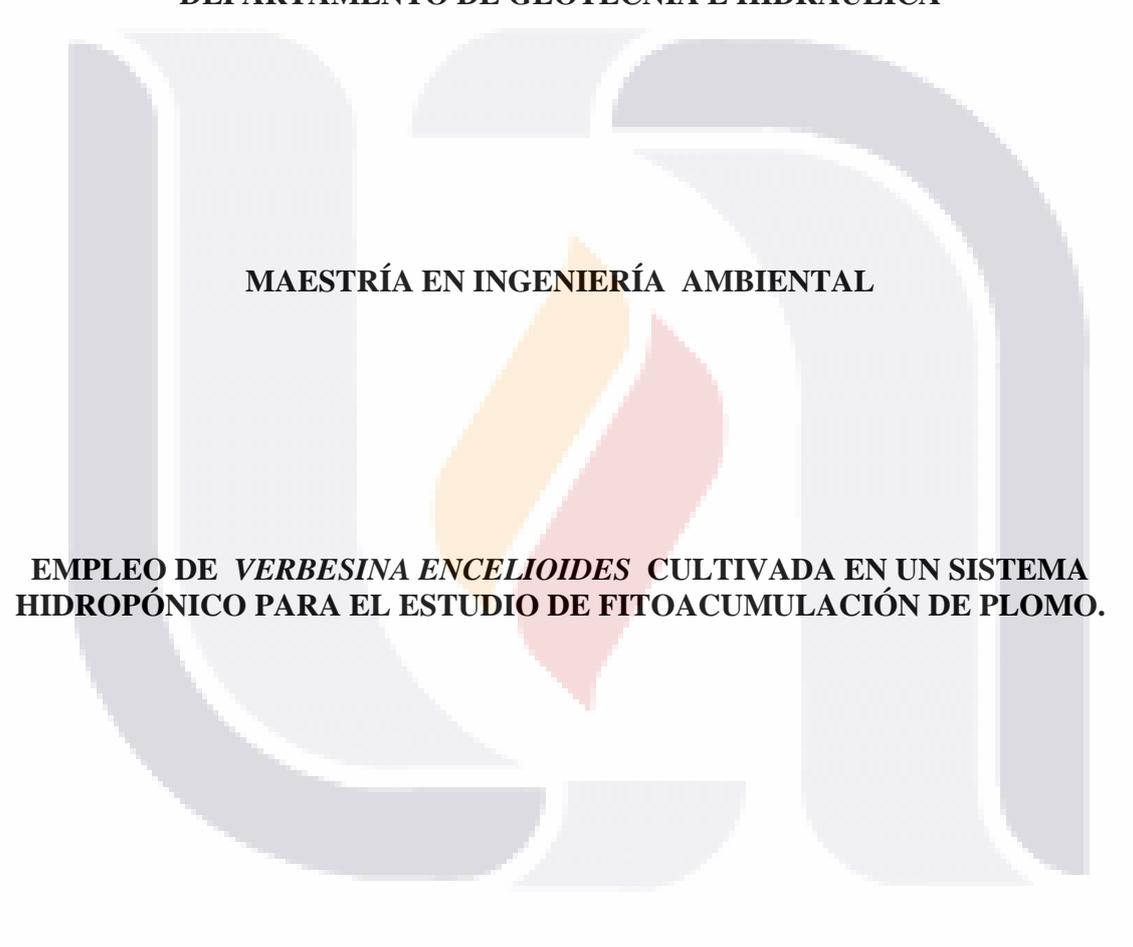


TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

CENTRO DEL DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA E HIDRÁULICA



MAESTRÍA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

**EMPLEO DE *VERBESINA ENCELIOIDES* CULTIVADA EN UN SISTEMA
HIDROPÓNICO PARA EL ESTUDIO DE FITOACUMULACIÓN DE PLOMO.**

NOMBRE DEL TESISISTA: JULIO CÉSAR CAMPOS BETANCOURT.

ASESOR: DR. JUAN JÁUREGUI RINCÓN

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por el cariño y apoyo incondicional en todos mis proyectos y a quienes les debo en gran parte todo lo que he logrado.

A mi esposa Paulina Estrada Martínez por estar siempre a mi lado, luchando por lograr una vida mejor en todos los aspectos.

A mis queridos hermanos quienes gracias a sus consejos y ayuda, hemos logrado grandes metas.

A mi asesor de tesis Dr. Juan Jáuregui Rincón, por su invaluable amistad, ayuda y apoyo, para la realización de esta tesis.

A Ing. Carlos González por su dedicación, constancia e invaluable amistad y de quien surgió la idea de formar una Maestría en Ingeniería ambiental, logrando así, satisfacer las necesidades actuales que demanda la sociedad, pero sobre todo el planeta.

A Dr. Elsa Marcela Ramírez por su amistad, solidaridad y apoyo en la realización de esta tesis.

CONTENIDO	PAG.
ÍNDICE GENERAL.	3
INDICE DE TABLAS	8
INDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN.	10
ANTECEDENTES	11
Tecnologías de remediación para suelos contaminados.	13
Biorremediación.	13
Fitorremediación.	14
Mecanismos y fases de la fitorremediación	15
Fitoextracción o fitoacumulación.	15
Rizofiltración.	15
Fitoestabilización.	16
Fitodegradación.	17
Fitovolatilización.	17
Costo de la fitorremediación.	18
Las plantas terrestres.	18
Estructura y funcionamiento.	19
Funciones de la raíz.	19
Tallo.	20
Organografía de la hoja.	21
Absorción de contaminante.	22
Girasolillo (Verbena encelioides).	23
1.Introducción.	23
2. Nombres.	24
3. Origen y distribución geográfica.	24
4. Identificación y descripción.	25

CONTENIDO	PAG.
5. Frutos y semillas:	26
6. Hábitat.	26
7. Biología y Ecología.	26
Ciclo de vida.	26
8. Impacto e importancia.	26
Sistemas hidropónicos.	27
Solución Nutritiva	28
Cálculo de Solución.	31
Ph	31
JUSTIFICACIÓN.	32
OBJETIVO GENERAL.	33
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	33
HIPÓTESIS	33
MATERIALES Y MÉTODOS.	34
Obtención de planta	34
1.1 Limpieza.	35
1.2 Lavado.	35
1.3 Separación y selección de la semilla.	35
2. Germinación.	35
3. Sembrado.	35
4. Preparación de la solución nutritiva.	36
5. Crecimiento de planta en sistema hidropónico.	37
6. Tiempo para experimentación en plantas.	37
6.1 Muestreo.	37
6.2 Estadio de crecimiento.	37
6.3 Consideraciones.	37
7. Crecimiento de la planta.	38

CONTENIDO	PAG.
8. Dosificación de plomo (Pb).	38
8.1 Procedimiento de dosificación.	38
9. Análisis Preliminar para Clorofila.	39
9.1 Cuantificación de plomo absorbido.	39
10. Variables a considerar.	40
11. Análisis de la información.	40
Procedimiento Esquemático	41
12.Resultados.	42
12.1 Preparación de la semilla	42
12.2 Selección de la semilla.	43
12.3 Germinación.	44
12.4 Crecimiento en laboratorio	45
12.5 Obtención de la plántula	47
12.6 Trasplante en macetas.	48
12.7 Desarrollo de las plantas en maceta	49
12.8 Dosificación de plomo.	50
12.9 Medición de clorofila.	52
12.9.1 Dosificación de 100 ppm.	54
12.9.2 Dosificación de 1000 ppm.	53
12.9.3 Dosificación de 10,000 ppm.	55
12.10 cuantificación de plomo absorbido.	56
12.10.1 Dosificación de 100 ppm.	56
12.10.2 Dosificación de 1000 ppm.	57
12.10.3 Dosificación de 10,000 ppm.	58
13. Discusiones.	59
13.1. Obtención y preparación de la semilla.	59
13.2 Germinación.	59
13.3 Crecimiento y obtención de la plántula.	60

CONTENIDO

PAG.

13.4 Desarrollo de planta en macetas.	61
13.5 Dosificación de plomo.	62
13.6 Análisis de clorofila.	62
13.6.1 En el caso de 100 ppm.	63
13.6.2 En el caso de 1000 ppm.	63
13.6.3 En el caso de 10,000 ppm.	63
13.7 Respecto al análisis de absorción atómica.	63
14. Conclusiones.	66
Referencias.	69



ÍNDICE DE CUADROS.

CONTENIDO	PAG.
Tabla. 1 ficha técnica (<i>verbena encelioides</i>).	23
Tabla 2. Valores deseables de cada elemento en la solución nutritiva.	30
Tabla 3. Cantidades aproximadas para la preparación de la solución nutritiva.	36
Tabla 3. 1 Procedimiento de dosificación.	39
Tabla 4. Registro del crecimiento en meses	45
Tabla 5. Características físicas.	51
Tabla 6. Absorción de clorofila 100 ppm.	52
Tabla 7. Absorción de clorofila 1000 ppm.	54
Tabla 8. Absorción de clorofila 10,000 ppm.	55
Tabla 9. Absorción de clorofila 100 ppm	56
Tabla 10. Absorción de clorofila 1000 ppm.	57
Tabla 11. Absorción de clorofila 10,000 ppm	58

ÍNDICE DE GRAFICAS.

CONTENIDO

PAG.

Graficas.

Grafica 1. Valores de absorción en 100 ppm. 53

Grafica 2. Valores de absorción en 1000 ppm. 54

Grafica 3. Valores de absorción en 10,000 ppm. 55

Grafica 4. Valores de absorción atómica en 100 ppm. 56

Grafica 5. Valores de absorción atómica en 1000 ppm. 57

Grafica 6. Valores de absorción atómica en 10,000 ppm. 58

ÍNDICE DE FIGURAS.

CONTENIDO	PAG.
Figura 1. Muestras neotropicales de herbario del Field Museum, Chicago.	23
figura 2. Hoja característica. Patrick Alexander	24
Figura 3. Flor. Patrick Alexander	25
Figura 4. Semilla. Patrick Alexander	26
Fugura 5. Ubicación.	26
Figura 6. Biopila conformada por material contaminado.	34
Figura 7. Lavado y agitación continua.	42
Figura 8. Semilla filtrada.	43
Figura 9. Cama de algodón húmedo.	44
Figura 10. Vasos de plástico con sustrato “arena”.	46
Figura 11. Plantas constituidas.	47
Figura 12. Crecimiento de la planta y formación de nuevas hojas.	48
Figura 13. Plantas en un sistema abierto.	49
Figura 14. Plantas en buen estado.	50

RESUMEN.

Actualmente existen zonas contaminadas a lo largo y ancho del país. Debido a derrames, tiraderos clandestinos, talleres antiguos donde no había una cultura ambiental.

Es motivo de estudio, por parte de algunas instancias y científicos, el control y saneamiento de estos lugares contaminados. Actualmente existen formas de sanear lugares contaminados con aceites, metales y otras sustancias tóxicas, mediante técnicas de biorremediación.

Una de las tecnologías derivadas de la biorremediación, es la fitorremediación, la cual consiste en introducir plantas que atrapen los contaminantes por medio de sus raíces y otras partes de la planta, para posteriormente cosecharlas y disponer del contaminante en forma adecuada, recuperando así, suelos contaminados.

En el Estado de Aguascalientes México, en la zona conocida como “complejo tres centurias” se detectó una serie de plantas, creciendo de manera normal en tierras contaminadas con hidrocarburos y algunos metales pesados. Por lo que fue motivo, para realizar una investigación al respecto. De tal forma que se ubicó una planta cuyo nombre científico es el de *Verbesina encelioides*.

La planta *Verbesina encelioides* conocida vulgarmente como “girasolillo”, fue reproducida en laboratorio, posteriormente fue sometida a dosificaciones con plomo en diferentes concentraciones, para analizarla por medio de espectrofotometría y saber si es posible considerarla como una planta captadora de plomo.

ANTECEDENTES

La utilización del medio ambiente, como término acuñado desde hace tiempo para hacer referencia al espacio en el que se desarrollan las actividades humanas, se presta a una multitud de interpretaciones y apropiaciones. De manera general se le puede entender como el sistema natural o transformado en que vive la humanidad, con todos sus aspectos sociales y biofísicos y las relaciones entre ellos (Espinosa. 2001). Antes de la revolución Industrial, la mayor parte de la población vivía de una agricultura de subsistencia; es decir, las familias habitaban en el campo y producían lo suficiente para su propio consumo. Después de la Segunda Guerra Mundial, se introdujeron en los países desarrollados los medicamentos modernos, con lo cual la tasa de mortalidad bajo radicalmente acelerándose el crecimiento demográfico y por lo tanto de mandando mayores recursos naturales, y al mismo tiempo transformando el medio que lo rodeaba, desde el amanecer de la era industrial hasta el pasado reciente, era costumbre arrojar por chimeneas todos los humos de combustión, ventilar el aire de los solventes y otros materiales evaporables, y verter todos los desechos líquidos y el agua contaminada en los sistemas de alcantarillado directamente en las corrientes fluviales (Nebel y col.1999). Las actividades industriales generan una contaminación a gran escala con metales pesados (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg, Co, Ag, Au) en el medio ambiente. En el caso particular de los suelos, suelen afectar la fertilidad y/o el uso posterior de los mismos, mientras que en los acuíferos y aguas superficiales, pueden comprometer seriamente el uso de este recurso como fuente de agua para el consumo humano (Hursthouse, A.S., 2001). Actualmente, el desarrollo de nuevas tecnologías de toda índole depende de los elementos que se obtienen por actividades minero metalúrgicas o de reciclaje de otros materiales, ya que muchos de los componentes de los nuevos equipos (Computadoras, instrumentos analíticos y teléfonos celulares, entre otros) están fabricados de metales como el hierro, cobre, cadmio, oro, plomo, plata y otros elementos como el silicio (Volke y col. 2005). El impacto ambiental de los contaminantes metálicos en suelos y sedimentos es estrictamente dependiente de la capacidad de formación de complejos, de éstos con componentes del medio ambiente y su respuesta a las condiciones fisicoquímicas y biológicas de su entorno (Buffle y col. 1987). Los metales son especies químicas no degradables. Por tal motivo, una vez vertidos al medio ambiente, sólo pueden distribuirse entre los entornos aire - agua - suelo, a veces cambiando

su estado de oxidación, o incorporarse a los seres vivos (Kalbitz, K. y Anenrich, R. 1998). Por otro lado ha habido un progreso importante, en la metodología de valoración de riesgo para metales presentes en suelo, investigando principalmente métodos de remediación en Zn, Cd, y Pb contaminantes de tierras y sedimentos (Rufus L. 2000). Los procesos de adsorción y la formación de complejos en medios naturales son responsables de que la mayor parte de los vestigios de metales pesados se acumulen en los sólidos en suspensión, incorporándose rápidamente a los sedimentos, donde se presentan los mayores niveles de concentración de estos contaminantes. Como resultado de estas interacciones, los sedimentos juegan un papel muy importante en la regulación de la calidad del agua. Por su parte, las aguas intersticiales, en contacto directo con los sedimentos, actúan como fuente o sumidero de estos contaminantes y en ellas se observan concentraciones intermedias entre las aguas superficiales y los sedimentos (Kalbitz y col. 1998). La toxicidad de los metales pesados es muy alta, su acción directa sobre los seres vivos ocurre a través del bloqueo de las actividades biológicas, es decir, la inactivación enzimática por la formación de enlaces entre el metal y los grupos -SH (sulfhidrilos) de las proteínas, causando daños irreversibles en los diferentes organismos, para que los metales pesados puedan ejercer su toxicidad sobre un ser vivo, éstos deben encontrarse disponibles para ser captados por éste, es decir que el metal debe estar biodisponible, dentro del cuerpo, tienden a combinarse con las enzimas y a inhibir su funcionamiento. Hasta dosis muy pequeñas producen consecuencias fisiológicas o neuronales graves. La locura y los efectos congénitos incapacitantes que causan el envenenamiento con mercurio o el retraso mental debido al saturnismo por el plomo son ejemplos bien conocidos (Bernard y col.1999). El concepto de biodisponibilidad se encuentra íntimamente relacionado con las condiciones fisicoquímicas del ambiente, que determinan la especiación y por lo tanto la concentración de metal libre y lábil, por ello es fundamental al determinar el grado de contaminación por metales pesados de un ambiente, conocer su biodisponibilidad, es decir, la concentración de metal libre y lábil presente en la muestra (Lussier.1999).

