

Producción de insecticida a partir de la semilla de nim: avances en la investigación de la operación de lixiviación

C. Martínez-Pavón

Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)
PO Box 5595, Managua, Nicaragua
e-mail: cmartinez@uni.edu.ni

RESUMEN

Los componentes contenidos en la semilla del árbol Nim, *Azadirachta indica A. Juss*, son usados para producir insecticidas biodegradables. En este artículo se presenta un resumen de los trabajos de investigación que se han realizado sobre la etapa de lixiviación (extracción) de las hojuelas de semillas de Nim, como parte de un proceso para la producción de un insecticida en base etanólica. De forma general se describe el trabajo experimental realizado y sus resultados, y el estado de avance en la simulación matemática de las siguientes etapas: velocidad de lixiviación del aceite y la mezcla insecticida, la fluidodinámica de un lecho de hojuelas y la lixiviación en columna de las hojuelas de nim para extraer el aceite y la mezcla insecticida.

Palabras claves: aceite de nim, fluidodinámica, lixiviación, mezcla insecticida, nim, simulación

ABSTRACT

The components of neem seeds (*Azadirachta indica A. Juss*) are used to producing biodegradable insecticides. This paper presents a review about the research of leaching of neem seed flakes as a part of a process to producing an ethanolic insecticide. In a concise manner, the experimental work and its main results, and the advances of the mathematical simulation are described. The steps that were studied are the leaching rate of oil and insecticide mixture from neem seed flakes, the fluidynamics of a neem seed flakes bed and the leaching of neem seed flakes in column for extracting the oil and the insecticide mixture.

Keywords: fluidynamics, insecticide mixture, leaching, neem, neem oil, simulation

INTRODUCCIÓN

El árbol Nim, conocido con el nombre botánico de *Azadirachta indica* A. Juss, es nativo de la India y Burma. Entre los muchos beneficios que se pueden obtener del árbol Nim, uno de los más importantes es su utilización en el control de plagas de los cultivos. Las propiedades insecticidas del Nim se han estudiado desde cerca de 1920, pero estos trabajos fueron poco apreciados en su momento. Aunque existen muchas plantas que pueden ser usadas para el control de insectos plagas, las investigaciones impulsadas por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos mostraron que de miles de extractos de plantas estudiados, el extracto de Nim fue el mejor con una gran ventaja por encima de los otros (National Research Council, 1992). Sólo hacia 1995, se había encontrado que los productos elaborados a partir del Nim afectaban a 423 especies de insectos, a algunos nemátodos, hongos, bacterias y a algunos virus (Schmutterer, 1995).

Además de su comprobada eficacia en el control de las plagas, no se ha reportado ningún tipo de daño en las personas, animales e insectos benéficos. Los compuestos activos del árbol son biodegradables y parece muy improbable el desarrollo de resistencia genética de las plagas a dichos compuestos. Todas estas características han hecho del Nim el candidato idóneo para el desarrollo de una nueva era de pesticidas naturales lo que ha despertado el interés de muchos investigadores que estudian varios aspectos del Nim y sus productos.

Los insecticidas a base de Nim pueden obtenerse por simple molienda de las hojas o las semillas que luego son extraídas con agua u otros solventes. Además, los extractos obtenidos a partir de la semilla pueden ser purificados para aislar los componentes más activos, lo cual permite la estandarización y formulación uniforme de insecticidas que pueden producirse para uso comercial. Así, en Estados Unidos hay varios productos estandarizados y formulados que han sido aprobados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), como el Azatin[®], Turplex[®] y Aling[®], por ejemplo.

En Nicaragua, los insecticidas a partir de Nim se han implementado desde los años 80 y han ganado mayor importancia hoy en día debido a la producción de productos orgánicos. Típicamente el tipo de extracto de semilla de Nim que se ha utilizado se obtiene por extracción con agua. Este extracto acuoso, sin embargo, tiene algunos inconvenientes como es la baja estabilidad de los componentes activos del nim, algunas dificultades operativas en su aplicación, baja concentración de los componentes activos (debido a la baja solubilidad de éstos en agua) y dificultades para el almacenamiento. Debido a estos problemas se ha planteado la idea de producir un insecticida en base etanólica según los estudios realizados por Larson (1985). De esta manera, el aceite debe ser removido inicialmente de las semillas de Nim para luego extraer los compuestos activos o “mezcla insecticida”, es decir, se requiere un proceso de doble lixiviación (extracción con solvente de los compuestos). Luego los solventes deben ser separados tanto de los extractos como de las semillas extraídas, por destilación los primeros y por secado los segundos. Por supuesto, hay una preparación previa de las semillas antes de someterlas a extracción, la cual ya ha sido estudiada y está definida. Por el contrario, las operaciones de lixiviación, destilación y secado para la obtención de la mezcla insecticida deben ser estudiadas para el diseño y optimización del proceso de producción.

