

# Evaluación preliminar del uso de residuos del cultivo de papa como fuente de solanesol

Preliminary studies on the use of potatoes harvest residues as solanesol source.

Luis Carlos Torres-Vergara<sup>1</sup>, Gina Marcela Hincapié-Triviño<sup>2</sup>, Rolando Barrera-Zapata<sup>3</sup>  
<sup>1,3</sup>Grupo CERES, - Agroindustria & Ingeniería- Departamento de ingeniería química, Facultad de ingeniería, Universidad de Antioquia. U de A, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia; <sup>2</sup>Grupo Catálisis Ambiental y Energías Renovables CAMER, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia, rolando.barrera@udea.edu.co

**Resumen**— Durante la cosecha de papa se genera un relativo alto volumen de hojas (residuos) por hectárea cultivada. De acuerdo con la literatura, estas hojas pueden contener metabolitos secundarios como el solanesol, sustancia de alto valor agregado y amplia aplicabilidad en la industria farmacéutica y de cosméticos. En la presente contribución se describe la extracción de solanesol por medio de solventes orgánicos, a partir de hojas de papa recolectadas en cultivos del oriente antioqueño y su cuantificación usando titulación iodométrica indirecta, técnica de relativo bajo costo y fácil implementación. Se determinaron rendimientos entre 0.23 y 0.32 % p/p de solanesol respecto al material seco, resultados comparables con otras técnicas, por ejemplo, la extracción asistida por microondas y materias primas como las hojas de tabaco, comúnmente usadas para la obtención del metabolito. La presente investigación constituye un aporte tanto en la extracción como caracterización del solanesol de una manera económica con fines de comercialización.

**Palabras clave**— hoja de papa, extracción por solventes, titulación iodométrica, valoración de residuos.

**Abstract**— During potato's harvest, a relatively high volume of leaves (residues) is generated per hectare. According to the literature, these leaves may contain secondary metabolites such as solanesol, a substance of high added value and wide applicability in pharmaceutical and cosmetic industries. The present contribution describes the extraction of solanesol from potato leaves harvested in Antioquia by means of organic solvents, and the use of indirect iodometric titration for solanesol quantification, corresponding to a relative inexpensive and easy implementation technique. Yields between 0.23 and 0.32% wt/wt of solanesol relative to the dry material were obtained. This results are comparable with other techniques (i.e., microwave assisted extraction) and other raw materials (i.e., tobacco leaves), commonly used to obtain the metabolite. The present research constitutes a contribution for the extraction and characterization of the solanesol for marketing purposes).

**Key Word** — Potato leaf, solvent extraction, iodometric titration, waste assessment.

## I. INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum*), al igual que el tomate y el tabaco pertenece a la familia solanácea [1]. Es un tubérculo significativo en la dieta humana que aporta proteínas, energía, minerales y vitaminas, de allí que se ubique con el maíz y el trigo entre los alimentos más importantes a nivel mundial. Se cultiva normalmente entre 2.000-3.500 m.s.n.m y temperaturas entre 12-14 °C [2], lo que hace que en países como Colombia su cultivo sea generalizado a lo largo de todo el territorio. De acuerdo a [3], en Colombia el cultivo de la papa constituye el eje fundamental de la economía en 283 municipios e involucra más de 90.000 familias, principalmente en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Antioquia y Nariño. En promedio, anualmente se cultivan en el país alrededor de 130.000 hectáreas, principalmente de variedades como Diacol Capiro, ICA Purace e ICA Nevada, entre otras; mientras que el consumo interno registra datos cercanos a las 2'700.000 toneladas anuales [4].

Durante la recolección del tubérculo se generan gran cantidad de residuos de cosecha (principalmente tallos y hojas) que son desechados en la misma área de cultivo. Si bien estos residuos no representan, ni generan ningún riesgo de contaminación hasta ahora reportado, de acuerdo a la literatura representan una fuente potencial de metabolitos secundarios de alto valor agregado, como el solanesol [5], Figura 1.

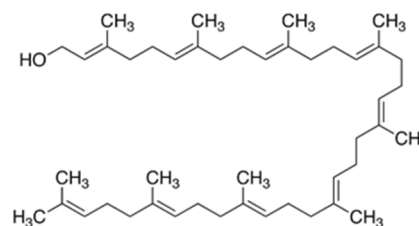


Fig. 1. Estructura química del solanesol.