El origen de la contaminación por plomo de los suelos puede ser clasificado en tres amplias categorías: a partir de actividades industriales, tales como procesos mineros o de refinación; actividades agrícolas entre las que se pueden señalar, la aplicación de insecticidas o la disposición de lodos activados sobre campos de cultivo; y actividades urbanas y antropogénicas que involucran el uso de plomo en pinturas, gasolinas y en otros materiales (Kalbitz y col. 1998).

Tecnologías de remediación para suelos contaminados.

A comienzos de los setenta, la necesidad de métodos para deshacerse de los residuos químicos creó las oportunidades para una nueva industria: la eliminación de desechos, muchas empresas respetables ingresaron en el campo, pero -por falta de reglamentaciones- hubo también negociaciones sin escrúpulos, cuando pilas de bidones aparecieron en edificios abandonados, lotes baldíos o rellenos sanitarios municipales, algunas compañías almacenaban los residuos en sus propiedades y luego dejaban el negocio, abandonando bodegas y desechos, el mayor peligro a largo plazo es que los agentes tóxicos de cualquier forma inadecuada de descarga en tierra se filtren a las capas freáticas y los compuestos volátiles contaminen el aire. Posteriormente había tres métodos principales de tiraderos en tierra: (1) inyección en posos profundos, (2) depósitos superficiales, y (3) rellenos sanitarios, con la implantación deliberada de dispositivos de seguridad, todos tienen su mérito (Nebel y col. 1999). En la legislación mexicana, el término remediación de suelos se entiende como el conjunto de acciones necesarias para recuperar y restablecer sus condiciones, con el propósito de que se pueda ser destinado a alguna de las actividades previstas en los programas de desarrollo urbano o ecológico que resulte aplicable para la zona respectiva. En la citada norma, termino remediación se utiliza como sinónimo de restauración, reversión, saneamiento, limpieza, rehabilitación y regeneración (Lusier y col. 1999).

Biorremediación.

El término Biorremediación se utiliza para describir una variedad de sistemas que utilizan organismos vivos (plantas, hongos, bacterias, etc.) para degradar, transformar o remover compuestos orgánicos tóxicos a productos metabólicos inocuos o menos tóxicos (Pivetz. EPA 2001). Esta estrategia biológica depende de las actividades catabólicas de los organismos, y por consiguiente de su capacidad para utilizar los contaminantes como fuente de alimento y energía (Deuren. y col. 1997). En muchos casos, el suelo esta contaminado de compuestos orgánicos tóxicos biodegradables que no se descomponen por que el suelo carece de organismos, oxígeno o ambos, con la biorremediación se inyectan oxígeno y organismos en las zonas contaminadas. Los microorganismos se alimentan de los contaminantes ya que pueden transformar, metabolizar o

acumular en células (como en el tratamiento secundario de las aguas residuales); luego mueren por falta de alimento, se han hecho considerables investigaciones para descubrir y producir microorganismos que descompongan con facilidad cierta clase de desechos (Nebel. 1999). Las rutas de biodegradación de los contaminantes orgánicos, varían en función de la estructura química del compuesto, de los factores ambientales y de las especies microbianas degradadoras. El proceso de biorremediación incluye reacciones de oxido-reducción, procesos de sorción e intercambio iónico, e incluso reacciones de acomplejamiento y quelación que resultan en la inmovilización de metales (Eweis. 1998). La biorremediación puede emplear organismos propios del sitio contaminado (autóctonos) o de otros sitios (exógenos), puede realizarse *in situ* o *ex situ*, en condiciones aerobias (en presencia de oxígeno) o anaerobias (sin oxígeno). Aunque no todos los compuestos orgánicos son susceptibles a la biodegradación, los procesos de biorremediación se han usado con éxito para tratar suelos, lodos y sedimentos contaminados con hidrocarburos del petróleo (HTP), solventes (benceno y tolueno), explosivos (TNT), clorofenoles (PCP), pesticidas (2,4-D), conservadores de madera (creosota) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (Deuren y Ledbetter 1997). Para limpiar suelos contaminados hay tecnologías costosas como la excavación, la incineración, el lavado y la bioventilación. La fitorremediación es una alternativa donde se usa plantas y la asociación microorganismo-raíz para remover o contener contaminantes en el suelo, en suelos ligeramente contaminados, la fitorremediación tiene bajo costo en comparación con técnicas físicas y químicas (Ferrera-Cerrato. 2007).

Fitorremediación.

La fitorremediación es una serie de procesos continuos, dichos procesos ocurren de forma diferente dependiendo los grados o condiciones del medio contaminantes y el tipo de planta (Pivetz. EPA. 2001). Es parcialmente o substancialmente el uso de plantas, las cuales son seleccionadas para la remediación en suelos contaminadas, lodos, sedimentos, aguas superficiales, y el agua residual. Se utiliza una variedad de plantas y Procesos biológicos, así como también se incluyen las características físicas de las plantas para ayudar en el remediación del sitio. La fitorremediación también es llamada remediación verde, botano-remediación, agrorremediación y remediación vegetativa.

Mecanismos y fases de la fitorremediación

La desintoxicación de contaminantes por fitorremediación se realiza empleando al menos uno de los siguientes mecanismos: fitoextracción, rizofiltración, fitoestimulación, fitoestabilización, fitovolatilización y fotodegradación. La fitoextracción es el método más comúnmente conocido en los procesos de fitorremediación, es el prospecto de la investigación con más futuro (Narasimha. 2003).

Fitoextracción o fitoacumulación.

Consiste en la absorción de contaminantes por raíces, es la capacidad de algunas plantas para acumular contaminantes en sus raíces, tallos o follaje (López. 2005). Por lo tanto la fitoextracción involucra el uso de plantas ya que facilita la remoción de metales contaminantes. Este mecanismo ha sido ampliamente estudiado en plantas que acumulan metales y recientemente con metales radioactivos (López. 2005). Las dos características más importantes es la habilidad de producir grandes cantidades de biomasa y la facilidad de retener en el tejido dichos metales (Narasimha. 2003).

Rizofiltración.

Se puede decir que la rizofiltración es un proceso de remoción de contaminantes donde los contaminantes se retiran de la zona cosechando la planta y sus raíces, seguido por la disposición apropiada de la masa de la planta contaminada (Pivetz. EPA. 2001). Se basa en la utilización de plantas crecidas en cultivos hidropónicos, se prefieren raíces de plantas terrestres con alta tasa de crecimiento y área superficial para absorber, concentrar y precipitar contaminantes (López. 2005). Las raíces de la planta secretan y desprenden las sustancias como los hidratos de carbono, enzimas, y aminoácidos que los microbios pueden utilizar como sustrato. La degradación de Contaminantes en la rizósfera también puede resultar del oxígeno adicional transferido del sistema de la raíz en la tierra que causa mineralización aeróbica y aumenta la carga orgánica y el estímulo de transformación co-metabólica de sustancias químicas (EPA. 2005). Los sitios de aplicación

para biorremediar generalmente son de contaminaciones moderadas a leves o donde se sabe que existe polución de metales, ya que el crecimiento de las plantas no es fácil en tierras altamente contaminadas (M. Narasimha. 2003).

Fitoestimulación

En la fitoestimulación o rizodegradación las plantas generan los exudados radiculares que estimulan el crecimiento de los microorganismos nativos capaces de degradar compuestos orgánicos xenobióticos. Por ejemplo Sicilianoy col. en el 2003, investigaron la capacidad de degradación y la composición de las comunidades microbianas durante la fitoestimulación en la raíz de *Festuca arundinasea* expuesta a hidrocarburos del petróleo. Encontraron que la máxima tasa de degradación fue de 38 mg de hidrocarburo/kg mes; este resultado es el doble de lo que se encontró en el testigo, también observaron en la alternancia de la composición de las comunidades microbianas (López. 2005). Aunque una gran variedad de microorganismos capaces de degradar xenobióticos tóxicos altamente estables han sido identificados, todavía muchos contaminantes persisten en el ambiente (Valderrama y Téllez. 2003). Las plantas han desarrollado mecanismos especializados para aumentar la concentración de iones de metal biodisponibles en la tierra, por ejemplo, la acidificación debido a la expulsión de H^+ de las raíces, por tanto las plantas pueden alterar el ambiente químico de la rizósfera para estimular la desorción de iones de los sólidos en la tierra (Lasat. 2000).

Fitoestabilización.

Es un mecanismo que utiliza la planta para desarrollar un sistema denso de raíces que le permite reducir la biodisponibilidad y la movilidad de los contaminantes evitando el transporte a capas subterráneas o a la atmósferas (López, 2005). Es el uso de vegetación para contener la tierra y los contaminantes en el sitio, a través de la modificación del material contaminado por factores químicos, las condiciones biológicas, y físicas en de la tierra (EPA 2001). El contaminante en la

tierra es capturado y suceden dos fenómenos importantes: la absorción y acumulación por las raíces, adsorción hacia las raíces, o precipitación dentro de la zona de la raíz de plantas, y el uso de plantas y raíces de la planta para prevenir la migración del contaminante vía viento y erosión de agua, lixiviando, y dispersión de la tierra. La fitoestabilización ocurre a través de la microbiología en la zona de la raíz y a nivel químico, por otra parte es la alteración del ambiente en la tierra o dependiendo del tipo de contaminante, el pH de la tierra puede ser cambiado por la planta, al exudar en la raíz o a través de la producción de CO₂, y es posible que se puede cambiar la solubilidad del metal, la movilización de metales o sus concentraciones, este sistema natural de las plantas, ya se ha demostrado en el Departamento Americano de Energía (GAMA) los sitios radionucleares (E. Timothy. EPA 2000). Por otra parte, las plantas escogidas para la fitoestabilización deben ser trasplantadas en sitios de contaminación tenue en metales, los contaminantes que se encuentra debajo de la superficie de la plantan se absorberán por medio de sus tejidos, que podrían tener estos el riesgo de ser consumidos por humanos o animales. Por lo que se sugiere que las plantas colocadas en los sitios deben ser fáciles de mantener y de crecimiento rápido con el fin de ser recolectadas e el menor tiempo posible (M.Narasimha 2003).

Fitodegradación.

Consiste en la transformación de los contaminantes orgánicos en moléculas más simples. En determinadas ocasiones, los productos de la degradación le sirven a la planta para acelerar su crecimiento, en otros casos los contaminantes son biotransformados. Por ejemplo Marjoires y col. en el 2001 encontraron que el átomo fitodegradó, moléculas como el metil terbutil eter y el tricloroetileno presentes en acuíferos (López. 2005). Ciertos árboles captan concentraciones grandes de metales en sus raíces, y continúan desarrollándose, el contaminante presente deja de ser un riesgo para el ser humano, dicha absorción depende en gran medida del tamaño del árbol y la capacidad de atrapar contaminantes, ya que está limitado por sus raíces (E.Timothy. EPA 2000).

Fitovolatilización.

Se produce a medida que las plantas en crecimiento absorben agua junto con los contaminantes orgánicos solubles (López. 2005). Algunos contaminantes metálicos como el Hg pueden existir en forma gaseosa en el ambiente. En años recientes investigadores han buscado si este fenómeno

ocurre de forma natural y/o en plantas genéticamente modificadas que son capaces de absorber las diversas sustancias en forma de elementos de estos metales en la tierra, biológicamente, convirtiéndolos a las especies gaseosas dentro de la planta, y liberándose en la atmósfera. Este proceso es el más polémico de todas las tecnologías de fitorremediación, ya que no se sabe aún si la volatilización de estos elementos a la atmósfera son seguros (Watanabe. 1997).

Estas biotransformaciones que ocurren generalmente en la naturaleza se les denominan atenuación natural. Se ha observado que los niveles de contaminantes se producen más rápidamente en suelos con plantas. Por ejemplo, April y Sims 2002 demostraron que la biodegradación de varios contaminantes se intensificó debido al crecimiento de pastos en los suelos contaminados con hidrocarburos. En otros estudios se han encontrado que la rizósfera contenía una población muy diversificada de microorganismos, dos veces más abundantes que lo observado en los suelos cercanos sin hierbas (López. 2005). Una característica deseable es la habilidad de tolerar el suelo en condiciones difíciles para el crecimiento (es decir, pH del suelo, la salinidad, la estructura de la tierra, el agua), la producción de un sistema radicular denso, la facilidad de cuidado, el crecimiento acelerado y baja susceptibilidad a invasión de insectos. Aunque algunas plantas muestran cierto potencial para el fitoextracción, de manera general podemos decir que no hay ninguna planta que posea todos estos atributos deseables (Watanabe 1997).

Una planta fitorremediadora realiza cualquiera de los mecanismos anteriores, siguiendo tres fases: Absorción, excreción y desintoxicación de contaminantes.

La absorción de contaminantes se realiza a través de las raíces y las hojas mediante las estomas y la cutícula de la epidermis. Esta absorción ocurre en la rizodermis de las raíces jóvenes, que absorben los compuestos por ósmosis dependiendo de factores externos como la temperatura y el pH del suelo (López. 2005). Otros factores importantes que inciden en la penetración del contaminante son su peso molecular e hidrofobicidad que determinan que estas moléculas atraviesen las membranas celulares de la planta. Después de cruzar la membrana, los contaminantes son distribuidos a través de toda la planta. Se excretan vía hojas (fitovolatilización), Cuando las concentraciones de los contaminantes son elevadas, solo pequeñas fracciones (menos del 5%) se excretan sin cambios en su estructura química, finalmente la desintoxicación de los compuestos

orgánicos se lleva a cabo por la vía de la mineralización hasta dióxido de carbono (López 2005). Ha habido un progreso importante en la metodología de valoración de riesgo para contaminación de metales en tierra. Los métodos prácticos, baratos están disponibles. Por otra parte los residuos que contaminaron las tierras pueden ser adsorbidos por la fauna, ganado, y humanos. También, la investigación de fitoextracción ha demostrado el fenómeno de la hiper acumulación de metales en los suelos contaminados, con el fin extraer dichos metales, y poder proporcionar la facilidad de extracción por medio de la biomasa y llegando a una reducción hasta ceniza que pueden reciclarse para reducir los costos de remediación de suelos (E. Timothy. EPA 2000).

