



Biorremediación de suelo de la chinampa ubicada en Cuemanco delegación Xochimilco, D.F contaminado con plaguicidas empleando *Penicillium* sp.

Bioremediation of the chinampa soil located in Cuemanco, Xochimilco, D.F, contaminated with pesticides using *Penicillium* sp.

Rodríguez V. Refugio ¹, Rodríguez B. Massiel ²

¹ Investigadora titular, CINVESTAV IPN. Investigadora Nacional Nivel III. rrodrig@cinvestav.mx

²Microbióloga, Semillero de Investigación en Microbiología y Biotecnología –SIMBIO-. Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de Pamplona. cristinabruges@gmail.com

Resumen

Existen múltiples reportes relacionados con la biorremediación de suelos contaminados con plaguicidas; aprovechando la capacidad de los microorganismos de degradar sustancias diferentes a las fuentes de carbono naturales. En el presente trabajo se evaluó el potencial de biodegradación de *Penicillium* sp., en la biorremediación de suelo contaminado con plaguicidas de una chinampa ubicada en Cuemanco delegación Xochimilco, D.F.; estableciendo así mismo las condiciones eficientes de inóculo y humedad para remediar por bioaumentación *ex situ*. Se utilizó la cáscara de naranja como sustrato para el crecimiento de *Penicillium* sp. Se obtuvo biodegradación de 10 plaguicidas organoclorados por parte de *Penicillium* sp., desde el 27% al 100% en 16 días de tratamiento, destacándose con los mayores porcentajes el 4, 4,-DDT y sulfato de endosulfán en los 4 tratamientos aplicados.

Palabras clave: biodegradación, compuestos tóxicos, microorganismos.

Abstract

There are multiple reports related to the bioremediation of soils contaminated with pesticides; taking advantage of the ability of microorganisms to degrade substances other than natural carbon sources. In the present work, the biodegradation potential of *Penicillium* sp. Was evaluated in the bioremediation of soil contaminated with pesticides from a chinampa located in Cuemanco, Xochimilco, D.F.; establishing also the efficient conditions of inoculum and moisture to remedy by *ex situ* bioaugmentation. The orange peel was used as a substrate for the growth of *Penicillium* sp. Biodegradation of 10 organochlorine pesticides was obtained by *Penicillium* sp., From 27% to 100% in 16 days of treatment, standing out with the highest percentages of 4, 4, -DDT and endosulfan sulfate in the 4 treatments applied.

Keywords: biodegradation, toxic compounds, microorganisms.



1. Introducción

Xochimilco es una región ubicada al sureste de la ciudad de México; esta se ha caracterizado por ser lacustre y un escenario de la historia, rica en procesos y acontecimientos sociales desde tiempos remotos, los cuales son evidenciados gracias a sus restos arqueológicos y monumentos coloniales.

Bañado de agua dulce por varios ríos y 14 manantiales, el lago de Xochimilco, uno de los cinco que conformaban la cuenca de México, desde tiempos remotos proporcionó una amplia variedad de recursos alimenticios y condiciones materiales favorables para practicar la agricultura, a quienes se establecieron ahí desde tiempos lejanos (Alatríste, 2005).

Desde los años cuarenta, el uso de plaguicidas ha aumentado de una manera continua, llegando a cinco millones de toneladas en 1995 a escala mundial. Se ha establecido que sólo un 0.1 por ciento de la cantidad de plaguicidas aplicado llega a la plaga, mientras que el restante circula por el ambiente, contaminando posiblemente el suelo, agua y la biota; por lo tanto, se hace necesario caracterizar el destino final y la toxicidad no prevista de estos plaguicidas para evaluar con certeza el riesgo asociado a su uso (Carvalho et al, 1998). Al conocer los problemas a la salud y el ambiente por estas sustancias, en México fue creada la Comisión intersecretarial para el control del proceso y uso de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas (CICOPLAFEST), ahora COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios). Aunque aún su uso continúa constituyendo una amenaza para la salud y el ambiente, se sigue mostrando un consumo anual de más de 35 mil toneladas (Cortinas de Nava, 2007).

Dicho valor es corroborado con datos estadísticos del 2009 de la FAO, en donde México alcanzó el valor más alto de consumo en el mundo para ese año con 36.3 mil toneladas, seguido por Japón,

India y Turquía con 23.4, 14.8 y 11.4 mil toneladas, respectivamente (FAO, 2012).

El uso de la biorremediación refiriéndose a los tratamientos con sistemas biológicos para la restauración o limpieza de suelos, aguas subterráneas y aire contaminados con xenobióticos; ha sido aceptado y utilizado. Puede definirse entonces como biorremediación: una tecnología de bio restauración de ambientes naturales previamente contaminados con xenobióticos por eliminación, atenuación o transformación de estos compuestos con el empleo de la capacidad metabólica de los microorganismos (bacterias, mohos y levaduras y algas y algunas plantas, oxígeno y nutrientes, para acelerar los procesos de biodegradación natural. La transformación puede ser parcial, por obtención de un compuesto menos tóxico que el parental, mientras que la mineralización o transformación total es la degradación hasta dióxido de carbono y agua (procesos aerobios), agua y metano (condiciones anaerobias) (Maier, 2009; Prasad et al., 2010 y Strong et al., 2008).