El solanesol ( $C_{45}H_{74}O$ ), es un alcohol terpenoide de cadena carbonada larga, de alto interés como aditivo alimentario y como precursor en la síntesis de quinonas metabólicamente activas como la coenzima Q10 [6]. Puede ser utilizado como antioxidante de los lípidos y en la preparación de medicamentos para el corazón, debido a sus propiedades como estimulante cardíaco. También se le atribuyen propiedades antibacterianas, anti-úlceras y anti-inflamación. El valor comercial del solanesol depende de su grado de pureza, en algunas casas comerciales se cotiza entre 6 – 11 US/mg [7]. En China su extracción a partir de la hoja del tabaco con fines comerciales ha sido ampliamente estudiada [6,8-12]. Los rendimientos reportados para el proceso de extracción son muy variados, con valores que van desde 0.03 %p/p hasta 0.4 %p/p de solanesol respecto a las hojas secas [5] y que dependen principalmente de la técnica de extracción y la materia prima utilizada. Entre los métodos de extracción más comunes se reportan la extracción asistida por microondas, extracción Soxhlet, extracción con fluidos supercríticos y la extracción a reflujo con solventes [9,11]. Si bien la extracción a reflujo suele presentar menores rendimientos, es a la vez una técnica de fácil implementación y de menores requerimientos en cuanto a la inversión en equipos.

En cuanto a la cuantificación de solanesol, uno de los métodos más utilizados es la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) [6] que, si bien es una técnica bastante confiable, el tiempo de operación, la preparación de columnas, el uso de estándares, etc., hacen que sea una técnica relativamente costosa. Como alternativa, Ya-Wen y Jian [10] reportaron un método rápido y eficiente para la cuantificación de solanesol en extracto de hoja de tabaco utilizando titulación yodométrica indirecta, en la cual, se utiliza ácido acético para diluir el extracto de hojas de tabaco, posteriormente se agrega dibromo ( $Br_2$ ) para precipitar el solanesol, y a continuación se adiciona una solución de yoduro de potasio (KI) para consumir el exceso de  $Br_2$ , el yodo en exceso se titula en presencia de almidón como indicador y tiosulfato de sodio ( $Na_2S_2O_3$ ) como agente titulante. El proceso se encuentra detallado en [10] y se fundamenta en que los nueve enlaces dobles presentes en la estructura del solanesol se rompen con la adición de  $Br_2$  que es un agente oxidante fuerte, formando enlaces C-Br mediante reacciones de sustitución. Por su parte, el exceso de  $Br_2$  se consume con la adición de una solución de yoduro de potasio, y a su vez la cantidad de yodo se calcula mediante titulación con la solución de tiosulfato [10].

Tradicionalmente y por motivos de tipo económico, social y/o educativo, las personas que se dedican a las labores de agricultura enfocan sus esfuerzos en las labores de siembra, cosecha, alistamiento y venta del producto final, y en ningún caso al aprovechamiento o industrialización de los residuos agrícolas. El eventual aprovechamiento de residuos del cultivo de papa como fuente de productos de valor agregado representaría una alternativa de desarrollo socio-económico a los cultivadores de papa. Es por ello que en esta contribución se presenta una exploración preliminar orientada a determinar si las hojas que constituyen un residuo del cultivo de papa de

una región rural de Colombia, representan una fuente significativa de solanesol como para considerar su extracción con fines comerciales, y de este modo servir como insumo para evaluar el potencial aprovechamiento de los residuos de cosecha de cultivo de papa para la obtención de productos de valor agregado. Por tratarse de una primera exploración, la extracción de solanesol se realizó por extracción con solventes y la cuantificación por titulación yodométrica indirecta, es decir, usando las técnicas que resultan en forma relativa más económicas y fáciles de adaptar.

## II. EXPERIMENTAL

El proceso incluyó etapas físicas como la recolección de las hojas, secado, molienda y tamizaje. Posteriormente se realizaron procesos fisicoquímicos que incluyeron la saponificación previa del material, extracción por solventes, cristalización y cuantificación mediante titulación yodométrica indirecta. Las etapas fisicoquímicas (saponificación, extracción, cristalización y cuantificación) se desarrollaron de manera independiente para tres muestras de material seco y tamizado. En estudios posteriores se estudiará detalladamente diferentes tecnologías y condiciones de operación para cada una de las etapas tanto físicas como fisicoquímicas, con el objeto de determinar las más apropiadas para la extracción de solanesol con fines de comercialización.