Costo de la fitorremediación.

Los datos del costo real para las tecnologías del fitorremediación son dispersos y actualmente los estudios experimentales no pueden con precisión reflejar el un costo real. Algunas estimaciones para un estudio por ejemplo de investigación real como lo es la rizodegradación de hidrocarburos de petróleo en la tierra eran \$240 / yd³ o \$160/ton (E. Pivetz. EPA 2001).

Las plantas terrestres

Estructura y funcionamiento

La raíz es el órgano de las plantas cormofitas que primero se forma en el desarrollo del embrión; para ello rompe las envolturas de la semilla y crece dirigiéndose hacia el centro, atraída por la gravedad de la tierra. Carece de yemas, hojas, y estomas. En su extremidad posee un estuche protector llamado cofia. Fija a la planta en el suelo, del que absorbe parte de las sustancias (agua y sales minerales) con las cuales elabora sus propios alimentos (Orozco y col. 1983). El crecimiento de muchas raíces es aparentemente un proceso continuo que se detiene sólo en condiciones adversas como la sequía y las bajas temperaturas. Durante su crecimiento a través del suelo, las raíces siguen el camino que ofrece menor resistencia y frecuentemente siguen los espacios dejados por raíces anteriores que ya han muerto y sufrido el proceso de putrefacción (Raven y col. 1992).

Funciones de la raíz.

La raíz desempeña en las plantas dos funciones esenciales: fijación y absorción. La extensa ramificación de muchas raíces permite a la planta tener una gran superficie absorbente y utilizar el agua y las sales minerales de distintas porciones del suelo. El agua con las sales minerales disueltas atraviesa la membrana de los pelos radicales y se dirige al interior de la raíz, hasta llegar a los vasos leñosos. Este fenómeno se conoce con el nombre de absorción radical (Ruiz y col. 1983). El extremo de la raíz está cubierto por una caliptra, una masa de células en forma de dedal que protege el meristemo apical situado detrás de ella y ayuda a la raíz en su penetración por el suelo. Tan rápidamente como las células de la caliptra se desprenden, el meristemo apical agrega nuevas células. La longevidad de las células de la caliptra (desde su inicio hasta su desprendimiento) oscila entre cuatro y nueve días, dependiendo de la longitud de la caliptra y de la especie (Raven. 1992). Las raíces ejercen también la función de conducción, pues a través de sus vasos leñosos llevan la savia ascendente al tallo y por sus vasos circula la savia elaborada, que nutre sus células vivas y en la cual se encuentran sustancias nutritivas como glúcidos, lípidos y prótidos muy diversos que constituyen el alimento de la planta (Ruiz y col.1983). La extensión del sistema radical depende de diversos factores, pero la mayoría de las raíces nutricias se encuentra en el primer metro de profundidad en el suelo (Raven y col.1992).

Tallo.

El tallo es el órgano de las cormofitas que generalmente se desarrolla en sentido inverso en sentido inverso a la raíz; posee lemas y hojas y sostiene a las flores y frutos. Los tallos herbáceos, por lo común, tienen color verde, pues debajo de la epidermis conservan parénquimas clorofílicos; los semileñosos de los arbustos o matas y los leñosos de los troncos de los árboles presentan en su mayoría colores parduscos y grisáceos. Las dimensiones de los tallos, tanto en su longitud, como en su grosor, son sumamente diversas según la clase de planta. Las hierbas tienen tallos que generalmente alcanzan un tamaño menor que la estatura humana y pueden ser acaules y caulinares (Ruiz y col. 1983). El patrón que forman las haces vasculares en el tallo refleja la estrecha relación estructural y de desarrollo que existe entre el tallo y sus apéndices laterales, las hojas. El término “vástago” sirve no solo como un término colectivo que engloba a estos dos órganos vegetativos,

sino que también es una expresión de su íntima asociación (Raven y col. 1992). En este caso la planta estudiada resulta ser caulinar ya que las hojas se insertan en un tallo visible, simple o ramificado; en un tallo joven, que a un no se ha ramificado. En un tallo joven, que aun, no se ha ramificado, se denotan las siguientes partes: cuello, eje primario, nudos, entrenudos, yemas y hojas. El cuello es la región que separa al tallo de la raíz. El eje primario es la parte que deriva directamente del embrión y crece a merced de los meristemos primarios. Los nudos son los sitios del eje primario en donde se insertan las hojas y están más o menos abultados. Los entrenudos corresponden a las regiones del eje primario comprendidas entre cada dos nudos consecutivos (Orozco y col. 1983). En un tallo que va creciendo, se observa que la longitud de los entrenudos va disminuyendo de la base al vértice. Las yemas se denotan como pequeños brotes situados en las axilas de cada hoja o en la parte terminal del eje primario. Las hojas son expansiones foliáceas que se forman de las yemas. El tallo de las plantas desempeña dos funciones principales: sostén y conducción. Los tallos sostienen las ramas, hojas, flores y frutos (en algunas especies); tienen de tal manera, distribuidos sus tejidos de resistencia, que soportan muy bien el peso de los órganos citados. La función conductora es de gran importancia en los tallos, y la efectúa a través de sus vasos leñosos y liberianos. Los primeros transportan la savia bruta (agua y sales minerales disueltas) desde la raíz hasta las hojas. Los tallos herbáceos y semileñosos, y los leñosos, cuando jóvenes, efectúan la respiración por tener células vivas y también la transpiración. El aire que lleva el oxígeno, que se emplea en la respiración, penetra por los estomas o las lenticelas, según el caso, por los mismos órganos se efectúa la transpiración. Los tallos herbáceos, que poseen clorofila en su parénquima cortical externo, desempeñan la fotosíntesis cuando reciben la luz (Orozco y col. 1983).

Organografía de la hoja.

Las hojas son vegetaciones del tallo y de las ramas que nacen en los nudos de estos órganos; generalmente son laminares, de color verde y con simetría bilateral. Tienen crecimiento limitado y constituyen una de las partes más importantes de las cormofitas, pues en ella se efectúa principalmente las funciones de fotosíntesis y transpiración, así como la respiración. Una hoja completa consta de dos partes principales; el pecíolo y el limbo. El pecíolo es la parte de la hoja que sostiene al limbo y lo une al tallo, el color puede ser verde, aunque los hay parduscos,

grisáceos y de otras coloraciones. El limbo es la parte generalmente laminar de la hoja y la más importante de la misma, pues allí se efectúan principalmente la fotosíntesis y la transpiración de las plantas. Si el limbo es laminar, consta de una cara dorsal o superior llamada haz, y de otra inferior o ventral, que recibe el nombre de envés. La gran mayoría de los limbos son de color verde, debido a la clorofila que poseen sus parénquimas; el haz es por lo común de un verde más intenso que el envés, debido a que recibe directamente los rayos solares. Existen sin embargo, limbos rojizos, amarillentos, grisáceos, y de otros colores muy distintos (Orozco y col. 1983).

Absorción de contaminantes

El sistema radical sirve para sujetar la planta al suelo y, sobre todo, para encontrar las grandes cantidades de agua que requieren las hojas, casi toda el agua que una planta toma del suelo entra a través de las partes más jóvenes de la raíz. Los pelos radicales, situados unos milímetros por encima de la caliptra, proporcionan un área enorme para la absorción. Las plantas pueden absorber compuestos orgánicos e inorgánicos tanto en estado sólido, como compuestos volátiles presentes en la atmósfera, por diferentes vías de absorción. Las plantas que poseen flor, fruto, suelen captar algunos componentes contaminantes presentes en el aire (Toribio y col. 2004).

La velocidad de remoción de un contaminante depende de la biomasa reunida durante la cosecha, del número de cosechas por año y de la concentración de los contaminantes en biomasa cosechada. El éxito de la fitoextracción depende principalmente de:

- La capacidad de la especie para acumular grandes cantidades del contaminante (1-3 % en biomasa en peso seco) en sus tejidos cultivables.
- La capacidad para producir grandes cantidades de biomasa en corto tiempo (Volke Sepúlveda 2005).

Girasolillo (*Verbesina encelioides*).

1.Introducción

Verbesina encelioides.

Es una especie, ampliamente distribuida en América , que se conoce vulgarmente con el nombre de “girasolillo”, “girasolcito” o “mirasolcito del campo” debido a que presenta flores amarillas en capítulos terminales pedunculados, florece y fructifica desde fines de la primavera hasta el otoño (Toribio M. S. 2004).



Verbesina encelioides	
Acc no.:	F 1447497
Family:	ASTERACEAE
Taxon:	Verbesina encelioides
Collection:	Pirano 58628
Det by:	J.Coleman, 1964
Country:	ARGENTINA: Tucumán
Range Includes:	Argentina

Tabla. 1 ficha técnica (*verbesina encelioides*)

Figura 1. Muestras neotropicales de herbario del Field Museum, Chicago.

2. Nombres.

Sinónimos

Abrams y Ferris (1960) mencionan como sinónimos a *Verbesina exauriculata* Cockerell; *Ximenesia exauriculata* Rydb.

Otros nombre comunes usados en español

Martínez (1979) solo menciona el nombre de hierba de la bruja.

Nombres comunes en inglés

Golden crownbeard.

Categorías taxonómicas superiores

Reino: Plantae; Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares); Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas); División: Magnoliophyta (plantas con flor); Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas); Subclase: Asteridae; Orden: Asterales.

3. Origen y distribución geográfica

Área de origen

Suroeste de E.U., norte y centro de México.

Distribución secundaria

Ampliamente introducido en regiones tropicales en otras partes del mundo, p.ej. Oceanía.

Distribución en México

Se ha reportado en Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, San Luís Potosí, Sonora y Tamaulipas (Villaseñor y Espinosa, 1998).

Estatus migratorio en México

Nativa.



figura 2. Hoja característica. Patrick Alexander

4. Identificación y descripción.

Descripción técnica

Basada en Abrams y Ferris, 1960; Coleman, 1966; Correll y Johnston, 1970; Cronquist y col. 1994; Gleason y Cronquist, 1991; Nash y Williams, 1976; Villaseñor, 1989 y observaciones propias (A. Hanan).

Hábito y forma de vida: Planta herbácea anual.

Tamaño: De 0.2 a 1.3 m de alto.

Tallo: Cuando la planta está bien desarrollada, el tallo se ramifica hacia la parte superior, con pelos blancos a grisáceos recostados sobre la superficie.

Hojas: Angosta o anchamente triangulares, generalmente con el margen aserrado, de 2.5 a 9 cm de largo, con pelos blancos a grisáceos en la cara inferior, las hojas inferiores opuestas y las superiores alternas, sobre pecíolos con alas anchas o angostas y que a veces presentan unos lóbulos en la base (ver figura 2).

Inflorescencia: Cabezuelas grandes, sobre pedúnculos de hasta 10 cm de largo, ubicadas en la punta de los tallos.

Cabezuela/Flores: **Cabezuela.** Es una inflorescencia formada por pequeñas flores sésiles dispuestas sobre un receptáculo cónico a convexo, provisto en su superficie de brácteas (páleas)



que abrazan las flores del disco; el conjunto de flores está rodeado por fuera por brácteas dispuestas en 2 series y que constituyen el involucre, éste es campanulado a casi hemisférico, las brácteas son lanceoladas a lanceolado-oblongas, con pelillos recostados, las exteriores a veces ligeramente más largas que las interiores.

Figura 3. Flor. Patrick Alexander

Se presentan flores de dos tipos: **flores liguladas** 8 a 15, femeninas, a veces estériles, ubicadas en la periferia de la cabezuela, la corola amarilla, se parece al pétalo de una flor sencilla, con el ápice 3 dentado; **flores del disco** numerosas, hermafroditas, ubicadas en la parte central, la corola es un tubo que hacia el ápice se ensancha (“garganta”) y se divide en 5 lóbulos; estambres alternos con

los lóbulos de la corola, filamentos libres y no sobrepasan el tubo de la corola, anteras soldadas entre sí formando un tubo alrededor del estilo; ovario ínfero (ver figura 3).



5. Frutos y semillas: El fruto es un aquenio, con una sola semilla, fuertemente comprimido, márgenes claramente alados, cubierto de pelillos, en el ápice del fruto se presenta una estructura llamada vilano que consiste en 2 puntas rígidas y erectas. El tamaño de la semilla es de aproximadamente 5 mm de largo.

Figura 4. Semilla. Patrick Alexander

Raíz: Pivotante.

6. Hábitat

Hábitat

Lugares abiertos, rocosos, algunas veces en dunas y a orillas de caminos, en parcelas de cultivo.

Distribución altitudinal

Desde el nivel del mar hasta los 2400 m.

7. Biología y Ecología

Ciclo de vida

Planta anual.

Fenología

Florece de mayo a octubre.



Figura 5. Ubicación.

8. Impacto e importancia

Se conoce el principio tóxico de esta planta y está ampliamente descripta la sintomatología y lesiones patológicas en ovinos (López et al., 1996; Keeler et al., 1986), pero está muy poco estudiada desde el punto de vista farmacológico. No es reconocida en el acervo popular como una planta medicinal, sin embargo, en una revisión bibliográfica se menciona su actividad hipoglucemiante (Marles and Farnsworth, 1995). En la India se realizó una somera evaluación farmacológica de esta planta (Jain y col. 1988). (Toribio, M. S 2006).

Sistemas hidropónicos.

La historia de los cultivos sin suelo, en la actualidad está ligada inevitablemente a los grandes descubrimientos de los secretos fisiológicos de las plantas, los cultivos sin suelo han experimentado un gran avance en todo el mundo, fundamentalmente ligado al desarrollo de los plásticos en la agricultura, de una u otra forma las clasificaciones de los cultivos sin suelo se realizan en general atendiendo a los criterios básicos y dentro de ellos una serie de modificaciones, y cuya aplicación genera las diferentes clasificaciones, estos son:

- El medio físico donde crece la raíz de la planta que cultivamos.
- El método de suministro de la disolución nutritiva.
- El método, en su caso de aireación de la disolución nutritiva.
- La existencia o no de reciclado o recuperación de la solución (M. Urrestarazu 2004).

La técnica de la hidroponía es muy varia, sin embargo, podemos decir de manera resumida que es la técnica de cultivar plantas sin suelo, mediante el uso de un medio inerte, que sirve de sustrato, pudiendo ser arena, grava, tezontle, turba, aserrín, entre otros, y agregando una solución nutritiva que contenga todos los elementos necesarios para el desarrollo de las plantas (Vázquez y col. 1997). Se puede decir que hay tres formas de hacer esto:

En medio líquido, las raíces están sumergidas en solución nutritiva, en la cual se regulan constantemente su Ph aireación y concentración de sales. Esta técnica no es muy recomendable para principiantes. Una variante es la recirculación constante de la solución nutritiva en contacto con la parte baja de la raíz; esta es llamada Técnica de Película Nutriente (NFT, en inglés). La planta es sostenida por medios mecánicos.