Penicillium es bien conocido y uno de los hongos más comunes que se producen en una amplia gama de hábitats, desde el suelo a la vegetación, al aire, ambientes interiores y varios productos alimenticios. Tiene una distribución mundial y un gran impacto económico en la vida humana. Su principal función en la naturaleza es la descomposición de materiales orgánicos, donde las especies causan pudriciones devastadores como patógenos pre y post-cosecha en los cultivos alimentarios, así como la producción de una amplia gama de micotoxinas. Algunas especies también tienen impactos positivos, con la industria alimentaria explotando algunas especies para la producción de quesos especiales, como el Camembert o Roquefort y salchichas fermentadas (Visagie et al., 2014).

De tal modo que se han encontrado numerosos reportes en donde son utilizadas especies de *Penicillium* para la biorremediación de diversos compuestos contaminantes del medio ambiente;

50

sabiendo que este moho no ligninolítico es tolerante y degradador de plaguicidas (Stamatiu et al., 2015).

2. Metodología

2.1 Lugar de procedencia de las muestras de suelo

El sitio experimental se encontró en las chinampas ubicadas en Cuemanco Delegación Xochimilco, D.F. Las muestras de suelo fueron tomadas en 14 puntos diferentes a una profundidad de 0-50 cm.

2.2 Ensayos de biorremediación

A frascos de vidrio se le adicionaron 25 g de una mezcla de suelo de la chinampas, además, del inóculo (1 y 2%) de acuerdo al diseño factorial 2^2 , la mezcla de tierra contaminada y la biomasa se mantuvo a temperatura ambiente por un tiempo de 16 días, pasado este tiempo se le determinó la concentración de plaguicidas presente en las muestras.

2.3 Análisis de plaguicidas en las muestras de suelo.

El análisis de plaguicidas para las muestras de suelo se realizó mediante el método EPA 8081B, por cromatografía de gases con captura de electrones y la extracción mediante el método EPA 3546; la limpieza de los extractos se realizó mediante columnas de adsorción con Florisil (SupelcleanTM ENVITM Florisil[®] SPE Tubos 6 mL 1g).

2.4 Desarrollo del diseño experimental para la determinación de los parámetros óptimos para la biorremediación.

En este trabajo se emplearon 2 variables con 2 niveles límites de medición para un diseño factorial 2^2 . En la tabla 1 se muestran los valores límites (altos y bajos) de las 2 variables, inóculo y porcentaje de humedad. En la tabla 2 se muestran los tratamientos derivados del análisis factorial 2^2 .

Tabla 1. Variables y niveles de aplicación.

Variable	Niveles	
	-1	1
Inóculo(I)	1%	2%
Humedad(H)	85%	95%

Tabla 2. Diseño factorial 2^2 .

Tratamiento	Inóculo (I)	Humedad (H)
1	-1	-1
2	+1	-1
3	-1	+1
4	+1	+1

2.5 Análisis estadístico

Para lograr observar de una manera más clara y determinar que tratamiento es el óptimo y eficiente en la degradación de los plaguicidas se realizó un análisis estadístico, utilizando el Software Design-Expert[®] versión 9; además de realizar la comparación de los tratamientos y de sus variables utilizando un análisis de medias por el programa estadístico SAS versión 9.0. Los tratamientos fueron realizados por duplicado.

3. Resultados

3.1 Concentraciones iniciales de los plaguicidas estudiados.

A continuación se muestran en la tabla 3 las concentraciones iniciales de los plaguicidas encontrado en el suelo de la chinampa en estudio.

Tabla 3. Concentraciones iniciales de plaguicidas presentes en el suelo sometido a biorremediación.

Plaguicida	Concentración inicial (Ppm)
------------	-----------------------------



Gamma-BHC (lindano)	0,0046
Beta- BHC	0,0038
Delta-BHC	0,0093
Epóxido de heptaclor	0,0474
Trans-Clordano	0,0042
4,4-DDE	0,0048
Endosulfán	0,0064
4,4,- DDD	0,0034
4,4,-DDT	0,0042
Sulfato de endosulfán	0,0087

Ppm (Partes por millón) (Hernández, 2015)

3.2. Porcentajes de degradación de plaguicidas obtenidos mediante tratamiento de biorremediación con *Penicillium sp.*

En la tabla 4 se presentan los resultados correspondientes a los porcentajes de degradación obtenidos de los tratamientos de biorremediación aplicados al suelo contaminado de la chinampa de Cuemanco y su duplicado, donde se observa la disminución en las concentraciones de los diferentes plaguicidas en estudio, encontrándose un mayor porcentaje de degradación en el epóxido de heptaclor, trans-clordano, endosulfán, 4,4-DDT y sulfato de endosulfán con respecto a las concentraciones iniciales.

