

Procesos de bioestimulación para la remediación de suelos agrícolas contaminados con tebuconazol y λ -cialotrina.

LÓPEZ, Erick†, CISNEROS, Salvador, OCHOA, Jessica

Recibido 11 de Febrero, 2016; Aceptado 2 de Juuio, 2016

Resumen

El objetivo principal de este trabajo fue comenzar el proceso de bioestimulación in situ en suelos agrícolas destinados al cultivo de sorgo y maíz con presencia de tebuconazol y λ -cialotrina aplicando los nutrientes necesarios para el desarrollo de microorganismos degradadores. Se realizaron muestreos de suelo basándose en la NOM-021-SEMARNAT-2000, se seleccionó un terreno agrícola ubicado en la ciudad de Abasolo, Gto., se determinó la concentración de tebuconazol y λ -cialotrina y se realizó un análisis de fertilidad para determinar las cantidades de los elementos a agregar. El tebuconazol se encontraba a una concentración de 1.25 ng/kg, y la λ -cialotrina a 0.146 ng/kg, mientras que los resultados del análisis de fertilidad mostraron que los elementos que se encontraban en una menor proporción eran N, P, Fe, Zn y S. En función de los datos del análisis de la fertilidad y a los requerimientos de kg/ton de cada elemento se aplicaron las siguientes cantidades de los elementos al terreno; N: 30 mg/m², P: 4.4 mg/m², Fe: 0.125 mg/m², Zn: 0.057 mg/m² y S: 3.75 mg/m². La aplicación de los nutrientes favorecerá la proliferación de microorganismos autóctonos capaces de realizar la degradación de los plaguicidas. Estos procedimientos favorecen el uso sustentable de suelos agrícolas.

Bioestimulación, tebuconazol, λ -cialotrina

Abstract

The main objective of this work was to begin the process of biostimulation in situ in agricultural soils intended for the cultivation of sorghum and maize with presence of Tebuconazole and λ -cyhalothrin applying the necessary nutrients for the development of microorganisms decomposers. Soil samples were taken on the basis of the NOM-021-SEMARNAT-2000, select a agricultural land located in the city of Abasolo, Gto., it was determined the concentration of Tebuconazole and λ -cyhalothrin and it was done an analysis of fertility to determine the quantities of the items to add. The Tebuconazole was at a concentration of 1.25 ng/kg, and the λ -cyhalothrin to 0.146 ng/kg, while the results of the analysis of fertility showed that the items that were in a smaller proportion were N, P, Fe, Zn and S. On the basis of the data in the analysis of fertility and to the requirements of kg/ton of each item is applied the following quantities of the items to the field; N: 30 mg/m², P: 4.4 mg/m², Fe: 0.125 mg/m², Zn: 0.057 mg/m² and S: 3.75 mg/m². The application of the nutrients will favor the proliferation of indigenous microorganisms capable of performing the degradation of pesticides. These favor the sustainable use of agricultural soils.

Biostimulation , tebuconazole, λ -cyhalothrin

Citación: LÓPEZ, Erick, CISNEROS, Salvador, OCHOA, Jessica. Procesos de bioestimulación para la remediación de suelos agrícolas contaminados con tebuconazol y λ -cialotrina. Revista de Simulación y Laboratorio 2016, 3-8: 1-9

† Investigador contribuyendo como primer autor
erick.almanza@tecabasolo.edu.mx

Introducción

La biorremediación es el proceso mediante el cual los microorganismos (*bacterias, hongos, algas, etc.*) autóctonos o inoculados de una zona, degradan, metabolizan, transforman o mineralizan los contaminantes presentes en la misma. Cabe hacer mención que los procesos biorremediativos son procesos los cuales se pueden llevar a cabo de forma natural en un periodo largo de tiempo (*atenuación natural*), o reducir ese tiempo aumentando la biomasa microbiana (*bioaumentación* y *bioestimulación*), (Miliarium Aureum, 2004).