### A. Recolección del material vegetal

El material se recolectó en un cultivo de papa variedad ICA nevada, ubicado en la finca “El Plan” de la Vereda Guamal jurisdicción del municipio de San Vicente Ferrer, en el oriente Antioqueño, en un área cultivada de aproximadamente una hectárea (Figura 2), a unos 2150 m.s.n.m y con una georreferenciación en coordenadas  $6^{\circ}17'32.3''$  N  $75^{\circ}15'25.2''$  W. Si bien [13] afirman que el rendimiento esperado para el cultivo de papa en la región es entre 12-15 ton/ha, algunos cultivadores manifiestan que, siguiendo recomendaciones de buenas prácticas agrícolas, hay ocasiones en que solo se obtienen rendimientos entre 5-6 ton/ha. Las hojas se recolectaron al azar 90 días después de la siembra, es decir cuando el cultivo se encuentra en su etapa de maduración, con el propósito de no interferir en la producción normal del tubérculo.

### B. Secado del material vegetal

El proceso de secado se realizó exponiendo el material vegetal húmedo a la radiación solar, distribuyendo las hojas frescas sobre un material plástico con un área de  $6\text{ m}^2$  y registrando regularmente el peso del material hasta que fue constante y se observó que las hojas habían perdido su humedad y tomaron una apariencia quebradiza. Durante el proceso se tuvo especial precaución de proteger el material frente a eventos ambientales desfavorables, como vientos fuertes y lluvias.



Fig. 2. Fotografía del cultivo de papa donde se realizó la recolección del material. Finca "El Plan", Vereda Guamal, San Vicente Ferrer, Antioquia.

### C. Molienda y tamizaje del material vegetal seco

El material seco se sometió a un proceso de molienda en un molino de bolas cerámico cargado con 10 bolas grandes, 12 medianas y 20 pequeñas, a una velocidad del 40 % durante 5 minutos. Para el tamizado se usaron tamices ASTM de mallas número 40 y 60.

### D. Saponificación

De acuerdo con reportes en la literatura, la saponificación del material vegetal facilita la posterior extracción de solanesol [6]. La saponificación fue realizada sobre 20 gramos de material vegetal (seco y tamizado) con 200 mL de solución de hidróxido de potasio etanólico al 2%, en un baño de agua con agitación magnética a 75 rpm (60°C, 4 horas), cuidando evitar la presurización del sistema. Se realizaron dos pruebas diferentes, una utilizando etanol 95% y otra con etanol 99.9%

### E. Extracción

Posterior a la saponificación, el material se recuperó por filtración y se llevó al proceso de extracción utilizando 200 mL de hexano durante 3 h, a 60 °C y 75 rpm. El sistema de extracción (Figura 3), incluyó planchas de agitación magnética, matraz de 500 mL fondo plano, baño de calentamiento, condensador de tipo serpentín y un recirculador LAUDA Alpha RA 8 con el que se mantuvo la temperatura del refrigerante (agua) en 17 °C.

### F. Cristalización

La cristalización y lavado, cuyo objeto es aumentar la pureza del material extraído fue realizado usando acetonitrilo grado HPLC como solvente. Luego de la extracción, el sobrenadante se separó por decantación y seguidamente se centrifugó a 5000 rpm por cinco minutos. Posteriormente se llevó a un rotaevaporador (Heidolph®) a 100 rpm, 40 °C y presión de vacío de 335 mbar hasta sequedad. Por último, se lavó dos

veces con acetonitrilo y metanol y se almacenó a -20°C hasta su análisis para la cuantificación del solanesol.



Fig. 3. Sistema de extracción

### G. Cuantificación

La cuantificación de solanesol se realizó por titulación yodométrica indirecta, para lo cual se prepararon 5 soluciones (ver Tabla 1) de acuerdo a recomendaciones descritas en [10].

Todos los reactivos utilizados fueron de la casa J.T. Baker y se usaron sin tratamientos previos. Todas las soluciones preparadas se almacenaron en ausencia de luz.

Solución No.	Descripción
1	Tiosulfato de sodio (0.05 M)
2	Material extraído (0.03g/mL)
3	Bromato de potasio (0.06765 M)
4	Ioduro de potasio (1.0 M)
5	Almidón soluble (5 g/L)

Tabla 1. Soluciones preparadas para la cuantificación yodométrica de solanesol.