Tabla 4. Concentraciones finales de plaguicidas encontrados mediante análisis cromatográficos en las muestras de suelo.

Tratamientos / Degradación (%)		Gamma-BHC (lindano)	Beta-BHC	Delta-BHC	Epóxido de heptaclor
T1	A	51,89	100	100	94,24
	B	37,92	31,85	100	95,23
T2	A	40,70	33,50	69,55	95,21
	B	30,09	35	77,48	95,27
T3	A	50,20	100	100	100
	B	45,75	100	100	100
T4	A	57,73	34,73	77,70	95,17
	B	52,51	34,94	74,46	95,22
Trans-Clordano	4,4-DDE	Endosulfán	4,4,-DDD	4,4,-DDT	Sulfato de endosulfán

100	100	100	30,68	100	100
100	100	100	100	100	100
100	38,93	100	27,39	100	100
100	45,81	69,56	28,42	100	100
100	46,69	100	100	100	100
48,48	43,97	100	34,37	100	100
48,46	45,53	100	34,59	48,58	100
48,90	46,94	69,62	34,68	100	100

3.3. Análisis estadístico

3.3.1. Análisis tratamiento con 1% de inóculo y 95% de humedad para el delta- BHC.

3.3.1.1 Análisis de varianza y respuestas obtenidas

El análisis de varianza para la degradación del Delta- BHC presente en la muestra de suelo analizada tratada con *Penicillium sp.*, muestra significancia ($p=0.0015$) al 95% de nivel de confianza y los datos experimentales se ajustan al modelo ($R^2=0.9721$; $Cv=3.47\%$). Así mismo, el factor inóculo tiene un efecto lineal estadísticamente significativo ($p<0.05$). En cuanto a los efectos de interacción de las variables, estas no dan un valor significativo. El valor F obtenido en el modelo (46,38) indica que el modelo es significativo.

El factor que presenta mayor predominio sobre la respuesta, es el inóculo (figura 1). Los efectos del inóculo y la humedad son lineales, aunque ambos no afectan positivamente la degradación del plaguicida. En la figura 3 se observa la interacción Inóculo/Humedad la cual no es significativa (a un nivel de confianza del 95%), identificándose que con baja cantidad de inóculo se va a dar una alta respuesta de degradación por parte de este microorganismo, por el contrario niveles altos de humedad no va a influir en una mayor respuesta (figura 2), ya que esta va a ocasionar disminuir la capacidad degradativa del moho para este plaguicida.

Design-Expert® Software
 Factor Coding: Actual
 Delta-BHC (%)
 X1 = A: Inóculo
 Actual Factor
 B: Humedad = 0

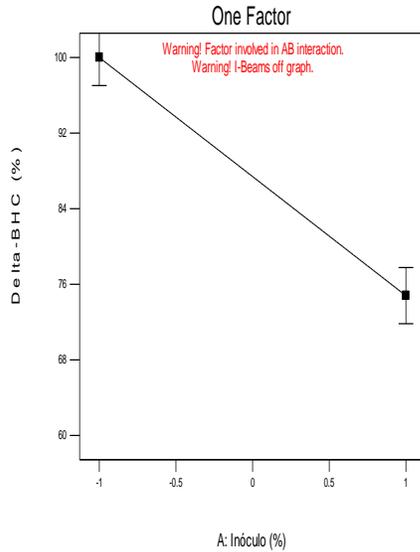


Figura 1. Respuesta principal para la variable significativa (Inóculo) (Delta-BHC).

Design-Expert® Software
 Factor Coding: Actual
 Delta-BHC (%)
 X1 = A: Inóculo
 X2 = B: Humedad

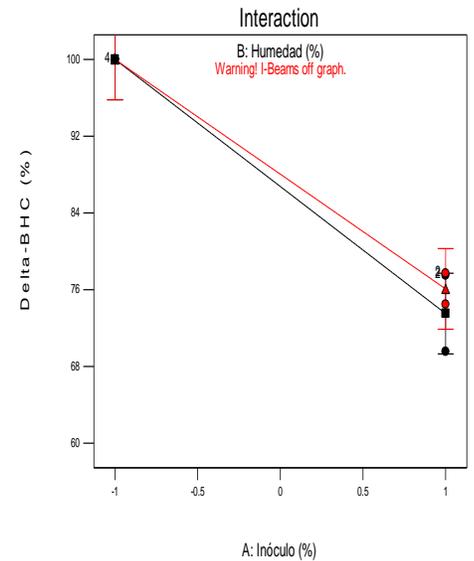


Figura 3. Interacción entre las variables (inóculo y humedad) (Delta-BHC).