La Bioestimulación es una técnica en la cual se adicionan macro y micro nutrientes al suelo para estimular el crecimiento microbiano y así aumentar la población de microorganismos. En cambio, la Bioaumentación consiste en adicionar células vivas capaces de llevar a cabo procesos de degradación (Godleads, Prekeyi, Samson, & Igelenyah, 2015). Ambas técnicas son muy económicas y “amigables con el ambiente” comparándolas con métodos fisicoquímicos de remediación de suelos. Este par de técnicas son las más ventajosas para remediar suelos y cuerpos de agua contaminados con metales pesados y/o contaminantes orgánicos (Tyagi, da Fonseca, & de Carvalho, 2011). Sin embargo, las técnicas biológicas deben de ser parte de los llamados “*trenes de tratamiento*”, y ser técnicas complementarias a los tratamientos fisicoquímicos.

El tratamiento de bioestimulación que se llevó a cabo fue en un suelo agrícola destinado al cultivo de maíz y sorgo forrajero, ubicado en la comunidad Rancho Nuevo de Castañeda perteneciente al municipio de Abasolo en el estado de Guanajuato.

La contaminación del suelo tiene serias consecuencias ambientales y también para el ser humano. Si el terreno es de uso agrícola; esto ocasiona problemas a la salud si los contaminantes se transfieren a los cultivos y al ganado (esto ocurre cuando se incorpora a la cadena trófica) con los consecuentes efectos a la salud (H. Ayuntamiento de Tala, Jalisco, 2014). Por ejemplo los herbicidas y los fungicidas pueden incorporarse a la cadena alimentaria y causar daños al medioambiente y al ser humano.

Por su parte, los herbicidas son sustancias o mezcla de sustancias utilizadas para matar o inhibir el crecimiento de plantas consideradas como malezas indeseables o malas hierbas (Mendoza, 2011). Los insecticidas son productos utilizados para controlar o matar insectos portadores de enfermedades (Servicios Agropecuarios de la Costa S.A. de C.V., 2015)

El tebuconazol es un fungicida usado para el control de royas, pudriciones, manchas foliares, oídios, etc., en más de 14 cultivos (Nufarm, 2014), el compuesto λ -cialotrina es un insecticida para controlar un amplio espectro de plagas de insectos, por ejemplo, los áfidos, escarabajos Colorado, trips, lepidópteros larvales, coleópteros larvales y adultos, en los cereales, lúpulo, plantas ornamentales, patatas, hortalizas, algodón y otros cultivos (Essence Group, 2013).

Mediante perfiles edafológicos se determinaron las concentraciones de los macro y micronutrientes presentes en el terreno de sembradío con presencia de tebuconazol y λ -cialotrina y con los datos obtenidos se definieron las cantidades y tipos de nutrientes a agregar, permitiendo con ello iniciar el proceso degradativo de los compuestos químicos tebuconazol y λ -cialotrina. En la sección de objetivos de la investigación se enfatizan el propósito a cumplimentar para la puesta en marcha de la bioestimulación.

En el marco teórico, se abordara de manera detallada los conceptos de biorremediación, la problemática a tratar y la importancia de la aplicación de procesos biológicos para la degradación de compuestos químicos, posteriormente se indican los métodos utilizados, finalmente, se muestran los resultados y conclusiones a los que se llegaron en la presente investigación.

Objetivos de la investigación

El propósito radicó en iniciar el proceso de bioestimulación para la degradación de tebuconazol y λ -cialotrina mediante acción microbiana en un terreno de sembradío en un predio de Rancho Nuevo de Castañeda del municipio de Abasolo, Guanajuato, realizando análisis edafológicos para determinar la presencia y concentración de tebuconazol y λ -cialotrina y así también las concentraciones de los macro y los micronutrientes presentes en el terreno, esto último con el propósito de fijar las cantidades a agregar al terreno de los nutrientes limitantes y estimular la microbiota.

Marco teorico

De acuerdo con Oldeman (1988) “*la degradación del suelo se refiere a los procesos inducidos por las actividades humanas que disminuyen su productividad biológica y su capacidad actual o futura para sostener la vida humana*”. Esta degradación es producto de varios factores, entre los que destacan el tipo de suelo, la topografía, el clima de la región, factores humanos: deforestación, sobrepastoreo, uso de recursos naturales, entre otros (SEMARNAT, Dirección de Geomática, 2012). La degradación se clasifica en procesos (degradación química y física, erosión hídrica y eólica); y en tipos específicos para cada proceso (ligero, moderado, fuerte y extremo) (SEMARNAT, 2012).

La Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) a través del Inventario Nacional de Suelos, realizó la evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre a nivel nación. El 45 % del territorio nacional esta en proceso de degradación (89 millones de Ha), entre los que se encuentran los procesos de degradación química en 18 % (36 millones de Ha), erosión hídrica en 12 % (24 millones de Ha), la erosión eólica en 9 % (18 millones de Ha) y la degradación física en 6 % (12 millones de Ha), los datos se muestran en el Gráfico 1 (SEMARNAT, Dirección de Geomática, 2012).

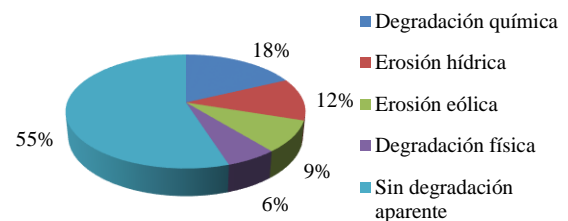


Gráfico 1 Superficie relativa de suelo afectada por procesos de degradación en México, 2002 (SEMARNAT, Dirección de Geomática, 2012).

El principal factor que influye en la degradación de suelos en México es la degradación química la cual se origina por los siguientes factores: disminución de la fertilidad (92,74 %), contaminación (3,53 %), salinización/alcalinización (3,17 %), eutrofización (0,56 %), los datos se muestran en el Gráfico 2 (SEMARNAT, 2012).

De acuerdo con Bertoni & Lombardi (1990), la causa de que las tierras agrícolas se vuelven menos productivas es debido a la degradación de la estructura del suelo; disminución de la materia orgánica; pérdida del suelo y pérdida de nutrientes. Esto es producido básicamente por el uso y manejo inadecuado del suelo y por la acción de la erosión acelerada.

Una de las razones de que los suelos agrícolas se vuelvan menos productivos es el uso excesivo de productos químicos (fertilizantes, herbicidas, plaguicidas, etc.), dentro de los cuales se tienen el tebuconazol y λ -cialotrina.

Tebuconazol

El tebuconazol es un fungicida del grupo de los triazoles, con acción preventiva, curativa y erradicante. Controla especies de hongos de los órdenes de *Deuteromycetes*, *Bacidomycetes* y *Ascomycetes* que producen enfermedades, en más de 14 cultivos, con el beneficio de aumentos en el rendimiento y calidad de la cosecha (Nufarm, 2014). Su fórmula química es $C_{16}H_{22}ClN_3O$, en la Figura 1 se muestra su estructura química.

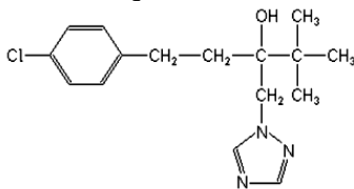


Figura 1 Estructura química de Tebuconazol (Nufarm, 2014)

Aunque el departamento de alimentos y drogas de Estados Unidos considera que este fungicida es seguro para los humanos, este puede presentar algunos riesgos. Esta sustancia está catalogada por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) de Estados Unidos como un posible agente carcinógeno y está listado como categoría C dentro de las sustancias carcinógenas. Su toxicidad es moderada, por tal razón la Organización Mundial de la Salud (OMS), la catalogó como categoría III en grado de toxicidad (Serrano, 2012).

El tebuconazol fue prohibido como biocida por la Agencia Sueca de Productos Químicos y posteriormente fue aprobado por el Parlamento Europeo.

En estudios realizados en roedores se determinó que la absorción del tebuconazol fue completa, seguida por una rápida distribución en el cuerpo y una rápida eliminación. Pero también se determinó que la mayor acumulación de residuos de tebuconazol en cabras y gallinas se encontraba en la excreción, en los tejidos y, para las gallinas, en los huevos (Serrano, 2012).

λ -cialotrina.

