

## OBTENCIÓN DE UN PLAGUICIDA ORGÁNICO A PARTIR DE LA SAPONINA DEL MOJUELO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Wild)

\*Victoria Castañeda<sup>1\*</sup>, Mabel Parada<sup>1</sup>, Marcela Brito<sup>1</sup> y Paúl Manobanda<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH). Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador. \*Autor de correspondencia: [vickoluu@gmail.com](mailto:vickoluu@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidad Estatal Amazónica (UEA). Departamento de Ciencias de la Tierra. Carrera de Agroindustria. Puyo, Ecuador.

### RESUMEN

Los plaguicidas sintéticos hoy en día son comercializados a gran escala, el mal uso, abuso o uso excesivo está causando problemas de salud, problemas de contaminación ambiental, esto crea la necesidad de buscar nuevas alternativas de plaguicidas naturales. El objetivo de la investigación fue recuperar el residuo del escarificado de quinua generando para transformar la materia prima en un producto final, validando el producto en campo mediante moscas de fruta (*Drosophila melanogaster*). Antes de obtener el plaguicida se realizó una revisión previa de los métodos más eficaces para la extracción de la saponina, que es el principio activo del plaguicida, y se realizaron varias pruebas para concluir qué método es el más eficiente, pues al realizarse con la materia prima seca (mojuelo) se obtuvieron mayor rendimiento de saponina, con respecto a la obtención de la misma sin la operación de secado. Luego de la obtención de la saponina se realizó la formulación del plaguicida, utilizando dos formulaciones con diferentes concentraciones de saponina extraída, la primera con 20 g de saponina y la segunda con 40 g de saponina, los tratamientos fueron aplicando basándose en prueba de la dosis letal media con la muerte del 50 % de insectos puestos a prueba. Los resultados indican que la formulación dos es la más eficiente, obteniéndose con la mismas, un resultado de muerte del 50% de insectos en un número determinado, esto indica que puede ser una alternativa de plaguicida orgánico.

**Palabras clave:** Dosis letal media (DL50), Mojuelo, Plaguicida orgánico, Quinua.

## **ABSTRACT**

The production of synthetic pesticides today is commercialized on a large scale, misuse, abuse or excessive use is causing health problems, environmental pollution problems, and this creates the need to look for new alternatives of natural pesticides. The objective was to recover the residue from the scarification of quinoa by generating a new product, transforming the raw material into a final product, in addition to validating the product in the field with samples of fruit fly (*Drosophila melanogaster*). In order to obtain the pesticide, a previous investigation was made of the most effective methods for the extraction of saponin, which is the active principle of the pesticide, and several tests were carried out to conclude which method is the most efficient, since when done with the material dry premium (mojuelo) obtained greater performance of saponin, with respect to obtaining it without the drying operation. After obtaining the saponin, the formulation of the pesticide was made, two formulations were made with different concentrations of saponin extracted, the formulation one with 20 g of saponin and formulation two with 40 g of saponin, the treatments were applied based on proof of the average lethal dose with the death of 50% of insects put to the test. The results indicate that formulation two is the most efficient since it resulted in the death of 50% of insects in a certain number, this indicates that it can be an organic pesticide alternative.

**Keywords:** Median lethal dose, Mojuelo, Organic pesticide, Quinoa.

## **INTRODUCCIÓN**

La quinua es una planta herbácea que pertenece a la familia de los Chenopodiaceas (Chacchi, 2009, p. 7) se la conoce con el nombre científico de *Chenopodium quinoa willd*, ésta es considerada como uno de los alimentos más completos a nivel nutricional, mayormente se cultiva en la zona de los Andes, como en Bolivia, Perú y Ecuador.

La producción de quinua ocasiona una gran cantidad de polvillo (mojuelo), que se da por el descascarado por fricción en la quinua (escarificado o pulido), el cual es desechado sin ninguna utilidad, dando como resultado un desperdicio del residuo, esto podría ser aprovechado en diferentes procesos, conociendo que el mojuelo contiene cantidades de saponina, la cual se puede utilizar como mecanismo de control de ciertas plagas, por su actividad antimicrobiana, nematicida, inmunológicas así como

agente plaguicida, además de conferir un sabor amargo y poseer factores anti nutricionales (Núñez, 2017,p.6.).

