0ppm, 0,75ppm, 1,5ppm, 3ppm, 15ppm y 30ppm y las de Plomo eran 0ppm, 50ppm, 100ppm, 300ppm, 1000ppm y 3000ppm, las cuales están sujetas a la capacidad de campo que tenga el suelo, en el caso del suelo de lechuga (*Lactuca Sativa*) el Typic Tropaquept de textura franco arcillo-limosa se determinó que esta necesidad es de 11,6L para 26 kg de suelo, para el suelo de pasto (*Pennisetum Clandestinum*) el Tropic Fluvaquent de textura predominante arcillo-limosa la necesidad es de 15,21L para 26 kg, la manera de contaminación que se estableció para los suelos fue la adición de esta disolución del metal al suelo, con el fin que este la adsorbiera, la duración de este proceso fue variable debido a las condiciones ya mencionadas del invernadero este proceso en unos tratamientos superaron los 45 días y en otros hasta 60 días. La diferencia de la cantidad de agua a usar en este caso desionizada para evitar la presencia de cantidades de estos metales o de otros. Según Doménech y Peral, 2006, se basa en el tamaño del poro del suelo definido por su textura, siendo a mayor tamaño que es el caso de las arenas poco reactivo, estable y con presencia de minerales primarios principalmente feldspatos, por el contrario los de menor tamaño de poro como las arcillas son mas reactivos, menos estables y compuesto por minerales secundarios como los silicatos.

Teniendo en cuenta el resultado de la capacidad de campo de cada tipo de suelo se determinó las nuevas concentraciones para la cantidad de gramos calculados de Cadmio Y Plomo respectivamente para cada uno de los seis tratamientos (tabla 18). Siendo pertinentes estas concentraciones para el análisis experimental donde se busca estar por encima y debajo de los valores máximos y mínimos reportados por la comunidad Europea para la presencia de Cadmio en suelos que es de 1,5ppm-3ppm y de Plomo 150ppm-300ppm.

[ ]	Cadmio Lechuga ppm (mg L <sup>-1</sup> )	Cadmio Pasto ppm(mg L <sup>-1</sup> )	Plomo Lechuga ppm (mg L <sup>-1</sup> )	Plomo Pasto ppm (mg L <sup>-1</sup> )
1	0	0	0	0
2	2	1	120	86
3	4	3	239	171
4	7	5	718	513
5	36	26	2393	1711
6	72	51	7179	5132

Tabla 18. Nuevas concentraciones a trabajar en el experimento de Cadmio y Plomo

Nota: la concentración de que se considero como 0ppm en el momento de análisis en los diferentes cultivos reporto valores los cuales van a ser identificados con la concentración 1

Basados en el diseño experimental de bloques completamente al azar se abordaron los resultados de tejido, suelo y agua. En la tabla 19 se muestra la relación entre los resultados de tejido de Lechuga y Pasto en los tres bloques. En la lechuga (Figura 10) se evidencia una tendencia en el comportamiento del metal de manera ascendente al aumento en la concentración aplicada, pero en la concentración 5 hay un cambio de tendencia disminuyendo aproximadamente 18ppm en relación al dato anterior y nuevamente asciende en la concentración 6, esta vez de manera variable en cada uno de los bloques por lo cual no se puede establecer un patrón de ascenso. Referente al tejido del pasto (Figura 11), presenta un comportamiento creciente a partir de la concentración 3 en los bloques 1 y 3, en el segundo bloque se ve interrumpido este

ascenso en la concentración 5 donde no creció biomasa durante el experimento, de manera global se puede establecer que hay una tendencia en la cantidad de metal presente en las cuatro primeras concentraciones siendo menor a 1ppm, pero en las concentraciones 5 y 6 hay un aumento significativo cercano a las 4ppm.

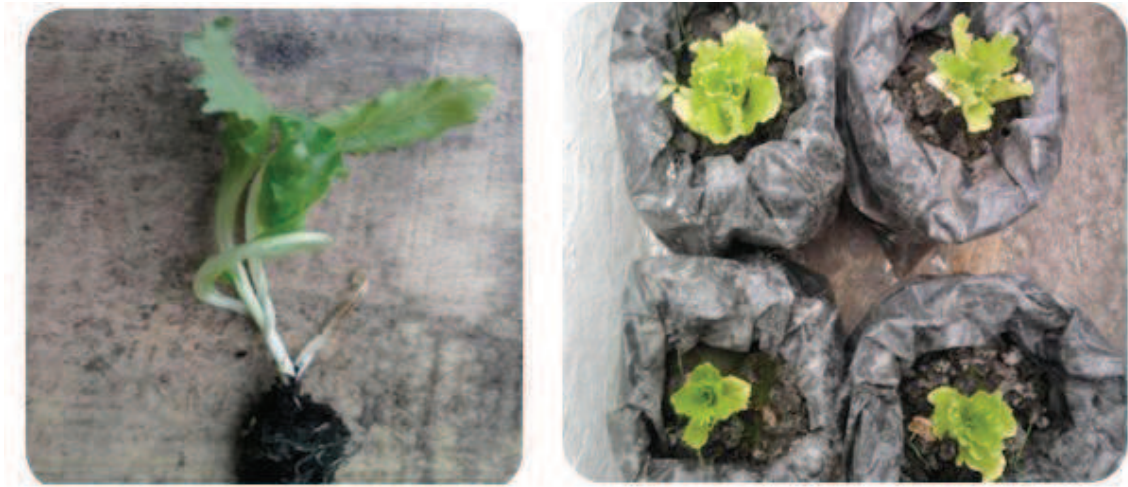


Figura 10. Lechuga (*Lactuca sativa*)

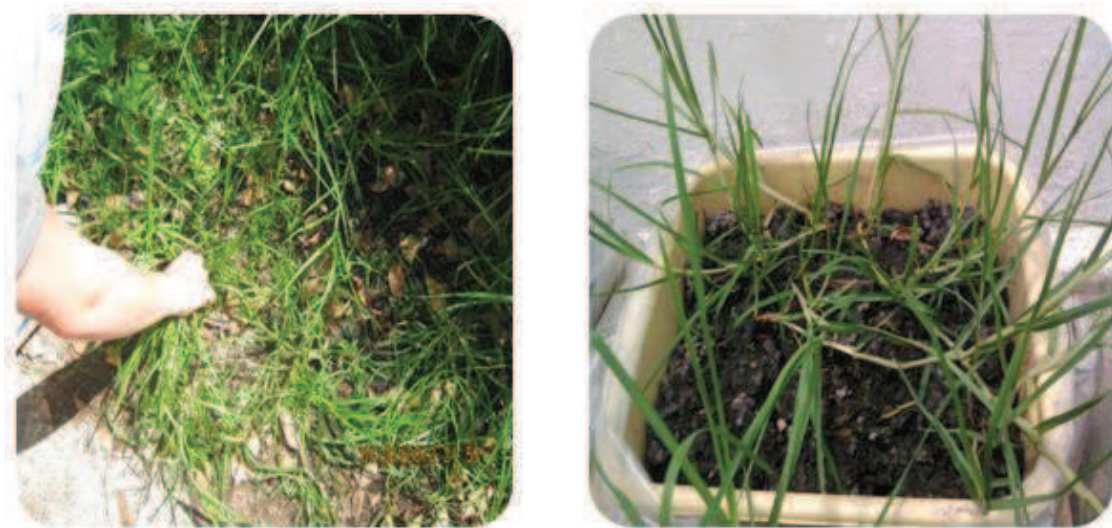


Figura 11. Pasto (*Pennisetum clandestinum*)

TEJIDO Cadmio (Cd)				
Experimento	[ ]	Bloque 1 ppm (mg Kg <sup>-1</sup> )	Bloque 2 ppm (mg Kg <sup>-1</sup> )	Bloque 3 ppm (mg Kg <sup>-1</sup> )
Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> )	1	3,40	4,71	5,68
	2	5,02	6,97	9,27
	3	7,97	11,16	6,50
	4	24,18	25,87	24,38
	5	2,86	6,16	3,20
	6	9,58	32,25	3,92

Pasto ( <i>Pennisetum clandestinum</i> )	1	0,49	0,54	0,78
	2	0,62	1,50	0,82
	3	0,38	0,43	0,56
	4	0,51	0,93	0,60
	5	3,65	-----	3,04
	6	4,58	5,79	3,68

Tabla 19. Resultados obtenidos en Tejido en el experimento de Lechuga (*Lactuca Sativa*) y Pasto (*Pennisetum Clandestinum*) con presencia del metal Cadmio.

De esto se puede concluir que el comportamiento del metal Cadmio en el tejido de la lechuga y el pasto presenta una tendencia hasta la concentración 4; en las concentraciones 5 y 6 el metal se comporta de manera diferente en la lechuga disminuye y vuelve a aumentar, pero en el pasto a estas concentraciones aumenta notablemente con relación a los valores anteriores. En este proceso de transferencia de cantidades de Cadmio del suelo a la Planta (Lechuga y Pasto), de acuerdo a (Rodríguez 2008) donde describen que el Cadmio al ser un metal no esencial se asume que no existen mecanismos específicos de entrada, pero este se moviliza por medio de diferentes transportadores como el del calcio (Clemens et al. 1998), zinc y Hierro (Guerinot 2000) y la Nramp, localizada en la membrana de la vacuola, esto se debe a los procesos de intercambio catiónico en los que participa el  $Cd^{2+}$  los cuales se encuentran hidratados o ligado a otros compuestos orgánicos o inorgánicos.

Otras posibles moléculas responsables de la quelación del cadmio son pequeñas proteínas ricas en cisteína denominadas metalotioneínas (MTs). De esta forma, los complejos Cd-ligando pueden ser transportados al interior de la vacuola o a otras células (Shah y Nongkynrh 2007). Una vez dentro de la célula el cadmio puede coordinarse con ligandos de Azufre y ácidos orgánicos como el citrato (Clemens 2006; Domínguez-Solís et al. 2004).

La absorción de Cadmio ocurre a través de los mismos transportadores (Sanchez, 2010), por lo que probablemente tengan una función de movilización del metal y no de ingreso del mismo a la raíz (Thomine et al. 2003). En la planta, el cadmio se acumula preferiblemente en la raíz dentro de la vacuola de las células, y solo una pequeña parte es transportada a la parte aérea de la planta concentrándose en orden decreciente de raíz a hojas (Chan y Hale 2004). Una vez en la raíz, el cadmio puede pasar al xilema a través del apoplasto y/o a través del simplasto formando complejos (Clemens et al 2002), como ácidos orgánicos o fitoquelatinas, y se acumula posteriormente en las vacuolas (Clemens, 2006).

En la tabla 20 se relacionan los datos obtenidos en tejidos con presencia del metal Plomo en los cultivos de Lechuga y Pasto. En los bloques de análisis de Lechuga se evidencia una tendencia de aumento en ciertos periodos de concentraciones los cuales varían de un bloque a otro, en el bloque 1 esta variación se encuentra en la concentración 3 la cual sobre pasa 9ppm al resultado anterior y vuelve a disminuir en 8ppm en la siguiente concentración, en el bloque 2 la variación está en la concentración 3 y 4, disminuyendo 1ppm el dato anterior y aumenta en 0,7ppm para siguiente dato, se hace alusión a estas concentraciones debido a que son valores pequeños en los que se evidencian grandes saltos, en el bloque 3 presenta aumentos y disminuciones de un tratamiento al otro por lo cual no se puede establecer una tendencia de comportamiento, por último la variación en el tratamiento 6 en el bloque 1 y 2 es notable el aumento de contenido de metal pero en el bloque 3 esta variación notable es en sentido contrario. En el experimento de pasto en cada uno de los bloques presenta una tendencia creciente con relación al contenido de metal presentando variaciones entre los resultados de las mismas concentraciones en diferentes bloques

TEJIDO Plomo (Pb)				
Experimento	[ ]	Bloque 1 ppm (mg Kg <sup>-1</sup> )	Bloque 2 ppm (mg Kg <sup>-1</sup> )	Bloque 3 ppm (mg Kg <sup>-1</sup> )
Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> )	1	0,21	0,92	0,99
	2	0,96	1,27	0,50
	3	10,00	0,15	0,14
	4	1,50	0,80	0,63
	5	11,41	8,04	7,78
	6	21,28	20,30	0,64
Pasto ( <i>Pennisetum clandestinum</i> )	1	7,45	7,33	5,84
	2	17,72	17,69	14,33
	3	28,18	23,31	16,10
	4	40,62	77,61	43,86
	5	164,49	138,03	118,47
	6	475,33	615,93	343,05

Tabla 20. Resultados obtenidos en Tejido en el experimento de Lechuga (*Lactuca Sativa*) y Pasto (*Pennisetum Clandestinum*) con presencia del metal Plomo.

El comportamiento del Plomo en el tejido (Lechuga y Pasto) de acuerdo a (Sanchez, 2010) donde menciona que una vez que este metal llega al suelo es inmovilizado por el componente orgánico de tal forma que la cantidad disponible para las plantas es baja y se encuentra en los primeros 5 cm superficiales. La adición de ácidos orgánicos puede incrementar su solubilidad y aumentar el transporte de Plomo desde la raíz hacia órganos aéreos (Sharma y Dubey, 2005). En la naturaleza se encuentra como Plomo elemental, y tiene valencias 2+ (en compuestos inorgánicos) y 4+(en compuestos orgánicos), formando metales como la galena (PbS), la cerusita (PbCO<sub>3</sub>) y la anglesita (PbSO<sub>4</sub>), entre otros (Casas y Sordo, 2006). Dado que el Plomo no es un elemento esencial, las plantas no presentan mecanismos de absorción para este metal y dicha absorción puede ocurrir por transporte pasivo. Algunos complejos entre el Plomo y grupos carboxílicos presentes en la superficie radicular, pueden entrar a las raíces, a pesar que dicho mecanismo no está completamente definido. Una vez dentro de las raíces, este metal se une a los sitios de intercambio iónico en las paredes celulares, o se precipita como fosfatos o carbonatos. El Plomo no ligado, viaja a través de los canales del Calcio, y puede acumularse en el floema y en el xilema. La tendencia del Plomo es a acumularse en la raíz de las plantas, al no ser un variable de interés en el proyecto debido a que la parte que es introducida a la cadena trófica es la hoja de la Lechuga y el tejido de Pasto, cuyo resultado no se tuvo presente en el análisis.