En sustrato sólido inerte se parece en muchos aspectos al cultivo convencional en tierra y es el más recomendado para quienes se inician en hidroponía. En lugar de tierra se emplea algún material denominado sustrato, el cual no contiene nutrientes y se utiliza como un medio de sostén para las plantas, permitiendo que estas tengan suficiente humedad, y también la expansión del bulbo, tubérculo o raíz.

Sustratos. La función del sustrato es la de proporcionar a la planta un medio de sostén, protegiendo a la raíz de la luz, además de retener la solución nutritiva de la planta. El sustrato en el que las raíces crecen debe ser lo suficientemente fino para mantener un adecuado nivel de humedad, pero a la vez no tan fino con el objeto de permitir una aireación eficiente. Debe ser inerte, o sea no debe contener sustancias que reaccionen con la solución nutritiva, no contener sustancias tóxicas para las plantas y debemos evitar en lo posible que esté contaminado con materia orgánica o fango pues esto puede favorecer la incidencia de enfermedades.

Entre los sustratos empleados más comúnmente en hidroponía se cuentan: arena, grava, tezontle, ladrillos quebrados y/o molidos, perlita, vermiculita (Silicato de Aluminio), Peat Moss (turba vegetal), aserrín, resinas sintéticas (Poliuretano), cascarilla de arroz, carbón vegetal, entre otros.

Perlita.- En México se conoce también con el nombre de agrolita, la cual es un material volcánico con excelentes propiedades en cuanto a aireación y retención de humedad. Se vende como mejorador para tierras de cultivo y no debe ser difícil de conseguir. Se trata de una "piedrecilla" con diámetros entre 1 y 4 mm, de color blanco y es muy ligera.

Grava.- La grava es mucho más barata y facilita la renovación de aire para las raíces, pero al no ser absorbente, las partículas de grava comienzan a secarse después de pocas horas, por lo que se debe regar con bastante frecuencia (tres veces por día), o en forma automatizada, por lo cual este sustrato se recomienda para cultivos de producción elevada, empleando un equipo eficiente de bombas y un buen sistema de drenaje, recirculando la solución nutritiva.

Principales condiciones para el uso de grava:

- Diámetro de partículas menor a 2 cm., facilitando el anclaje de la raíz.
- No tener aristas cortantes que pudieran provocar daño mecánico.
- No debe contener materiales tóxicos.
- Buena consistencia, para que no se desmorone pues puede obstruir el drenaje.

Arena de Tezontle. Un buen sustrato con características en un punto medio respecto a los mencionados es el tezontle, molido de tal forma que las partículas mayores sean de unos 6 mm. para lograr una proporción sustancial de partículas gruesas y polvo. Este es barato y se puede emplear tanto a nivel casero como en camas de cultivo para producción.

Arena.- Se considera como arena todo material inorgánico natural con partículas redondas o anguladas de diámetros comprendidos entre 0.2 y 2.5 mm.

Aserrín. Dado que el aserrín es un sustrato orgánico rico en carbono y pobre en nitrógeno, se debe considerar que cuando se irriga con la solución nutritiva se presenta frecuentemente un proceso de descomposición parcial de ésta por bacterias que utilizan principalmente el nitrógeno de la solución para su crecimiento, fijándolo temporalmente, lo que puede dar lugar a una deficiencia de este elemento en las plantas cultivadas en este sustrato.

Solución Nutritiva

Los animales requieren de compuestos orgánicos elaborados para su alimentación, a diferencia de las plantas, las cuales fabrican su alimento; este lo desarrollan en las hojas, gracias a la luz y a las materias primas (minerales) que obtienen del suelo. Para que puedan realizar esta función, se necesita proporcionarles mediante el agua de riego:

Principalmente:

Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio (estos se llaman macroelementos pues son los más consumidos por las plantas) y en menor medida: manganeso, Boro, Hierro, Cobre, Molibdeno, Cloro y Zinc. (Adivinaste, estos se llaman microelementos)

No existe una "fórmula mágica", pues existen diversas combinaciones de sales para dar a tu cultivo los elementos necesarios. Para visualizar mejor esto, observa la siguiente tabla, donde se dan los valores de concentración mínima, máxima y óptima, en partes por millón (ppm), que deben suministrarse de cada elemento para un crecimiento saludable.

Tabla 2. Valores deseables de cada elemento en la solución nutritiva.

Nota: Una parte por millón equivale a un miligramo disuelto en un litro de agua, (o 1 gramo en 1000 litros.

Valores Deseables De Cada Elemento En La Solución Nutritiva.[partes por millón] (DOUGLAS, 1976)		
ELEMENTO	LÍMITES	ÓPTIMO
Nitrógeno	150-1000	250
Calcio	100-500	200
Magnesio	50-100	75
Fósforo	50-100	80
Potasio	100-400	300
Azufre	200-1000	400
Cobre	0.1-0.5	0.5
Boro	0.5-5	1
Hierro	2-10	5
Manganeso	0.5-5	2
Molibdeno	0.01-0.05	0.02
Zinc	0.5-1	0.5

En la tabla anterior tabla 2, se puede observar que las concentraciones de microelementos son muy pequeñas y, como regla general, se pueden considerar incluidos como impurezas en el agua y en los fertilizantes que proporcionan los macro elementos. A excepción del Hierro, solo se añaden a la solución cuando existe necesidad.

Es importante considerar que las concentraciones de los elementos en solución, cambian en función de varios factores, como son: la parte de la planta que se recolecta, la edad y la especie de planta, la luminosidad y el clima.

Ciertamente para obtener los mejores resultados se debe ajustar la solución nutriente durante el ciclo de crecimiento, y este ajuste es diferente para cada cultivo en particular. Las plantas de hoja comestible generalmente emplean más nitrógeno; las de raíz necesitan más potasio y las de frutos deben mantener niveles relativamente bajos de Nitrógeno. De acuerdo a la temporada, el ajuste para el jitomate por ejemplo, involucra la relación entre el Nitrógeno y el Potasio: Bajo

condiciones de alta luminosidad, las plantas usan más nitrógeno. Para mejorar la calidad del fruto en los meses de otoño y principios de invierno se recomienda aumentar el Potasio, e incluso duplicar la relación Potasio/Nitrógeno en invierno, cuando se recibe menos luz.

Cálculo de Solución.

Las raíces absorben sus nutrientes diluidos gracias a un fenómeno físico denominado presión osmótica. Este fenómeno se refiere al movimiento del líquido, que se efectuará en la dirección de la solución más concentrada (hacia donde hay más sales disueltas). Si la solución más concentrada se encuentra fuera de la raíz, habrá un movimiento de líquido en esa dirección y por lo tanto tu planta se deshidratará.

Para una instalación grande se deberán efectuar estudios del agua para descartar las cantidades de calcio y/o magnesio que pudieran estar presentes en aguas "duras". También se pueden efectuar estudios de tejido vegetal e incluso de iones en forma particular, pero este tipo de instalaciones debe ser supervisado por un especialista, posteriormente calcular por medio de las gráficas anteriores la cantidad aproximada que necesita cada planta para desarrollarse.

pH

Es la medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia. Tiene una escala del cero al 14, tendiendo al 14 una sustancia alcalina (como la sosa), y hacia el cero una sustancia ácida. Si la raíz de la planta no se encuentra en un medio (solución nutritiva) con el pH adecuado, no absorberá los nutrientes aún cuando éstos existan en el medio de cultivo. El rango de pH en el cual se favorece el crecimiento de la mayoría de los cultivos está entre 6 y 6.5, sin embargo, algunas especies se desarrollan en medios con lecturas de pH desde 4 a 5.5 (como la zarzamora) y desde 6.5 hasta 7.5 (por ejemplo, la alfalfa). Este será el punto final en el diseño de la solución nutritiva. Es conveniente revisar el pH adecuado para el cultivo que pretendas, lo que puedes hacer en los enlaces que recomiendo.

JUSTIFICACIÓN.

Durante 1995, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), con ayuda de sus delegaciones estatales, comenzó la identificación de los sitios abandonados contaminados con residuos peligrosos a nivel nacional. En 1997, el listado preliminar nacional de sitios abandonados contaminados con residuos peligrosos constaba de 59 sitios en 16 entidades federativas; para 1999, se contaba con el inventario correspondiente a 17 estados, en los cuales se localizaron 105 sitios sin responsable identificado. Algunos de estos sitios inventariados se encuentran contaminados por más de un tipo de residuo. Los metales pesados ocupan el primer lugar (61 sitios) entre los residuos peligrosos encontrados. A su vez, el Pb es el más común de los metales pesados, presentándose en 23 de estos sitios (Volke y col. 2005). En Aguascalientes, como en muchos estados de la República Mexicana existen zonas contaminadas con derivados de hidrocarburo, el cual es una mezcla compleja y variable de alcanos, alquenos, ciclo alcanos, hidrocarburos aromáticos y porcentajes bajos de compuestos que contienen azufre y nitrógeno (Ferrera-Cerrato. 2007) y metales pesados, producto de procesos industriales, jales mineros, entre otros. Tal es el caso de los extalleres del ferrocarril donde por mucho tiempo se utilizaron algunos depósitos a cielo abierto, donde se vertían combustibles derivados del petróleo y polvo de algunos metales, producto de las fundidoras. A partir del 2000 se comenzaron a realizar estrategias de saneamiento en algunos puntos de mayor contaminación, por parte del “Instituto del Medio Ambiente”. Tales estrategias consistieron en extraer material contaminado con hidrocarburo y metales pesados, para acopiarlo dentro de las mismas instalaciones, en bases de concreto existentes en el predio con el fin de impedir la lixiviación. En dichas pilas formadas se observo el crecimiento de plantas silvestres característica de la región, por lo que se sospecho, que el material contaminante pudiese ser absorbido por estas plantas o por lo menos (en el caso de metales) tolerantes al medio. Se observaron dos plantas presentes en la zona, donde su crecimiento es el más frecuente; la primera, la cual crece con mucha facilidad *Verbesina encelioides*, conocida comúnmente como girasolillo y la segunda conocida como *Ricinnus communis* y con el nombre común de higuerrilla o planta del diablo.

OBJETIVO GENERAL.

Se evaluará la capacidad de *Verbesina encelioides* para acumular Plomo en un sistema hidropónico utilizando arena.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Lograr la germinación de *Verbesina encelioides* en un sistema hidropónico.
- Implementar un sistema de cultivo en un sistema hidropónico, utilizando como sustrato arena y solución nutritiva, logrando su estadio (antes de floración) fisiológico de la planta.
- Analizar la acumulación de plomo en diferentes partes de la planta, adicionando soluciones de concentración conocida de Plomo.

HIPÓTESIS.

Si *Verbesina encelioides* crece en suelos contaminados que contienen metales pesados, podría ser una planta acumuladora de plomo.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Obtención de planta.

12.10 Recolección de semilla. La recolección de las semillas se llevo a cabo en el “complejo tres centurias” zona que tuvo como finalidad la industria férrea en la Ciudad de Aguascalientes, México.



Figura 6. Biopila conformada por material contaminado con hidrocarburo y metales pesados. Complejo ferrocarrilero “tres centuria” Aguascalientes, Ags. México 2006

Cabe mencionar que en dicha área se detectaron una variedad de plantas crecidas en esta zona contaminada por lo que parece ser algunas de ellas tales como pastos, *ricinus communis*, entre otras, pueden tolerar contaminantes perjudiciales para el hombre(fig. 6).

Anterior a la recolección se selecciono el tipo de especie a estudiar, en base a la abundancia de la planta en la zona, su tamaño de aproximadamente 80 cm, y la capacidad de crecimiento (6 meses para llegar al estado adulto y florecer) en esta zona contaminada y la rapidez con que se observaba su adaptación al medio, se logro determinar que la especie comúnmente conocida en México como “Girasolillo”.

12.11 **Limpieza.** Se seleccionaron una serie de plantas ya en estado de floración y algunos botones secos. Posteriormente se fue retirando la planta, así como las diversas partes que la componen, entre ellas, los botones y flores, hasta obtener solo la semilla.

12.12 **Lavado.** Para el lavado se empleo una solución de extran al 2% colocando las semillas en un vaso y se dejo en agitación durante 24 h. con el objetivo de eliminar impurezas, como hongos y algunos microorganismos que pudieran interferir en la germinación de la semilla. Posteriormente se realizaron algunos enjuagues con agua destilada para eliminar el detergente.

12.13 **Separación y selección de la semilla.** Posterior al lavado se filtraron en una gasa con el propósito de hacer una selección solo de la semilla, dicha semilla es muy pequeña y difícil de extraer sin arrastrar algunas otra partes de la planta, como resto de flores y hojas.

2. Germinación.

Colocación en cama de algodón húmeda durante 5 días, las semillas fueron colocadas en bandejas con algodón y agua, con el propósito de determinar el tiempo de germinación, bajo condiciones ambientales de 20°C a 28°C y poder seleccionar las semillas viables para el trasplante a sistema hidropónico.

3. Sembrado.

Las pequeñas plántulas se sembraron en vasos con arena durante dos semanas; riego con agua y solución nutritiva, manteniendo humedad en la arena. La profundidad de la siembra está en función del tamaño de la semilla (5 mm), sin embargo, debido a que el tamaño que representa la semilla, se recomendó una profundidad de unos dos centímetros. Se realizaron orificios con un tubo de vidrio, y en cada orificio se depositó una semilla, cubriéndolas cuidadosamente. Es recomendable un aspersor al humedecer la arena, con el fin de no remover las semillas.

Se agrego agua con solución nutritiva, de tal forma que la planta pudiese tener un sistema de crecimiento controlado y un desarrollo homogéneo. Una vez observando el crecimiento de la plántula, se procedió al trasplante en maceta, con la misma base (arena) para permitir a la planta un desarrollo adecuado.

Posteriormente se inicio el riego con solución nutritiva. Lo primero que aparece no son hojas, sino cotiledones, posteriormente las hojas secundarias. Se debe tener mucho cuidado de que la solución nutritiva no toque el cuerpo de las plantas, sobre todo cuando son pequeñas ya que las quema, pues está compuesta de sales.

4. Preparación de la solución nutritiva.

De acuerdo al método Steiner, se contemplaron los siguientes elementos; nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. Teniendo una primera relación en sus formas iónicas respectivas NO^{-3} ; H_2PO^{-4} y SO_4 , se denominó relación relativa de aniones; una segunda relación se integró con K, Ca, y Mg en sus formas ionizas respectivas K^{+} , Ca^{++} y Mg^{++} , y otra relación relativa de cationes, estas dos relaciones presentes en el triángulo equilátero de Steiner fueron analizadas logrando finalmente la siguiente formulación para *Verbesina encelioides* (ver tabla 3).

