

## Química Verde en la Agroindustria del Cannabis

*Sandra Jiménez Abella<sup>1</sup>, Mauricio Pieschacon<sup>2</sup>, Johana Niño Abella<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Cannabis Industrial SAS, Colombia*

*<sup>2</sup>Medicannabis SAS, Colombia*

*<sup>3</sup>GIECE – Grupo de Investigación y Estudio del Cannabis y otros Enteógenos  
Bogotá, Colombia*

**Resumen:** En las agendas políticas del país de las últimas administraciones se ha observado la inclusión de componentes relacionados con la Biodiversidad, la Biotecnología, la Bioprospección, el Biocomercio y la Bioeconomía, no solo a nivel del Plan Nacional de Desarrollo sino también en lo regional y local (DNP, 2011), identificándose la gran importancia que tiene para nuestro país adelantar estudios e investigaciones que conduzcan a la obtención de productos de origen biológico con un alto valor agregado, incluyéndose en esta agenda a la planta de cannabis.

La realidad que se vive en este momento en Colombia respecto a la posibilidad de realizar actividades productivas con la planta de cannabis de forma legal, trae consigo una serie de compromisos y retos en cuanto al desarrollo de una agroindustria del cannabis fortalecida y con un futuro promisorio, requiriéndose la inversión en infraestructura para laboratorios analíticos y de transformación, así como en la formación de recurso humano de alto nivel.

Uno de los estadios más importante en la cadena productiva de la industria del cannabis es la transformación agroindustrial, al respecto se analiza la gran oportunidad que se tiene en el país de diseñar e implementar una agroindustria del cannabis que se diferencie de la agroindustria tradicional, cuestionada por sus impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana, en relación a las emisiones y los subproductos generados, así como por la gran cantidad de recurso hídrico consumido, entre otras implicaciones que trascienden a planos socioeconómicos (por ejemplo la problemática por el uso, tenencia y acceso a la tierra).

En este panorama, desde las posibilidades para los procesos de extracción de metabolitos presentes en la planta de cannabis, se encuentra una alternativa en la Química Verde (también llamada Química Sostenible), permitiendo la utilización de la biomasa de la planta de cannabis como una materia prima renovable de alto valor.

En el presente trabajo se muestran los avances en la investigación efectuada para establecer condiciones óptimas y parámetros para la estandarización de la transformación agroindustrial realizada sobre las florescencias femeninas de cannabis, implementando procesos amigables con el medio ambiente y la salud humana, en los que no se utilicen ni se generen sustancias químicas peligrosas, en esencia procesos fundamentados en la Química Verde, entre estos procesos se destacan: la separación mecánica de tricomas (a temperatura ambiente y a baja temperatura utilizando hielo seco), el macerado dinámico con base oleaginosa, la extracción alcohólica, el prensado en caliente, la extracción con arrastre por vapor, así como la extracción con dióxido de carbono en estado supercrítico.

---

**Palabras Clave:** Química Verde, Transformación Agroindustrial, Cannabis.

---

## INTRODUCCIÓN

En la agroindustria del cannabis la química verde aborda grandes desafíos relacionados con el diseño de procesos de extracción que maximicen la obtención de los metabolitos secundarios deseados y minimicen los subproductos generados, así como la construcción de estrategias que simplifiquen operaciones en producciones químicas y que permitan una ergonomía en la materia prima de partida desarrollando novedosas líneas de procesos, estableciendo procesos de transformación a un bajo consumo de energía, junto a la implementación de solventes verdes que sean ambiental y ecológicamente benéficos (Chao-Jun Li, 2008) como en dióxido de carbono en condiciones supercríticas.