En la Facultad de Ingeniería Química de la UNI se han realizado una serie de investigaciones financiadas por Asdi (Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo) para desarrollar un proceso de producción del extracto etanólico de Nim que sea factible y rentable. A continuación se exponen los estudios y resultados obtenidos sobre la operación de lixiviación (extracción) en columna del aceite y la mezcla insecticida usando hojuelas de semilla de Nim.

METODOLOGÍA

Para el diseño y optimización de la operación de lixiviación en columna se planteó la realización de experimentos para conocer el

comportamiento del sistema y obtener información para el desarrollo de un modelo matemático que describa los fenómenos involucrados en dicha operación. Para esto se estudió a nivel de laboratorio la fluidodinámica de un lecho de hojuelas de Nim, la velocidad de extracción, y la lixiviación en columna de las hojuelas de semilla de Nim. El primer proceso fue estudiado por Persson y Sjöberg (1998) y los dos últimos por Martínez (2005).

Los experimentos de velocidad de lixiviación se realizaron en un extractor discontinuo (ver Fig. 1) variando la temperatura y el espesor de la hojuela en el rango de 40 a 70 °C y de 0.7 a 2 mm, respectivamente.



Fig. 1 Extractor discontinuo.

En estos experimentos se utilizó hexano comercial para la extracción del aceite y etanol al 93 % para la extracción de la mezcla insecticida. Los experimentos de fluidodinámica se hicieron con etanol al 93 %, y en éstos se varió el espesor de las hojuelas y la velocidad de irrigación del lecho. Los espesores de hojuelas que se usaron fueron los mismos de los experimentos de velocidad de lixiviación, y la velocidad de irrigación se varió en el rango de 2×10^{-5} a 8×10^{-5} m/s.

Para las lixivitaciones en la columna (ver Fig. 2) se usaron hojuelas de 2 mm de espesor y se

realizaron extracciones por inundación e irrigación del lecho. En estos experimentos las variables estudiadas fueron la concentración y el caudal de la alimentación. Como alimentación se usaron hexano comercial y una solución de hexano comercial-aceite (70 kg/m^3) para extraer el aceite, y etanol al 93 % y una solución de mezcla insecticida-etanol al 93 % (8 kg/m^3) para extraer la mezcla insecticida. El caudal se varió entre $4-9 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{s}$.



Fig. 2 Columna de lixiviación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 3 se muestran los resultados de la velocidad de lixiviación del aceite y la mezcla insecticida. En el rango de temperatura estudiado la velocidad de lixiviación del aceite aumentó al elevar la temperatura pero su efecto fue menor a medida que el espesor de la hojuela incrementó. El aumento de la difusividad o la permeabilidad de las células y la distancia de difusión podrían explicar este comportamiento. En el caso de la mezcla insecticida no fue posible determinar la influencia de la temperatura en la velocidad de extracción para los espesores de 0.7 y 1.3 mm ya que estos datos fluctuaron demasiado, sin embargo, fue claro que para las hojuelas de 2 mm la velocidad aumenta con la temperatura.