Los resultados obtenidos de agua (figura 12) de lixiviado en el cultivo de Lechuga para el metal Cadmio se relacionan en la tabla 21 donde solo en la concentración 6 en los bloques 1 y 2 se pudo realizar la lectura la cual es igual que el límite de cuantificación en I.C.P. para este metal que es de 0,01 mg L<sup>-1</sup> y las demás concentraciones en los tres bloques se encuentran por debajo de este límite. Para el cultivo de Pasto en el bloque 1 las tres últimas concentraciones reportaron lectura la cual tiene un comportamiento ascendente en relación a la concentración del metal, el bloque 2 presenta este mismo comportamiento en estas tres concentraciones y en la concentración 1 es igual al límite de cuantificación, y por último en el bloque 3 no se reporta lectura para las concentraciones 2 y 4, en las otras concentraciones no hay una tendencia de comportamiento de los resultados.



Figura 12. Agua de Riego Desionizada y muestras recolectadas al final del cultivo

AGUA Cadmio (Cd)				
Experimento	[ ]	Bloque 1 ppm (mg L <sup>-1</sup> )	Bloque 2 ppm (mg L <sup>-1</sup> )	Bloque 3 ppm (mg L <sup>-1</sup> )
Lechuga ( <i>Lactuca Sativa</i> )	1	0,01	0,01	0,01
	2	0,01	0,01	0,01
	3	0,01	0,01	0,01
	4	0,01	0,01	0,01
	5	0,01	0,01	0,01
	6	0,01	0,01	0,01
pasto ( <i>Pennisetum Clandestinum</i> )	1	0,01	0,01	0,02
	2	0,01	-----	0,01
	3	0,01	0,01	0,01
	4	0,01	0,01	0,01
	5	0,06	0,10	0,04
	6	0,08	0,12	0,10

Tabla 21. Resultados obtenidos en Agua de Lixiviado en el experimento de Lechuga (*Lactuca Sativa*) y Pasto (*Pennisetum Clandestinum*) con presencia del metal Cadmio.

Se puede establecer que al encontrarse un gran número de lecturas en diferentes concentraciones principalmente en el cultivo de Lechuga cuyo valor se encuentra por debajo del límite de cuantificación no hubo grandes procesos de movilidad de este metal al agua. La cual según (Bustamante et al, 2001) esta reforzada por un pH bajo, baja dureza, niveles bajos de materia suspendida, potencial redox de alta y baja salinidad (Gobierno del Canadá, 1994). En el agua natural la biodisponibilidad de cadmio se reduce a través de absorción de partículas en suspensión y son los responsables biológicos de controlar los niveles más altos de cadmio (ECB, 2005). En los sistemas acuáticos, el cadmio es más fácilmente absorbido por los organismos directamente del agua en su forma iónica libre (AMAP, 1998).

En la tabla 22 se muestran los resultados obtenidos en los análisis de agua de lixiviado de los experimentos, en el cultivo de Lechuga todos los valores reportados se encuentran dentro del límite de cuantificación, en el bloque 1 tiene un comportamiento variable entre decreciente en las tres primeras concentraciones y creciente en las dos siguientes y nuevamente decrecientes encontrándose una relación entre los resultados

reportados en las concentraciones 1 y 5, 2 y 4, 3 y 6. En el bloque 2 igualmente se establece relación entre los datos reportados en las concentraciones 1,3 y 4 donde la cantidad de metal es igual, en las concentraciones 2 y 6 no se recogió agua de lixiviado y por último la concentración más alta de metal es la de la concentración 5.

En el cultivo de pasto se encuentran valores que están por debajo del límite de cuantificación en el bloque 1 las concentraciones 1 y 4, en el bloque 2, concentraciones 3 y 4, y en el bloque 3 las cinco primeras concentraciones, al igual que en el cultivo de lechuga se encuentran resultados de 0ppm de lixiviado debido a que no se obtuvo muestra en el bloque 2 las concentraciones 1,2 y 6, y en el bloque 3 la concentración 6 lo que determina que el valor de este bloque esta debajo del límite de cuantificación, en el bloque 2 la concentración 5 reporta un valor de 0,010ppm que es igual al valor reportado en el bloque 1 en las concentraciones 2 y 3, las otras dos concentraciones de este bloque presentan una gran diferencia en su aumento reportando en la concentración 6 un valor de 5,740 ppm lo que establece este resultado como la cantidad más grande encontrada en los análisis de aguas tanto para el metal Cadmio como para el Plomo.

AGUA Plomo (Pb)				
Experimento	[ ]	Bloque 1 ppm (mg L <sup>-1</sup> )	Bloque 2 ppm (mg L <sup>-1</sup> )	Bloque 3 ppm (mg L <sup>-1</sup> )
Lechuga ( <i>Lactuca Sativa</i> )	1	0,130	0,010	0,004
	2	0,020	-----	0,004
	3	0,004	0,010	0,030
	4	0,020	0,010	0,010
	5	0,120	0,040	0,020
	6	0,004	-----	0,004
pasto ( <i>Pennisetum Clandestinum</i> )	1	0,004	-----	0,004
	2	0,010	-----	0,004
	3	0,010	0,004	0,004
	4	0,004	0,004	0,004
	5	0,060	0,010	0,004
	6	5,740	-----	-----

Tabla 22. Resultados obtenidos en Agua de lixiviado en el experimento de Lechuga (*Lactuca Sativa*) y Pasto (*Pennisetum Clandestinum*) con presencia del metal Plomo.

El comportamiento de este metal en el agua según (Doménech y Peral, 2006), donde las concentraciones de Plomo soluble en aguas naturales es muy baja, puesto que forma sales insolubles con varios aniones a pH neutro-Ácidos, de igual manera la adsorción sobre partículas minerales y orgánicas es el principal mecanismo de eliminación de Plomo en las aguas naturales. En medios alcalinos, el Plomo precipita como carbonato, mientras que en medios reductores se forman sulfuros insolubles. Estas sales insolubles de Plomo constituyen una reserva de Plomo que liberan cuando el medio deviene ácido, debido a los procesos de hidrólisis de los aniones correspondientes.

Los resultados obtenidos en suelos (Figura 13) se presentan en la tabla 23 donde se evidencia que para el metal Cadmio en el cultivo de Lechuga en los tres bloques la concentración 1 es mayor que la segunda lo que presenta una variación en la tendencia que se recupera en las siguientes concentraciones las cuales aumentan con

relación a la cantidad de metal presente, excepto en el bloque 2 donde nuevamente se presenta una variación en la concentración 4 aproximadamente de 1ppm en su resultado con relación con el dato anterior, cabe destacar que hasta la concentración 4 se encuentra una similitud entre los valores reportados en los tres bloques la variación es evidente en las concentraciones 5 y 6. En el cultivo de Pasto para este mismo metal al igual que en el cultivo de lechuga el suelo presenta una tendencia similar es mayor la concentración 1 que la 2 y luego se comporta con tendencia ascendente con relación a la concentración presentándose una variación significativa en cantidades encontradas del metal al paso de la concentración 4 a las concentraciones 5 y 6



Figura 13. Disposición de suelos para la siembra

SUELO Cadmio (Cd)				
Experimento	[ ]	Bloque 1 ppm (mg Kg <sup>-1</sup> )	Bloque 2 ppm (mg Kg <sup>-1</sup> )	Bloque 3 ppm (mg Kg <sup>-1</sup> )
Lechuga ( <i>Lactuca Sativa</i> )	1	2,86	2,60	2,62
	2	1,84	1,90	2,00
	3	2,98	5,58	3,51
	4	3,44	4,87	4,01
	5	17,54	13,84	9,71
	6	32,06	15,46	24,21
pasto ( <i>Pennisetum Clandestinum</i> )	1	2,47	2,57	2,33
	2	1,78	1,73	1,54
	3	2,93	2,83	3,88
	4	3,91	3,20	4,60
	5	17,03	13,66	13,90
	6	33,50	27,23	18,29

Tabla 23. Resultados obtenidos en Suelo en el experimento de Lechuga (*Lactuca Sativa*) y Pasto (*Pennisetum Clandestinum*) con presencia del metal Cadmio.

En la tabla 24 se relacionan los resultados sobre el comportamiento del metal Plomo en el cultivo de Lechuga en cada uno de los tres bloques presenta una tendencia ascendente con relación al aumento de las concentraciones, siendo que en cada uno de los bloques en las concentración 5 y 6 presenta grandes variaciones entre las cantidades reportadas del metal. En el cultivo de Pasto para este metal los datos

reportados presentan una tendencia ascendente en cada uno de los tratamientos al igual que similitud en las cantidades encontradas del metal en las seis concentraciones y en los tres bloques.

SUELO Plomo (Pb)				
Experimento	[ ]	Bloque 1 ppm (mg Kg <sup>-1</sup> )	Bloque 2 ppm (mg Kg <sup>-1</sup> )	Bloque 3 ppm (mg Kg <sup>-1</sup> )
Lechuga ( <i>Lactuca Sativa</i> )	1	5,96	6,68	6,38
	2	16,55	16,34	16,84
	3	25,07	54,42	42,01
	4	74,55	80,73	86,91
	5	360,15	246,81	197,67
	6	759,93	683,13	747,93
pasto ( <i>Pennisetum Clandestinum</i> )	1	1,03	1,13	1,96
	2	1,58	1,35	1,93
	3	2,51	2,87	2,33
	4	4,50	3,44	3,72
	5	14,00	13,16	13,33
	6	42,53	45,08	42,20

Tabla 24. Resultados obtenidos en Suelo en el experimento de Lechuga (*Lactuca Sativa*) y Pasto (*Pennisetum Clandestinum*) con presencia del metal Plomo.

El comportamiento de los metales en el suelo parte desde la identificación de la clase de metal que sea esencial o no esencial, en este caso los metales Plomo y Cadmio se reconocen que no tienen alguna función biológica conocida por lo cual puede llegar a limitar el crecimiento vegetal y/o ser tóxicos para las plantas, animales y seres humanos (Adrian, 2001). Para esto se hace necesario identificar de donde provienen las cantidades del metal y como actúa. Lo primero es reconocer que se encuentran en el suelo concentraciones de estos metales de manera natural esto se debe a la composición química de la roca madre y los procesos de meteorización condicionan, de forma natural, la concentración del metal en el suelo (Tiller, 1989; Ross, 1994<sup>a</sup>; Peris 2006). Siendo estos dos metales los de menor cantidad encontrados de forma natural en el suelo. Esta concentración natural se modifica, incrementándose, por diversas actividades humanas de acuerdo a su disposición de uso en las diferentes industrias. (Gzyl, 1999; Weber y Karczwska, 2004).

En esta investigación los cultivos de Pasto y Lechuga cada uno fue realizado en un suelo diferentes el primero es el Tropic Fluvaquent que es un suelo asociado del segundo que es el Typic Tropaquep, esta relación se evidencia en su textura la cual está definida como arcillo-limosa y franco arcillo-arenosa respectivamente, la importancia de esta identificación se basa en el tamaño del poro y sus características las cuales van a permitir identificar el comportamiento de nutrientes o del metal en el suelo. Estos tamaños de poro están definidos por los procesos de meteorización mecánica o química en los cuales es sometido el suelo Para este caso en el momento de adecuación del suelo se sometió a un proceso de macerado lo que activo una meteorización mecánica y química generando primero un cambio en el tamaño del grano, la acumulación y disponibilidad del metal en el suelo y la interacción suelo / planta de acuerdo a la tolerancia de la misma al metal.

La diferencia en el tamaño del grano realizado en el macerado generan un cambio en la estructura y la textura del suelo, la cual se predice en este experimento fue alto aumentando en la cantidad de arcillas y limos presentes debido a que juega un papel importante en la entrada, infiltración, adsorción y/o pérdidas de los metales pesados en el suelo (Alloway, 1995), en el caso de las arcillas pueden retener los metales pesados en las posiciones de cambio, impidiendo su paso a los niveles freáticos (Lopez y Grau, 2005). Lo que generaría mayor capacidad de retención de la disolución contaminante adicionada y una reducción del drenaje interno, este proceso es el responsable del poder de absorción por parte de las planta y la reducción de su perdida por lixiviación (Duran 2010).

Basados en el papel que juega el cambio de la textura del suelo se puede comprender los resultados obtenidos de los metales Plomo y Cadmio en el tejido y agua de lixiviado mencionados anteriormente desde la disponibilidad de estos por parte del suelo, en el caso de tejido se evidencian concentraciones variables de absorción por parte de la planta (Lechuga y Pasto), y en el caso de las aguas de lixiviado valores por debajo de los limites de cuantificación. Sin desconocer variables como el pH que determinan la movilidad del catión (Wong, 2003), el cual depende también de la salinidad del suelo para favorecer la movilidad de los metales, esencialmente las fracciones mas móviles de estos metales en forma iónica ocurren en los rangos menores de pH, aunque la mayoría de los metales tienden a estar disponibles a un pH ácido (Duran, 2010), el cual en estos suelos se encuentra en un rango de 5,4 y 5,9.

La movilidad de estos metales se inicia desde los procesos de hidroxilación de los silicatos que son los minerales secundarios que predominan en suelos con presencia de arcillas y limos. Las condiciones de pH permiten determinar las interacciones entre los silicatos con presencia de iones metálicos y el  $H^+$  (Doménech y Peral, 2006), Los cuales dependiendo del metal formaran nuevos compuestos que son las transformaciones que se generan y quedan presentes en el medio ó se movilizan en este caso principalmente a los tejidos mediante los canales de transporte mencionados, la movilidad del Cadmio es mayor que la del Plomo en las condiciones de pH, que se presentan movilidad que son en los medios oxidante, ácido y neutro-alcalino (Duran, 2010), en este caso esta movilidad se relaciono con la Planta, en el caso del Cadmio fue mayor la movilidad en le Lechuga que el Pasto y la movilidad del Plomo fue mayor en el Pasto que en le Lechuga sin desconocer que estos dos metales también se acumulan en las raíces.