En general se conocen 12 principios rectores para la Química Verde, desarrollados por Paul Anastas y John C. Warner, de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Anastas Paul T., 1998), estos son:

1. Prevención. Es mejor prevenir la formación de residuos que tratar de limpiar luego de su formación.
2. Eficiencia atómica. Los métodos sintéticos deben ser diseñados para conseguir la máxima incorporación en el producto final de todas las materias usadas en el proceso.
3. Síntesis segura. En cuanto sea posible, se deben diseñar metodologías sintéticas para el uso y la generación de sustancias con escasa toxicidad humana y ambiental.
4. Productos seguros. Se deben diseñar productos químicos que, preservando la eficacia de su función, presenten una toxicidad escasa.
5. Disolventes seguros. Las sustancias auxiliares (disolventes, agentes de separación, etc.) deben resultar innecesarias en lo posible y al menos deben ser inocuas.
6. Eficiencia energética. Las necesidades energéticas deben ser consideradas en relación a sus impactos ambientales y económicos. Los métodos sintéticos deben ser llevados a temperatura y presión ambiental.
7. Fuentes renovables. Las materias de partida deben ser renovables y no extinguidas, en la medida que esto resulte practicable técnica y económicamente.
8. Evitar derivados. La formación innecesaria de derivados (bloqueo de grupos, protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos) debe ser evitada en cuanto sea posible.
9. Catalizadores. Los reactivos catalíticos (tan selectivos como sea posible) son superiores a los estequiométricos.
10. Biodegradabilidad. Los productos químicos han de ser diseñados de manera que, al final de su función, no persistan en el ambiente, sino que se fragmenten en productos de degradación inerte.
11. Polución. Se deben desarrollar las metodologías analíticas que permitan el monitoreo a tiempo real durante el proceso y el control previo a la formación de sustancias peligrosas.
12. Prevención de accidentes. Las sustancias y las formas de su uso en un proceso químico, deben ser elegidas de manera que resulte mínima la posibilidad de accidentes. (Mestres., 2013)

Partiendo de los 12 principios anteriores, se han seleccionado y experimentado con diferentes procesos para la obtención de derivados de cannabis, explicándoles a continuación.

## 1. PROCESOS SELECCIONADOS PARA LA OBTENCIÓN DE DERIVADOS DE CANNABIS

La selección de estos procedimientos se realizó con base en los 12 principios descritos anteriormente, teniendo en cuenta la sencillez, el bajo consumo de energía, la calidad e inocuidad de los extractos obtenidos, el rendimiento, entre otros, así como un número de operaciones reducidas para desarrollar las líneas de proceso, que son básicamente extracciones sucesivas que permiten la obtención de extractos de diferentes características y calidades.

### 1.1 Separación Mecánica de Tricomas

En las florescencias femeninas de la planta de cannabis se encuentran unas glándulas denominadas tricomas, en las que ocurre la biosíntesis de terpenos y cannabinoides (dos de las moléculas de interés más importantes presentes en el cannabis). Con este procedimiento es posible obtener un extracto básico de una forma relativamente sencilla, realizándose a temperatura ambiente o en frío (utilizando hielo seco o nitrógeno líquido), en cualquier caso el resultado final es un concentrado de tricomas.

El paso de estado sólido a gaseoso directamente (sin pasar por una fase líquida) se denomina sublimación; la temperatura de sublimación del dióxido de carbono es de  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ , siendo de gran ventaja la utilización del hielo seco (dióxido de carbono) para congelar las florescencias de cannabis porque no deja residuos húmedos, evitando la proliferación de bacterias. Una baja temperatura en la biomasa de partida posibilita el máximo aprovechamiento de cannabinoides y terpenos, esto por la facilidad con la que se separan los tricomas de la materia orgánica, recomendándose que las florescencias de cannabis también se encuentren congeladas. La capacidad de refrigeración del hielo seco es mucho mayor que la del hielo común (Growland., 2018).

De 150 gr se obtienen 8gr de concentrado de tricomas de 1era calidad y 26gr de mediana calidad que pueden ser llevados a un proceso de prensado en caliente o utilizarse directamente para alguna preparación; esto varía dependiendo de las características del material vegetal de partida.

Tabla 1: Ficha técnica de la extracción mecánica de tricomas a temperatura ambiente

Método de extracción:	Cantidad material:
Separación mecánica de tricomas a temperatura ambiente	150g de flor femenina enteras.
Equipos usados	
Equipo especialmente diseñado para la separación mecánica de los tricomas; se basa en movimientos de agitación a través de un eje de rotación central, llevando las florescencias de cannabis contra las paredes del cilindro, que son de material de malla, facilitando la caída de los tricomas al exterior del cilindro.	
Reactivos usados	
Se utiliza hielo seco (5kg) para congelar y triturar facilitando la separación mecánica de los tricomas.	