Design-Expert® Software
 Factor Coding: Actual
 Delta-BHC (%)
 X1 = B: Humedad
 Actual Factor
 A: Inóculo = 0

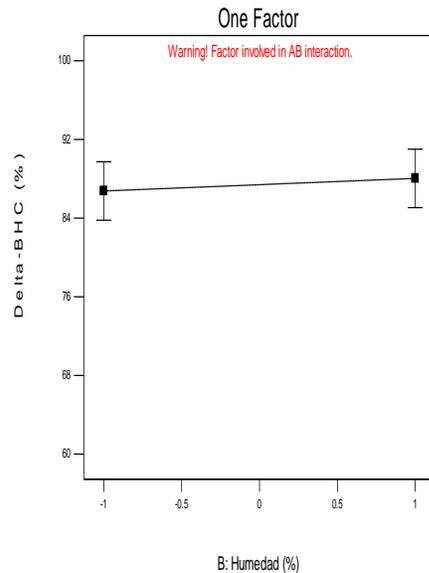


Figura 2. Respuesta principal para la variable no significativa (Humedad) (Delta-BHC).

3.3.1.2. Análisis de regresión

El $R^2 = 0.9721$ y el $Cv = 3.47\%$ obtenido en el análisis de regresión muestran la baja variabilidad en los resultados obtenidos. Esta contribución de la variable independiente en la de respuesta es explicada por el modelo obtenido en términos de factores la cual se puede utilizar para hacer predicciones sobre la respuesta de acuerdo al nivel de cada factor (Ecuación 1). El estadístico predictivo adecuado obtenido (12.365) indica que se tiene una buena precisión de las predicciones, haciendo factible la utilización de este modelo.

Ecuación 1. Ecuación del análisis de regresión para Delta- BHC.

$$\text{Delta} - \text{BHC} = +87.40 - 12.59 * \text{inóculo} + 0.64 * \text{Humedad} + 0.64 * \text{Inóculo} * \text{Humedad}$$

3.3.1.3. Diagnóstico y validación del modelo matemático

En la figura 4 se muestra la gráfica de probabilidad normal donde se ilustra que los datos siguen una distribución normal, por lo que se asume que estos tienen una correlación positiva confirmando como verdadero el principio de normalidad.

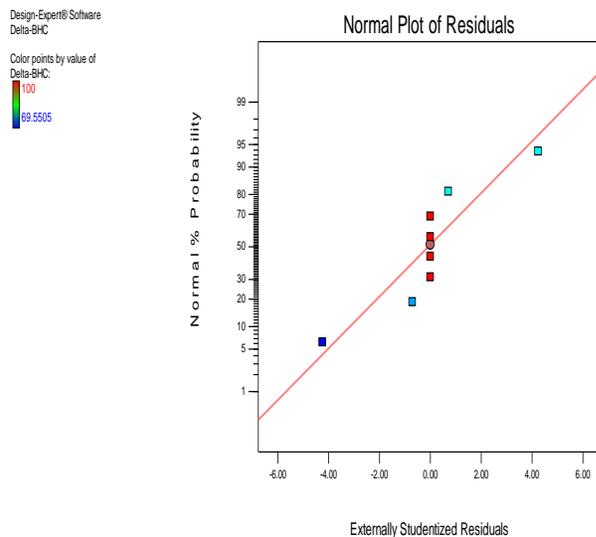


Figura 4. Gráfico de probabilidad normal de los residuales para tratamiento con 1% de inóculo y 95% de humedad. (Delta-BHC).

La figura 5 muestra los pronósticos y residuos, en el cual se notan consistencias ya que los puntos se encuentran distribuidos en la región positiva y negativa de manera homogénea; asumiendo como verdadero el principio de homogeneidad del modelo.

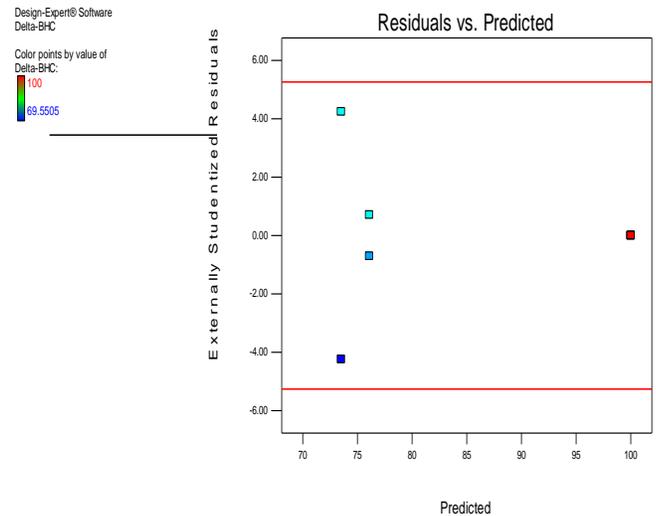


Figura 5. Gráfica de valores residuales vs. Valores predichos para tratamiento con 1% de inóculo y 95% de humedad. (Delta-BHC).