Otra variable es la cantidad de materia orgánica debido a que tiene una gran importancia en todos los procesos de adsorción del suelo, actúa como ligandos en los complejos de intercambio, formando quelatos en el caso del Cadmio más estables, los cuales pueden migrar con facilidad a lo largo de los perfiles del suelo, esta variable se relaciona con la capacidad de intercambio catiónico que tienen los metales Plomo y Cadmio, siendo la variable que permite la movilidad de estos dos metales en la Planta y aguas de lixiviado, puesto que estos proceso de adsorción física no son selectivos, este tipo de adsorción se produce a causa de interacciones de tipo electrostático, entre la fase solida, lo que hace que los cationes absorbidos puedan ser fácilmente intercambiados por otros que posean una carga mayor o que estén presentes en una mayor concentración (Doménech y Peral, 2006), esto nos permite relacionar no solo los resultados obtenidos en el laboratorio sino el comportamiento y crecimiento de los tejidos durante el proceso de cultivo el cual a mayor concentración de los metales menor fue su desarrollo y crecimiento, basado en estos procesos de absorción debido a que los cationes  $Cd^{2+}$  y  $Pb^{2+}$ , al tener su carácter divalente se pueden transportar especialmente por los canales de  $Ca^{2+}$ .

De estas causas se puede determinar la interacción del metal Cadmio y Plomo con la planta y agua de lixiviado fundamentados en las condiciones en las cuales se utilizó el suelo para realizar la siembra que en todos los casos no fue a igualdad de condiciones unos estaban húmedos, otros secos y otros en forma de masa lo que afirma que la presencia de arcillas, esto debido a que estas estaban limitadas por las condiciones del invernadero como la humedad y las diferentes temperaturas a las cuales se veía sometido el cultivo, resaltando que la disponibilidad de estos metales está basada en la textura del suelo lo que permitió que en algunas zonas de cada cultivo se encontrara mayor concentración del metal generando así el estrés en la planta, derivado de un excesivo contenido de metales pesados en el suelo (Kabata-Pendias, 2004), esta elevada concentración de metal, afecta el crecimiento y desarrollo vegetal, es debida tanto a la toxicidad intrínseca de los metales, como al carácter acumulativo de cada elemento (Gupta y Gupta, 1998; García y Dorronsoro, 2001).

Se plantea como método de análisis del carácter acumulativo del metal por parte de la planta el Factor de Bioconcentración en cual consiste en establecer una relación entre la concentración del producto en el organismo o tejido en este caso en el tejido de Lechuga y Pasto, dividido por la concentración del producto en el medio agua, alimento, suelo, aire, etc (Repetto, 1995). Mediante la siguiente ecuación:

---

Este BCF será analizado mediante el parámetro planteado por (Badii, 2005), donde la regla general establece que un Factor de Bioconcentración (BCF)  $> 1.0$  es potencialmente bioacumulativo y un BCF  $> 100$  altamente bioacumulativo. Permitiendo determinar cuál va a ser su comportamiento al biomagnificarse en la cadena alimenticia.

Los valores obtenidos en tejidos se relacionan con la dosis inicial que se aplicó en cada tratamiento (tabla 18), para cada uno de los metales Cadmio y Plomo respectivamente. Esto con el fin de determinar el Factor de Bioconcentración (BCF) de cada experimento, se hace necesario seguir teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cada uno de los tres bloques, con el objetivo de establecer un rango de BCF para estas concentraciones, debido a factores ya mencionados que condicionan esta disponibilidad del metal.

En el experimento de Lechuga y Pasto con presencia del metal Cadmio se obtienen los siguientes resultados de BCF (tabla 25), en la primera concentración es cero debido a que en el experimento no se le aplicó alguna cantidad de metal. Al igual que en el análisis de tejido presenta variaciones en sus aumentos o disminuciones, las cuales se pueden evidenciar en la figura 10 donde están relacionados los resultados obtenidos en cada uno de los tres bloques y se puede determinar que el comportamiento del metal en los tres es similar lo que significa que en las concentraciones 5 y 6 donde mayor concentración del metal ahí, lo que significa que va a ocupar zonas de intercambio catiónico generando que la planta no obtenga los minerales necesarios para su crecimiento y desarrollo y por ende generando que el metal no se pueda transportar a la planta. Estos valores se encuentran dentro de los rangos de análisis en el caso de las concentraciones 5 y 6 llegando a ser potencialmente bioacumulable y en las concentraciones 2, 3 y 4 son altamente bioacumulables en un porcentaje inferior al 5%.

FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN Cadmio (Cd)				
Experimento	[ ]	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Lechuga ( <i>Lactuca Sativa</i> )	1	0,000	0,000	0,000
	2	2,797	3,883	5,165
	3	2,220	3,109	1,811
	4	3,368	3,603	3,396
	5	0,080	0,172	0,089
	6	0,133	0,449	0,055
pasto ( <i>Pennisetum Clandestinum</i> )	1	0,000	0,000	0,000
	2	0,620	1,500	0,639
	3	0,127	0,143	0,218
	4	0,102	0,186	0,117
	5	0,140	-----	0,118
	6	0,090	0,114	0,072

Tabla 25. Resultados Factor de Bioconcentración (BCF), para el metal Cadmio

En la tabla 26 se relacionan los valores para los cultivos de Lechuga y Pasto con presencia del metal Plomo. En estos cultivos se evidencia como los valores obtenidos de BCF son inferiores al rango de potencialmente bioacumulables, en los cuales se presentan variaciones entre una y otra concentración pero que no llegan a afectar potencialmente el contenido del metal debido a que su porcentaje de bioacumulación está por debajo del 50%, al igual que en los procesos de movilidad del Cadmio se han encontrado valores cercanos a 1 que es el valor del rango de BCF potencialmente contaminables, pero que sucede con estos pueden contener cantidad del metal en su sistema pero el crecimiento no es el normal para este tipo de Plantas por lo que si se llegase a aumentar los niveles de presencia de estos dos metales en el tejido este no crecería de igual proporción y no sería considerado producto apto para el mercado, cabe resaltar que no solo el Cadmio y el Plomo se depositan él en tejido también ser acumulan en la raíz, lo que permite determinar que las cantidad de metal que pueda ingresar al tejido depende de dos factores el primero las condiciones del suelo en lo que refiere a la biodisponibilidad del metal y segundo a la cantidad de cationes presentes en el mismo para realizar procesos de transporte que son lo que permitirán el ingreso del metal al sistema, siendo estos lo que condiciones los factores de Bioconcentración del metal que para este experimento no son considerablemente altos teniendo en cuenta que se están manejando concentraciones por encima de los niveles máximos permitidos por la comunidad Europea.

FACTOR DE BIOCONCENTRACIÓN Plomo (Pb)				
Experimento	[ ]	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Lechuga ( <i>Lactuca Sativa</i> )	1	0,000	0,000	0,000
	2	0,008	0,011	0,004
	3	0,042	0,001	0,001
	4	0,002	0,001	0,001
	5	0,005	0,003	0,003
	6	0,003	0,003	0,000

pasto ( <i>Pennisetum Clandestinum</i> )	1	0,000	0,000	0,000
	2	0,207	0,207	0,167
	3	0,165	0,136	0,094
	4	0,079	0,151	0,085
	5	0,096	0,081	0,069
	6	0,093	0,120	0,067

Tabla 26. Resultados Factor de Bioconcentración (BCF), para el metal Cadmio

Otro punto a tener en cuenta es la implicación o el impacto en la introducción de Lechugas o Pastos contaminados en la cadena trófica para esto basados en los valores máximos permitidos de Cadmio y Plomo en cada uno de estos tejidos y la cantidad de consumo diario se puede determinar sus posibles consecuencias.

En este experimento con los valores de concentraciones de metal en tejidos en el caso del Cadmio este valor es de  $0,2 \text{ mg Kg}^{-1}$ , lo que permite determinar todas las concentraciones tanto en pasto como en lechugas reportan valores por encima (tabla 19) de este máximo lo que permitiría determinar que estos productos son potencialmente contaminables justificando los resultados del BCF para este metal los cuales se encontraron en este rango, pero esto solo determina que contiene una concentración mayor de metal en el tejido, pero su función en la cadena trófica está basada es en la dosis diaria de entradas de Cadmio al organismo que es de  $0,4 \text{ md Diarios}^{-1}$ , determinando así que esto depende es básicamente es de dicho consumo, las consecuencias que se generarían por ingresos superiores a estas cantidades

Serian, en una intoxicación agua; La ingesta oral ocasiona náuseas, vómitos, diarreas, y dolores abdominales. La absorción por vía respiratoria puede producir desde un cuadro de hipertermia, ("fiebre de los metales") hasta una neumonitis química y un edema agudo de pulmón, que incluso puede ser mortal. Y en el caso que sea mayor esta cantidad de consumo ocasionaría una Intoxicación crónica la cual puede ocasionar pigmentación amarilla del esmalte en forma de anillos semiconcéntricos, alteraciones respiratorias en forma de rinitis, anosmia, bronquitis y enfisema. La nefropatía cádmica se caracteriza por una tubulopatía proximal con una proteinuria anómala. La aparición de la proteinuria cádmica está generalmente asociada a cadmiurias que sobrepasan los  $10 \text{ } \mu\text{g/g.creatinina}$ . También se pueden asociar alteraciones glomerulares. Se considera al cadmio como un cancerígeno de pulmón y de próstata. Para poder contrarrestar estas intoxicaciones agudas por vía digestiva se puede administrar EDTA  $\text{Ca Na}_2$  por vía intravenosa, en el caso de las crónicas depende del tipo de concentración consumida.

En el caso del Plomo los valores obtenidos para el tejido de lechuga (tabla 20), hasta el tratamiento 4 se encuentran dentro del rango permisible para presencia de Plomo que es de  $0,7\text{-}3,6 \text{ mg Kg}^{-1}$ , pero en los tratamientos 5 y 6 sobre pasa este valor considerablemente lo que llevaría a depender del consumo diario que ocasionarían las implicaciones toxicológicas agudas o crónicas, en el caso del pasto tiene un rango permisible mayor que el de la lechuga que es de  $0,01\text{-}35 \text{ mg Kg}^{-1}$ , pero siendo así solo los tres primeros tratamiento se encuentran dentro de este límite, en las concentraciones 4, 5 y 6 sobre pasa notablemente este valor que el igual que la lechuga depende del consumo diario al que se vea sometido el animal.

Los efectos toxicológicos por presencia de Plomo son en un caso agudo: alteraciones digestivas: dolores epigástricos y abdominales, vómitos, diarreas negruzcas y posteriormente la presencia de estreñimiento pertinaz. Excepcionalmente se han descrito casos de insuficiencia hepática aguda. Alteraciones hematológicas: anemia hemolítica, Alteraciones renales: insuficiencia renal aguda, Alteraciones neurológicas

(encefalopatía saturnina). Es más frecuente en niños. Se manifiesta en forma de convulsiones, y coma, que puede conllevar a la muerte en 2-3 días después de la intoxicación. Y en el caso de una Intoxicación crónica: alteraciones: digestivas, hematológicas, neurológicas, renales, endocrinas y del sistema reproductor: Las alteraciones digestivas se pueden manifestar en forma de un cuadro abdominal agudo ("cólico seco"), con dolores intensos y difusos, vómitos y constipación. También se han descrito casos de hepatitis tóxica. La anemia del saturnismo es debida a dos mecanismos: uno debido a la inhibición de la síntesis de la hemoglobina (inhibiendo las enzimas delta-aminolevulínico dehidrasa y la ferroquelatasa) y otro por hemólisis. El plomo puede afectar al sistema nervioso central en forma de cefaleas, insomnio, alteraciones del carácter y de la memoria. También se ha relacionado la exposición al plomo con disminución del rendimiento escolar en niños.

El plomo puede ocasionar una polineuropatía, de predominio motor que afecta principalmente a las extremidades superiores. La evolución crónica puede desencadenar una nefropatía plúmbica con destrucción de las células tubulares y aparición posterior de fibrosis. También se ha relacionado la exposición al plomo con la aparición de hipertensión arterial. La gota saturnina podría ser debida a la inhibición de la actividad de la guanasa (aumentando las concentraciones de guanina insoluble y cristalizada en las articulaciones). Se han descrito casos de impotencia y alteraciones en los espermogramas (hipospermia, teratospermia y astenospermia), mientras que las mujeres expuestas al plomo presentan una mayor incidencia de esterilidad y abortos espontáneos.

Con estos dos análisis tanto de los parámetros conceptuales a profundizar ó dar a conocer, y de los resultados obtenidos en el experimento de campo. Se realizó el diseño del destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio. Teniendo en cuenta las pautas propuestas por (Herrera, 2004), donde determina bajo qué condiciones se elabora el esquema de evaluación ambiental de procesos:

1. Análisis de procesos, de la cual se obtiene información acerca de los requerimientos y de las etapas necesarias para desarrollar la actividad.
2. Transferencia de información, esta etapa permite la transferencia de la información generada en el análisis de procesos, y que será utilizada en la evaluación ambiental.
3. Evaluación ambiental, donde se valoran desde las cargas ambientales identificadas, hasta los daños (reales y potenciales).
4. Toma de decisiones, las decisiones pueden estar basadas en los resultados obtenidos del análisis de procesos, después de la transferencia de información o a partir de cada uno de los niveles de la evaluación ambiental.

De acuerdo a estas etapas de proceso se realiza una modificación al esquema presentado por Herrera en el 2004, donde se pueden visualizar la manera como se puede organizar la información y los requerimiento necesarios para realizar una adecuada evaluación de riesgo a partir de la determinación del factor de Bioconcentración en los cultivos de Lechuga y Pasto permitiendo determinar el comportamiento del metal en los diferentes medios y la inclusión de estos pastos y lechugas en la cadena trófica. Con el objetivo de poder relacionar los resultados obtenidos y en el diseño para poder esquematizarlo y aplicarlo con los estudiantes el énfasis de aguas II buscando establecer la relación entre el enfoque CTSA.