Fuente: (Jiménez, Pieschacon, Niño, 2017)

Figura 1: Separador mecánico de tricomas para extracciones a temperatura ambiente.



Fuente: (Jiménez, Pieschacon, Niño, 2017)

Tabla 2: Ficha técnica de la extracción con hielo seco

Método de extracción:	Cantidad material:
Separación mecánica de tricomas en hielo seco	150g de flor femenina enteras.
Equipos usados	
Kit de separación, compuesto por un recipiente y 3 mallas de diferentes tamaños (malla gruesa de 190 micrómetros, sobre la que se monta una de 70, y otra más fina de 25 micrómetros).	
Reactivos usados	
Se utiliza hielo seco (5kg) para congelar y facilitar la trituración mecánica.	

Fuente: (Jiménez, Pieschacon, Niño, 2017)

Figura 2: Kit para la extracción de tricomas en frío.



Fuente: (Jimenez, Pieschacon, Niño, 2017)

## 1.2 Macerado Dinámico en Base Oleaginosa

La técnica se basa en la utilización de un aceite de origen vegetal (los aceites de olivas, coco, canola y caléndula son los más empleados) como solvente en un medio con agitación constante, esto se basa en la naturaleza liposoluble de los cannabinoides. Los extractos obtenidos por este método son de gran calidad en cuanto al contenido en terpenos y cannabinoides, si se le compara con otras técnicas (Luigi L Romano, 2013).

Las principales variables del proceso son: la temperatura y el tiempo de la agitación; las r.p.m. y la relación masa/volumen entre la biomasa vegetal y el solvente no se incluyen, porque luego de varias extracciones se han estandarizado dejándoles a un valor constante.

### 1.2.1 Macerado Dinámico Con Aceite De Coco

Se toman las flores femeninas del cannabis previamente secas y manicuradas (se les ha retirado el exceso de hojas, dejando solo las agrupaciones de flores femeninas); se separan de las ramas, se trituran, se pasan por el tamiz de 1mm, se pesan 60g de este triturado.

Aparte se programa el extractor para 8 horas a 60°C. Se introducen los 60g del triturado, se adicionan 500ml de aceite de coco, se revuelve bien, se tapa el extractor dando inicio al ciclo de extracción programado.

Al cabo de la extracción, se deja reposar, enfriar y se filtra, pasando inicialmente por una malla de 0.5mm, luego por un filtro de papel.

Si no se deja reposar, pueden quedar marcas color oscuro en el fondo del vaso de extracción, aunque esto se puede corregir durante la filtración. De 60g de flores y 500ml de aceite de coco se obtienen 200ml de extracto.

Tabla 3: Ficha técnica de la extracción por macerado dinámico en caliente utilizando aceite de coco

Método de extracción:	Cantidad material:
Extracción por macerado dinámico en caliente utilizando aceite de coco (base oleaginosa con aceite de coco)	60g de flor femenina seca, sin palos ni semillas, completamente triturada, pasada por un tamiz de 1mm.
Equipos usados	
Extractor con programador de tiempo y temperatura	
Reactivos usados	
500ml de aceite de coco obtenido por prensado en frío	

Fuente: (Jiménez, Pieschacon, Niño, 2017)

Figura 3: extracción por macerado dinámico con aceite de coco.



Fuente: (Jiménez, Pieschacon, Niño, 2017)

### 1.2.2 Macerado Dinámico Con Aceite De Olivas

Se pesan 250g de flores femeninas de cannabis previamente homogenizadas (secas y manicuradas, así como pasadas por un tamiz).

Aparte se programa el extractor para 7 horas a 90°C. Se introducen los 250g del triturado, se adicionan 2L de aceite de olivas, se revuelve bien, se tapa el extractor dando inicio al ciclo de extracción programado.

Al cabo de la extracción, se deja reposar, enfriar y se filtra, pasando inicialmente por una malla de 0.5mm, luego por un filtro de papel.