3.3.2. Análisis para tratamiento con 1% de inóculo y 95% de humedad para el epóxido de heptaclor

3.3.2.1. Análisis de varianza y respuestas obtenidas

El análisis de varianza para la respuesta de la degradación de epóxido de heptaclor por *Penicillium* sp., muestra un *P*-valor para el modelo de 0.0003, lo cual indica que es estadísticamente significativo. Observándose además que para los factores inóculo y humedad se obtuvo un efecto lineal estadísticamente significativo ($p < 0.05$). En cuanto a los efectos por interacción, los valores fueron significativos.

En las figuras 6 y 7 se observan los factores de inóculo y humedad respectivamente, observándose la influencia de ambos sobre la respuesta. El efecto de ambos es lineal e influyen principalmente de manera positiva en un nivel de confianza del 95% en la degradación del Epóxido de heptaclor por *Penicillium* sp.

Design-Expert® Software
 Factor Coding: Actual
 Epóxido de heptaclor (%)
 X1 = A: Inóculo
 Actual Factor
 B: Humedad = 0

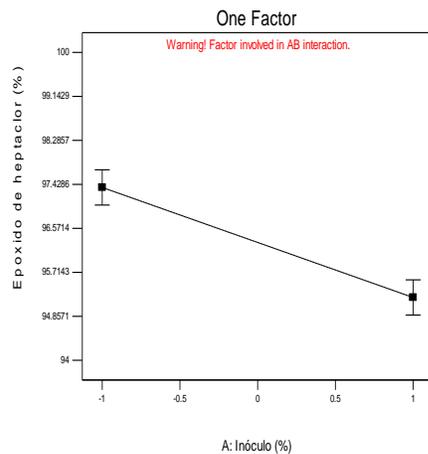


Figura 6. Respuesta principal para la variable significativa (Inóculo) (Epóxido de heptaclor).

Design-Expert® Software
 Factor Coding: Actual
 Epóxido de heptaclor (%)
 X1 = B: Humedad
 Actual Factor
 A: Inóculo = 0

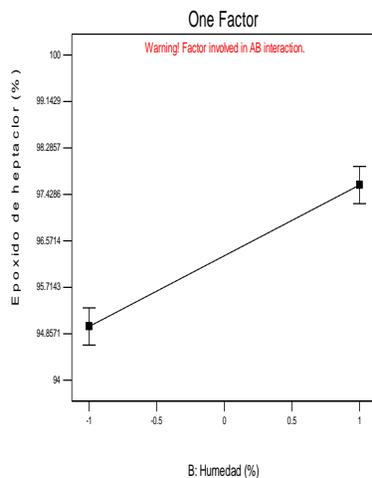


Figura 7. Respuesta principal para la variable significativa (Humedad) (Epóxido de heptaclor).

3.3.2.2. Análisis de regresión

El R^2 obtenido en el análisis de regresión fue de 0.9869, esto significa que el 98.69% de la variabilidad observada en la respuesta puede ser explicada por el modelo. El valor de predicción adecuada que se presenta es de 21.276 lo que indica que se tiene una buena precisión en las predicciones, haciendo más factible la utilización

de este modelo para realizar predicciones dentro del espacio de diseño.

A continuación se muestra la ecuación 2 en términos de factores codificados:

Ecuación 2. Ecuación del análisis de regresión para epóxido de heptaclor.

Epóxido de heptaclor

$$= +96.30 - 1.07 * Inóculo + 1.31 * Humedad - 1.33 * Inóculo * Humedad$$

3.3.2.3. Diagnóstico y validación del modelo matemático

Analizando los gráficos (figura 8 y 9), se nota en el gráfico de probabilidad que la distribución de los datos aparentan ser normales, y en cuanto al gráfico de residuales se puede ver una varianza homogénea ya que los puntos se encuentran distribuidos de forma homogénea. Por lo que se asume como verdadero tanto el principio de normalidad como el de homogeneidad para el modelo.

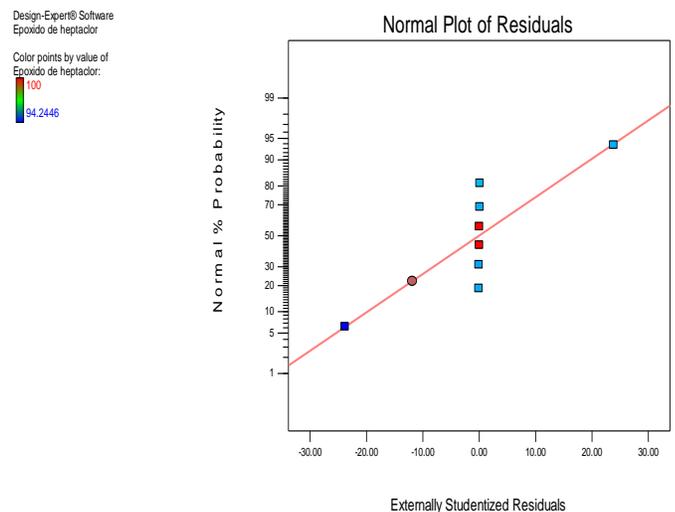


Figura 8. Gráfico de probabilidad normal de los residuales con 1% de inóculo y 95% de humedad para el epóxido de heptaclor.