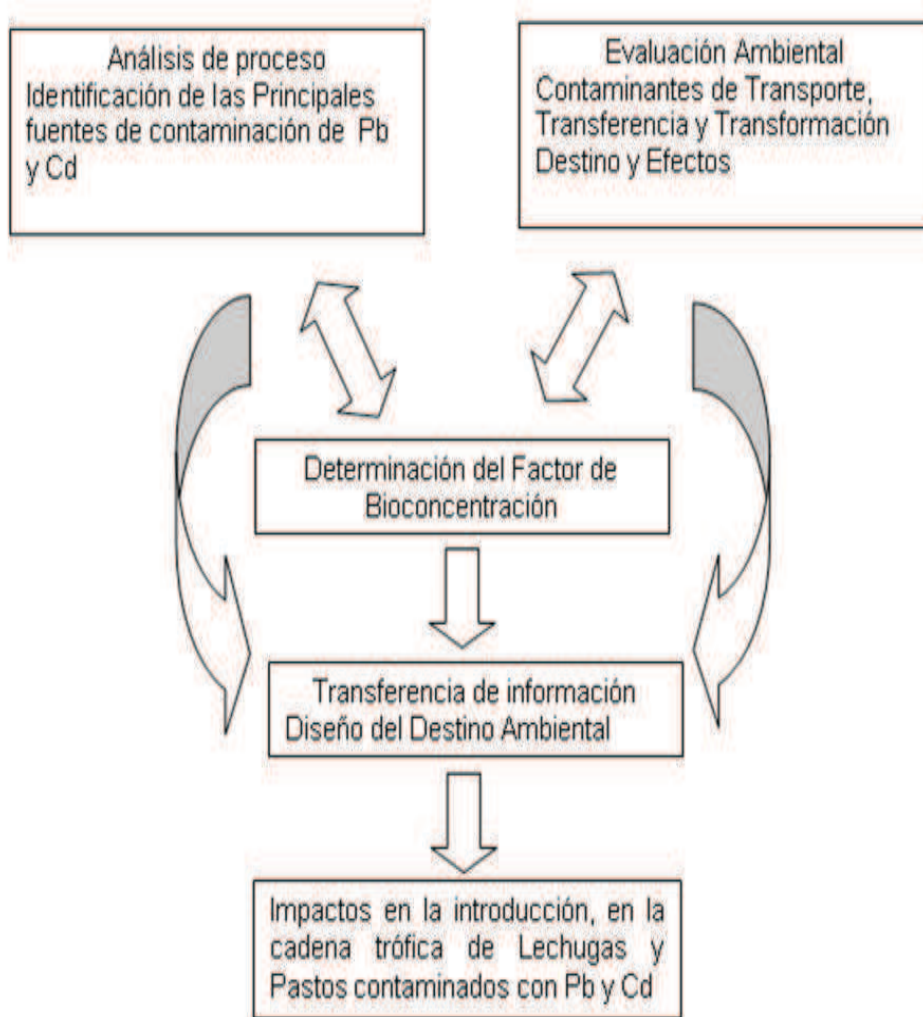


Figura 14. Aspectos de interés en el diseño del destino ambiental  
Fuente: Modificado Herrera (2004)

La elaboración de las pautas para el diseño del destino ambiental está determinada por tres variables

1. La identificación de la problemática a estudiar en este caso la situación de emergencia por inundaciones ocurridas entre diciembre del 2010 y marzo del 2011
2. Establecer la relación suelo/planta que permitirá comprender el porqué de la investigación y analizar los resultados obtenidos.
3. La contextualización de la problemática con cada uno de los componente de ciencia, tecnología, sociedad y ambiente

Para esto se usa como herramienta pedagógica y didáctica, los mapas reportados por CORPOICA TIBAITATA (figura 15), donde se puede visualizar las zonas afectas por las inundaciones y cuál es la actividad que se lleva acabo allí , donde se encontró presencia de Cadmio y Plomo en el medio. Esta identificación se realiza con el fin de contextualización del estudiante con el entorno y en especial con la problemática en cuestión.

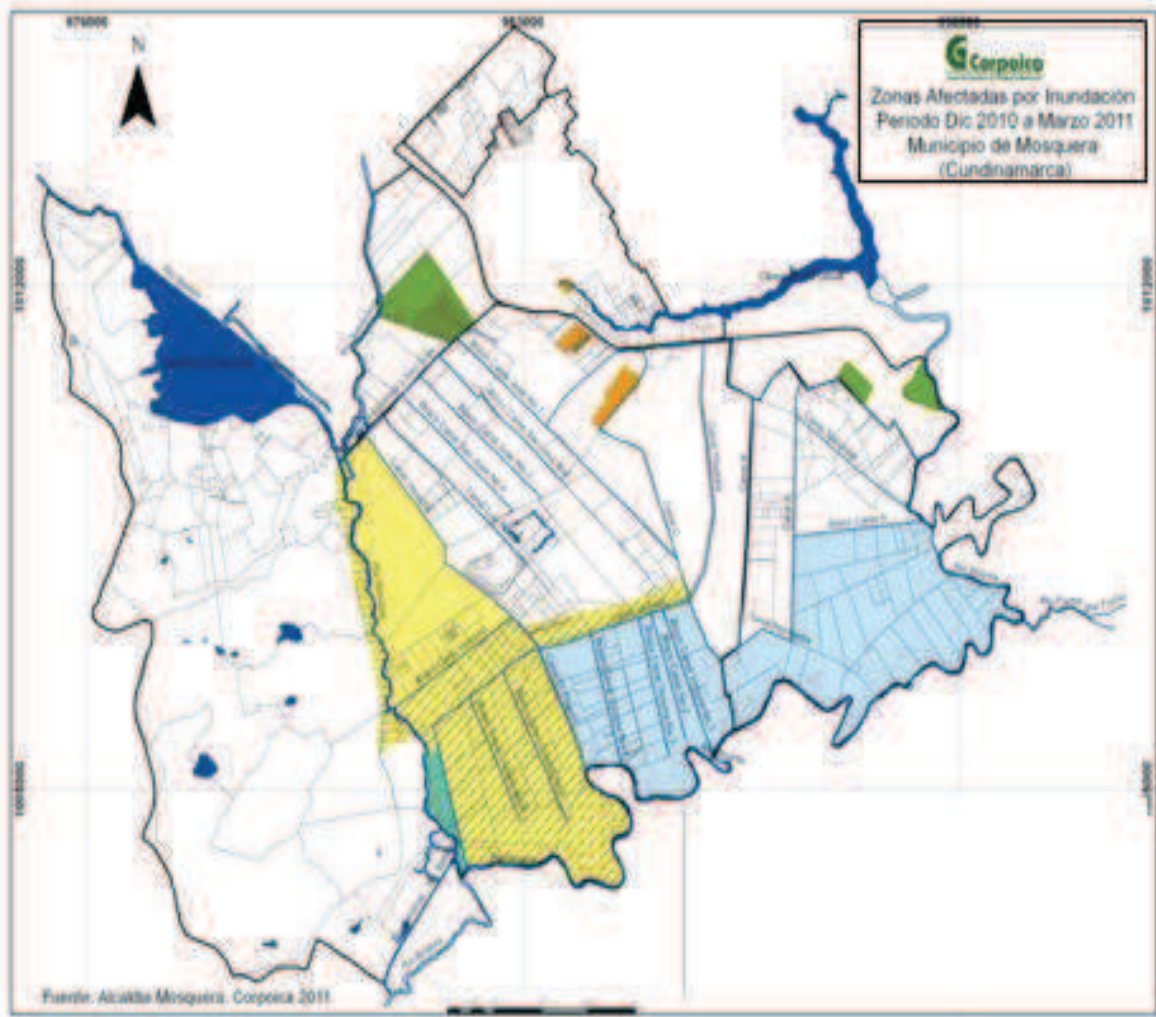


Figura 15. Zonas afectadas por inundaciones periodo Diciembre 2010 a Marzo 2011  
Municipio de Mosquera Cundinamarca  
Fuente: CORPOICA TIBAITATA

Teniendo claro el porqué de esta investigación, se procede a determinar el patrón de análisis para esta situación en particular, la cual se propone desde un principio que sea el Factor de Bioconcentración debido a que permite determinar la relación suelo/planta, que son los medios afectados por las inundaciones. Para lo cual basados en (Peris, 2006), donde menciona que al establecer esta relación se debe conocer el proceder de las cantidades de metal encontrado en el suelo, desde sus posibles fuentes y como estos llegan al suelo para establecer la relación mencionada (Figura 16), de igual manera permite comprender la consecuencia de esta relación en el ambiente y el hombre. Lo que permite integrar la tercera pauta establecida que es el enfoque CTSA, en la elaboración del diseño del destino ambiental. Lo que permite abordar lo planteado por (Solbes y Vilches, 2004), primero que los estudiantes tengan una visión clara de los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad, segundo comprendan el papel de la ciencia y la tecnología, tercero sean conscientes de la influencia de la sociedad y por ultimo sean capaces de realizar evaluaciones sobre determinados desarrollos científicos en este caso el uso del Factor de Bioconcentración como método de análisis de la relación de medios suelo y planta.

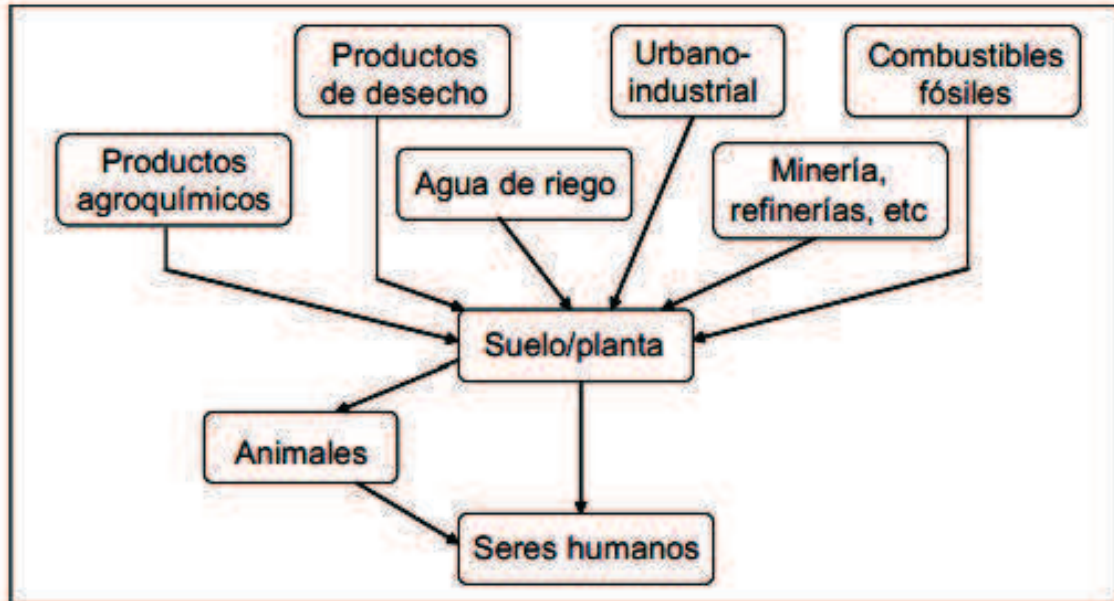


Figura 16. Fuentes de contaminación en el sistema suelo/planta

Fuente: Modificado Peris (2006)

Teniendo claro las pautas generales del diseño abordados desde Herrera, 2004 y Peris 2006, se plantea el siguiente esquema de diseño (figura 17).

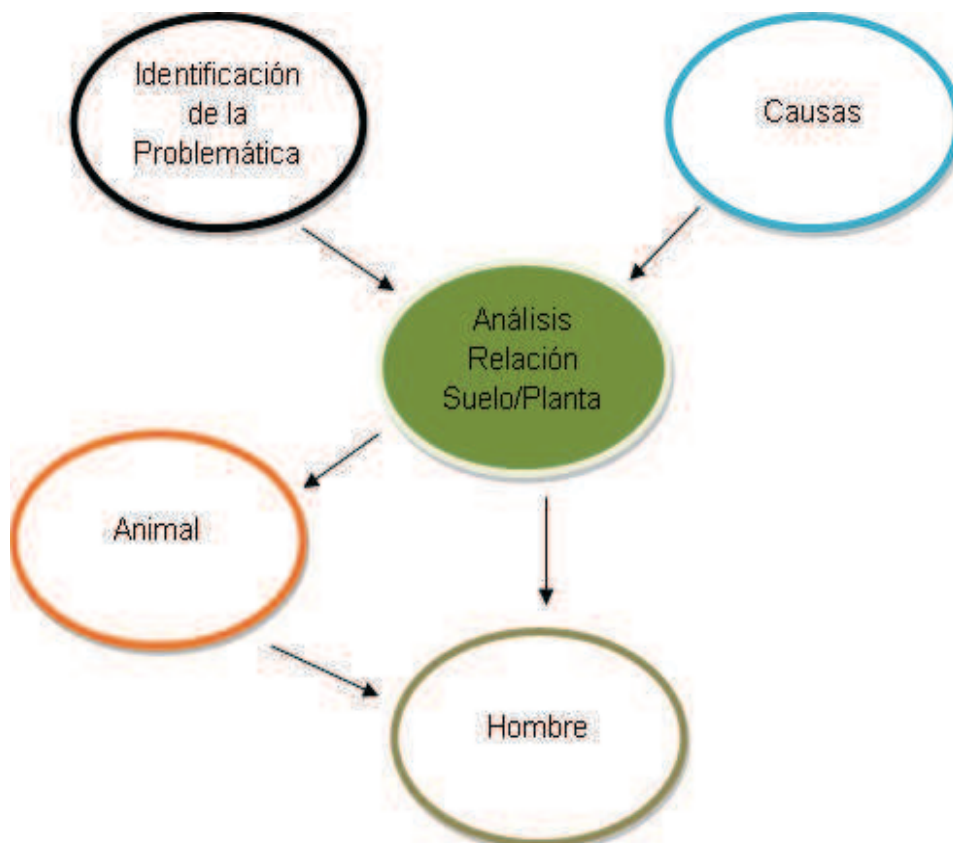


Figura 17. Pautas generales para el diseño del destino ambiental.

Fuente: Modificado Peris (2006)

Con los resultados obtenidos tanto en el aplicativo pedagógico como en los resultados del experimento se hace necesario abordar áreas complementarias de manera más específica con el fin de lograr una integración de conceptos lo que permitirá establecer la relación de estos por parte de los estudiantes por medio del enfoque CTSA. De la siguiente manera (figura 18).