Es un insecticida piretroide fotoestable muy versátil y de amplio espectro de acción con grandes flexibilidades de uso, es un insecticida de contacto, con acción por ingestión y características repelentes. Actúa sobre una amplia gama de plagas foliares, está dirigido al control de insectos chupadores y masticadores en diferentes cultivos, controla estrictamente áfidos, trips, mosca blanca, chinches entre otros, es compatible en mezclas para aplicaciones foliares (Roldán & Guzmán, 2013). Su fórmula química es $C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$, en la Figura 2 se muestra su estructura química.

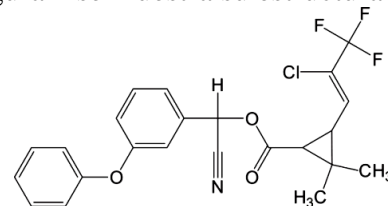


Figura 2: Estructura química de λ -cialotrina (Cifuentes, Flores, Madriz, & Vargas, 2015).

En los peces y otros organismos acuáticos puede bioconcentrarse, en las plantas es metabolizado a una velocidad moderada, su vida media en los tejidos vegetales es de 40 días (SATA, 2009).

Los efectos de λ -cialotrina sobre la salud son en el caso de exposición aguda:

Diarrea; en el caso de inhalación: irritación de las vías respiratorias, tos, sensación de ahogo, cefalea, vértigo, fatiga, edema pulmonar y neumonitis; en el caso de contacto con la piel: es un irritante dermal, provoca dermatitis, urticaria; en el caso de contacto con los ojos: es un irritante ocular; en el caso de ingestión: náuseas, vómitos, diarrea, cólicos, tenesmo. Algunas condiciones médicas que se pueden agravar con la exposición al producto son: problemas respiratorios, alergias y afecciones de la piel. Es muy tóxico para los organismos acuáticos y puede causar efectos adversos prolongados en ecosistemas marinos (Nufarm, 2014; SYNGENTA, 2011).

Una de los mejores métodos de hacer la eliminación de contaminantes orgánicos, es mediante procesos biológicos, o lo que se conoce comúnmente como biorremediación. En la década de 1960, se usan por primera vez microorganismos para la degradación de aceite debido a un derrame en las costas de Santa Barbara, California. A partir de la década de 1980, los procesos biorremediativos se enfocaron en el tratamiento de derrames de aceite y algunos otros desechos peligrosos (Godleads, Prekeyi, Samson, & Igelenyah, 2015).

Existen diversas variantes de los procesos biorremediativos, entre los que se encuentran:

- Atenuación natural (biorremediación natural o intrínseca): este proceso lo realizan los organismos autóctonos del medio afectado, depende del metabolismo de estos. Básicamente se distinguen dos modelos, aeróbica y anaeróbica.

- Bioestimulación: consiste en la introducción de modificaciones en el medio afectado (aporte de nutrientes, aireación, etc.) para favorecer o potenciar la biorremediación intrínseca.

En la mayoría de los casos es más que suficiente añadir aceptores de electrones (oxígeno, nitratos, etc.), en otras ocasiones se aportan nutrientes (como N y P), ajustar el pH, aportar cometabolitos, etc.

- Bioaugmentación: consiste en adicionar microorganismos especializados con el fin de potenciar la remediación (Malik & Grohmann, 2012)

Metodología

Para llevar a cabo los análisis edafológicos se realizaron muestreos de suelo basándose en la norma NOM-AA-105-1988 la cual establece el método para obtener muestras de suelo para la determinación de residuos de plaguicidas (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial -SECOFI-, 1988) y en función de la NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis, se tomaron muestras representativas en una distribución irregular en forma de zigzag (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales -SEMARNAT-, 2002). El estudio se realizó en un predio de Rancho Nuevo de Castañeda de la comunidad El Saucillo, en el municipio de Abasolo, Guanajuato, México. El terreno tiene una superficie total de 7891.05 m², se delimitó un área de 3945.525 m² para la zona a muestrear. Se tomaron 10 submuestras representativas para formar una muestra compuesta de 1.5 kg, la distancia entre cada uno de los puntos fue de aproximadamente 6 m. La profundidad del muestreo estuvo entre los 20 y los 30 cm de la superficie del terreno según lo establece la NOM-021-SEMARNAT-2000 en la mayoría de los cultivos. Las muestras se enviaron al Laboratorio de inocuidad de Agrolab® Análisis Técnicos S.A. de C.V. para realizar un análisis completo de fertilidad, los métodos usados fueron los siguientes:

Método Walkley-Black para la determinación de materia orgánica (M.O.); Columnas de Cd para determinar N-NO₃; Extracción con Ca(H₂PO₄)₂*H₂O para determinar S; Extracción con CaCl₂ para determinar B; Extracción con acetato de amonio para determinar K, Ca, Mg, Na; Extracción con DTPA para determinar Fe, Zn, Mn, Cu, Mo.