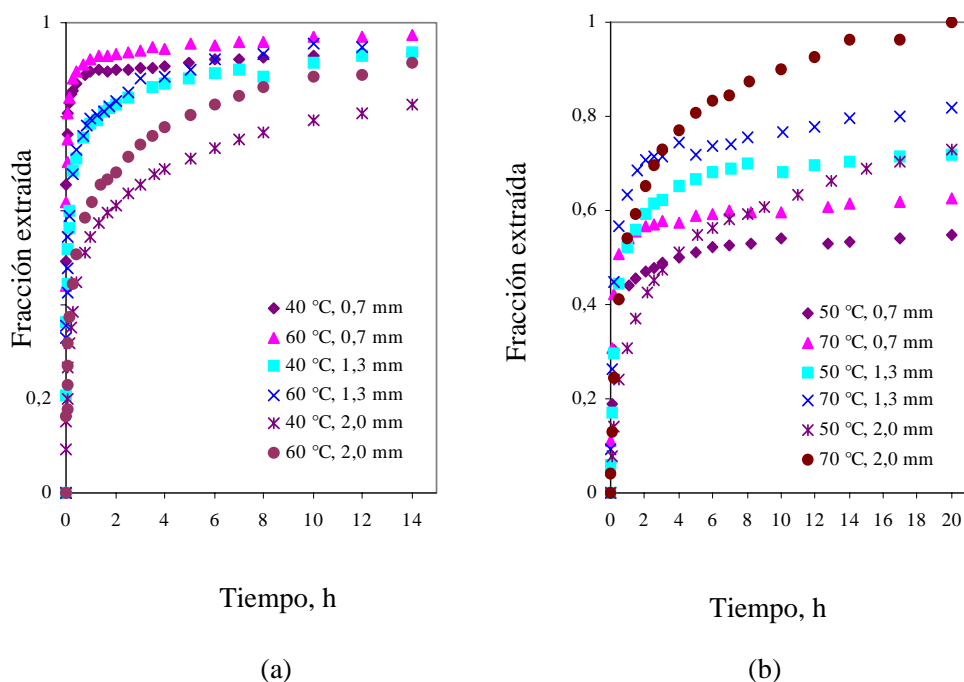


Fig. 3 Resultados de los experimentos de velocidad de lixiviación: (a) aceite, (b) mezcla insecticida. En la leyenda de los gráficos se presentan la temperatura y el espesor de hojuela

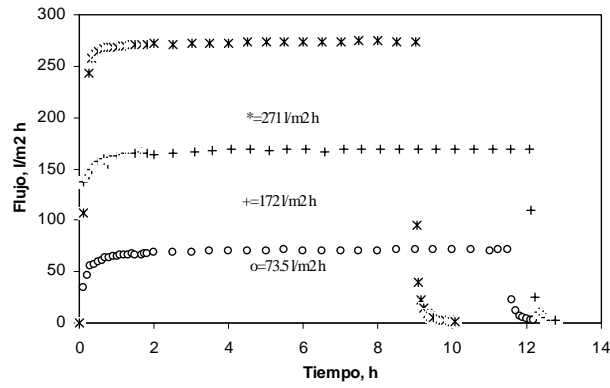
Respecto a la influencia del espesor de la hojuela, la velocidad de lixiviación inicialmente aumentó y después disminuyó al disminuir el espesor de la hojuela, esto se observó para todas las temperaturas estudiadas y para ambos solutos. La rápida remoción del soluto superficial en las hojuelas podría explicar la alta velocidad inicial de lixiviación, mientras que el grado de compactación de éstas podría ser la causa de la disminución posterior de la velocidad.

Los experimentos de fluidodinámica de Persson y Sjöberg (1998) mostraron que las propiedades hidrodinámicas del lecho de hojuelas eran favorables para la lixiviación de las mismas en columnas (ver Fig. 4). Además obtuvieron datos para la curva de imbibición y drenaje del lecho de hojuelas.

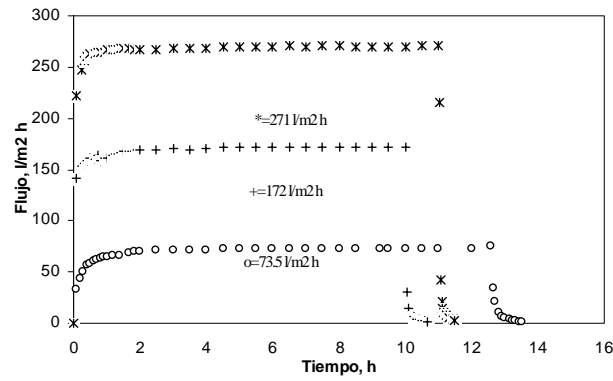
En el caso de las lixiviaciones de aceite y mezcla insecticida en la columna, se encontró que los rendimientos más altos (60 – 94 % para el aceite

y 48 – 88 % para la mezcla insecticida)¹ se obtuvieron por irrigación del lecho para cualesquiera condiciones de concentración y caudal de la alimentación (ver Fig. 5 y 6). Las lixiviaciones realizadas con los solventes y las soluciones de los solutos también mostraron un alto rendimiento (aprox. 60 % para el aceite, 46 – 63 % para la mezcla insecticida)¹, lo que constituye una buena característica para implementar un proceso por etapas. Por otra parte, la variación del caudal presentó los rendimientos más altos para el caudal más bajo (60 – 94 % para el aceite)¹, excepto para la lixiviación de la mezcla insecticida con etanol al 93 % (63 – 76 % al caudal más bajo, 48 – 88 % al caudal más alto)¹.