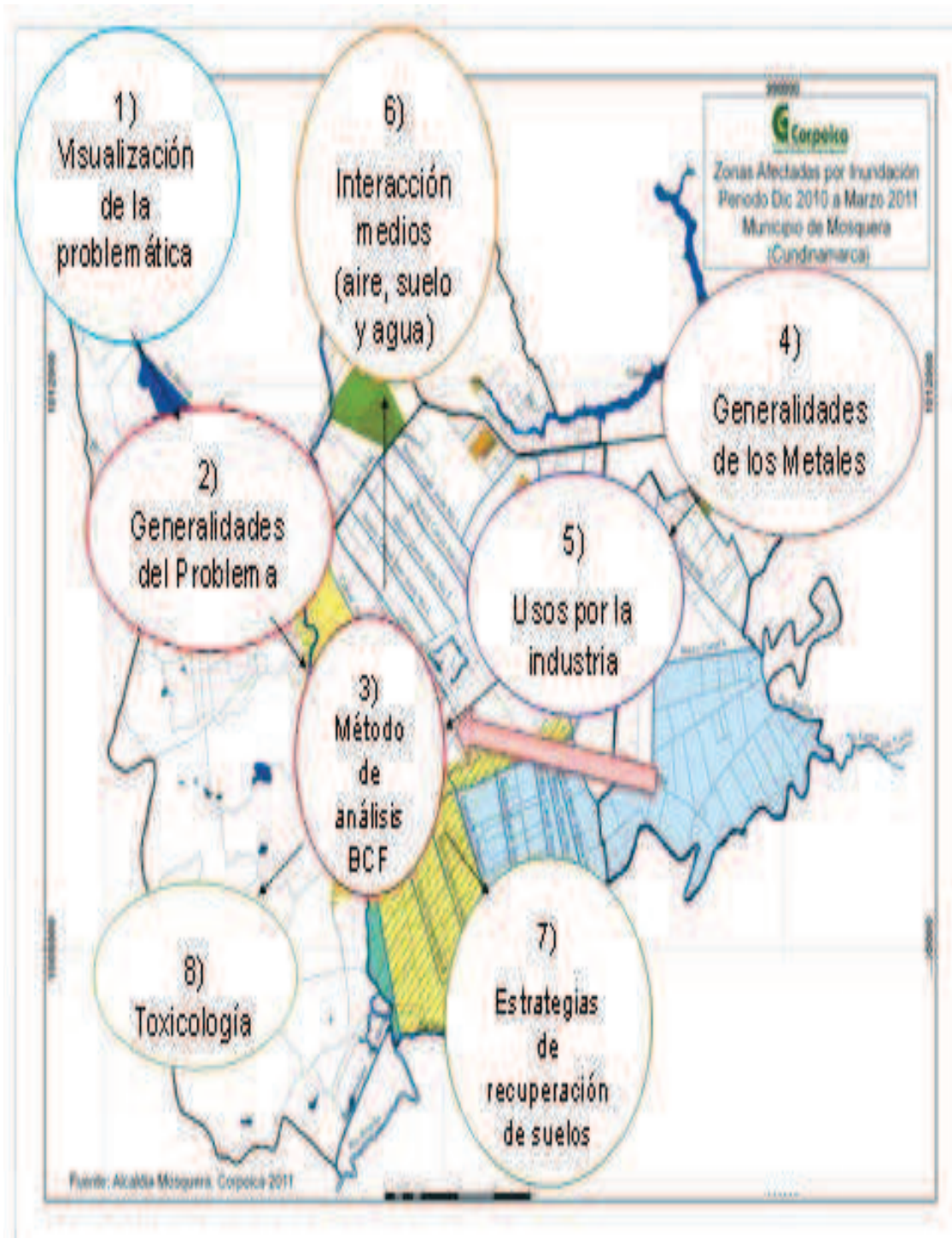


Figura 18. Destino Ambiental de los metales Plomo y Cadmio

Este diseño fue utilizado en la segunda sesión del aplicativo, con el objetivo de lograr enfatizar en la relación de componentes CTSA, en donde se les pide a los estudiantes al final de la explicación del diseño respondieran el test 2 (Anexo 3). Este test será analizando mediante los parámetros de diseño determinados (Tabla 27).

<b>PARÁMETROS DE DISEÑO DEL DESTINO AMBIENTAL DE LOS METALES PLOMO Y CADMIO</b>
Identificación del Problema
Método de análisis a usar en este caso el Factor de Bioconcentración
Generalidades, características y propiedades de los metales Plomo y Cadmio
Disposición de uso y que industrias usan los metales Plomo y Cadmio.
Transporte, transferencia y transformación de los metales Plomo y Cadmio en los diferentes medios (Aire, Suelo, Agua).
Análisis de los datos obtenidos en el método de Factor de Bioconcentración por medio de la técnica de análisis de espectroscopia de emisión con fuentes de plasma de acoplamiento inductivo (I.C.P.)
Implicaciones toxicológicas que se verán reflejadas en la sociedad.
Métodos de recuperación del medio
Estrategia de disminución de uso.

Tabla 27. Parámetros de diseño del destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio.

De acuerdo a esto, los resultados obtenidos en la pregunta N°1 ¿Qué información cree usted que debe llevar un diagrama de destino ambiental para los metales Plomo y Cadmio? Y en la pregunta N° 2 diseñe el diagrama de destino ambiental para los metales Plomo y Cadmio con la información mencionada. Esta test se analizara desde dos puntos primero destacando los estudiantes que relacionaron los parámetros de diseño con la realización de este. En la tabla 28 se muestra como un 80,00% de los estudiantes establecen la relación entre los parámetros y elaboran el diseño del destino ambiental y un 20,00% solo establece los parámetros necesarios.

Respuesta	N° Respuestas	%
Parámetro y diseño	24	80,00
Parámetro	6	20,00

Tabla 28. Análisis de Parámetro y Diseño en el test 2.

La segunda parte del análisis está basada en la relación de los parámetros establecidos para la elaboración del diseño del destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio con los parámetros presentados por los estudiantes del énfasis de aguas II, en la tabla 29 se muestra. Como el 90,00% de los estudiantes reconocen generalidades de los metales Plomo y Cadmio como su color, alta densidad, obtención desde la explotación minera, toxicidad, volatilidad. El 90,00% reconocen que estos metales se transfieren de un medio a otro debido a su proceso de transporte principalmente en el medio agua la cual es usada ya sea para consumo o para riego, generando impactos contaminantes. El 70,00% reconoce que la presencia de estos

metales genera efectos toxicológicos por inhalación, ingestión y vía cutánea en algunos casos especifican el órgano que se ve afectado relacionándolo con la causa de exposición. El 53,33% mencionan que para poder especificar alguna clase de impacto ya sea ambiental o social se hace necesario realizar un análisis de la cantidad de metales presentes, lo que permitirá establecer el método de análisis a utilizar en la investigación. El 50,00% especifican que con los resultados que se obtengan del análisis inicial y el método escogido se puede establecer el impacto social y ambiental basados en los valores máximos permitidos a nivel internacional, para poder determinar si hay o no riesgo. El 46,67% consideran que conociendo el riesgo de contaminación por presencia de estos dos metales a nivel ambiental y social se debe establecer e implementar un método de recuperación del medio afectado lo que permitirá bajar los niveles de trazas de estos metales. El 40,00% reconocen que estos metales tienen propiedades que son aprovechadas en la fabricación de algunos materiales como caucho, baterías, tubos, fertilizantes entre otros, lo que permite entender que hay un reconocimiento de las industrias que utilizan Plomo y Cadmio en sus procesos de fabricación y de donde pueden venir esos posibles vertimientos contaminantes. El 36,67% especifican que debe hacer una disminución de las cantidades de Plomo y Cadmio usadas no buscando nuevos materiales que puedan ofrecer las mismas propiedades sino aplicando procesos de reciclaje y reutilización que permita volver a integrar al proceso nuevamente estas cantidades de metales. El 23,33% en el momento de definir los parámetros de diseño y de esquematizarlo mencionan que se debe conocer el problema y las zonas afectadas por este para plantear el método de análisis a utilizar.

Parámetro	Nº respuestas	%
1	7	23,33
2	16	53,33
3	27	90,00
4	12	40,00
5	27	90,00
6	15	50,00
7	21	70,00
8	14	46,67
9	11	36,67

Tabla 29. Respuestas de los estudiantes del Énfasis de Aguas II con relación a los parámetros de Diseño del destino ambiental

Con estos resultados se puede determinar la relación entre los componentes de ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, realizada por los estudiantes en el momento de la integrarlos como parámetros en el diseño del destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio. En la relación que se puede establecer en el paso del test 1 y el test 2, donde el objetivo era profundizar o complementar algunos parámetros específicos que eran importantes tener claros en el momento de diseñar y aplicar el destino ambiental, esto basado en Solbes y Vilches, 2004, donde mencionan que es necesario un mínimo de formación científica que haga posible la comprensión de los problemas y de las opciones, la necesidad de un planteamiento global que evalúe los riesgos y contemple las posibles consecuencias a medio y largo plazo. Logrando así que el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, ya no se conciba como un proceso memorístico, sino más bien como una estrategia motivadora y enriquecedora para el estudiante (Rojas y Martínez, 2006).

El paso entre el test 1 y el test 2 realizado por parte de los estudiantes del Énfasis de aguas con edades que oscilan entre los 20 y los 27 años, algunas evidencias de este proceso se presentan en el anexo 4. La relación entre los componentes de ciencia y tecnología, de acuerdo al reconocimiento de la disposición de uso, basado en las características y propiedades que pueden ser aprovechadas de los metales a nivel industrial, en el test 1 basado en la primera pregunta donde un 23,33% de los estudiantes logran esta relación pero no desde el uso en materiales lo que nos permite entender que no hay claridad sobre que industrias los usan, sino desde efecto contaminante que causan los metales y en el test 2 integraron estos usos en la relación establecida un 40,00%, lo que permite evidenciar un reconocimiento mayor sobre los diferentes usos y un reconocimiento de las industrias que los usan.

Desde el componente de Ambiente se puede determinar que el reconocimiento de cómo se transporta, se transfieren y se transforman estos metales de un medio a otro, se pudo evidenciar una diferencia, en el test 1 basado en la quinta pregunta donde un 20,00% de los estudiantes establecen una relación entre los tres medios, mencionando no conocer el comportamiento del Plomo y cadmio en los otros dos medios debido a que fundamentaban el de mayor impacto es el medio agua pero sin reconocer los impactos en otros dos medios, en el test 2 esta relación del impacto generado el 90,00% de los estudiantes la reconocen desde los tres medios justificando movilidad de los metales (transferencia y transporte) y el impacto generado como la transformación debido a las alteraciones que se generan en el medio.

Lo referente al componente social basado desde el impacto toxicológico por estos metales en el cuerpo en órganos específicos, en la sexta pregunta del test 1 donde se les pedía a los estudiantes identificar las consecuencias por inhalación y exposición un 60,00% especifican algunas consecuencias en el sistema nervioso, respiratorio y cáncer, sin especificar la afección de algún órgano en específico, en el test 2 estas consecuencias las integran en el diagrama del destino ambiental un 70% de los estudiantes, lográndose un aumento parcial sobre el reconocimiento de estas consecuencias. Esta relación de componentes se puede visualizar en la figura 19. Donde se puede determinar un aumento significativo en la relación de cada uno de los componentes usando como herramienta el diseño del destino ambiental para estos dos metales, lo que permite ir encaminados a que los docentes formadores de docentes y docentes en formación, incorporen en su práctica pedagógica una educación para la sostenibilidad, orientada a la formación de ciudadanos que se interesen por la situación de emergencia planetaria que se presenta (Solbes y Vilches, 2004).

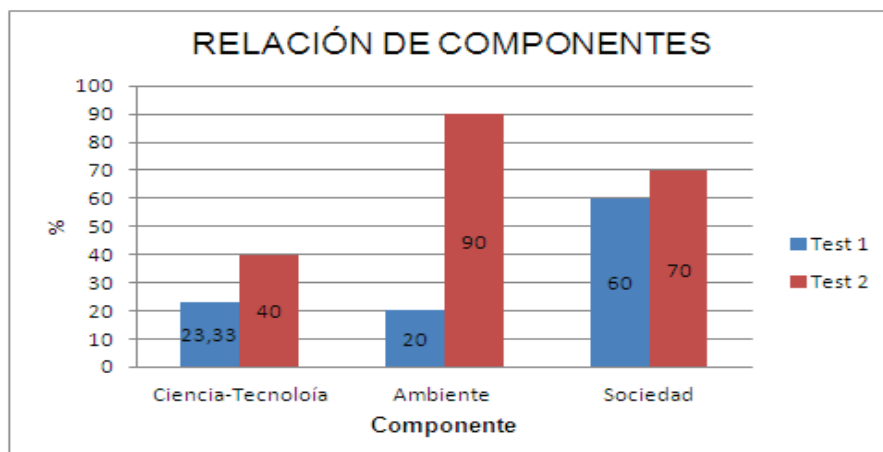


Figura 19. Relación entre parámetros de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente

Otro punto clave era abordar el reconocimiento de tres parámetros esenciales, el primero el de Factor de Bioconcentración como método de análisis en medios contaminados, el segundo los métodos de recuperación que es la etapa a seguir con la experimentación de campo y por último la disposición final del metal recuperado. Los método de análisis como parámetro en el diseño ambiental, en el test 1 un 80,00% no reconoce algún método de análisis, este reconocimiento en el test 2 para llevar a cabo el diseño del destino es de un 50,00% donde aún prevalece los métodos de análisis mencionados en el test 1, esto evidencia una disminución significativa pero no debido a falta de conocimiento de métodos de análisis sino que no lo consideran necesario como parámetro en el diseño ambiental.