Cabe mencionar que no se tiene registro alguno sobre el crecimiento en laboratorio de esta planta, por lo que se espera que dicha solución tomada de la formulación para crecimiento del girasol, sea la más adecuada, para lograr el crecimiento en *Verbesina encelioides*.

. Tabla 3. Cantidades aproximadas para la preparación de la solución nutritiva.

Compuesto	Cantidad (gr)
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	5.904
KNO_3	2.527
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	3.305
K_2HPO_4	4.35
MgSO_4	3.009

Las consideraciones para la preparación de la siguiente solución son: 0.1 molar y 250 ml de H_2O_2

5. Crecimiento de planta en sistema hidropónico.

Se sembraron un total de 30 plantas con el objetivo de poder observar entre otros aspectos el crecimiento y desarrollo de la planta *Verbesina encelioides*.

La planta se desarrollo en un sistema abierto, a la intemperie, donde sólo se controló la dosificación de nutrientes.

6. Tiempo para experimentación en plantas.

6.1 Muestreo.

De dicha población se tomaron al azar 12 plantas y posteriormente se tomaron 3 especímenes al azar con el objetivo de utilizarlos como control en cada una de las dosificaciones. Como se muestra en la siguiente interpretación.

$P = 30$; donde “P” es la población existente de plantas cultivadas.

$N = 12$; donde “N” es el tamaño de muestra tomado al azar.

$n = 3$; donde “n” corresponde a las plantas utilizadas como control en el experimento.

6.2 Estadio de crecimiento.

Por ser una planta que rápidamente puede ser invadida por insectos y por el hecho de encontrarse en un medio externo (falta de un invernadero) se decidió solo hacer la dosificación para un estadio de crecimiento, antes de floración, debido a que la planta *Verbesina encelioides* se encuentra en un estado óptimo por su madurez.

6.1 Consideraciones.

Al no contar con una amplia bibliografía sobre la planta *Verbesina encelioides*, se llevan a cabo las siguientes consideraciones, con el objetivo de lograr buenos resultados y poder contar con el espécimen es un estado óptimo de desarrollo.

7. Crecimiento de la planta.

EL crecimiento de la planta debe ser revisado continuamente, mediante la observación y medición de cada espécimen, de tal forma que resulte casi homogéneo tanto en hojas y tamaño.

8. Dosificación de plomo (Pb).

Para este trabajo se emplearon tres diferentes concentraciones de plomo. La dosificación de plomo se estima aproximadamente en: 100 ppm. 1000 ppm. Y 10000 ppm. Esto es debido a que anteriormente se han realizado experimentos en la Universidad Autónoma de Aguascalientes (departamento de Ing. Bioquímica) con una planta muy parecida a *Verbesina encelioides*, llamada comúnmente Girasol (*Helianthus annuus*), dicha planta ha demostrado ser efectiva en la absorción de plomo en las antes mencionadas concentraciones.

8.1 Procedimiento de dosificación.

El procedimiento de dosificación se lleva a cabo mediante el acomodo de las plantas en la siguiente forma (ver tabla 3).

Tabla 3.1 Procedimiento de dosificación.

Planta.	Dosificación (ppm)
1	0
2	100
3	100
4	100
5	0
6	1000
7	1000
8	1000
9	0
10	10,000
11	10,000
12	10,000

9. Análisis Preliminar para Clorofila.

Con el objetivo de observar los cambios en la planta y poder determinar un comportamiento anómalo en clorofila se realizará el siguiente procedimiento:

1. Se pesa un gramo de hojas y se maceran con 3 ml de acetona al 100%.
2. Filtrar el extracto y verterlo en una probeta, protegida contra la luz; aforar a 50 ml con acetona al 80%.
3. Calibrar el equipo a 652 nm
4. Colocar la muestra en el espectrofotómetro ultravioleta-visible
5. Tomar las lecturas correspondientes a la absortividad molar
6. Compararla con el resultado obtenido de los controles.

9.1 Cuantificación de plomo absorbido.

Posteriormente se realiza el análisis de absorción atómica, la cual consta de los siguientes pasos:

1. Cosechando la planta completa
2. Limpieza de la planta mediante el lavado con agua corriente.
3. Secar la planta a 70°C durante 24 horas.
4. Se corta en trozos y se homogenizada, pesando 2g de tejido vegetal.
5. Posteriormente se calcina en una mufla con aproximadamente 550°C por 24 horas.
6. Se realiza una digestión del material calcinado con 50 ml de una solución de 1:10 en volumen de HNO_3 y agua desionizada. Esta digestión se hará en un matraz de 250 ml a $70-80^{\circ}\text{C}$ en la campana extractora hasta llegar a un volumen de 10 ml.
7. Tapar el matraz y sacar de la campana. (si hay turbiedad filtrar nuevamente).
8. Aforar hasta 50 ml en el mismo matraz. se tapa y se lleva al espectro de absorción atómica.
9. Preparar las curvas de calibración y hacer la detección en espectrofotómetro de absorción atómica a una longitud de onda de 357.9 nm.
10. finalmente se toman lecturas correspondientes. Cabe mencionar que si las muestras llegan a salir del rango de calibración, estas se diluyen en unidades par.

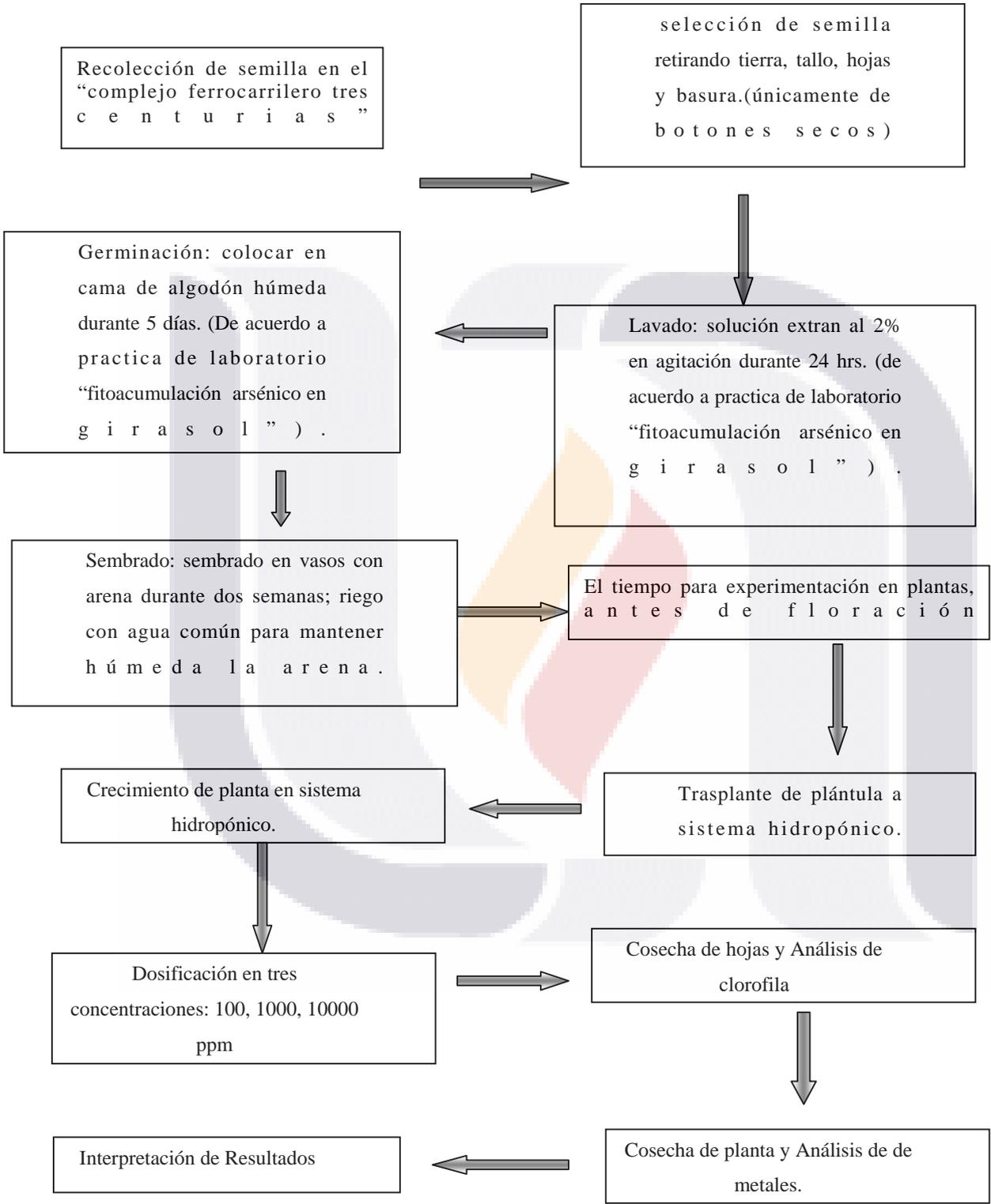
10. Variables a considerar.

- Tiempo de crecimiento (estadio), días.
- Concentración de metal en 100, 1000 y 10,000 ppm. Respectivamente.

11. Análisis de la información.

- Análisis general por medio de gráficos
- Análisis particulares por medio de gráficos.
- Análisis de correlación

Procedimiento Esquemático.



12. Resultados.

12.1 Preparación de la semilla

La semilla se obtuvo a partir de las plantas cosechadas de la zona llamada “Complejo Tres Centurias” en la Ciudad de Aguascalientes, México.

Posteriormente se lavaron con solución extran al 2%, manteniéndose en agitación continua durante 24 h (ver figura 7). Dicha semillas presentaron un buen estado, sin ser dañadas por la agitación.

Por otra parte cabe señalar que esta planta no ha sido reproducida en un laboratorio, ya que está considerada actualmente como una planta “invasora” de cosechas y sembradíos.

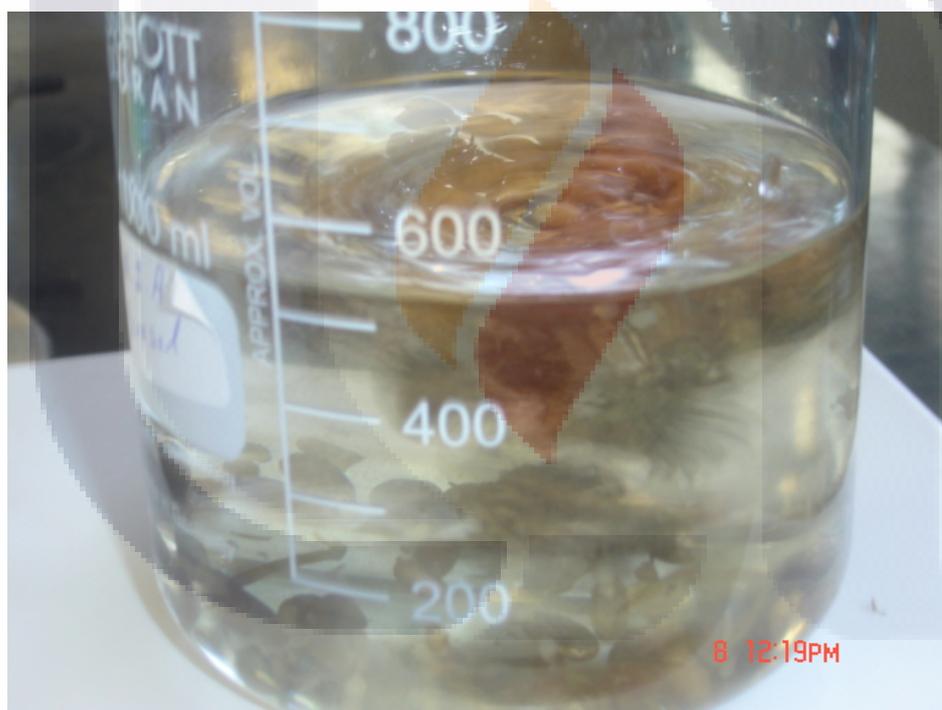


Figura 7. Lavado y agitación continua.

La agitación permitió retirar toda clase de materia orgánica, así como posibles hongos o microorganismo que pudiera interrumpir su crecimiento.

12.2 Selección de la semilla.

Al parecer la mayoría de las semillas se encontraron en un estado excelente, pero aún cubiertas de materia vegetal, por lo que se recurrió a pasarlas por una gasa y posteriormente seleccionarlas una a una, ya que las dimensiones de cada semilla es de aproximadamente 5 mm de largo.



Figura 8. Semilla filtrada.

Se puede apreciar que existe una gran cantidad de materia vegetal correspondiente a los botones y flores secas, las cuales acompañan y forman parte junto con la semilla, de la estructura de la planta (figura 8).

La separación de cada semilla finalmente fue manual, por medio de un tubo de vidrio, con el cual se retiraron una a una, teniendo cuidado de no dañar o rasgar su capa protectora.

12.3 Germinación.

La planta presenta un rápido crecimiento, por lo que no se tuvo dificultad alguna para realizar la germinación. Puesto que en un tiempo promedio de una semana se tuvieron los primeros brotes, mostrando la cofia de esta planta dicotiledónea (ver figura 9).



Figura 9. Cama de algodón húmedo.

Es importante señalar que la iluminación en este caso es importante, ya que el lugar donde las charolas que contenían la cama de algodón y las semillas, fueron ubicadas dentro de una zona con mucha radiación solar. La temperatura ambiente era de aproximadamente entre 20 °C a 30 °C durante el día. El sistema se puede considerar por lo menos en principio como “cerrado” por encontrarse dentro de las instalaciones del laboratorio de Ingeniería Bioquímica edificio 36 de la Universidad Autónoma de Aguascalientes México.

12.4 Crecimiento en laboratorio.

El crecimiento de la planta desde su germinación hasta su análisis se llevó a cabo en aproximadamente 6 meses (ver tabla 4), la mayoría de las semillas que germinaron(90%), se seleccionaron para pasarlas a un sistema hidropónico, ya que el sustrato que se aplico desde el inicio fue arena y solución nutritiva.

<u>PROCESO</u>	<u>FECHA</u>
Cama de algodón	9 de marzo 2005
Brotos de plántulas	13 de marzo 2005
Plantas en vasos	16 de marzo 2005
Trasplante a macetas y dosificación de solución nutritiva (cada tercer día)	19 de abril 2005
Dosificación de plomo (100,1000 y 10,1000)	24 de mayo 2005
Análisis de clorofila	1 de junio 2005
Secado de la planta	3 de junio 2005
Termino de secado y calcinado	23 de junio 2005
Digestión	25 de Junio 2005
Análisis de absorción atómica y Obtención de resultados	5 de Agosto 2005

Tabla 4. Registro del crecimiento en meses.

Una vez elegido el sustrato, también se consideraron los recipientes, los cuales fueron vasos de plástico, ya que en anteriores experiencias se han obtenido buenos resultados, con el desarrollo de semillas de girasol.



Figura 10. Vasos de plástico con sustrato “arena”.

Al sembrar la semilla, con el sustrato “arena”, una vez germinada, tendrá la capacidad y facilidad de extender sus raíces a una profundidad de entre 10 y 15 cm. En un área radial de aproximadamente 6 cm.