Para el análisis de plaguicidas se utilizó la NOM-AA-105-1988 para la toma de muestras. El muestreo se realizó en zigzag, la profundidad de muestro fue de 25 cm. Se tomaron 10 submuestras para formar una muestra compuesta de 2 kg, tal como lo establece la norma. Las muestras se enviaron al Laboratorio de Análisis de Plaguicidas y sus Residuos (LAPyR) perteneciente al Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato A.C. (CESAVEG®) para el análisis de residuos de plaguicidas, mediante Cromatografía de gases para detectar, identificar y cuantificar residuos de plaguicidas de los grupos químicos de organofosforados, organoclorados, organonitrogenados y piretroides. A partir de los resultados obtenidos se realizó el cálculo de las cantidades necesarias de macro y micro nutrientes para estimular la biomasa microbiana en el terreno y llevar a cabo la remediación.

Para plaguicidas no existe alguna NOM que indique los límites máximos permisibles en suelo (Reséndez, 2009), pero se cuenta con el Catálogo de plaguicidas elaborado por la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST), en el cual se establecen los límites máximos de residuos (LMR) en distintos cultivos y los usos autorizados. Como se puede ver en la Tabla 1, el Tebuconazol -aunque su uso está permitido- no posee LMR para maíz y sorgo:

Cultivo	LMR Tebuconazol	LMR λ-cialotrina
Maíz, grano	--	0.05 ppm
Sorgo, grano	--	0.03 ppm

Tabla 1 Límites máximo de residuos para sorgo y maíz (CICOPLAFEST, 2004)

Resultados

Los análisis de fertilidad de suelo arrojaron los siguientes resultados los cuales se muestran en las Tablas 2, 3 y 4:

Arena 410 g/kg	Arcilla 360 g/kg
Limo 230 g/kg	
Textura (Método Bouyoucos):	Franco Arcilloso
Punto de saturación	(est): 590.00 g/kg
Alto	
Capacidad de campo	(est): 442.50 g/kg
Punto de March permanente	(est): 243.38 g/kg

Tabla 2 Características físicas del suelo (Agrolab, 2015)

pH (1:2 agua)	7.27	Neutro
pH (1:2 CaCl ₂)		6.24
Moderadamente ácido		
pH Temperatura	24.3	°C
Conductividad eléctrica	0.684	ds/m
Carbonatos CaCO ₃	0.54	%

Tabla 3 Reacción del suelo (Agrolab, 2015)

Plaguicida	n g/kg (PPT)
Grupo Organonitrogenados	
Tebuconazol	1.25
Grupo Piretroides	
Lambda cialotrina	0.146

Tabla 4: Residuos de plaguicidas (CESAVEG, 2015).

Las concentraciones de macro y micronutrientes que son requeridas en el terreno a tratar, se muestran en el análisis de fertilidad en el gráfico 2, con niveles de entre mediano y muy bajo siendo estos: Nitrógeno, Fósforo, Azufre, Sodio y Zinc.

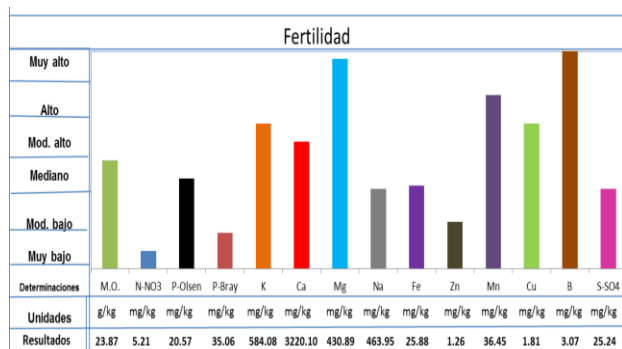


Gráfico 2 Nutrientes disponibles (Agrolab, 2015).