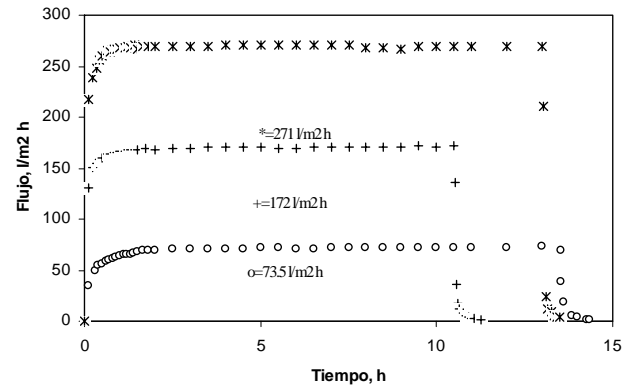
¹ Los rendimientos más bajos corresponden en forma general a la lixiviación con soluciones de soluto y el caudal más alto de la alimentación.



(a)



(b)



(c)

Fig. 4 Curvas de infiltración y drenaje del lecho de hojuelas de nim, para espesores de hojuelas de (a) 0.7 mm (b) 1.3 mm y (c) 2.0 mm. En la leyenda de los gráficos se muestra las densidades de flujos de la alimentación.

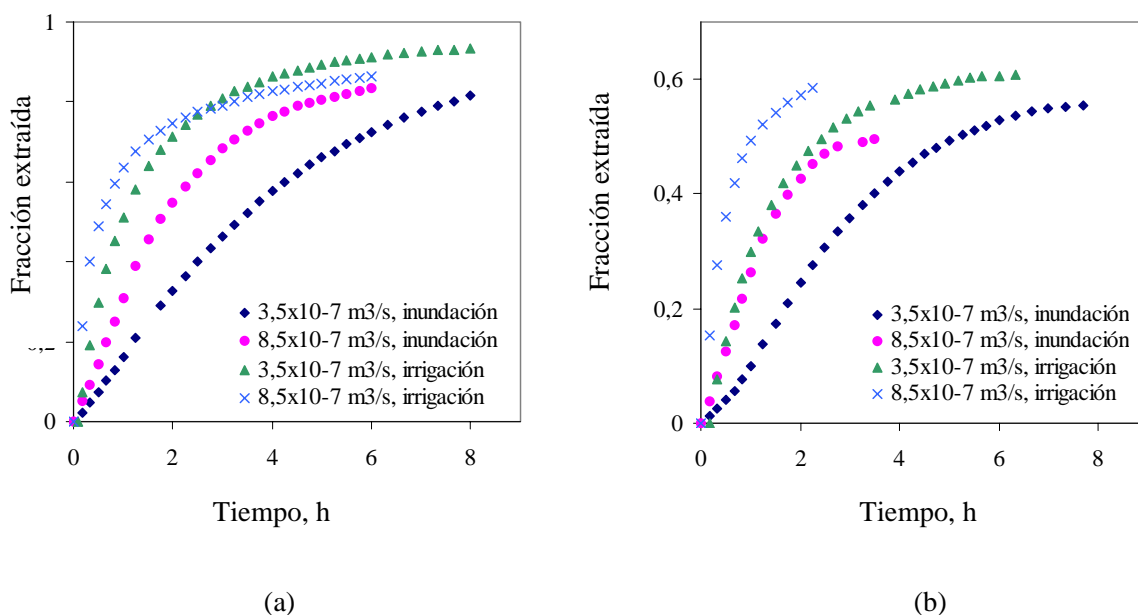


Fig. 5 Fracción extraída de aceite en la columna: (a) la alimentación fue hexano sin aceite, (b) la alimentación fue una solución de aceite de concentración 70 kg/m³. En la leyenda de los gráficos se muestra los flujos de la alimentación y la forma de lixiviación.