En el Ecuador en la provincia de Chimborazo la producción de quinua ha tomado gran relevancia en los últimos años debido a la gran responsabilidad social de tener una alimentación sana. Algunas empresas que ofertan quinua a nivel nacional como internacional, generan considerables volúmenes de mojuelo que contienen saponinas y por su amargor es desechado (Zarate, 2016, p.26).

El desafío que enfrentan los productores locales, es la invasión de plagas y enfermedades que llegan a sufrir las plantas antes de poder cosechar sus frutos, por esta razón se llega a perder gran cantidad de producto debido a esta problemática. Con estos antecedentes es importante buscar nuevas alternativas de producción y de rentabilidad a las procesadoras de quinua con un nuevo producto que reemplazara los plaguicidas sintéticos.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente estudio se realizó en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en la Facultad de Ciencias en la Escuela de Ingeniería Química entre los meses de abril a mayo de 2018.

Se utilizó la cascarilla obtenida en el escarificado o pulido de granos de quinua, siendo este un subproducto que no recibe ningún tratamiento, tomando en cuenta que el mojuelo contiene saponina, constituyéndose en la materia prima para la obtención del plaguicida orgánico. Para la obtención del plaguicida orgánico se utilizó agua y alcohol al 96%.

Se realizó un muestreo estadístico por cuartiles que es una medida aplicada de posición que va ser determinado en valores que dividán un conjunto en valores iguales.

Se tomó tres pesos de un saco de 36.91 kg de mojuelo de quinua, de aproximadamente 2.11 kg en la parte inferior, media y superior del saco respectivamente, a cuál se aplicó los cuartiles dándonos un valor de 6.35 kg de mojuelo, se optó por tomar una muestra de 0.85 kg proveniente del cuartil resultante para la extracción de saponina.

## **A. Caracterización físico-químico de la materia prima (mojuelo de quinua)**

Para la obtención del plaguicida orgánico se realizó inicialmente la caracterización físico-química del mojuelo de quinua, sabiendo que para la materia prima (mojuelo de quinua) no existen normas específicas, por lo que, se tomó en cuenta Normas Técnicas Ecuatorianas y Métodos Oficiales de Análisis (AOAC), cuyos parámetros fueron densidad, pH, ceniza, humedad y determinación de contenido de saponina por el método espumoso siendo el parámetro más importante en la obtención del plaguicida orgánico.

## **B. Descripción del proceso**

Una vez caracterizada la materia prima se procedió a la elaboración del plaguicida orgánico, realizándose en dos fases para corroborar que existe una influencia en la eliminación de la humedad del mojuelo.

### **Procedimiento en base a materia prima seca**

Primero se recibió la materia prima (mojuelo de quinua) seguidamente se realizó un muestreo estadístico mediante la aplicación de cuartiles como se explicó anteriormente y se obtuvo una muestra representativa, se llevó las muestras al laboratorio donde se pesaron 850 g de mojuelo en la bandeja de secado para realizar la primera operación unitaria para la obtención de la saponina, se eliminó la humedad de la muestra en el secado de bandejas a 90 °C hasta que reveló un peso constante, continuando con el procedimiento se realiza varias operaciones unitarias que son necesarias para la extracción de saponina, se realizó la operación de maceración se preparó un litro de solución de relación 1:1, agua- etanol al 96%, se coloca una muestra de 250 g del mojuelo seco junto al disolvente en el frasco, lo cerramos herméticamente en su totalidad durante 100 horas para una buena extracción a temperatura ambiente (20°C), después de la maceración se llevó a cabo la filtración al vacío en los laboratorios de investigación y química orgánica de la Facultad de Ciencias de la ESPOCH, para obtener extracto etanólico libre de sólidos, se realizó el ensayo de espuma en el extracto, se adicionó 1 ml de agua destilada en el extracto disuelto de etanol, la misma que nos dio como resultado la presencia de saponina, se realizó la recuperación de solvente y se obtuvo el extracto, por método de extracción por destilación (Dean stark), hay que tener en cuenta la temperatura en la que empieza la

ebullición del etanol, temperatura de 78 °C y del agua en la sierra es de 92 °C. Una vez terminada la recuperación del solvente tomamos el balón y sacamos el extracto de saponina que es el producto que servirá para la formulación del plaguicida orgánico.

### **Procedimiento en base a materia prima húmeda**

El procedimiento realizado con el mojuelo omitiendo la operación de secado se realizó para comprobar si existe una influencia importante en la parte extractiva del proceso de obtención de saponina.