Las marcas color oscuro en el fondo del vaso de extracción se pueden corregir durante la filtración. De 250g y 2 L de olivas extravirgen se obtienen 1,2L de extracto.

NOTA: En este proyecto se contemplan varias metodologías de extracción aplicadas a las flores femeninas del cannabis con sus respectivas variantes, como el protocolo 1 junto con la extracción asistida por ultrasonido.

Tabla 4: ficha técnica de la extracción por macerado dinámico en caliente utilizando aceite de olivas

Método de extracción:	Cantidad material:
Extracción por macerado dinámico en caliente utilizando aceite de olivas (base oleaginosa con aceite de olivas)	250g de flor femenina seca, sin palos ni semillas, completamente triturada, pasada por un tamiz de 1mm.
Equipos usados	
Extractor con programador de tiempo y temperatura	
Reactivos usados	
2L de aceite de olivas extra virgen	

Fuente: (Jiménez, Pieschacon, Niño, 2017)

Figura. 4: extracción por macerado dinámico con aceite de olivas.



Fuente: (Jiménez, Pieschacon, Niño, 2017)

### 1.3 Extracción Alcohólica

El método se basa en la utilización de alcohol etílico como solvente (Cannazza., 2016). Las florescencias femeninas de cannabis y el bioetanol son llevados al congelador a  $-20^{\circ}\text{C}$ ; al alcanzar la temperatura de equilibrio (a las 6 horas de haberlos colocados en el refrigerador), se colocan las florescencias en un percolador (con tamiz incorporado para facilitar el “lavado” de las florescencias con el etanol), luego se deja en contacto con el etanol durante 5 minutos aproximadamente (si se quiere se puede dejar más tiempo en contacto, aunque ello también acarrearía extraer clorofila y otros compuestos diferentes a terpenos y cannabinoides), pasado este tiempo se filtra, llevándose el líquido a la plancha de calentamiento con el montaje del condensador, para que a medida que se valla evaporando el solvente (etanol), este se recupere a través del condensador; el procediendo se realiza inicialmente a temperatura media, una vez se alcanza una mayor viscosidad se baja la temperatura permitiendo que la fracción solvente restante sea evaporada. Se debe tener especial cuidado en este punto, ya que no estar atento al momento de retirar el calor, puede deteriorar el extracto “quemado” de la resina, disminuyendo en calidad.

De los 500g de flores se obtuvieron 51g de resina.

Tabla 5: ficha técnica de la extracción en frío utilizando etanol

Método de extracción:	Cantidad material:
Extracción en frío con etanol. Percolación inicial en frío, posterior evaporación y concentración.	500g de flor femenina parcialmente seca, sin palos ni semillas, completamente triturada, pasada por un tamiz de 1mm.
Equipos usados	
Percolador, plancha de calentamiento, condensador (para la recuperación del bioetanol).	
Reactivos usados	
Bioetanol (etanol obtenido a partir de pulpa de mango)	

Fuente: (Jiménez, Pieschacon, Niño, 2017)

Figura 5: resina obtenida por extracción con etanol



Fuente: (Jiménez, Pieschacon, Niño, 2017)

#### 1.4 Prensado En Caliente

Se basa en la utilización de presión y calor durante un rango de tiempo determinado; en general se buscan grandes presiones (desde los 2.000psi a 20.000psi) con propósito de manejar temperaturas cada vez mas bajas que favorezcan la conservación de los terpenos evitando su degradación (Bennett., 2015).

Es un método que permite la utilización de las flores directamente como material de partida, o se puede utilizar un concentrado de tricomas, también se puede emplear hachís con la finalidad de limpiarle; el resultado es un producto de textura resinosa, que compite en sabor, potencia y rendimiento, con otros productos de extracción obtenidos con solventes como butano, sin las implicaciones de la carga residual solvente presente en el extracto final (Bennett, 2015).

Se toman 200g de flor femenina parcialmente seca, sin palos ni semillas, completamente triturada, pasada por un tamiz de 1mm. Prensa con doble plancha de calentamiento, con el programa: 215°F, durante 20 segundos. Para el prensado en caliente se recomienda que las flores se encuentren parcialmente secas, ya que con flores totalmente secas no se obtiene un buen rendimiento.