Con base en estos datos se realizaron los cálculos para la aplicación de los macro y micronutrientes, los valores se muestran en la Tabla 5, la primera columna muestra la cantidad de micro y macro nutrientes que se encuentra en el terreno en kg/Ton tomando como referencia el análisis de fertilidad, la segunda columna muestra los requerimientos en gr/m^2 y la tercera columna muestra la cantidad a emplear en mg/m^2 para 10 puntos de aplicación tomando como referencia los puntos de muestreo.

Nutriente	Cantidad kg/Ton	Requerimiento gr/m^2	Aplicación mg/m^2
N	0,00521	$5,21 \times 10^{-7}$	0,00521
P	0,03506	$3,506 \times 10^{-6}$	0,03506
Na	0,46395	$4,6395 \times 10^{-5}$	0,46395
Zn	0,00126	$1,26 \times 10^{-7}$	0,00126
S	0,02524	$2,524 \times 10^{-6}$	0,02524

Tabla 5 Cantidad de nutrientes requeridos

Conclusiones.

En relación con los resultados obtenidos se determinó que efectivamente existe la presencia de plaguicidas en el terreno a tratar, lo que conlleva un riesgo para el ambiente y para la salud de las personas, por lo que es imperante realizar un proceso de remediación. El motivo por el cual se optó por un proceso biológico y no por uno fisicoquímico es porque el predio se destina para el cultivo de sorgo y maíz, por lo que se optó por técnicas no intrusivas.

Con los resultados del análisis de fertilidad del suelo se observó que algunos micro y macronutrientes se encontraban en proporción de mediano a muy bajo, por lo mismo se optó por la bioestimulación, incrementando la cantidad de estos nutrientes para estimular el crecimiento microbiano y aumentar así las poblaciones autóctonas de microorganismos en el terreno y comenzar el proceso de degradación del tebuconazol y λ -cialotrina. Al hacer esto se inició el proceso de bioestimulación, la perspectiva en el futuro es realizar un monitoreo del proceso de remediación biológica, para en caso de ser necesario, volver a realizar una aplicación de nutrientes u optar por alguna otra técnica remediadora. Al no existir una NOM para los LMR de plaguicidas en suelo, es preocupante su presencia en las muestras analizadas, ya que es un indicativo que los plaguicidas están persistiendo en el ambiente con el consecuente daño ambiental y a la salud.

Referencias

Agrolab. (2015). *Informe de resultados. Análisis completo de fertilidad*. Pachuca: Análisis Técnicos S.A. de C.V.

Bertoni, J., & Lombardi Neto, F. (1990). *Acervo documental*. Obtenido de Conservação do solo:

<http://biblioteca.incaper.es.gov.br/busca?b=ad&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22BERTON I,%20J.%22>

CESAVEG. (2015). *Informe de resultados de residuos de plagas*. Irapuato: Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Guanajuato A.C.

CICLOPLAFEST. (2004). Usos autorizados. En CICLOPLAFEST, *Catálogo de plaguicidas* (págs. 282,428). México: CICLOPLAFEST.

CICLOPLAFEST. (2004). Hojas de seguridad. En CICLOPLAFEST, *Catálogo de plaguicidas* (págs. 130, 346). México: CICLOPLAFEST.

Cifuentes, L., Flores, D., Madriz, L., & Vargas, R. (2015). Oxidación electroquímica de lambda-cialotrina sobre electrodos de PbO₂-Bi. *Química Nova*, 1009-1013.

Essence Group. (2013). *Productos-Insecticida: Lambda-cihalotrina*. Obtenido de Essence: Eseeence Group: <http://www.essencechem.es/product/lambda-cihalotrina.html>

Godleads, A., Prekeyi, F., Samson, O., & Igelenyah, E. (2015). Bioremediation, Biostimulation and Bioaugmentation: A Review . *International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation*, 28-39.