Por otra parte las características del vaso “transparente” nos permite observar:

- El desarrollo de la raíz.
- Si posee líquido en el fondo.
- La cantidad de líquido en el fondo de tal manera que no sea excesivo o escaso, ya que estas dos condiciones pueden afectar el desarrollo de la planta.

12.5 Obtención de la plántula

Rápidamente los cotiledones de la semilla germinada empezaron a desarrollar cloroplastos diferenciándose como las primeras dos hojas de la planta, así como el desarrollo de los pelos radicales dando lugar a la absorción de los nutrientes esenciales suministrados, por medio de dosificaciones controladas (ver figura 11).



Figura 11. Plantas constituidas.

Una vez que se ha alcanzado el desarrollo anteriormente descrito, el tallito que se formo a partir del talluelo, deja de crecer; a esto se debe que las dos primeras hojas, formadas en los cotiledones, ya no eleven mas sobre la tierra.

Una vez iniciado el crecimiento de la planta, se determino que, para realizar el trasplante siguiente, debería de estar con una cantidad mayor de hojas, ya que esto garantiza una fotosíntesis más eficiente, una raíz más larga, por lo tanto una necesidad de espacio.

12.6 Trasplante en macetas.

Un alargamiento progresivo del tallo de la planta sobre la región en que se encuentra los cotiledones y al mismo tiempo el crecimiento de nuevas hojas laterales con pequeñas yemas axilares. Desde este instante, a partir de la yema terminal y de las yemas axilares, continua el desarrollo de la planta y la formación de todos sus órganos (ver figura 12), por lo tanto se considera que es necesario el trasplante en macetas.



Figura 12. Crecimiento de la planta y formación de nuevas hojas.

El trasplante se efectuó cuando la planta cumple cualquiera de las siguientes condiciones:

- Rebasa los 10 cm de alto.
- Tiene ya unas 6 hojas.
- Cumple unas 5 semanas después de germinar.

12.7 Desarrollo de las plantas en maceta.

Una vez realizado el trasplante en macetas, lo siguiente fue colocarlas en un lugar “abierto”, ya que por el momento no se cuenta con un vivero.

Un total de 30 plantas fueron colocadas en macetas, controlando únicamente las dosificaciones de solución nutritiva, puesto que otros factores como la temperatura y el sol, son dependientes del medio ambiente (ver figura 13).



Figura 13. Plantas en un sistema abierto.

Al tratar el crecimiento de las plantas se observaron homogéneos, ya que el medio y la solución nutritiva ha contribuido de manera eficaz, por lo que se procedió a la dosificación de plomo.

12.8 Dosificación de plomo.

Para llevar a efecto la dosificación de plomo se seleccionaron 12 plantas de manera aleatoria, de un total de 30 plantas, aproximadamente con el mismo número de hojas y altura cada una respectivamente.



Figura 14. Plantas en buen estado

- La primera dosificación la cual corresponde a una concentración de 100 ppm. se realizo para tres plantas, dejando una como testigo.
- La segunda dosificación de 1000 ppm, para el siguiente grupo de tres plantas y su testigo correspondiente.
- La tercera dosificación de 10,000 ppm, para el tercer grupo de tres plantas y su testigo respectivamente.

Se esperaron 3 días, con el objetivo de dejar que la planta comenzara absorber la solución, posteriormente de forma visual observamos que en las hojas se presentaban coloraciones diferentes, además de un ligero marchitamiento y decaimiento del tallo. Por lo que se anotaron las siguientes características.

Tabla 5. Características físicas.

No. Planta	Dosificación de Plomo (ppm)	Características Físicas (Cambio de color en hoja).		
		sin cambio	oscuro	oscuro intenso
1	100	x		
2	100	x		
3	100	x		
4	control 1	x		
5	1000		x	
6	1000		x	
7	1000		x	
8	control 2	x		
9	10,000			X
10	10,000			X
11	10,000			X
12	control 3	x		

Una vez anotada las características (tabla 5.) se sabe que el impacto de plomo se observa fácilmente en las dosificaciones correspondientes a 1000 ppm y 10,000 ppm, por lo que se presume que es posible que la planta conocida como *Verbesina encelioides*, fue impactada por las concentraciones proporcionadas, sin embargo las plantas con 100 ppm. No muestran el efecto.

12.9 Medición de clorofila.

Dado que la clorofila no es una sustancia simple, pues está formada de una mezcla de dos pigmentos muy semejantes: la clorofila “a” y la clorofila “b”. Por lo tanto diferentes pigmentos absorben energía lumínica a diferentes longitudes de onda. Por consiguiente, el espectro de absorción de un pigmento se conoce como “espectro de absorción” de esa sustancia.

Por otra parte las células vegetales requieren varios elementos químicos diferentes que se encuentran en el suelo en forma de iones, los cuales derivan de los minerales del suelo, es así como se ha descubierto que algunas plantas atrapan o absorben algunos elementos nocivos para el ser humano y una forma de detectarlos es mediante la absorción en espectro.

Una vez preparada la clorofila para medirla en el espectro de absorción calibrado a una longitud de onda de 652 nm. Se obtuvieron los siguientes resultados por cada una de las concentraciones que a continuación se describen.

12.9.1 Dosificación de 100 ppm.

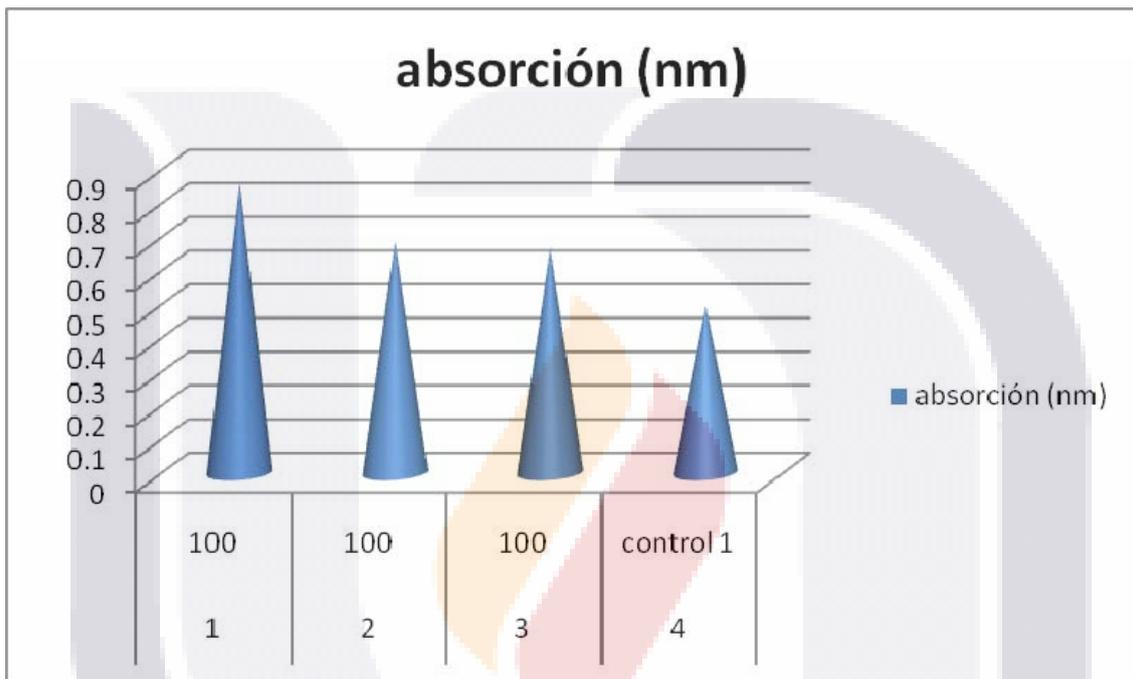
La dosificación de plomo a 100 ppm. Arrojo los siguientes resultados, detectados por el espectrofotómetro (ver tabla 6).

No. planta	Dosificación de plomo (ppm)	Concentración de clorofila
1	100	0.861
2	100	0.687
3	100	0.669
4	control 1	0.496

Tabla 6. Absorción de clorofila 100 ppm.

Los valores obtenidos y representados en la tabla 6, denotan un valores muy semejantes entre la concentración de clorofila 0.6 y 0.8 ; por otra parte se encontró que también el “control” presenta un valor de absorción por debajo de los dosificados.

Grafica 1. Valores de absorción en 100 ppm.



Los valores obtenidos corresponden a la primer dosificación de 100 ppm. Donde la planta no tuvo impacto físico en sus hojas, ya que se encontraron sanas y con el color verde parduzco característico en sus hojas.

También podemos observar que la planta No. 2 y 3. Respectivamente reportan valores similares, mientras que el valor de la planta No. 1. Se eleva ligeramente.

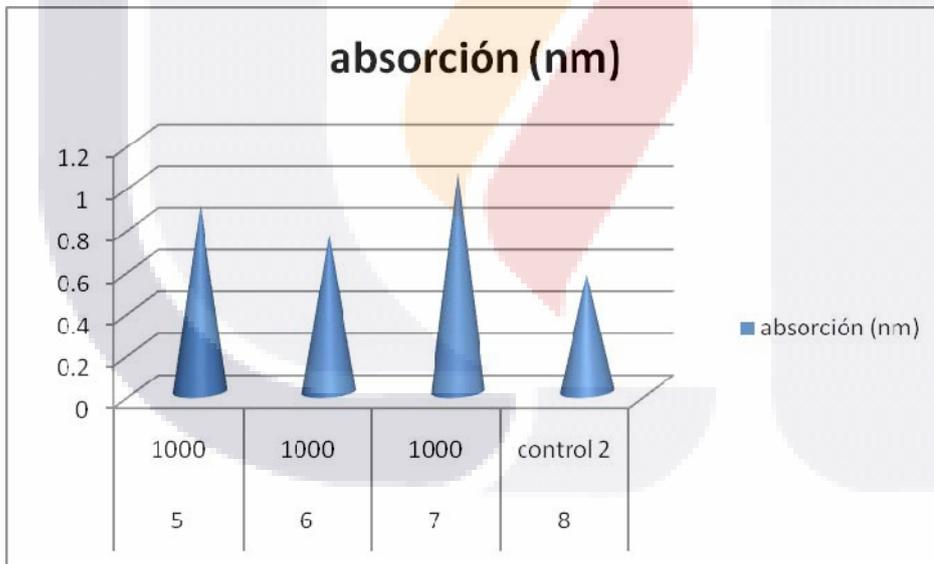
12.9.2 Dosificación de 1000 ppm.

El análisis de clorofila para la dosificación de 1000 ppm. Se llevó a cabo, teniendo como resultado la siguiente los valores reportados a continuación (ver tabla 7):

Tabla 7. Absorción de clorofila 1000 ppm.

No. planta	Dosificación de plomo (ppm)	Concentración de clorofila
5	1000	0.894
6	1000	0.751
7	1000	1.049
8	control 2	0.563

Es posible denotar que los valores obtenidos no son lejanos entre sí, excepto el valor del control donde destaca como valor más bajo dentro del rango de medición.



Grafica 2. Valores de absorción en 1000 ppm.

El valor más alto es dado por la planta número 7, y el más bajo de las plantas dosificadas es la planta número 6. Cabe señalar que en este caso si se observó que las hojas sufrieron ese cambio de coloración, sin embargo una vez, medida la clorofila confirmamos que puede existir la absorción de plomo.

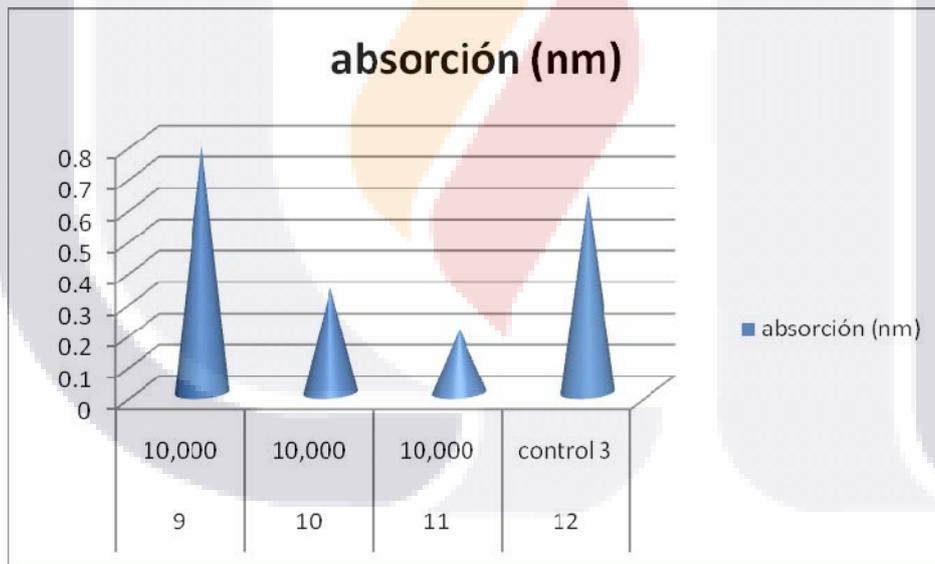
12.9.3 Dosificación de 10,000 ppm.

El análisis de clorofila para la dosificación de plomo de 10,000 ppm. Se llevo a cabo arrojando los siguientes valores correspondientes (ver tabla 8).

Tabla 8. Absorción de clorofila 10,000 ppm.

No. planta	dosificación de plomo (ppm)	Concentración de clorofila
9	10,000	0.786
10	10,000	0.335
11	10,000	0.202
12	control 3	0.635

El impacto del plomo en las hojas fue más severo, tornando la pigmentación a un tono mucho más oscuro, también la planta en todas sus partes sufrió daños de marchitamiento.



Grafica 3. Valores de absorción en 10,000 ppm.

La absorción medida para la dosificación de 10,000 ppm. Denota una diversificación de valores no constantes, ni continuos, por lo que solo el control se mantiene dentro del rango conocido.

12.10 cuantificación de plomo absorbido.

La espectrometría de absorción atómica es la medición instrumental de la cantidad de radiación que absorben los átomos no excitados en estado gaseoso. La absorción atómica es uno de los métodos generales de análisis debido a que los átomos de todos los metales, y de algunos no metales, absorben radiación en estado gaseoso.

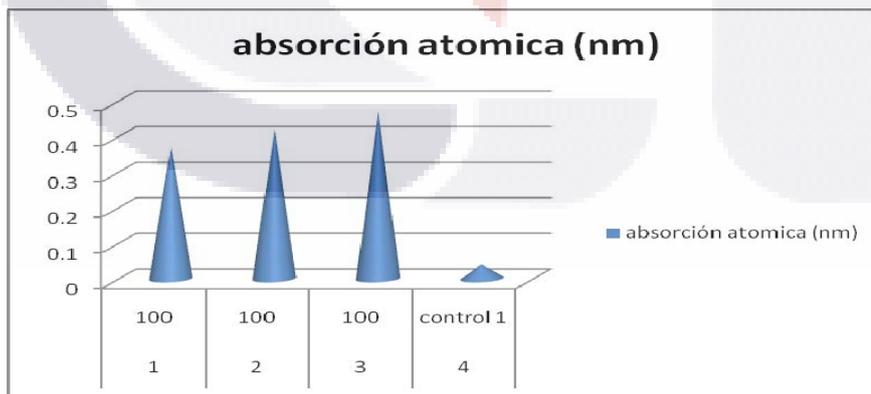
12.10.1 Dosificación de 100 ppm.