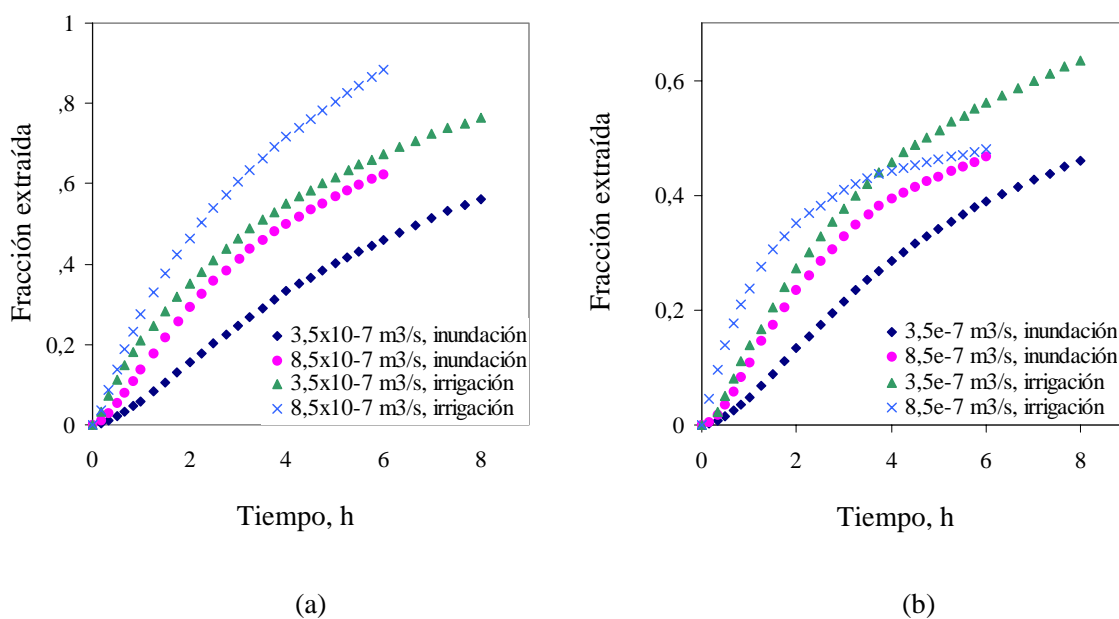


Fig. 6 Fracción de mezcla insecticida extraída en la columna: (a) la alimentación fue etanol sin mezcla insecticida, (b) la alimentación fue una solución de mezcla insecticida de concentración 8 kg/m³. En la leyenda de los gráficos se muestra los flujos de la alimentación y la forma de lixiviación.

CONCLUSIONES

Los modelos desarrollados para la velocidad de lixiviación y fluidodinámica describen hasta en un 90 % las variaciones de los datos experimentales y se cree que las desviaciones se deben al cambio de la estructura de las hojuelas ya que estas se hinchan durante el proceso al ponerse en contacto con el solvente o soluciones de los solutos (aceite y mezcla insecticida). Para el caso de la lixiviación en columna los modelos que se han utilizado no han dado buenos resultados. No obstante, este modelo se continuará mejorando para poder ser utilizado en la optimización del proceso de lixiviación en columna.

REFERENCIAS

Larson, R.O. (1985). *Stable Anti-pest Neem Seed Extract*. United State Patent No. 4556562.

Martínez, C. (2005). *Estudio Experimental y Modelación del Proceso de Lixiviación de Hojuelas de Nim en Columnas*. Tesis de Maestría, Universidad de Chile. Santiago, Chile (en revisión).

Persson, J. y J. Sjöberg (1998). *Leaching of Neem Seed Flakes*. Master's thesis. Royal Institute of Technology (KTH). Stockholm, Sweden.

Schmutterer, H. (1995). *The Neem Tree Azadirachta indica A. Juss and other Meliaceous Plants: Sources of unique Natural Products for Integrated Pest Management, Medicine, Industry and other Purposes*. Weinheim. Nueva York, U.S.A.

National Research Council (1992). *Neem: A Tree for Solving Global Problems*. National Academy Press. Washington, DC. USA.



Claudia Martínez se graduó de Ingeniera Química en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en 1996. Está realizando estudios de Maestría en la Universidad de Chile, en Chile. Sus trabajos de investigación han estado dirigidos al estudio experimental y modelación de los procesos para la producción de insecticida a partir de los componentes de las semillas del árbol Nim. Profesora Titular de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Ingeniería.