Acerca de los métodos de recuperación en medios afectados y cuál podría ser el utilizado en los suelos implicados en la experimentación, en el test 1 un 46,67% de los estudiantes responden no conocer algún método de recuperación que pueda ser utilizado en un medio contaminado por metales Plomo y Cadmio, en el momento del aplicativo se dan a conocer diversos métodos como fitorremediación y Biorremediación teniendo claro que solo 13,33% reconocían estos dos métodos, en el test 2 incorporaron estos dos métodos de recuperación en los respectivos diseños un 46,67%, evidenciándose un aumento parcial de su reconocimiento e integración en los respectivos diseños.

por último la disposición final de los metales Plomo y Cadmio, en la decima pregunta del test 1 donde se les pedía a los estudiantes mencionar como se podría disminuir el uso de Plomo y Cadmio en los diferentes procesos, un 16,67% opinan que esta disminución se puede lograr reutilizando o reciclando estos metales, en el test 2 se integra como parámetro final el reconocimiento de esta disposición final donde un 36,67% plantean el reciclaje o reutilización como estrategia de disminución de uso de estos dos metales. La relación porcentual se muestra en la figura 20.

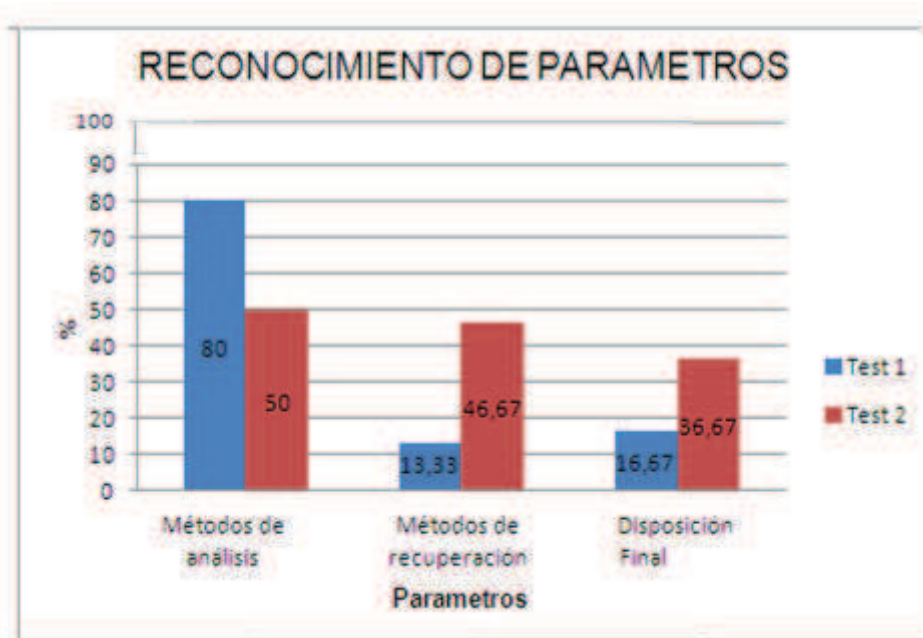


Figura 20. Reconocimiento de parámetros

## 8. CONCLUSIONES

Al analizar el primer objetivo, de acuerdo a los resultados obtenidos en el experimento de campo en los cultivos de lechuga (*Lactuca sativa*) y pasto (*Pennisetum clandestinum*), contaminados con Cadmio y Plomo respectivamente, se pudo evidenciar que la cantidad de metal encontrada en tejido es inferior a la cantidad aplicada inicialmente como dosis contaminante, lo cual permite concluir que la relación suelo-planta denominada Factor de Bioconcentración, que de acuerdo a los parámetros de análisis serían potencialmente contaminables siendo este coeficiente inferior a uno.

Este Factor de Bioconcentración depende de la cantidad de metal absorbido por la planta esperando que a mayores concentraciones sea mayor el proceso de absorción por la presencia del metal en el medio, pero debido a condiciones del suelo en este caso el suelo Typic Tropaquep y el suelo Tropic Fluvaquent, los cuales se encuentran relacionados por la textura que presentan, en la que predominan las arcillas y limos, que al ser de diámetro pequeño disminuye la capacidad de drenado del suelo, debido a esto se puede determinar que el suelo pudo haber absorbido cantidades de la disolución contaminante, lo que generó una interacción entre estas dos fases, por medio de procesos de intercambio catiónico lo que generaría que elementos esenciales como el Potasio, Magnesio y Calcio fuesen desplazados por los cationes divalentes del Plomo y Cadmio lo que generaría en la planta menor crecimiento y falta de elementos que le permiten realizar funciones vitales, siendo así la planta no podría crecer normalmente y no podría absorber elementos del suelo debido a que este se encontraría con grandes cantidades de agua lo que debilitaría la raíz y a su vez los medios de transporte de elementos esenciales por los cuales se transportan el Plomo y el Cadmio.

De igual manera se pudo concluir que el método usado para la contaminación inicial del suelo de cada uno de los tratamientos con sus replicas, se puede realizar por separado lo que permitirá establecer la cantidad de metal inicial en cada uno de las replicas del tratamiento, como proceso de recuperación final se sugiere usar el proceso de Bioremediación lo que complementará la investigación e incorporación de estos suelos como medios de cultivos.

Referente al segundo objetivo propuesto en esta investigación, el cual estaba basado en diseñar y aplicar el destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio con los estudiantes del énfasis de aguas de la licenciatura en química de la Universidad Pedagógica Nacional. Que al estar fundamentado como una estrategia de enseñanza-aprendizaje en el aula de clase, para formar ciudadanos y docentes formadores de docentes con un conocimiento integral desde la relación ciencia, tecnología, sociedad y ambiente. Se logró que los estudiantes evidenciaran estos metales más allá de sus propiedades y características lo que permitió un reconocimiento de sus disposiciones de usos, sus impactos toxicológicos e implicaciones sociales y ambientales. De igual manera, el reconocimiento de una situación de emergencia vivida en el entorno, lo que generó un acercamiento a esta clase de problemáticas ambientales que se están presentando y las cuales están ocasionando problemas no solo a nivel ambiental sino también a nivel social.

Al usar este diseño como herramienta para poder relacionar el conocimiento de las problemáticas, el comportamiento de estas, y como se puede solucionar dicho problema, permitió un reconocimiento mayor por parte de los estudiantes sobre estas

situaciones, cual es su comportamiento basado en el método de análisis del Factor de Bioconcentración. Mediante la integración de estos componentes por parte de los estudiantes, la cual se vio reflejada en el momento que cada uno de ellos acudió a alguno de estos componentes para justificar los parámetros que a su parecer deberían contemplarse en un diseño ambiental. Lo que permite determinar el uso del diseño ambiental como herramienta pedagógica y didáctica es útil para lograr contextualizar al estudiante y acercarlo a su entorno lo que posibilitara una participación activa y crítica por parte de los docentes en formación.

El objetivo tres que por medio del reconocimiento de los resultados reportados en tejido y de acuerdo a lo expuesto como efectos toxicológicos de los metales Plomo y Cadmio en el momento del diseño y aplicación del destino ambiental se determino con los estudiantes del Énfasis de Aguas, que estos resultados se encuentran sobre los niveles permisibles en ambos metales lo que llevo a pensar que su efecto en la introducción en la cadena trófica iba a ser altamente contaminante pero si se tiene en cuenta la dosis máxima permitida de ingesta diaria de estos metales, se concluyo que se encuentra estos efectos sujetos a este consumo y al proceso que hace el organismo en el cual expulsa cierta cantidad que es ingerida, sin desconocer los efectos en la salud que se generan especificando para cada uno de los dos metales debido a que su actuar en el organismo no es igual.

Como conclusión general se pudo establecer que los estudiantes del énfasis de Aguas en este caso docentes en formación al tener no solo un acercamiento a las problemáticas ambientales sino también tener un reconocimiento y análisis de estas, se logro de acuerdo a los resultados obtenidos en cada una de las fases metodológicas de la investigación un reconocimiento de su entorno, de sus problemas y las consecuencias que se pueden evidenciar a mediano y largo plazo. Logrando esto mediante un acercamiento integral de los conceptos teóricos de los metales Plomo y Cadmio vistos desde sus características, propiedades, disposición de uso, su impacto toxicológico y la movilidad de estos en cada uno de los medios (agua, suelo y aire), esto desde la relación suelo-planta, planteada en el método de análisis del Factor de Bioconcentración siendo cada uno de estos la base para la incorporación en el diseño del destino ambiental de los metales Plomo y Cadmio de los componentes Ciencia, Tecnología, Sociedad y ambiente (CTSA), donde se vio reflejado en el momento que cada uno de los estudiantes acudió a alguno de estos componentes para justificar los parámetros que a su parecer deberían contemplarse en un diseño como este. Lo que permite evidenciar la integración de un referente teórico integral con las problemáticas evidencias en su entorno.

De igual manera se pudo establecer que el diseño del destino ambiental como herramienta pedagógica y didáctica usada en los procesos de enseñanza-aprendizaje en este caso de un acercamiento a la problemática vivida entre diciembre del 2010 y marzo del 2011 por las inundaciones en Mosquera-Cundinamarca. Permitted en el estudiante una integralidad de los conceptos de los metales Plomo y Cadmio con un objetivo que era la comprensión y el análisis de la problemática planteada como centro de estudio en la investigación.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Adriano, D.C. (2001). *Trace elements in terrestrial environments. Biogeochemistry, bioavailability and risks of metals.* Springer-Verlag, Nueva York

Aikenhead, G. S. (1997). *Toward a First Nations Cross-Cultural Science and Technology Curriculum.* *Science Educación*, 81(2), 217-238. *Asociación mundial sobre el mercurio del PNUMA* (2000): Plan de Negocios Minería de Oro a Pequeña escala y artesanal. Área de asociación. Agosto de 2000.

Badii, M, Garza, R, Garza, V, Landeros, J, (2005) *Los Indicadores Biológicos en la Evaluación de la Contaminación por Agroquímicos en Ecosistemas Acuáticos y Asociados*

Barceló, J. Y Poschenrieder, CH. (2003). *Phytoremediation: Principles and perspectivas.* *Contributions to Science*, 2(3): 333-344.

Bybee, R. W. (1991). *Planet Earth in crisis: how should science educators respond?* *The American Biology Teacher*, 53 (3),146-153.

Campos, R.; Pivetta, F., (1990): *Métodos de Coleta e Analice de Amostras de Sangue, Urina e Cabelo para Dosagem de Teores de Mercurio.*

CAN – Comunidad Andina de Naciones (2002): *BIOCOMERCIO en la Subregión Andina, Oportunidades para el Desarrollo.*

CAN – Comunidad Andina de Naciones (2009): *Indicadores Económicos.*

Cárdenas, O, Varona, M, Núñez, S, Ortiz, J, Quím, J, Peña, G, (2001): *Correlación de Protoporfirina Zinc y Plomo en Sangre en Trabajadores de Fábricas de Baterías, de Bogotá, Colombia*

Carranza, C, Lancho, O, Miranda, D, Chaves, B, (2009) *Análisis del crecimiento de lechuga (Lactuca sativa L.) 'Batavia' cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá, Agronomía Colombiana.*

Casas, J., Sordo, J. (Eds). 2006. *Lead Chemistry, Analytical Aspects, Environmental impact and Health Effects.* Elsevier, Reino Unido. 367 pp.

CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe, (2009); *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe - Síntesis 2009.* Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile, noviembre del 2009. *Bioseguridad y Fortalecimiento del Laboratorio de Control de Alimentos* N° 05/07.

Chan, D.Y., Hale, B.A. 2004. *Differential accumulation of Cd in durum wheat cultivars: uptake and retranslocation as sources of variation.* *Journal of Experimental Botany* 55:2571-2579.

Clemens, S., Antosiewicz, D.M., Ward, J.M., Schachtman, D.P., Schroeder, J.I. (1998). *The plant cDNA LCT1 mediates the uptake of calcium and cadmium in yeast.* *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 95:12043-12048.

Clemens, S., Palmgren, M.G., Krämer, U. (2002). *A long way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation.* *Trends in Plant Science* 7:309-315.

Clemens, S. (2006). *Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants*. Biochimie 88:1707-1719.

Combariza D, (2007). *contaminación por metales pesados en el embalse del muña y su relación con los niveles en sangre de plomo, mercurio y cadmio y alteraciones de salud en los habitantes del municipio de Sibaté (Cundinamarca)*.23,35,36.

Coos County - Berlin, New Hampshire (S/F): *CHLOR-ALKALI FACILITY (FORMER). 2nd Congressional District*.

Cuadros. J, 2009: *El Riesgo de Vivir entre Tóxicos*.

Diez. J; (2008), *Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: Evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas*, p. 10

Dobson - World Health Organization (1992): *ENVIRONMENTAL HEALTH CRITERIA 135: Cadmium - Environmental Aspects. Published under the joint sponsorship of the United Nations Environment Programme, the International Labour Organisation, and the World Health Organization*.

Doménech. X, Y, Peral. J, (2006), *Química Ambiental de sistemas terrestres*, cap. 3 y 4

Domínguez, L. – CEPAL, (2003); *Necesidades de bienes y servicios ambientales en las micro y pequeñas empresas: el caso mexicano. Serie Medio Ambiente y Desarrollo 61. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos*. Santiago de Chile, mayo de 2003.

Domínguez-Solís, J.R., López-Martin, M.C., Ager, F.J., Ynsa, M.D., Romero, L.C., Gotor, C. (2004). *Increased cysteine availability is essential for cadmium tolerance and accumulation in Arabidopsis thaliana*. Plant Biotechnology Journal 2:469-476.

Duran. P, (2010) *Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: Ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Prelitoral Catalana*

Galagovsky, L. (2010). *CTSA y necesidades de cambios en la enseñanza de la Química*, Buenos Aires, Argentina.

Galán. E, Romero. A, (2008) *Conferencia Contaminación de Suelos por Metales Pesados*.

GARCÍA, I. y DORRONSORO, C. (2005). *Contaminación por metales pesados. En: Tecnología de Suelos. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola*. <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/introd>.

Gil, D. y Vilches, A. (2004). *La contribución de la ciencia a la cultura ciudadana. Cultura y Educación*. (En prensa).

Gil. F.; 2005. *Tratado de medicina del trabajo*. (803, 804, 810 y 811).

Gil Pérez, D. y Vilches, A. (2008). *Que deben saber e saber hacer os profesores universitarios*.