Los valores obtenidos para la dosificación de 100 ppm, analizados por medio de la espectrofotometría de absorción atómica nos da como resultado, los siguientes valores (ver tabla 9).

Tabla 9. Absorción de clorofila 100 ppm.

No. planta	dosificación de plomo (ppm)	absorción atómica
1	100	0.37
2	100	0.42
3	100	0.47
4	control 1	0.04

Se puede observar que el plomo se encuentra presente en cada una de las muestra, incluso de un valor muy pequeño en el control.



Grafica 4. Valores de absorción atómica en 100 ppm.

El plomo detectado por el espectrofotómetro en las plantas 1,2,3 son valores muy proximales. Los cuales varían dentro de un rango de 0.3 a 0.4 nm. Dadas estas características es posible aseverar que en esta dosificación el plomo detectado o absorbido por la planta es similar en las tres muestras.

12.10.2 Dosificación de 1000 ppm.

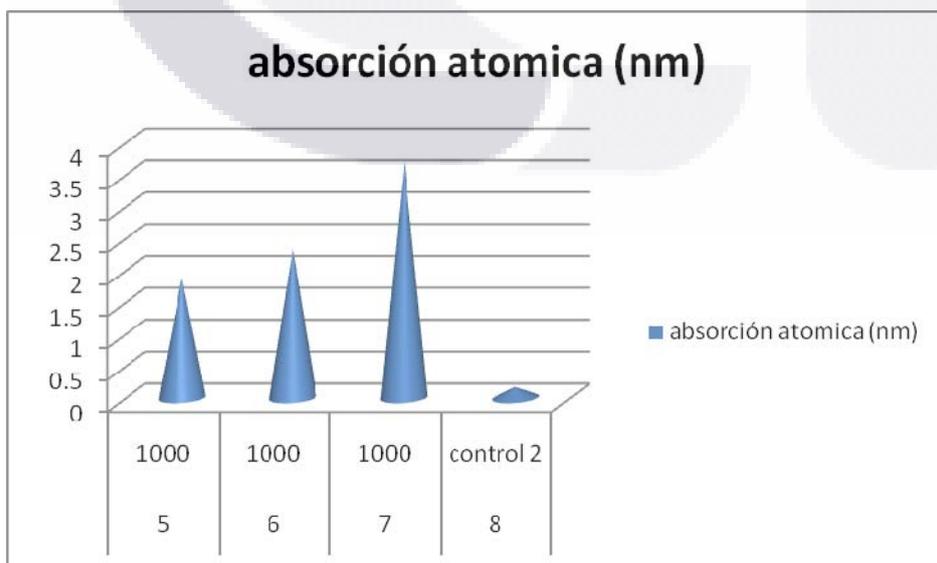
Los valores obtenidos para la dosificación de 1000 ppm, analizados por medio de la espectrofotometría de absorción atómica nos da como resultado, los siguientes valores (ver tabla 10).

Tabla 10. Absorción de clorofila 1000 ppm.

No. planta	dosificación de plomo (ppm)	absorción atómica
5	1000	1.88
6	1000	2.33
7	1000	3.7
8	control 2	0.17

Los valores obtenidos en el análisis de absorción atómica para la dosificación de 1000 ppm. Se muestran que existe plomo presente, con valores por encima de 1 y hasta 3.5 nm. Respectivamente, por otra parte en el control se detecto la presencia de plomo con valores mínimos de 0.17 nm.

Grafica 5. Valores de absorción atómica en 1000 ppm.



Es posible distinguir que existe plomo absorbido por cada una de las plantas (ver gráfica 4), las cuales tuvieron una afectación media en sus hojas, cambiando la coloración y quizás fue el primer indicio de una fotosíntesis alterada debido a las concentraciones antes mencionada.

12.10.3 Dosificación de 10,000 ppm.

Los valores obtenidos para la dosificación de 10,000 ppm, analizados por medio de la espectrofotometría de absorción atómica nos da como resultado, los siguientes valores (ver tabla 11).

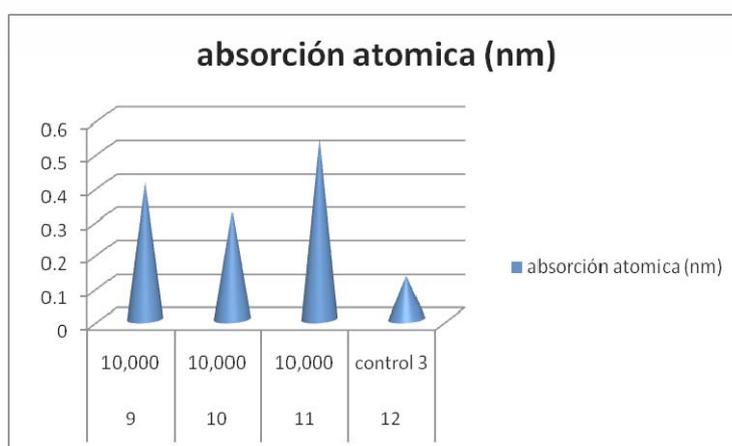
Tabla 11. Absorción de clorofila 10,000 ppm.

No. planta	dosificación de plomo (ppm)	absorción atómica
9	10,000	0.41
10	10,000	0.32
11	10,000	0.54
12	control 3	0.13

Los valores característicos de este análisis, nos señalan que existe presencia de plomo detectada en todas las muestras con valores desde 0.3 nm hasta 0.5 nm respectivamente. Por otra parte un nivel mínimo de plomo fue encontrado en los controles.

Cabe señalar que al dosificar estas plantas se observó un severo efecto, tanto en hojas como en tallos, ya que la cantidad suministrada es considerable para causar afectaciones a cualquier ser vivo. Por otra parte los valores detectados de absorción de plomo, no son uniformes, pero si con rangos diferenciales muy próximos (gráfica 6).

Gráfica 6. Valores de absorción atómica en 10,000 ppm.



13.Discusiones.

13.1 Obtención y preparación de la semilla.

Las semillas fueron obtenidas en condiciones naturales, ya que su adquisición se llevo a cabo por medio de la cosecha de las plantas en campo, debido a que no existe otra forma de obtenerlas actualmente, ya que no es una planta de valor comercial.

Una vez llevada a laboratorio, la manera de extraerles de su “cápsula” fue mediante el lavado y la agitación continua, aun así, conservaron una cantidad de restos propios de su conformación externa, por lo que se opto por extraerla filtrándolas en una gas y tomándolas con un tubo de vidrio.

La cama de algodón humedecido con agua fue suficiente para lograr una germinación del 90%, sin embargo cabe señalar, que cuando la semilla empieza a germinar, el talluelo se enreda rápidamente en el algodón y en algunos casos de tal manera que es difícil desprenderlo.

13.2 Germinación.

De forma natural, la semilla ya trae consigo sus propias reservas nutricionales, las cuales tiene como finalidad llevar a la germinación y crecimiento de los dicotiledones, ya que las reservas se encuentran en el endospermo y están propiamente constituidas por almidón y otras sustancias, las cuales serán parte de sus nutrientes, hasta que la planta termine de formar sus órganos indispensables y pueda alimentarse por sí sola.

Por otra parte abría que destacar que existen dos condiciones necesarias para llevar con éxito la germinación, las cuales son:

a) Condiciones Intrínsecas; las cuales se refieren a las condiciones biológicas de la semillas, como lo son: 1) que la semilla este normalmente constituida, es decir que no sufra un daño físico, 2) Que la semilla este madura, ya que de manera general, si una semilla es sembrada en condiciones de inmadurez no se desarrollará, por lo que en este caso, se eligieron frutos secos de forma natural. 3) que el embrión se encuentre vivo; ya a veces sucede que el embrión no se ha desarrollado por

causas diversas tales como el ataque de hongos o bacterias. Por lo que para la semillas de la planta *Verbesina encelioides*, estas fueron condiciones favorables.

- b) Las condiciones extrínsecas; o externas son las que deben poseer el medio ambiente en el cual va a germinar la semilla. Tres son las principales: 1) agua; es indispensable durante la germinación, debido a que las células del embrión están en vida latente, su protoplasma contiene poco agua, por lo que permite la disolución de la sustancias de reserva, una vez activado el proceso de germinación. 2) aire ; Cuando se activa el proceso de germinación el embrión necesita grandes cantidades de aire para realizar el proceso de oxidación de las sustancias orgánicas que posee. 3) temperatura; es un factor importante en la germinación del embrión, por tratarse de una planta resistente la temperatura el laboratorio oscilaba entre 23 y 28 *C respectivamente, por lo fue también un factor a favor.

13.3 Crecimiento y obtención de la plántula.

Una vez germinada la semilla y sembrada en vasos, se observo un rápido crecimiento, esto puede ser debido a diversos factores, como lo es la solución nutritiva, ya que nos permitió que la planta alcanzara una altura óptima de 8 cm. Y el desarrollo de las primeras hojas.

El lugar para el crecimiento era un sistema “cerrado” por encontrarse dentro de las instalaciones del laboratorio del edificio No. 36 de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, sin embargo, cabe señalar que no por ser un sistema “cerrado” estaba contralado, ya que dependíamos de las condiciones climatológicas, entre ella las más sobresalientes, como es el aire y la luz. De tal forma que se logro obtener una cantidad de luz y aire optima para el crecimiento del embrión.

Generalmente se utilizan vasos de plástico transparente, donde se puede observar claramente la cantidad de solución vertida y el desarrollo de la raíz. Este sistema resulta ser eficaz, que si una planta se encuentra seca o no ha tenido un desarrollo óptimo, es posible detectarlo a tiempo.

Se observo también, que la raíz se dispersa rápidamente por toda el área y hacia abajo, debido a que es una raíz de tipo pivotante o típica de las plantas arbustivas como *Verbesina encelioides*.

13.4 Desarrollo de planta en macetas.

El manejo en el trasplante fue muy cuidadoso, tratando de no dañar las raíces, y se debe procurar hacerlo antes de las 9 hrs. o después de las 18 hrs, evitando las temperaturas altas del día. En el menor tiempo posible, con el objetivo de mantener la raíz húmeda; por lo que fue importante el riego posterior al trasplante.

Una vez trasplantadas se dejaron en un sistema abierto, es decir a la intemperie, controlando únicamente la dosificación de solución nutritiva. De esta forma se puede apreciar que la planta crecía sin problema alguno, sin embargo antes de floración, algunas sufrieron ataques de insectos, por lo que se opto por comenzar con la dosificación, ya que se encontraban en un estado aceptable, y antes de que fuesen invadidas todas.

Cabe destacar que las características básicas tomadas en cuenta, una vez elegida las doce plantas, fueron:

1. La cantidad de hojas; que variaban entre 12 y 21 hojas en toda la planta por cada una de ellas.
2. La longitud de la planta; que variaba de 9 a 12 cm de altura respectivamente.
3. Que no hubiese presencia de insectos, los cuales pueden acabar o impedir el buen funcionamiento de la planta.

El resto fue desechado, ya que presentaban un riesgo importante, por el hecho de tener algunas insectos en sus hojas como pulgones, por ejemplo.

Por lo tanto es indispensable el uso de un invernadero, donde se puedan controlar las eventualidades señaladas, de no ser así, se pone en riesgo el estudio, ya que no se tendrían plantas con las mismas características y los insectos podrían frenar el crecimiento, impidiendo que la planta absorba las sustancias a estudiar, como en este caso el plomo.

Por otra parte es de vital importancia señalar que la metodología utilizada, solo se puede realizar cuando la planta se encuentra en estado adulto, debido a la cantidad de masa del espécimen. Si se quisiera realizar en un estadio más corto, se tendría que hacer algunos cambios a la metodología empleada.

13.5 Dosificación de plomo.

El plomo dosificado se efectuó mediante una preparación con $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, calculado y diluido en 1 lt de agua destilada para las concentraciones correspondientes de 100, 1000 y 10,000 ppm de plomo respectivamente.

Posteriormente se agregó con mucho cuidado en cada maceta. De forma física se puede observar que es fácilmente absorbido por el sustrato "arena" sin escurrir por debajo, como se esperaba.

Cabe mencionar que es importante que las dosis manejadas con plomo sean cuidadosamente suministradas, ya que en las cantidades conocidas suelen ser peligrosas para los seres vivos. Una de las preocupaciones que en ese momento se tenían, es que por estar a la intemperie fueran tocadas de manera accidental por algunas personas. Por lo que es importante la utilización de invernaderos.

13.6 Análisis de clorofila.

Una afirmación exacta sobre la absorción específica de un compuesto solamente se hace factible cuando se conoce el espectro de absorción, para este caso el espectro fue calibrado a 652 nm. Con el objetivo de poder detectar si había cambios significativos al agregar las dosis anteriormente señaladas.

13.6.1 En el caso de 100 ppm.

El análisis de clorofila demuestra que existe una relación de absorción por parte de las tres plantas que recibieron la dosis, dándonos un valor promedio de 0.77 nm contra el control que se encuentra 0.46 nm. Por lo tanto la información de la clorofila en las 3 plantas dosificadas son una prueba de la existencia de un compuesto como el plomo.

13.6.2 En el caso de 1000 ppm.

Para el caso de las plantas dosificadas con 1000 ppm, el caso es más o menos similar ya que el promedio que tiene las plantas como absorción es de 0.89 nm mientras el blanco continua con valores de 0.56

13.6.3 En el caso de 10,000 ppm.

En cuestión de este caso en particular la absorción de clorofila registrada en las tres plantas, se encuentran con valores muy distintos. Ya que dos valores de absorción de las plantas dosificadas, está muy por debajo del que presenta el control con menos de 0.6 nm. Respectivamente.

En los tres casos existe una absorbancia diferente que en la de los controles que se mantienen con valores de entre 5 y 6 nm. En cada caso de dosificación existe también valores cercanos entre ellos, por lo que se puede decir que la medición en clorofila(mg/g) se llevo a cabo de forma regular. El caso 3 donde la concentración es de 10,000 ppm, se observaron afectaciones en toda la planta, factor significativo, del cual se cree que impidió que la planta realizara una fotosíntesis adecuada y por lo tanto una menor concentración de clorofila habria estado presente en las hojas.

13.7 Respecto al análisis de absorción atómica.

El instrumento que se emplea para medir la cantidad de absorción se conoce con el nombre de espectro de absorción atómica. La absorción atómica puede emplearse para determinar esencialmente todos los metales y para ciertos no metales.

Casi todos los metales pueden determinarse con límites de detección tan buenos o mejores que otros métodos.

Por otra parte las concentraciones fueron medidas con sumo cuidado, ya que no se sabía si el concentrado podía ser detectado por el equipo o se tendría que hacer algún tipo de dilución.