El procedimiento a seguir fue el mismo para la parte de la simulación con la materia prima seca con la omisión de la operación de secado, misma que influyó de manera importante en la extracción de la saponina con la disolución etanol- agua 1:1, debido a que, al no eliminar el porcentaje de humedad presente existen tantos OH<sup>-</sup> en la materia prima que no existe la posibilidad de realizar los puentes de hidrogeno necesarios para la extracción de la saponina con el disolvente utilizado.

Opuesto a lo que se podía esperar, la mezcla macerada sufrió una proliferación de microorganismos no deseados y por ende el fallido intento de la extracción solidolíquido.

### **C. Formulación del plaguicida orgánico a partir de la saponina del mojuelo de quinua**

Las formulaciones realizadas en el laboratorio con la saponina obtenida experimentalmente, se realizaron en base a la normativa de la dosis letal media (DL<sub>50</sub>), esto en función a que, al realizar una formulación aproximada se puede tomar como referencia en proporción a lo que hay que aumentar del compuesto de interés para que cumpla con la función deseada.

#### **Primera formulación**

De los 100 g de la saponina extraída en el proceso de investigación de este proyecto se tomaron 20 gr de la misma como referencia en la siguiente formulación para que cumpla con la dosis letal media (DL<sub>50</sub>).

Con respecto a los demás componentes de la formulación se aprovechó la disolución alcohol-agua recuperada para la parte de homogeneización y por ende la obtención del plaguicida orgánico. Esta formulación lleva el 5,40% de saponina, 60 % de alcohol

y 34,6% de agua.

### Segunda formulación

Para la segunda formulación se duplicó la cantidad de saponina que se consideró para la primera formulación del plaguicida. Se consideró el aumento de agua y la baja cantidad de alcohol en la nueva formulación, debido a que, en la formulación anterior se evidenciaba el olor característico del mismo. La nueva formulación en porcentaje queda con un 10,82% de saponina, 40% de alcohol y 49,18% de agua.

#### D. Validación del proceso de obtención del plaguicida orgánico.

El proceso se validó mediante la determinación de la dosis letal media ( $DL_{50}$ ). La prueba  $DL_{50}$  se aplicó en muestras de moscas de frutas (*Drosophila melanogaster*). La prueba consiste en la administración del plaguicida por medio de aspersion con un atomizador a una distancia considerable, lo que conlleva a la muerte de los insectos.



**Figura 1:** *Drosophila melanogaster*



**Figura 2:** prueba con formulación N° 1



**Figura 3:** prueba con Formulación N°. 2

#### E. Diagrama del proceso

El proceso de producción de un plaguicida orgánico, que inicia con la escarificación de la quinua y otras operaciones unitarias que transforman materia prima para llegar a la extracción de saponina del mojuelo de quinua y obtener el plaguicida orgánico se muestra en la en la figura 4.