Preliminarmente se preparó la solución No. 1, correspondiente a una solución de tiosulfato de sodio 0.05 M, disolviendo 6.3 g  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  en 500 mL de agua desionizada y agregando aproximadamente 0.1 g  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . La solución se almacenó durante 7 días en una botella de color ámbar y luego se estandarizó. La solución No. 2 correspondió a las soluciones del material extraído, para lo cual se prepararon muestras de cada uno de los extractos usando 0.03 g de extracto en 1 mL de ácido acético glacial. La solución No. 3 consistió en una solución 0.06765 M de  $\text{KBrO}_3$  que se preparó disolviendo 1.1297 g  $\text{KBrO}_3$  y 5.6 g de  $\text{KBr}$  en agua desionizada y aforando a 100 mL. La solución No. 4 ( $\text{KI}$  1.0 M) se preparó con 16.52 g de  $\text{KI}$  disuelto en agua y aforando a 100 mL. Por último, la solución No. 5 (5 g/L de almidón soluble) se preparó disolviendo 0.5 g de almidón soluble en 5 mL de agua, mezclando hasta obtener una pasta que luego se vertió en 90 mL de agua hirviendo, manteniendo la cocción dos minutos. Luego se dejó enfriar y se llevó a un matraz de 100 mL, donde se diluyó con agua hasta el aforo. Esta solución No. 5 se utilizó como indicador en las titulaciones.

Para las titulaciones se tomaron 2.00 mL de solución No. 2 y se transfirieron a un Erlenmeyer de 250 mL, a continuación se añadieron 13 mL de ácido acético glacial y 5.00 mL de la solución No. 3, agitando suavemente durante 5 min mientras el solanesol y el  $\text{Br}_2$  precipitaban completamente. Después se adicionaron 5 mL de la solución No. 4 y se dejó reposar entre 5-8 minutos en ausencia de luz. Posteriormente se tituló con la solución No. 1 hasta la aparición de un color amarillo pálido, momento en que se adicionó 2 mL de la solución No. 5 (usada como indicador y que torna la solución de color oscuro), y se continuo la titulación hasta que la solución se aclaró, siendo este el punto final.

La cantidad de solanesol en cada muestra se calculó de acuerdo a la ecuación 1, donde M representa el peso molecular del alcohol [10].

$$\text{Solanesol} = \frac{1}{9} \left( 3C_{\text{KBrO}_3} V_{\text{KBrO}_3} - \frac{1}{2} C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \right) * M \quad (1)$$

Para determinar la concentración de la solución de tiosulfato de sodio, se tomó 1.0 mL de solución No. 3 se llevó a un Erlenmeyer de 250 mL, al que se le adicionaron 5 mL de ácido acético glacial y se mantuvo con agitación durante 2 minutos, luego se dejó reposar entre 5-8 min. A continuación, se añadieron 5 mL de solución No. 4, y se llevó a oscuridad durante 5-8 min. Seguidamente se tituló con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  hasta la aparición de un color amarillo pálido, se agregaron 2 mL de la solución No. 5 y se continuo la titulación hasta la desaparición del color azul que indico el final. La concentración de la solución de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  se estimó con la ecuación 2 [10]. Todas las titulaciones se realizaron por triplicado para garantizar la reproducibilidad de los resultados.

$$C_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = \frac{6C_{\text{KBrO}_3} V_{\text{KBrO}_3}}{V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}} \quad (2)$$

### III. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### A. Recolección y preparación de las hojas de papa

Durante la etapa de recolección se tomaron 11.5 kg de hojas frescas aleatoriamente en el cultivo. El material se sometió al proceso de secado por 7 días de la manera descrita anteriormente. En la Figura 4 se presenta una fotografía donde se observa la apariencia de las hojas antes y después del proceso de secado, al final del cual, el material registró 1.7 kg, lo cual indica un porcentaje de humedad de 85.21.

Después de la molienda y tamizaje, se utilizó el material que pasó la malla 40 y quedó retenido en la malla 60, es decir, material con un diámetro de partícula entre 0.250 y 0.425 mm.

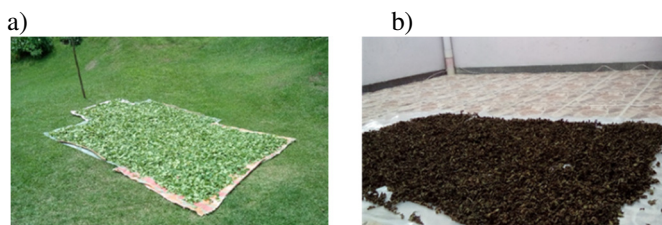


Fig. 4. Apariencia del material vegetal (hojas de papa) antes (a) y después (b) del proceso de secado.