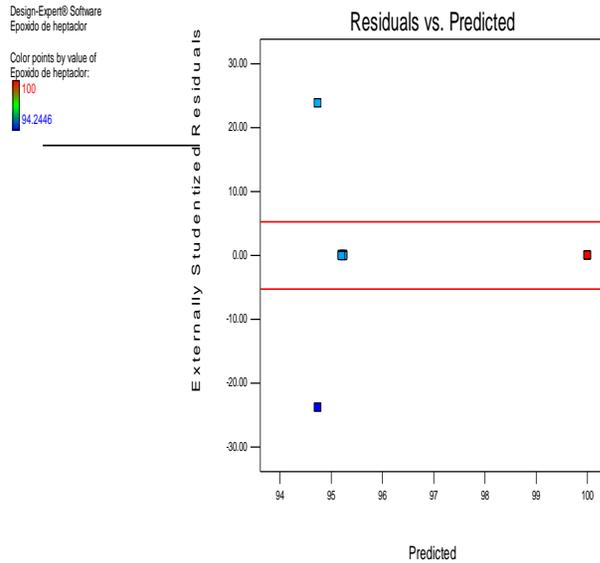


Figura 9. Grafica de valores residuales vs. Valores predichos para tratamiento con 1% de inóculo y 95% de humedad para el epóxido de heptaclor.

3.3.3 Análisis para tratamiento con 1% de inóculo y 85% de humedad para el 4,4-DDE

3.3.3.1 Análisis de varianza y respuestas obtenidas

El análisis de varianza para la respuesta de la degradación de 4,4-DDE por *Penicillium* sp., fue significativo ($p < 0.0001$; $Cv = 4.55\%$). Además, los factores inóculo y humedad mostraron valores significativos a un nivel de confianza del 95%. En cuanto a los efectos por interacción, se notan valores significativos.

En la figura 10 y 11 se observa el factor inóculo y humedad, respectivamente, tienen mayor influencia sobre la respuesta. El efecto del inóculo y la humedad es lineal e influye positivamente en un nivel de confianza del 95% en la degradación de 4,4-DDE por *Penicillium* sp. En los dos casos se presenta una mayor degradación cuando los valores de estas dos variables son menores.

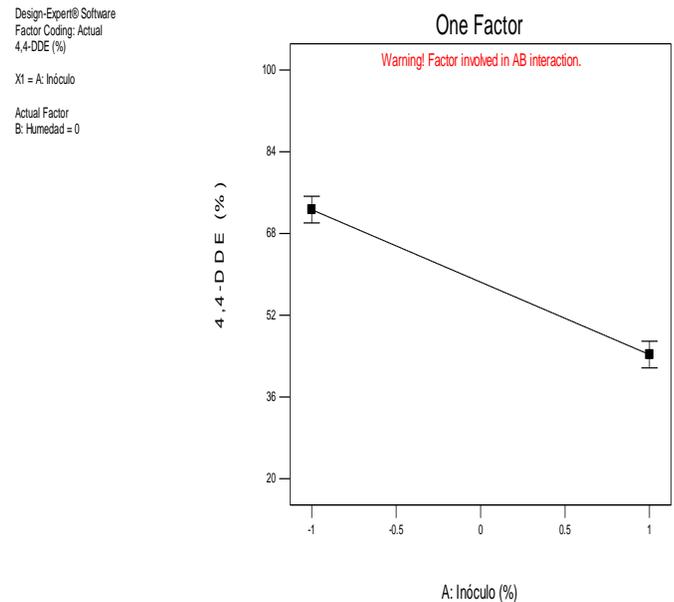


Figura 10. Respuesta principal para la variable significativa (Inóculo) (4, 4,-DDE).

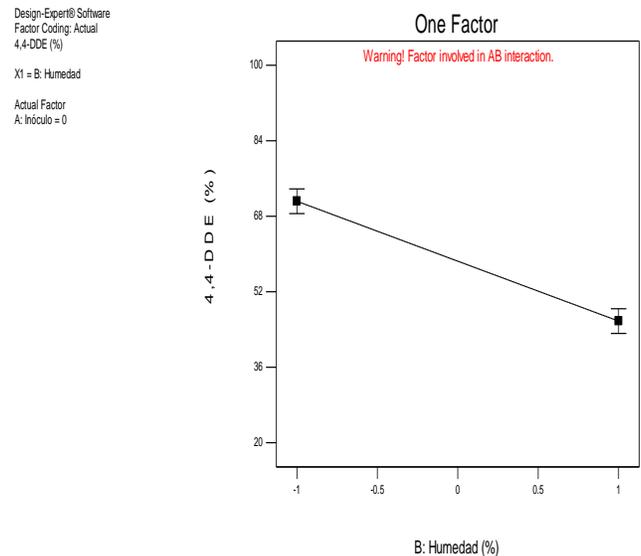


Figura 11. Respuesta principal para la variable significativa (Humedad) (4, 4,-DDE).