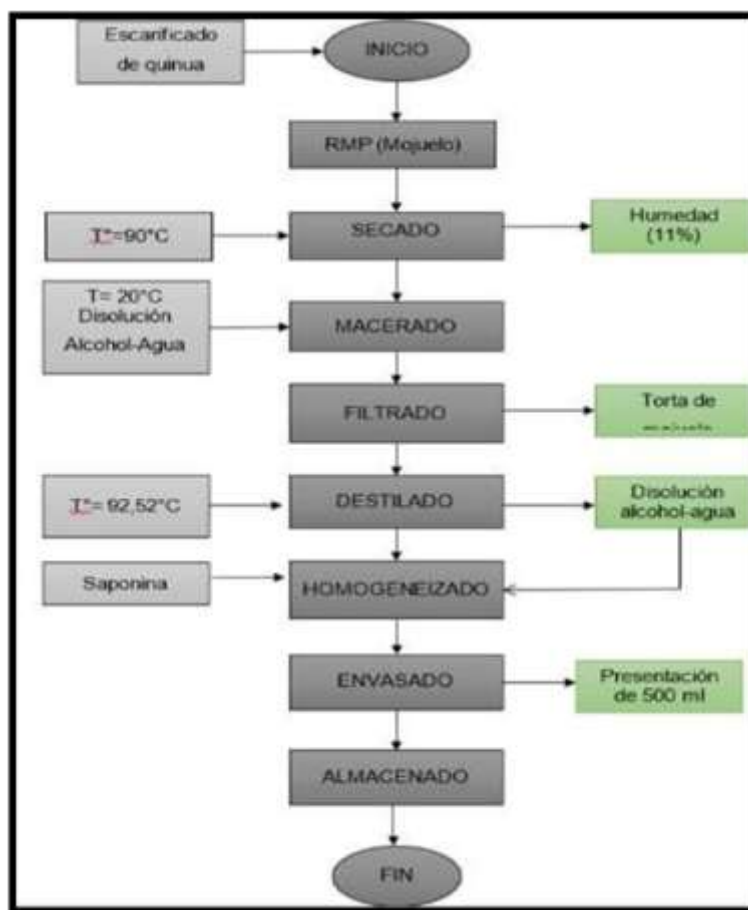


Figura 4: Diagrama de proceso

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la caracterización físico química de la materia prima (mojuelo de quinua) se obtuvo resultados óptimos para la extracción de saponina dándonos los resultados que se indica en la siguiente tabla 1.

Tabla 1: Requisitos Físicoquímicos de la materia prima.

Parámetro	Método	Unidad	Resultado
pH	INTERNO	----	6.57
Densidad 20 °C	INTERNO	g/mg	0.0927
Ceniza	AOAC 923.03	%	7.22
Humedad	AOAC 925.09	%	12.88

Fuente: SEIDLABORATORY CÍA. LTDA.

Inicialmente se realizó una caracterización de la materia prima que reveló mediante análisis previos que la cantidad de humedad de mojuelo es de 12.% aproximadamente siendo uno de los parámetros principales a considerar.

Además, se realizó la determinación de saponina en el mojuelo de quinua, encontrándose dentro del rango indicados dentro de la norma INEN 1672:88 comprendidos entre 0.005% hasta 0.36%, al compararlo con otros estudios realizados el porcentaje de saponina según Latinreco (1991), se encuentra entre 0.03%, 0.06% y 0.005%, lo que indica que la saponina del mojuelo de quinua es óptima para el proceso de elaboración del plaguicida organico.

El método más eficiente fue una destilación simple donde se pudo obtener una cantidad de saponina considerable para las formulaciones respectivas, además se tomó en cuenta el proceso de secado de la muestra antes de la maceración. Pues al realizarse las pruebas con la materia prima húmeda, la extracción sólido-líquido con etanol o una mezcla agua-etanol en proporción 1:1, genera la proliferación de microorganismos, haciendo que, la mezcla no sirva para los fines propuestos.

## **Resultados de la validación del producto**

### **Formulación N°1**

La primera formulación con 20 g de saponina sirvió como referencia para realizar la formulación válida que será utilizada para el producto final. Al realizar la prueba de la dosis letal media ( $DL_{50}$ ) en la formulación, la que está compuesta por el 5,40% de saponina, 60 % de alcohol y 34,6% de agua elaborado en 500 ml, en las dos sepas (cuerpo oscuro- ojos rojos y cuerpo oscuro- ojos blancos) de moscos de frutas (*Drosophila melanogaster*) consideradas para la validación, se obtuvo resultados muy evidentes en torno a la muerte de los insectos.

La prueba realizada con la formulación N°1, de 10 insectos vivos, murieron un promedio de 2,5 insectos, probados en dos sepas diferentes cuerpos oscuros- ojos rojos 2 de 10 insectos y cuerpo oscuro- ojos blancos 3 de 10 insectos.

Lo que indica que los insectos reaccionaron a la toxicidad del plaguicida formulado fue menor. revelando que la acción toxicológica es del 20-30%, lo que indicó que se debe doblar la cantidad de saponina para cumplir con dicha validación, pues se necesita la muerte del 50 % de los animales puestos a prueba.

### **Formulación N°2**

Por otro lado, al realizar la prueba de la dosis letal en la formulación N°2 se mostraron



resultados totalmente validos con respecto a la prueba de dosis letal media en la que se basa este proyecto

Al realizar la segunda prueba observamos que, de 10 insectos vivos, murieron exactamente 5 insectos de cada sepa lo que indica que los animales que reaccionaron a la toxicidad del plaguicida formulado es el 50 % que indica la norma de la prueba de la dosis letal (DL<sub>50</sub>).

Al comprobarse que la segunda formulación establecida es válida con respecto a la DL<sub>50</sub> se considera la misma en la elaboración del plaguicida natural a partir de saponina que ha sido extraída del mojuelo resultante de la escarificación de la quinua.