Gil, Pérez, D., Vilches, A., Edwards, M., Praira, J., Marques, L. y Oliveira, T. (2003). *A proposal to enrich teachers' perception of the state of the world*. First results. *Environmental Education Research*, 9(1), 67-90.

Guerinot, M.L. (2000). The ZIP family of metal transporters. *Biochimica et Biophysica Acta* 1465:190-198.

Gupta, U.C.; Gupta, S.C. (1998). *Trace element toxicity relationships to crop production and livestock and human health: implications for management*. *Commum. Soil Sci. Plant Anal.*, 29, 1491-1522.

Gutiérrez. M, Bucio. L; Souza. Verónica, (1995): Mercurio –Cap. 12.

Gzyl, J. (1999). *Soil protection in Central and Eastern Europe*. *Journal of Geochemical Exploration*, 66, 333-337.

Healthystuff.Org (S/F): *Información de Químicos en Productos*.

Herrera. I, (2004) *Desarrollo metodológico de evaluación ambiental en el análisis de procesos*

Hicks, D. y Holden, C. (1995). *Exploring the Future a Missing Dimension in Environmental Education*. *Environmental Education Research*, 1(2), 185-193.

Huertos, E; Romero, A. (2008). *Contaminación de Suelos por Metales Pesados*. *Conferencia Contaminación de Suelos por Metales Pesados*

Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. (2000). *Trace Elements in Soils and Plants*. (3 rd edition ) CRC Press. Boca Ratón, Florida, EEUU. 412 pp.

López, M.; Grau, J.M. (2004). *Metales pesados, materia orgánica y otros parámetros de la capa superficial de los suelos agrícolas y de pastos de la España peninsular*. II. *Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia*.

Llugany, M.; Tolrà, R.; Poschenrieder, C. y Barceló, J. (2007). *Hiperacumulación de metales: ¿Una ventaja para la planta y para el hombre?* *Ecosistemas* 16 (2):4-9

Macek, T., Franconova, K., Sura. M. y Macknova, M. (2006). *Genetically modified plants with improved properties for phytoremediation purposes*. In: *Phytoremediation of Metal Contaminated Soils*. Ed. Springer. 2 (68), pp 85-108.

Martínez, N.; Soria, N.; Feldman, G.; Riera, N.: *Revista de Toxicología en Línea*, (2003): *Niveles de Plombemia y otros marcadores, en niños expuestos a una fundición de plomo en Lastenia, Tucumán, Argentina*.

Martinez, L, Villamil, Y, Peña, D, (2006), *I congreso iberoamericano de ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*

Martínez. L, Villamil. Y, Peña. D, (2006) *Relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, a partir de casos simulados*

Martínez Pérez. L.; Villamil. Y; Peñal. D; (2007) *Relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente a partir de casos simulados: una experiencia en la enseñanza de la química*. *Revista Ciência & Ensino*, vol. 1, número especial, novembro

Merchan. N; (2011) *Las cuestiones sociocientíficas: una alternativa de educación para la sostenibilidad*. Revista Luna Azul-vol. 32, 5-51

Miranda. D; Carranza. C; Rojas. C; Martin. C; Fischer. G; Zurita. J; (2008) *Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá*. REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS - Vol. 2 - No.2, 180-191

OK INTERNATIONAL-Occupational knowledge International (S/F): *CONTAMINANTES EN PRODUCTOS: Better Environmental Sustainability Targets (BEST) For Lead Battery Manufacturers*.

Peris. M, (2006), *Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellón*.

PNUMA (2006): *Introducción al Problema del Mercurio. Libro. Analysis of trade flows and review of environmentally sound management practices related to products containing cadmium, lead and mercury in Latin America and the Caribbean*, 172-193.

PNUMA (PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE), 2010 *Análisis del flujo del comercio y revisión de prácticas de manejo ambientalmente racionales de productos conteniendo cadmio, plomo y mercurio en América Latina y el Caribe*

Prosperi, C; Rodriguez, C; Pierotto, M; Mancini, M; Daga, C; Gonella, M; Rincón, (2003): *Evaluación de la contaminación y eutrofización de aguas Superficiales de la Provincia de Córdoba -Argentina. Analysis of trade flows and review of environmentally sound management practices related to products containing cadmium, lead and mercury in Latin America and the Caribbean*, 171-193

Puga, S; Sosa, M; Lebgue. T; Quintana, C; Y Campos, A. (2006). *Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera*

Repetto. M.; (1995). *Toxicología Avanzada*. (170-171)

Ríos. E; Solbes. J; (2007) *Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: una propuesta con resultados*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 6 N° 1 p. 32

Rojas. A.; Martínez. L.; (2006) *Estrategia pedagógica y didáctica desde el enfoque ciencia, tecnología sociedad y ambiente, a partir de las fumigaciones con glifosato*

Rodríguez. M, Martínez. N, Romero. M, del Rio. L, Sandalio. L. (2008), *Toxicidad del Cadmio en Plantas, ecosistemas Revista científica y tecnológica de ecología y medio ambiente*.

Romaniuk. R, Brandt. J, Rios. R, Giuffré. L, (2007). *Atenuación natural y remediación inducida en suelos contaminados con hidrocarburos*.

Ross, S.M. (1994). *Retention, transformation and mobility of toxic metals in soils*. En: *Toxic metals in soil-plant systems* (ed S.M. Ross), pp. 63-152. John Wiley & Sons, Chischester.

Sanchez. M, (2010), *Contaminación por metales pesados en el botadero de basuras de moravia en medellin: transferencia a flora y fauna y evaluación del potencial fitorremediador de especies nativas e introducidas*

Schuschny, A. – CEPAL, (2007); *El método DEA y su aplicación al estudio del sector energético y las emisiones de CO<sub>2</sub> en América Latina y el Caribe. Serie de Estudios Estadísticos y Prospectivos 46*. División de Estadística y Proyecciones Económicas. Santiago de Chile, enero de 2007.

Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación- Argentina, (2008): *Primer compendio de estadísticas ambientales: República Argentina - 1a ed. - Buenos Aires*, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación

Shah, K., Nongkynrih, J.M. 2007. *Metal hyperaccumulator and bioremediation. Biologia Plantarum* 51:618-634.

S/N (2010): *Efectos a la Salud de Sustancias Toxicas*.

S/N (2010) *Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Wastes Consisting of, Containing or Contaminated with Mercury – 5th Draft*.

Solbes, J. y Vilches, A. (1995). *El profesorado y las actividades CTS, Alambique*, 3, 30-38

Solbes, J, Vilches, A. (2004), *papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. Revista enseñanza de las ciencias*, 22(3), 337–348

Tlusto, P., Pavlikova, D., Szakova, J., y Balik, J. (2006). *Plant accumulation capacity for potentially toxic elements. In: Phytoremediation of Metal-Contaminated Soils*. Ed. Springer. 3 (68), 53-84.

The Associated Press (2009): This Fall. Published: August 17.

Tiller, K.G. 1989. *Heavy metals in soils and their environmental significance. Advances in soil science*, 9, 113-142.

Van Hoof, B. – CEPAL, (2003), *Necesidades de bienes y servicios ambientales de las PYME en Colombia: identificación y diagnostico. Serie Medio Ambiente y Desarrollo 65. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos*. Santiago de Chile, agosto de 2003.

Vilches, A., y Gil-Pérez, D. (2003). *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia. Madrid: Cambridge University Press*.

Wang, H., y Schmidt, W. (2001). History, philosophy and sociology of science in science education: *results from the third international mathematics and science study*. Science & Education, Netherlands, 10, 51-70

Weber, J.; Karczewska, A. 2004. *Biogeochemical processes and the role of heavy metals in the soil environment. Geoderma*, 122, 105-107.

WONG, M. H. (2003). *Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. Chemosphere* 50: 775-780.

# ***ANEXOS***

---

## Anexo 1.

---

Convenio Universidad Pedagógica Nacional- CORPOICA TIBAITATA  
Facultad de Ciencia y Tecnología  
Departamento de Química

Semestre: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

En la actualidad se habla de la presencia de metales pesados en el ambiente, de su comportamiento y su incidencia en medios específicos. Unos de estos metales son el Plomo y el Cadmio los cuales son objeto de estudio en esta investigación.

Por esto se hace importante conocer su opinión acerca de las siguientes preguntas:

1. Considera usted que el uso del Plomo y Cadmio en algunos materiales aumenta el riesgo de contaminación ambiental si\_ No\_ ¿Por qué?

**Objetivo: Identificar el conocimiento que tiene el estudiante sobre las diferentes industrias que usan o tienen contacto en sus procesos con los metales Plomo y Cadmio, y si el estudiante considera que al realizar esta manipulación ya sea de desechos o con productos terminados del proceso es la adecuada.**

2. ¿Cree usted que las industrias que usan materiales que contienen Plomo y Cadmio realizan una adecuada manipulación de estos? Si\_ No\_ ¿Por qué?

**Objetivo: Identificar el conocimiento que tiene el estudiante sobre las diferentes industrias que usan o tienen contacto en sus procesos con los metales Plomo y Cadmio, y si el estudiante considera que al realizar esta manipulación ya sea de desechos o con productos terminados del proceso es la adecuada.**

3. ¿Cree usted que en la actualidad ha aumentado o disminuido el número de usos en productos del Plomo y Cadmio y con qué objetivo?

**Objetivo: Identificar el conocimiento que tiene el estudiante sobre el aprovechamiento de las propiedades de los metales Plomo y Cadmio en la fabricación de productos, y si este proceso ha aumentado o disminuido**

4. ¿Cuáles son los impactos que genera en el ambiente el no adecuado desecho de los materiales que contienen Plomo y Cadmio?

**Objetivo: Identificar el conocimiento que tiene el estudiante sobre el riesgo que implica el no adecuado desecho de materiales que contienen Plomo y Cadmio, relacionando esto con el impacto que se genera en el ambiente.**

5. En cuál medio agua, suelo, aire ¿Cree usted que tiene mayor impacto los desechos contaminados con Plomo y Cadmio, y como se vería afectado este medio?

**Objetivo: Identificar el conocimiento que tiene el estudiante sobre los impactos que ocasiona los metales Plomo y Cadmio en los diferentes medios agua, suelo, aire y cuáles son las consecuencias de este impacto**

6. ¿Conoce cuál es el riesgo toxicológico generado por la inhalación, o exposición a residuos contaminados con Plomo y Cadmio?

**Objetivo: Profundizar sobre el conocimiento que tiene el estudiante acerca del riesgo toxicológico que se genera por exposición o inhalación de residuos contaminados con los metales Plomo y Cadmio, y cuál es el comportamiento de estos al momento de ingresar en el organismo.**

7. ¿Mediante que técnicas de análisis cree usted que se puede determinar el Plomo y Cadmio presentes en el ambiente?

**Objetivo: Identificar el conocimiento que tiene el estudiante sobre técnicas de análisis para los metales Plomo y Cadmio, y si tienen conocimiento sobre la técnica de espectroscopia de emisión con fuentes de plasma de acoplamiento inductivo (I.C.P.). Debido a que por esta técnica es que se realizara el análisis de las muestras recolectadas en los cultivos.**

8. ¿Qué métodos de recuperación pueden ser utilizados en los medios afectados por contaminación con Plomo y Cadmio?

**Objetivo: Identificar el conocimiento que tiene el estudiante sobre los diferentes métodos de recuperación en medios afectados por la presencia de los metales Plomo y Cadmio. Para poder especificar cuáles son los métodos considerados para la recuperación de los suelos contaminados en el experimento.**

9. ¿Cuál cree usted que sería el recorrido que haría los metales Plomo y Cadmio desde su etapa inicial hasta su etapa final?

**Objetivo: Identificar como el estudiante puede relacionar el conocimiento que tiene sobre los metales Plomo y Cadmio con el fin de poder establecer el recorrido que haría desde la etapa inicial hasta su etapa final, siendo la etapa inicial la explotación y obtención del metal en este caso Plomo y Cadmio, y la etapa final como el proceso de desecho e impacto en el ambiente y la sociedad.**

10. ¿Cómo cree usted que se podría controlar el uso de los metales Plomo y Cadmio a nivel industrial?

**Objetivo: Reconocer cual es la opinión de los estudiantes sobre el manejo de los metales Plomo y Cadmio por parte de la industria y como creen ellos que esto se podría controlar.**

Agradecemos su colaboración

Anexo 2

**CADMIO**  
**Pasto (*Pennisetum Clandestinum*)**

Tratamiento ppm	Bloque	Suelo (mg Kg <sup>-1</sup> )	Planta (mg Kg <sup>-1</sup> )	Agua (mg L <sup>-1</sup> )
0	1	1,78	0,62	0,01
0	2	1,73	1,50	0,00
0	3	1,54	0,82	0,01
0,75	1	2,47	0,49	0,01
0,75	2	2,57	0,54	0,01
0,75	3	2,33	0,78	0,02
1,5	1	2,93	0,38	0,01
1,5	2	2,83	0,43	0,01
1,5	3	3,88	0,56	0,01
3	1	3,91	0,51	0,01
3	2	3,20	0,93	0,01
3	3	4,60	0,60	0,01
15	1	17,03	3,65	0,06
15	2	13,66	0,00	0,10
15	3	13,90	3,04	0,04
30	1	33,50	4,58	0,08
30	2	27,23	5,79	0,12
30	3	18,29	3,68	0,10

Nota: los resultados resaltados son menores al límite de cuantificación en I.C.P. que para el cadmio es de 0,01 mg L<sup>-1</sup>

**PLOMO**  
**Pasto (*Pennisetum Clandestinum*)**

Tratamiento ppm	Bloque	Suelo (mg Kg <sup>-1</sup> )	Planta (mg Kg <sup>-1</sup> )	Agua (mg L <sup>-1</sup> )
0	1	7,45	1,026	0,004
0	2	7,33	1,128	0,000
0	3	5,84	1,965	0,004
50	1	17,72	1,584	0,010
50	2	17,69	1,353	0,000
50	3	14,33	1,935	0,004
100	1	28,18	2,514	0,010
100	2	23,31	2,871	0,004
100	3	16,10	2,331	0,004
300	1	40,62	4,500	0,004
300	2	77,61	3,438	0,004
300	3	43,86	3,723	0,004
1000	1	164,49	14,001	0,060
1000	2	138,03	13,161	0,010
1000	3	118,47	13,326	0,004
3000	1	475,33	42,534	5,740
3000	2	615,93	45,084	0,000
3000	3	343,05	42,204	0,000