3.3.3.2. Análisis de regresión

El modelo presentó buen ajuste ($R^2 = 0.9939$; $Cv = 4.55\%$). El estadístico de predicción adecuada que se obtuvo es de 30.622, indicando así que se tiene

una buena precisión en las predicciones, siendo factible la utilización de este modelo.

A continuación se muestra la ecuación 3 en términos de factores codificados:

Ecuación 3. Ecuación del análisis de regresión para 4,4-DDE.

4, 4 – DDE

$$= +58.49 - 14.18 * \text{inóculo} - 12.70 * \text{Humedad} + 14.63 * \text{Inóculo} * \text{Humedad}$$

3.3.3.3. Diagnóstico y validación del modelo matemático

En la figura 12 se muestra el gráfico de probabilidad normal de los residuales donde se ilustra que los datos siguen una distribución normal, asumiendo como verdadero el principio de normalidad.

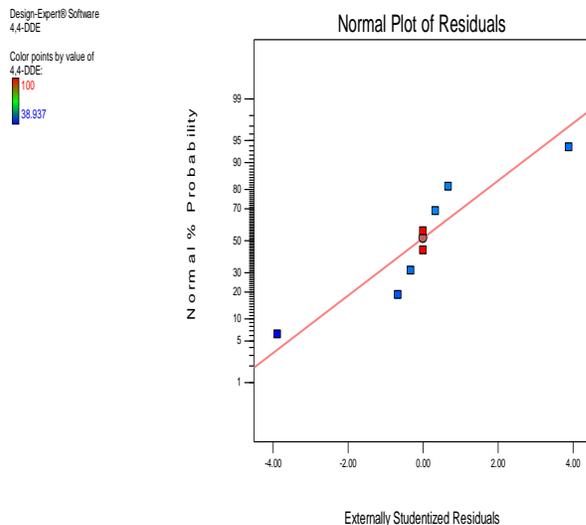


Figura 12. Gráfico de probabilidad normal de los residuales con 1% de inóculo y 85% de humedad para el 4, 4,-DDE.

De acuerdo a lo observado en el gráfico de diagnóstico de valores residuales vs. Valores predichos (Figuras 13) esta muestra una varianza homogénea, lo que hace verdadero el principio de homogeneidad en el modelo.

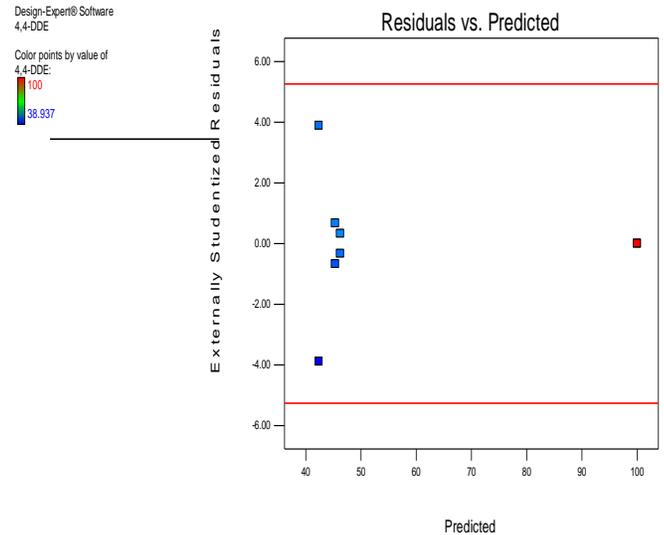


Figura 13. Gráfica de valores residuales vs. Valores predichos para tratamiento con 1% de inóculo y 85% de humedad para el 4, 4,-DDE.

Conclusiones

Se evaluó la biodegradación de 10 plaguicidas organoclorados por parte de *Penicillium* sp., encontrados en suelo agrícola de Cuernavaca, Delegación Xochimilco, México, D.F., obteniéndose degradaciones desde el 27% al 100% en 16 días de tratamiento, destacándose con los mayores porcentajes el 4,4,-DDT y sulfato de endosulfán en los 4 tratamientos aplicados. Así también observándose la capacidad biorremediadora por parte de este microorganismo para poder eliminar plaguicidas de alta persistencia en el ambiente, y su potencial uso en la biorremediación.

Condiciones como, bajos porcentajes de humedad (85%) e inóculo (1%) permitieron la reducción de xenobióticos, lo que sugiere, son ideales para remediar suelos contaminados con plaguicidas organoclorados usando a *Penicillium* sp.