#### B. Extracción y cuantificación

La Figura 5 ilustra los cambios de coloración típicos observados durante las titulaciones.

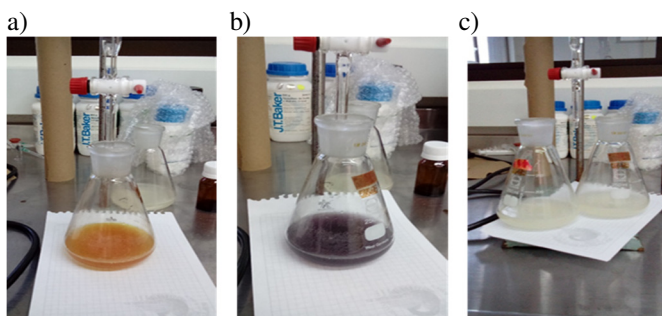
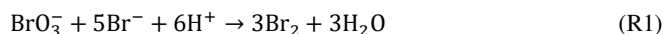
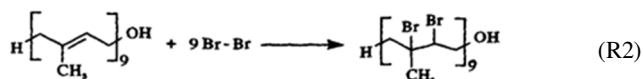


Fig. 5. Cambios de coloración observados en la titulación yodométrica indirecta de solanesol: (a) aparición de color amarillo pálido, (b) cambio de color con la adición del indicador (almidón), (c) punto final.

Durante las titulaciones, al mezclar la solución de bromato de potasio (solución 3, Tabla 1) con el ácido acético glacial, se forma  $\text{Br}_2$  de acuerdo a la reacción R1



Por su parte, el  $\text{Br}_2$  reacciona con los 9 enlaces insaturados del solanesol, de acuerdo a la reacción R2, y el exceso ( $\text{Br}_2$ ) reacciona con el yoduro disponible proveniente de la solución 4 (reacción R3).



El  $\text{I}_2$  formado en la reacción R3 reacciona con la solución valorante de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  de acuerdo a la reacción R4.



Y por lo tanto la estequiometría para la cuantificación de solanesol (ecuación 1) es  $\text{C}_{45}\text{H}_{74}\text{O} : 9\text{Br}_2 : 3\text{KBrO}_3 : \text{KI} : 18\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . De manera análoga, la estequiometría para la estandarización de la solución de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (ecuación 2) es:  $\text{KBrO}_3 : 6\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

Para los experimentos realizados utilizando diferente grado de etanol en la etapa de saponificación se obtuvo resultados

diferentes (Tabla 2), lográndose mayores rendimientos con el etanol de mayor pureza, resultado que permite inferir que otras variables de operación o diferentes tecnologías adaptadas a las etapas del proceso, eventualmente permitirían aumentar los rendimientos logrados con los procedimientos simples utilizados en esta investigación.

	Etanol 95%		Etanol 99.9%	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Solanesol (g)	0.047	0.005	0.063	0.006
Rendimiento* (%) p/p	0.235	0.025	0.317	0.03

Tabla 2. Cantidad de solanesol obtenido a partir de residuos del cultivo de papa.

\* Estimado con relación a la cantidad de material seco usado para la extracción.

Las etapas que se siguieron en esta investigación para la recolección, secado y preparación del material vegetal (residuos) y para la extracción (por solventes) y cuantificación de solanesol (titulación yodométrica indirecta) resultan en su totalidad de relativa fácil adaptación. Su implementación, además de sencilla, no requiere equipos de análisis costosos ni mano de obra altamente calificada. Por esas razones pueden ser fácilmente incorporadas por pequeños y medianos cultivadores de papa que deseen valorar residuos propios de sus cultivos y generar fuentes de ingresos alternativos sin abandonar sus actividades cotidianas. Si bien la cantidad total de solanesol extraído en cada caso es relativamente baja, el valor comercial que este producto registra en casas comerciales resulta alentador para considerar su extracción a partir de residuos de cultivo de papa con fines de comercialización. Si bien se requiere mayor investigación para evaluar el efecto de otras tecnologías, metodologías y/o parámetros de operación (por ejemplo condiciones geográficas, momento de la cosecha o variedad de papa para la obtención de los residuos, tecnologías para el proceso de secado y preparación de la muestra, técnicas de extracción, materiales y métodos en las diferentes etapas del proceso, etc.), los resultados de esta investigación muestran que sí es posible obtener este metabolito a partir de un residuo que actualmente no tiene ningún valor comercial.