H. Ayuntamiento de Tala, Jalisco. (20 de Septiembre de 2014). *Fenómeno Sanitario-Ecológico*. Obtenido de Tala: Pasión por nuestra tierra. http://www.talajalisco.gob.mx/index.php?option=com_k2&view=item&id=161:fenomeno-sanitario-ecologico&Itemid=427

Malik, A., & Grohmann, E. (2012). *Environmental Protection Strategies for Sustainable Development*. London: Springer Science & Business Media. Copyright. .

Mendoza, A. (13 de Abril de 2011). *Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana y Regional: Información general sobre los herbicidas*. Obtenido de Instituto Nacional de Ecología: http://www.inecc.gob.mx/descargas/bioseguridad/2011_simp_ogm_tolerancia_presl.pdf

Miliarium Aureum, S. (1 de Agosto de 2004). *Bioestimulación in situ*. Obtenido de Milliarium.com Ingeniería Civil y Medio Ambiente: <http://miliarium.com/Paginas/Prontu/TratamientoSuelos/Bioestimulacion.htm>

Nufarm. (21 de Junio de 2014). *Hoja técnica Tebuconazole*. Obtenido de Nufarm: Grow a better tomorrow: www.nufarm.com/assets/28120/1/HojatcnicaTebuconazoleOK.pdf

Oldeman, L. (Abril de 1988). *Guidelines for General Assessment of the Status of Human-Induced Soil Degradation. Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD)*. Obtenido de International Soil Reference and Information Centre (ISRIC): World Soil Information: <http://www.isric.org/content/guidelines-general-assessment-status-human-induced-soil-degradation-global-assessment-soil>

Reséndez, L. (2009). Análisis Hiperespectral de Suelos Contaminados Por Hidrocarburos y Pesticidas (Tesis de Maestría). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Campus Monterrey. División de Ingeniería y Arquitectura, Programa de graduados de Ingeniería. Monterrey, Nuevo León.

Roldán, J., & Guzmán, J. (2013). *Susceptibilidad al lambda-cialotrina y patrones de esterasas en poblaciones naturales de Aedes aegypti de los distritos de Laredo (La Libertad) y Sullana (Piura)*. *REBIOL*, 58-66.

SATA. (25 de Septiembre de 2009). *Insecticidas*. Obtenido de Guia para la nutrición y protección vegetal: http://laguiasata.com/paraguay/index.php?option=com_content&view=article&id=556:lambda-cialotrina&catid=46:principios-activos&Itemid=58

Secretaría de Comercio y Fomento Industrial - SECOFI-. (1988). *Centro de Calidad Ambiental*. Obtenido de Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Métodos de Prueba: <http://uninet.mty.itesm.mx/legis-demo/indices/indaa.htm>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales -SEMARNAT-. (31 de Diciembre de 2002). *NOMS en Materia de Suelos*. Obtenido de Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción:

http://www.cmic.org/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Varios/Leyes_y_Normas_SEMARNAT/NOM/nom.htm

SEMARNAT. (2012). *Suelos*. Obtenido de Degradación de suelos en México: http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/03_suelos/3_2.html

SEMARNAT, Dirección de Geomática. (01 de 12 de 2012). *Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. Obtenido de Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000: http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/degra250kgw.xml?_xsl=/db/metadata/xsl/fgdc_html.xml&_indent=no

Serrano, F. J. (2012). *Universidad industrial de santander, facultad de ciencias, escuela de química*. Obtenido de *Implementación de métodos cromatográficos para la determinación y cuantificación de pesticidas en Mora Castilla (Rubus Glaucus Benth)*: repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/7395/2/144276.pdf

Servicios Agropecuarios de la Costa S.A. de C.V. (9 de Julio de 2015). *Conozca qué son los insecticidas*. Obtenido de SACSA: <http://www.gruposacsa.com.mx/conozca-que-son-los-insecticidas/>

SYNGENTA. (Junio de 2011). Obtenido de *Hoja de datos de seguridad (HDS)*: www3.syngenta.com/country/cl/cl/soluciones/..../DemandCSHojaSeguridad.pdf

Tyagi, M., da Fonseca, M., & de Carvalho, C. (2011). Bioaugmentation and biostimulation strategies to improve the effectiveness of bioremediation processes. *Biodegradation*, 231-241.