Tomando en cuenta estos aspectos la primera formulación sirvió de base para la formulación correcta validada a la prueba de dosis letal media, aplicada a dos sepas diferentes de moscas adultas (*Drosophila melanogaster*). Tomando como referencia los resultados de la primera formulación se realizaron una nueva con el doble de saponina y bajando los niveles de alcohol para disimular el olor característico del mismo. Esta nueva formulación lleva 10,82% de saponina, 40% de alcohol y 49,18% de agua, la misma que, en base a la DL<sub>50</sub>, se obtuvo la muerte del 50% de los insectos en el respectivo ensayo.

## **CONCLUSIONES**

El porcentaje de humedad reveló que la muestra analizada posee entre el 9 y 12%, la misma que, influye de manera importante en la extracción para obtener la saponina, que es el principio activo del plaguicida formulado, pues al tener humedad no se extrae favorablemente la saponina y la mezcla se descompone en poco tiempo.

La temperatura de secado del mojuelo es un factor determinante para evitar la alteración del mismo antes de la extracción de la saponina, así como, el tiempo y temperatura de maceración. Al dejar pasar las 96 horas de extracción (4 días), la disolución se puede sobresaturar.

La temperatura óptima de destilación fue de 93 °C como máxima, tomando en cuenta la temperatura de ebullición del agua en la ubicación del laboratorio.

La validación del producto obtenido se realizó mediante la determinación de la dosis letal media (DL<sub>50</sub>). En este caso se realizó la validación con dos sepas diferentes de moscas adultas (*Drosophila melanogaster*), en la que, al atomizar de una distancia

prudente con la formulación final del plaguicida, murieron 5 de 10 insectos puestos a prueba, lo que indica que el producto obtenido cumple con la prueba ( $DL_{50}$ ).

## **Bibliografía**

- Aguayo, G.F., Sánchez, V. (2003). *Metodología del diseño industrial*. Madrid. Rama.
- Armijos, M (2010). *Ingeniería Química*. Recuperado el 31 de Julio de 2018 de [https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/12413/1/20101SICQ000188\\_1.PDF](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/12413/1/20101SICQ000188_1.PDF).
- Barbera, C. (1974). *Pesticidas Agrícolas*, Barcelona, España, Omega.
- Brown, G.G. (2015). *Operaciones básicas de la Ingeniería Química*. Barcelona, España. Marin S.A.
- Carballo, J., & Locin, M. (1965). *Técnica de la Ingeniería Alimentaria*, Madrid, España. Dossat.
- Chacchi K. (2009). *Demanda de la quinua (Chenopodium quinoa Willdenow)* (tesis maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Gere, J., Timoshenko, M. (2009). *Resistencia de Materiales*, Madrid, España, cengage Learning.
- Maggi, M. E. *Insecticidas Naturales*, Buenos Aires, Argentina. Ceprococ
- McCabe, W., Smith, J., & Harriott, P. (2007) *Operaciones unitarias en ingeniería química*. México, México. MG. Hill.
- Medicinal Plants. (2016). *Saponinas - Farmacognosia. Plantas medicinales*. Recuperado de <https://www.plantas-medicinal-farmacognosia.com/temas/glucosidos/saponinas/>
- Núñez V. (2017). *El plaguicida orgánico de los residuos del lavado de la quinua (Chenopodium quinoa) y los nematodos en cultivo en papas (Solanum tuberosum) en el cantón Quero* (tesis maestría). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.
- Sangronis, E., Unai, EBarazarte H., (18 de marzo de 2008). La cáscara de cacao (Theobroma cacao L.): Una posible fuente comercial de pectinas, *SciELO*.

Recuperado de  
[http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S000406222008000100009&script=sci\\_arttext&tIng%20=en](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S000406222008000100009&script=sci_arttext&tIng%20=en)

Tícona, E., Carrasco C., Flores Y., Almanza, Giovanna R. Lozano M., Universidad Boliviana (System), M., (12 de octubre de 2012). Cuantificación de saponinas en residuos de quinua real *chenopodium quinoa* willd. *Revista boliviana de química*.

Recuperado de

[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S025054602012000200002&script=sci\\_arttext&tIng=esc](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S025054602012000200002&script=sci_arttext&tIng=esc)

Zarate C. (2007). *Extracción de quina*. Cali, Colombia, Universidad Nacional de Colombia.