#### IV. CONCLUSIONES

Se determinó la presencia de solanesol en residuos del cultivo de papa (hojas) del oriente antioqueño utilizando extracción con solventes para su aislamiento y titulación yodométrica indirecta para su cuantificación. Si bien los resultados son preliminares y se requiere mayor investigación para determinar el efecto de variables de operación y otras tecnologías a través de todas las etapas del proceso, los rendimientos observados (entre 0.23 y 0.32%) con procedimientos simples y de fácil adaptación son comparables con reportes de la literatura donde se utilizan otras tecnologías y procedimientos.

Se concluye que las hojas del cultivo de papa pueden utilizarse como fuente de solanesol y que su extracción con solventes puede considerarse con fines de comercialización como alternativa de desarrollo para pequeños y medianos cultivadores de papa.

#### REFERENCIAS

- [1] Font Quer, P. (2000). Diccionario de Botánica. [Online], Available: <https://es.scribd.com/document/127554885/Diccionario-Botanica-Pio-Font-Quer>
- [2] Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). “Manual de Papa”, 1–54. [Online], Available: <http://doi.org/http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14306/Papa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [3] Finagro (5 octubre de 2016) “Sector papero se prepara para aumentar el consumo de papa en Colombia”. Bogotá. [Online], Available: <https://www.finagro.com.co/noticias/sector-papero-se-prepara-para-aumentar-el-consumo-de-papa-en-colombia>
- [4] Economía y negocios. (6 octubre de 2016). “Consumo de papa cae en 24 libras-año por persona”, El Tiempo. [Online], Available: <http://www.eltiempo.com/economia/sectores/consumo-de-papa-en-colombia/14367638>
- [5] M. A Taylor, and P. D. Fraser, “Solanesol: Added value from Solanaceous waste,” *Phytochemistry*, vol. 72 (11–12), pp. 1323–1327. 2011. <http://doi.org/10.1016/j.phytochem.2011.03.015>
- [6] J. Chen, X. Liu, X. Xu, F. S. Lee, and X. Wang, “Rapid determination of total solanesol in tobacco leaf by ultrasound-assisted extraction with RP-HPLC and ESI-TOF/MS,” *J Pharm Biomed Anal*, vol. 43 (3), pp. 879–885, 2007. <http://doi.org/10.1016/j.jpba.2006.09.003>
- [7] Sigma-Aldrich (24 enero 2017). Catálogo de productos. [Online]. Available: <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/s8754?lang=en&region=CO&gclid=CM-Q09j0t9ICFcJEHgodTF0ACw>
- [8] H. Y. Zhou, and C. Z. Liu, “Rapid determination of solanesol in tobacco by high-performance liquid chromatography with evaporative light scattering detection following microwave-assisted extraction,” *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci*, vol. 835 (1–2), pp. 119–122, 2006. <http://doi.org/10.1016/j.jchromb.2006.02.055>

[9] R. A. Srinivasa, and B. R. Bhavani, "A new method of extraction, isolation and determination of solanesol from tobacco waste (*nicotiana tobacum l.*) by non-aqueous RP-HPLC," *Int J Pharm Pharm Sci*, vol. 6 (2), pp. 2–5, 2014. Available: <http://www.ijppsjournal.com/Vol6Issue2/8997.pdf>

[10] W. Ya-Wen, and L. Jian, "Test solanesol (SOL) with indirect iodometry," *Appl Chem Ind*, vol. 38 (11), pp. 1688–1691, 2009.

[11] C. Zhao, Y. Zu, and C. Li, "Extraction of solanesol from tobacco (*Nicotiana tobaccum L.*) leaves by bubble column," *Chem. Eng. Process*, vol. 48, pp. 203–208, 2009. <http://doi.org/10.1016/j.cep.2008.03.005>

[12] W. Huang, Z. Li, H. Niu, J. Wang, and Y. Qin, "Bioactivity of solanesol extracted from tobacco leaves with carbon dioxide-ethanol fluids," *Biochem Eng J*, vol. 42 (1), pp. 92–96, 2008. <http://doi.org/10.1016/j.bej.2008.06.002>

[13] C. A. Herrera, L. H. Fierro, y J. D. Moreno, (2000). "Manejo integrado del cultivo de la papa". Corpoica. [Online]. Available: [https://books.google.com.co/books?id=84IJ3KnbcFQC&prints=ec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=84IJ3KnbcFQC&prints=ec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).