Nota: los resultados resaltados son menores al límite de cuantificación en I.C.P. que para el Plomo es de 0,004 mg L<sup>-1</sup>

**PLOMO**  
**Lechuga (*Lactuca Sativa*)**

Tratamiento	Bloque	Suelo (mg Kg <sup>-1</sup> )	Planta (mg Kg <sup>-1</sup> )	Agua (mg L <sup>-1</sup> )
0	1	5,96	0,213	0,13
0	2	6,68	0,921	0,01
0	3	6,38	0,990	0,04
50	1	16,55	0,957	0,02
50	2	16,34	1,266	0,00
50	3	16,84	0,501	0,04
100	1	360,15	11,415	0,12
100	2	246,81	8,040	0,04
100	3	197,67	7,782	0,02
300	1	74,55	1,500	0,02
300	2	80,73	0,800	0,01
300	3	86,91	0,630	0,01
1000	1	25,07	10,000	0,04
1000	2	54,42	0,150	0,01
1000	3	42,01	0,140	0,03
3000	1	759,93	21,276	0,04
3000	2	683,13	20,298	0,00
3000	3	747,93	0,645	0,04

**CADMIO**  
**Lechuga (*Lactuca Sativa*)**

Tratamiento ppm	Bloque	Suelo (mg Kg <sup>-1</sup> )	Planta (mg Kg <sup>-1</sup> )	Agua (mg L <sup>-1</sup> )
0	1	1,84	5,02	0,01
0	2	1,90	6,97	0,01
0	3	2,00	9,27	0,01
0,75	1	2,86	3,40	0,01
0,75	2	2,60	4,71	0,01
0,75	3	2,62	5,68	0,01
1,5	1	2,98	7,97	0,01
1,5	2	5,58	11,16	0,01
1,5	3	3,51	6,50	0,01
3	1	3,44	24,18	0,01
3	2	4,87	25,87	0,01
3	3	4,01	24,38	0,01
15	1	17,54	2,86	0,01
15	2	13,84	6,16	0,01
15	3	9,71	3,20	0,01
30	1	32,06	9,58	0,01
30	2	15,46	32,25	0,01
30	3	24,21	3,92	0,01

**Anexo 3.**

---

Convenio Universidad Pedagógica Nacional- CORPOICA TIBAITATA  
Facultad de Ciencia y Tecnología  
Departamento de Química

Semestre: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

En la actualidad se habla de la presencia de metales pesados en el ambiente, de su comportamiento y su incidencia en medios específicos. Unos de estos metales son el Plomo y el Cadmio los cuales son objeto de estudio en esta investigación.

Por esto se hace importante conocer su opinión acerca de las siguientes preguntas:

1. ¿Qué información cree usted que debe llevar un diagrama de destino ambiental para los Metales Plomo y Cadmio?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2. el diagrama de destino ambiental para los metales Plomo y Cadmio con la información mencionada

Agradecemos su colaboración

Anexo 4.

Evidencias de las respuestas encontradas en el Test 1 y Test 2 las cuales permitieron establecer la incorporación de los componentes Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente con los estudiantes del Énfasis de Aguas de la licenciatura en Química de la Universidad Pedagógica Nacional

1. Considera usted que el uso del Plomo y el Cadmio en algunos materiales aumentan el riesgo de contaminación ambiental si  no  ¿por qué?

Porque son metales tóxicos de densidad alta, en comparación con los otros metales presentes en el ambiente y esto hace que se generen enfermedades tanto respiratorias como también a largo plazo mutaciones.

1. Considera usted que el uso del Plomo y el Cadmio en algunos materiales aumentan el riesgo de contaminación ambiental si  no  ¿por qué?

Son elementos metálicos de comportamiento muy cancerígeno para el ser humano, entran por vía respiratoria, por lo tanto serán muy peligrosos si se encuentran en algunos materiales.

1. Considera usted que el uso del Plomo y el Cadmio en algunos materiales aumentan el riesgo de contaminación ambiental si  no  ¿por qué?

Si, porque al ser metales pesados se adhieren fácilmente al agua y al suelo, y por tanto su remoción se hace complicada, afectando diversos ecosistemas.

5. En cuál medio agua, suelo, aire ¿cree usted que tiene mayor impacto los desechos contaminados con Plomo y Cadmio, y como se vería afectado este medio?

En agua y suelo. En agua por el difícil tratamiento de la misma y en suelo impacto a largo plazo por la generación de vegetación.

5. En cuál medio agua, suelo, aire ¿cree usted que tiene mayor impacto los desechos contaminados con Plomo y Cadmio, y como se vería afectado este medio?

Agua: Afecta el ecosistema, las especies que se encuentren allí, la falta de uso de la misma.

5. En cual medio, agua, suelo, aire ¿cree usted que tiene mayor impacto los desechos contaminados con Plomo y Cadmio, y como se vería afectado este medio?

Por agua; es el solvente universal por ende los transportarian a cualquier lugar del mundo, además la salud de los océanos se ve reflejado la salud de todos los seres tanto vivos como inertes. por agua se contaminaria a la vez suelo y por ciclo del agua se contamina el aire. "Erosion"

6. ¿Conoce cual es el riesgo toxicológico generado por la inhalación, o exposición a residuos contaminados con Plomo y Cadmio. mencione posibles consecuencias?

La persona puede sufrir desmayos o intoxicarse por la presencia de estos elementos. Además, a largo plazo causa cancer en los humanos.

6. ¿Conoce cual es el riesgo toxicológico generado por la inhalación, o exposición a residuos contaminados con Plomo y Cadmio. mencione posibles consecuencias?

-Afecciones a nivel pulmonar, supongo que afectar el sistema nervioso.

6. ¿Conoce cuál es el riesgo toxicológico generado por la inhalación, o exposición a residuos contaminados con Plomo y Cadmio. mencione posibles consecuencias?

NO, en algunos casos emvenenamiento por ingerir productos contaminados con ciertos metales.

7. ¿Mediante que técnicas de análisis cree usted que se puede determinar el Plomo y Cadmio presentes en el ambiente?

Técnicas gravimétricas y volumétricas  
Espectrofotometría

7. ¿Mediante que técnicas de análisis cree usted que se puede determinar el Plomo y Cadmio presentes en el ambiente?

Absorción atómica  
Espectrofotometría

8. ¿Qué métodos de recuperación pueden ser utilizados en los medios afectados por contaminación con Plomo y Cadmio?

El más conocido puede ser fitorremediación

10. ¿cómo cree usted que se podría controlar el uso de los metales Plomo y Cadmio a nivel industrial?

Una alternativa puede ser desde el Reciclaje, la recuperación y la reutilización de estos metales, ya que creo que en la producción de ellos se debe hacer un gasto significativo de energía.

10. ¿cómo cree usted que se podría controlar el uso de los metales Plomo y Cadmio a nivel industrial?

Por cuantificación directa (ppm en caudal de agua)

10. ¿cómo cree usted que se podría controlar el uso de los metales Plomo y Cadmio a nivel industrial?

Una alternativa puede ser desde el Reciclaje, la recuperación y la reutilización de estos metales, ya que creo que en la producción de ellos se debe hacer un gasto significativo de energía.

1. ¿Qué información cree usted que debe llevar un diagrama de destino ambiental para los Metales Plomo y Cadmio?

Un diagrama de destino ambiental debe llevar:  
1. Normatividad (límites permitidos de los metales nombrados) 2. Impacto a nivel (suelo, Aire y Agua) 3. Especies vegetales involucradas en la contaminación por metales pesados 4. Zona (geografía) donde ocurre la contaminación por metales pesados 5. Tipos de suelos donde ocurre la contaminación 6. Problemas a nivel ambiental 7. Problemas y dificultades en la salud.

1. ¿Qué información cree usted que debe llevar un diagrama de destino ambiental para los Metales Plomo y Cadmio?

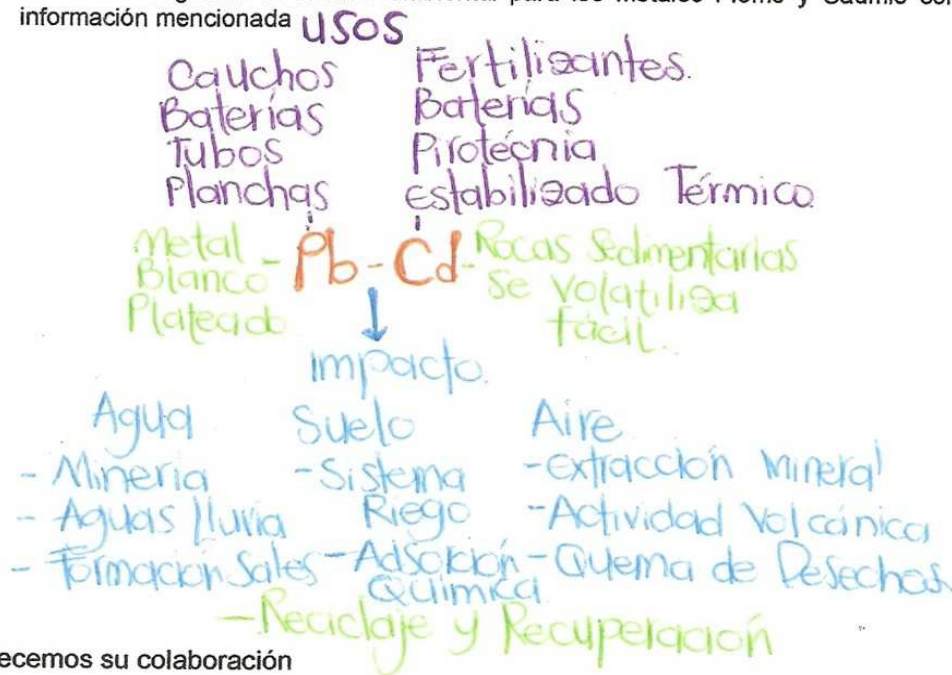
Un diagrama de destino ambiental debe llevar:

- Normatividad ambiental de estos metales a nivel nacional e internacional
- Localización de los lugares que sufren este problema y el sector productivo que genera este mismo sector o lugar
- Consulta bibliográfica de SIN al proceso de contaminación
- Procesos de biorremediación y fitorremediación para extracción de estos elementos
- Control de las empresas que generan dicha contaminación

1. ¿Qué información cree usted que debe llevar un diagrama de destino ambiental para los Metales Plomo y Cadmio?

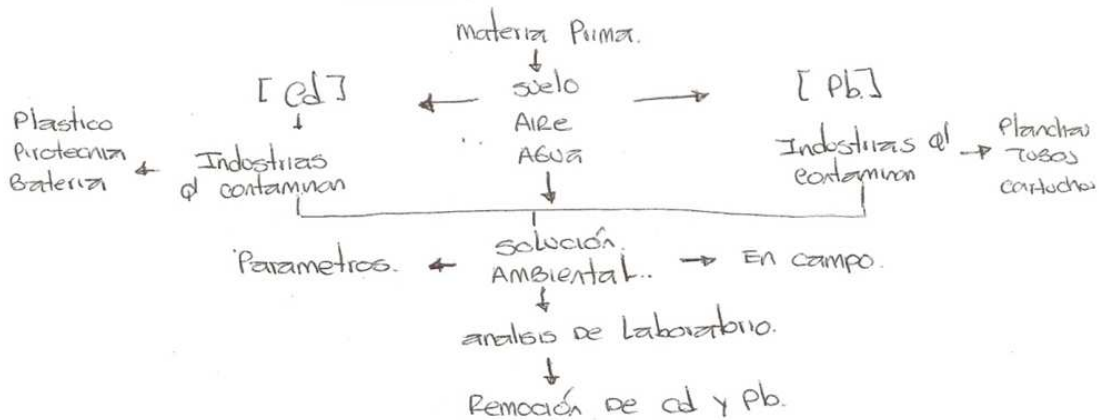
- ✓ Características de los Metales Pesados
- ✓ que factores del ambiente son afectados por estos metales
- ✓ que implicaciones tiene estos metales en cada ambiente afectado
- ✓ que implicaciones tiene para la salud en los seres vivos como: (plantas, animales y el hombre)
- ✓ y posibles soluciones.

2. Diseñe el diagrama de destino ambiental para los metales Plomo y Cadmio con la información mencionada



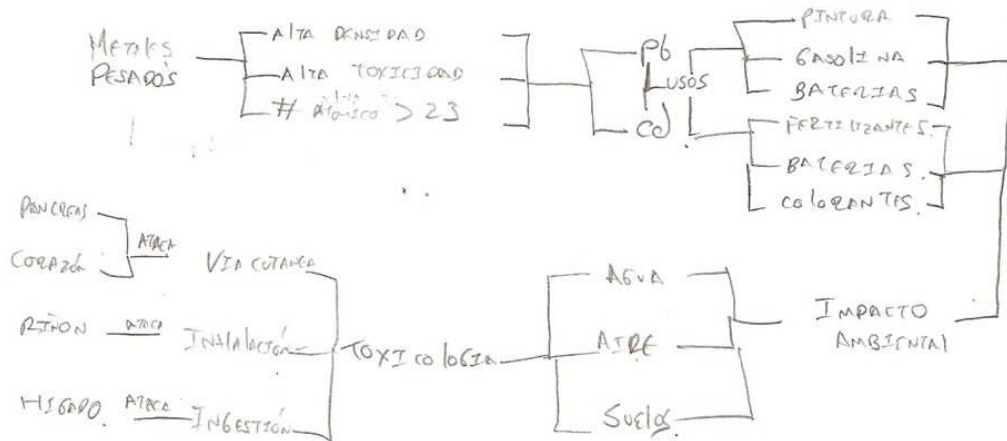
Agradecemos su colaboración

2. Diseñe el diagrama de destino ambiental para los metales Plomo y Cadmio con la información mencionada



Agradecemos su colaboración

2. Diseñe el diagrama de destino ambiental para los metales Plomo y Cadmio con la información mencionada



2. Diseñe el diagrama de destino ambiental para los metales Plomo y Cadmio con la información mencionada



Agradecemos su colaboración

Demostración experimental.