Referencias Bibliográficas

Alatríste, Guzmán, O. Xochimilco. Aspectos histórico-culturales. En: Revista: Boletín del CELE-UNAM Volumen:



- (7). (2005); Pág 119-139.
<http://www.revistadecires.cepe.unam.mx/articulos/art7-6.pdf>
- Carvalho, F. P.; Nhan, D. D.; Zhong, C.; Tavares, T. y Klaine, S. Rastreo de plaguicidas en los trópicos: Resultados de un proyecto internacional de investigación. Boletín del OIEA; 40(3):24-30, 1998. https://www.iaea.org/sites/default/files/40305692430_es.pdf
- Arrieta, S. Alexander. y Quijano P. Alfonso. (2016). Identificación de hidrocarburos aromáticos policíclicos en muestras de ganado bovino de la vereda j 10 del municipio de Tibu. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología. ISSN 1692-7125. Volumen 14, N° 1, p. 85 -94
- Cortinas de Nava, C. Situación en México de las existencias de plaguicidas sujetos al Convenio de Estocolmo. INE. México, D.F. (2007). Pág. 24.
- Herrera, M. E. T. (2015). Evaluación del almidón de papa como floculante para el tratamiento de aguas residuales domesticas.. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología. ISSN 1692-7125. Volumen 13, N° 2, p.123 -135.
- Maier, R. M. (2009). Microorganisms and Organic Pollutants. In *Environmental Microbiology* (pp. 387-420). Elsevier Inc. DOI: 10.1016/B978-0-12-370519-8.00020-1
- Murcia J.J, Guarín J.R, Cely Macías A.C, Rojas H, Cubillos J.A, Hidalgo M.C, Navio JA (2017) Methylene blue degradation over M-TiO₂ photocatalysts (M=Au or Pt). *Ciencia en Desarrollo*.8(1): 109-117
- Pinzón M. I., Londoño A., Blach D., Gutiérrez J.A., Rojas A.M. 2013. Determination of organochlorine pesticides residue by gc- μ ECD in pineapple fruits (*Ananas comosus* L.) variety Golden MD2 in Quindío's department. *Bistua:Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*. 9(2):4-8
- Ochica AF, Muñoz Prieto E, Vera Graziano R, Gomez Pachon EY, Cerda AM, Rivera Torres F (2017) Obtention of cellulose Acetate Nanofibers From Sugar Cane Bagasse. *Ciencia en Desarrollo*.8(2):69-77
- Prasad, K. S.; Kumar, N.S. y Sharma, S. Bioremediation: Developments, current practices and perspectives. En: *Genet Eng Biotechnol J*. 2010. Pág. 1-20. http://http://astonjournals.com/manuscripts/Vol2010/GEBJ-3_Vol2010.pdf
- Strong, P.J. y Burgess, J.E. Treatment methods for wine-related ad distillery wastewaters: a review. En: *Bioremediat J*. 2008; 12:70-87. <https://doi.org/10.1080/10889860802060063>
- Stamatiu, Sanchez, K.; Alarcón, A.; Ferrera, Cerrato, R.; Nava, Diaz, C.; Sanchez, Escudero, J.; Cruz, Sanchez, J. S. y Castillo, M. Tolerancia de hongos filamentosos a endosulfán, clorpirifós y clorotalonil en condiciones in vitro. En: *Rev. Int. Contam. Ambie*. 31 (1). (2015). Pág.23-37. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992015000100002
- Tejada C, Herrera A, Ruiz E (2016)



Utilización de biosorbentes para la remoción de níquel y plomo en sistemas binarios. Ciencia en Desarrollo.7(1): 31-36

+ Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de las separatas:
Rodríguez V. Refugio.CINVESTAV
IPN.Mexico.
rrodrig@cinvestav.mx

Visagie, C. M.; Houbraken, J.; Frisvad, J. C.; Hong, S.B.; Klaassen, C. H. W.; Perrone, G. y Samson, R. A. Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. En: Studies in Mycology, 78, (2014). Pág. 343–371.
Doi: 10.1016/j.simyco.2014.09.001

Recibido: Marzo 11 de 2018 Aceptado:
Agosto 08 de 2018

R. Rodríguez Vázquez. PhD. en Ciencias, CINVESTAV IPN. Investigadora Titular (CINVESTAV 3 C) Depto. de Biotecnología y Bioingeniería, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV-IPN). Ing. Químico Industrial. ESQIE-IPN, Maestra en Ciencias en Química Orgánica. Doctorado: Forest & Wood Sciences, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, E.U.A.1993. Miembro Regular de la Academia Mexicana de Ciencias 2000-actual. Nombramiento, como Miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel III, 2006-2009 (CVU5098)

<https://orcid.org/0000-0003-1530-2979>

M.C Rodríguez Bruges. Microbióloga. (2016). Universidad de Pamplona. Integrante activo del Semillero de Investigación en Microbiología y Biotecnología –SIMBIO-
<https://orcid.org/0000-0002-8663-7031>

*Para citar este artículo: Rodríguez V. R, Rodríguez B. M. Bioremediation of the chinampa soil located in Cuernavaca, Xochimilco, D.F, contaminated with pesticides using *Penicillium* sp. Revista Bistua. 2019 17(1):48-58