Los resultados demostraron que existen cantidades de plomo presentes en las muestras de cada planta dosificada en diversas concentraciones, entonces la planta conocida como *Verbesina encelioides*, es capaz de absorber plomo en diferentes concentraciones. Sin embargo no sabemos en qué parte de la planta se encuentra la mayor concentraciones, ya que por esta metodología en análisis presentado fue de toda la masa. Por lo tanto no es posible saber si el plomo viaja a través todo el sistema.

Se sabe por observaciones, que las hojas fueron impactadas en su estructura, ya que resultaron con marchitamiento en hojas y algunas en tallo, en las concentraciones de 1000 ppm y 10,000 ppm. Respectivamente. Sin embargo no es una prueba contundente.

Se sugiere realizar ahora en una sola concentración y con un número mayor de especies, el experimento realizado de absorción atómica. Pero ahora en cada una de las partes de la planta tales como: raíz, tallo y hojas. Con el objetivo de saber que parte de la planta absorbe más plomo.

Por otra parte dentro de los controles, se detecto una pequeña parte de plomo contenido en ellos, esto se puede deber a varia situaciones:

- a) Por ejemplo que el sustrato “arena” este contaminado anteriormente con una pequeña parte (mg/g)de plomo (por manipulación, descuido o mal lavado de la misma).
- b) Que la planta absorba el plomo que se encuentra presente por medio del aire, por medio de las hojas debido a que su forma laminar que presentan, así como el gran número de estomas que tienen y a las cámaras y meatos aéreos que poseen en sus tejidos internos y que facilitan el contacto del aire con todas las células, así como la circulación del mismo, estén en contacto

con aire el cual presenta pequeñas partículas de plomo, producto de las emisiones automotrices o industriales.

Sin embargo las cantidades de plomo detectadas en los blancos son mínimas y totalmente por debajo, al de las plantas dosificadas.

Una cuestión importante a tratar sin lugar a duda es la procedencia de *Verbesina encelioides*, ya que actualmente es considerada como una planta de maleza, invasora de cultivos.

Existe muy pocas investigaciones sobre *Verbesina encelioides*, sin embargo solo se encontró una investigación en esta planta titulada “efecto hipoglucemiante de *verbesina encelioides*” por la Doctora Toribio en la Ciudad de Argentina, quien amablemente me facilitó información al respecto. Sin embargo no es conocida dicha planta como fitorremediadora.

Finalmente podemos mencionar que es importante el estudio sobre la fitorremediación, ya que esta técnica resulta ser barata, totalmente práctica y con muy pocos o casi nulos efectos secundarios. Ya que se aprovecha las plantas que se tiene en la entidad, se mejoran los suelos contaminados por procesos industriales o accidentes. Sin embargo para poder considerar una planta como fitorremediadora se requiere que el diseño de algunas consideraciones que debe incluir: el factor de acumulación (la proporción de la concentración de metal en el tejido de la planta en la tierra) y la productividad de la planta (el kg materia seca que es el de cada espécimen sembrado). Para fines prácticos, se necesita que las plantas crezcan rápida y vigorosamente como es el caso de *Verbesina encelioides*.

15. Conclusiones.

- ❖ Existen algunas zonas contaminadas en la Ciudad de Aguascalientes debido a actividades industriales que antiguamente se realizaban en el “complejo ferrocarrilero tres centurias”. Donde actualmente se están llevando estrategias de saneamiento.

- ❖ La planta conocida con el nombre científico de *Verbesina encelioides*, fue encontrada en este complejo, creciendo en zonas contaminadas con hidrocarburos y metales pesados.

- ❖ Entre sus características principales podemos decir que es una planta herbácea anual, dicotiledónea, arbustiva y leñosa. De altura aproximada de 90 cm.

- ❖ *Verbesina encelioides* es conocida con varios nombres vulgares, en la región es conocida con el nombre de “girasolillo”. Por su gran parecido con la planta de girasol.

- ❖ *Verbesina encelioides* es una planta invasora de cultivos, por lo menos en América y Europa, donde se venden sustancia para erradicarla, ya que crece de manera rápida y su propagación es exitosa, por el hecho de que aparentemente se adapta a cualquier clima(tropical a templado).

- ❖ No se ha encontrado algún indicio reportado hasta el momento de que dicha planta absorba materiales o sustancias contaminantes, pues solo en Argentina se realizó una investigación para saber si tiene “efecto hipoglucemiante”.

- ❖ El crecimiento en laboratorio fue exitoso, ya que se logró reproducirla sin ningún inconveniente, al parecer la planta crece de manera rápida, aprovechando todas las condiciones que tiene al alcance.

- ❖ Es necesario para futuras investigaciones con plantas, la utilización de invernaderos, ya que se controlan diversos factores como son los intrínsecos y extrínsecos. De no ser así, es posible que la investigación se ponga en riesgo de perderse, si las condiciones ambientales cambian de manera brusca frenando el crecimiento de la planta, o esta sea invadida por insectos, los cuales se alimentan de la sabia de la planta o de sus hojas.

- ❖ La técnica utilizada para saber si absorbe materiales contaminantes anteriormente se aplico para el girasol. Dando buenos resultados, sin embargo para *Verbesina encelioides*, es posible hacer los análisis respectivos a hasta el estado previo a la floración, debido a la masa que la planta representa es menor, comparada con la de girasol.

- ❖ El método de absorción por medio del espectrofotómetro es una prueba no confirmativa, pero si indicativa, de que existe presencia de algún material el cual modifica el proceso nutrición de la planta, que puede dañar sus sistemas de absorción e influir en la cantidad de clorofila presente.

- ❖ El método de absorción atómica es una prueba confirmativa de que existe el metal presente en la planta. Sin embargo se considera la necesidad de realizar en una sola dosificación y con una cantidad de muestras más amplia, con el objetivo de saber, en que parte del sistema se encuentra más plomo presente.

- ❖ Sabemos que algunas Plantas pueden estimular la degradación de químicos orgánicos en el rizosfera por el descargo de exudantes de la raíz, enzimas, y el aumento de carbono orgánico en la tierra, sin embargo para este caso, no se sabe aún qué tipos de microorganismos se encuentran asociados, ya que no se realizaron pruebas microbiológicas.

❖ Las interacciones entre los diferentes actores son múltiples y no son claras. Es posible identificar los efectos positivos de la presencia de las plantas, pero no se conocen los mecanismos de la fitorremediación, tampoco el desempeño y la ponderación de las etapas en donde los contaminantes son absorbidos y transformados hasta su destino final. Con esta investigación queda claro que hace falta mucho trabajo por realizar. Sin embargo el primer paso está dado, pues ya se sabe que la planta conocida como *Verbesina encelioides* absorbe plomo.



REFERENCIAS.

- Buffle, J., Scott Altmann, 1987. R. Interpretation of Metal Complexation by heterogeneous Complexants en Aquatic Surface Chemistry: Chemical Processes at the Particle - Water Interface, pp.30, 48. Editado por revista Química viva -2 año 2003.
- Hursthouse, A.S., 2001. The Relevance of Speciation in the Remediation of Soils and Sediments Contaminated by Metallic Elements-An Overview and Examples from Central Scotland, UK. Journal of Environmental Monitoring 3(1): 49-60.
- Kalbitz, K. and Wennrich,R., 1998. Mobilization of heavy metals and arsenic in polluted wetland spills and its dependence on dissolved organic matter. The Science of the Total Environment 209 : 27-39.
- Lussier, S., Boothmen, W.S., Poucher, S., Champlin, D. and Helmstetten, A., 1999. Comparison of Dissolved and Total Metals Concentrations from Acute Tests with Saltwater Organisms. Environmental Toxicology and Chemistry 18 : 889-898.
- Eweis, J.B., Ergas, S.J., Chang, D.P y Schroeder, E.D. 1998. Bioremediation Principles. McGraw-Hill International Editions. Pp.296
- Saval, S. 1998. Biorremediación de suelos y acuíferos. Situación actual y perspectivas en México. Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, A.C. Vol.3, pp. 71-76.
- Tania Lorena Volke Sepúlveda, Juan A. Velasco Trejo y David A. de la Rosa Pérez .2005. “ suelos contaminados por metales y metaloides”.Secretaría Del Medio Ambiente Y Recursos Naturales. Instituto Nacional De Ecología. Cap. 2 , 4
- Van Deuren, J., Wang, Z. y Ledbetter, J. 1997. “Remediation technologies screening matrix and reference Guid”e. 3ª Ed. Technology Innovation Office, EPA. Página Web: <http://www.epa.gov/tio/remed.htm>.
- Toribio, M. S., Oriani, D. S., Fernández, J.G., Skliar, M.I. 2004. Farmacognosia. Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia. UNS. Argentina.

- Toribio, M. S., Skliar, M.I. 2006. “efecto hipoglucemiante de *verbena encelioides*” Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Pampa. Calle 5 y 116, 6360-General Pico (La Pampa).
- Bruno Campanella, Roger Paul. 2000 “Plant uptake and translocation organic pollutants: general principles and possible exception”. Envioremental Toxicolog Laboratory, FUSAGx, Gembloux, Belgium.
- Gil Vázquez Isaías, Miranda Velásquez Ignacio, Hernández Ortiz Juan, Reyes Ramírez David Saúl, Bastida Tapia Aurelio. Septiembre 1997 “Manual Práctico de producción de jitomate hidropónico bajo invernadero”. Universidad Autónoma de Chapingo. Serie de publicaciones AGRIBOT, Chapingo México.
- George H. Schenk Richard B. Hahn. 2002. Química Analítica Cuantitativa. Edit. CECSA . Cap. 13.pp.143,144
- Espinoza G. 2001. Fundamentos de evaluación de impacto ambiental. Centro de estudios para el desarrollo –CED. Santiago de Chile. Cap.1 pp. 15 .
- Bernard J. Nebel. Richard T. Wright 1999. Ciencias Ambientales. Edit. Pearson. Cap. 14 pp. 345-363.
- Peter H. Raven, Ray F. Evert. Susan E. Eichhorn. 2000. Biología de las plantas. Edit. Reverté. Cap. 29, pag. 567..590
- Miguel Urrestarazu Gavilan 2004 .Tratado de cultivo sin suelo. Edit. ediciones Mundi – Prensa. Barcelona España.

- M. Ruiz Orozco, D. Nieto Roaro, I. Larios Rodríguez. Botánica. 1983. Edit. Eclalsa. México D.F.
- Raven, Evert, Eichhorn. 1992. Biología de las plantas. Edit. Reverte,S.A. España.
- S. López –Martinez, M. E. Gallegos- Martinez. 2005. Programa de doctorado em biologia experimental, Departamento de biotecnología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México D.F.
- 20. M.M. Lasat. **2000**. Inovación tecnológica *Journal of Hazardous Substance Research.* Pennsylvania., N.W., Washington.
- B. Valderrama y J. Téllez. 2003. Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuernavaca, Mor. México.
- Rufus L. Chaney, Rally I. Brown. 2000. Presented at: US-EPA's Conference "Phytoremediation: State of the Science Conference", Boston, MA.
- E. Timothy Oppelt; February 2000. "Introducción a la fitorremediación". EPA/600/R-99/107 U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, Ohio 45268
- Majeti Narasimha Vara Prasad. December 15, 2003. " Metal hyperaccumulation in plants - Biodiversity prospecting for phytoremediation technology" Department of Plant Sciences University of Hyderabad, Hyderabad 500046, India; Vol.6 No.3,
- Bruce E. Pivetz. "Phytoremediation of Contaminated Soil and Ground Water at Hazardous Waste Sites". EPA/540/S-01/500 Ada, Oklahoma February 2001.
- Environmental Protection Agency. January 2005. "Evaluation of Phytoremediation for Management of Chlorinated Solvents In Soil and Groundwater". Workgroup EPA 542-R-05-001.

- Ronald Ferrera-Cerrato¹, Alejandro Alarcón¹, María R. Mendoza-López², Wendy Sangabriel³, Dora Trejo-Aguilar³, J. Samuel Cruz-Sánchez², Carlos López-Ortiz¹ y Julián Delgadillo- Octubre 2007. “Phytoremediation Of A Fuel Oil-Polluted Soil With *Phaseolus Coccineus* Using Organic Or Inorganic Fertilization” Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. ³Facultad de Agronomía.

- URL, Heike Vibrans (ed.), año de la última modificación de la ficha 22 de septiembre de 2005., Malezas de México, fecha de acceso 14 de julio de 2008.

- Hidroponia para Empezar, Centro de Hidroponia del ISSSTE. *Revisada: 18 de Noviembre, 2002*

- Elizabeth Pilon-Smits. Diciembre 2004. “ Phytoremediation” ;Biology Department, Colorado State University, Fort Collins, Colorado 80523;email: epsmits@lamar.colostate.edu.

- EPA/600/R-99/107. February 2000. Introduction to Phytoremediation; National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection AgencyCincinnati; Ohio 45268;

- Jerald L. Schnoor, Ph.D., P.E., DEE, March 2002. “Phytoremediation of Soil and Groundwater”. Center for Global and Regional EnvironmentalResearch and Dept. of Civil and Environmental Engineering The University of Iowa Iowa City, IA

- **HIDROPONIA, Paso a Paso.** Centro de Hidroponia del ISSSTE. *23 de septiembre, 1999.*

- J. Diez Lázaro, P. Kidd, C. Monterroso. 2002. Biodisponibilidad De Metales En Suelos Y Acumulación En Plantas En El Área De Trás-Os-Montes (Ne Portugal): Influencia Del Material Original Dpto. De Edafología E Química Agrícola, Facultade De Biología, Universidade De Santiago De Compostela, 15782 Santiago. Edcarmel@Lugo.Usc.Es.



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE AGUASCALIENTES

CENTRO DE CIENCIAS BASICAS,
DEPTO. DE INGENIERIA BIOQUIMICA,
EXT. 8409, 8410.

17 de diciembre de 2008.

M. en A. MARIO ANDRADE CERVANTES,
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS DEL
DISEÑO Y DE LA CONSTRUCCIÓN,
P R E S E N T E .

Estimado Mtro. Andrade:

Por medio de este conducto le informo que el **ING. JULIO CESAR CAMPOS BETANCOURT** ha concluido la tesis que lleva por título "**Fitorremediación. Absorción de plomo por medio de la planta *verbessina encelleioides***", de acuerdo a los objetivos y contenidos planteados para su aprobación y en cuya tesis fungí como asesor, por lo que he autorizado al sustentante realizar la impresión final del documento y lleve a cabo los trámite pertinentes para obtener el grado de Maestría en Valuación por la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Agradezco la atención que se sirva dar a la presente y aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"SE LUMEN PROFERRE"

**CENTRO de Ciencias Básicas
DEPTO. de Inq. Bioquímica**

DR. JUAN JAUREGUI RINCON,
DIRECTOR DE TESIS.



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE AGUASCALIENTES

c.c.p. Ing. Luis Gilberto Zavala Peña Flor.
c.c.p. M. en C. Carlos González García.

Handwritten signature and date: 18/12/08