Las florescencias de cannabis trituradas son llevadas a una bolsa especial para prensado en caliente (Rosin), la que se dobla al final, empotrándola en papel pergamino, el cual se utiliza para cubrir la bolsa externamente envolviéndola, dejando un exceso de papel de 10cm a cada lado aproximadamente, para facilitar el doblado haciendo pliegues (en forma de bolsillo). Se inicia con el programa de extracción, descendiendo la prensa hasta 250kg una temperatura de 215°F. Al terminar el proceso, rápidamente se retira la resina que se encuentra sobre el papel pergamino y alrededor de la “oblea” formando una aureola dorada con forma de cuadrado –por la bolsa de Rosin doblada- (correspondiente a la resina que se acaba de extraer), esto se hace con una



espátula, siendo un procedimiento un poco engorroso por la alta viscosidad y aspecto pegajoso de la resina. El procedimiento anterior se repite 8 veces, hasta utilizar los 200g de flores femeninas homogenizadas. De los 200g de flores se obtuvieron 18g de resina.

Tabla 6: ficha técnica de la extracción por prensado en caliente

<b>Método de extracción:</b>	<b>Cantidad material:</b>
Prensado en caliente	200g de flor femenina parcialmente seca, sin palos ni semillas, completamente triturada, pasada por un tamiz de 1mm.
<b>Equipos usados</b>	
Prensa con doble plancha de calentamiento, con el programa: 250Kg de fuerza, a 215°F, durante 20 segundos.	
<b>Reactivos usados</b>	
No se utiliza solvente alguno, es un método de extracción netamente físico.	

Fuente: (Jiménez, Pieschacon, Niño, 2017)

Figura 6: equipo de extracción por prensado en caliente



Fuente: (Jiménez, Pieschacon, Niño, 2017)

### 1.5 Extracción con arrastre por vapor

Con este procedimiento se obtiene un aceite esencial rico en terpenos, moléculas caracterizadas por su alta volatilidad, siendo de gran importancia recuperarles en la extracción inicial perdiéndose en los procesos tradicionales. De 1.000gr de florescencias de cannabis se obtienen 10ml de aceite esencial y 2 litros de hidrolato; esto varía dependiendo de la calidad de la materia vegetal de partida, obteniendo una mayor cantidad de aceite esencial al utilizar florescencias femeninas, aunque también se pueden utilizar follaje, tallos y ramas.

Tabla 7: ficha técnica de la extracción con arrastre por vapor

Método de extracción:	Cantidad material:
Arrastre con vapor	1000g de flor femenina fresca o levemente seca.
Equipos usados	
Montaje para hacer arrastre por vapor (Equipo de destilación)	
Reactivos usados	
No se utiliza reactivo alguno. El vapor generado arrastra los compuestos más volátiles (principalmente terpenos).	

Fuente: (Jiménez, Pieschacon, Niño, 2017)

Figura 7: equipo de extracción por arrastre con vapor



Fuente: laboratorio de productos naturales vegetales – Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, 2018.

## 1.6 Extracción por fluidos supercríticos

Se utiliza como solvente dióxido de carbono en estado supercrítico, teniendo como opciones en material de partida: floescencias femeninas, concentrado de tricomas, resinas y otros extractos. Permite la separación fraccionada de diferentes componentes, iniciando por la fracción de terpenos (Carla Da Porto, 2014). Con esta técnica también es posible obtener y refinar extractos a partir de las semillas de cannabis (Stela Jokic, 2015).

Físicamente un fluido supercrítico (FSC) es aquel que en el diagrama de fases de presión contra temperatura se ubica por encima de las coordenadas del punto crítico, compartiendo las características de un gas (gran energía cinética que se refleja en una alta difusión) y un líquido (alto poder de arrastre y solvente, deseados para las disoluciones), contando además con una baja

tensión superficial por lo que penetra en la materia (por ejemplo las florescencias de cannabis o el extracto sobre el cual se quiere hacer la refinación) con mayor facilidad.

Para la extracción con fluidos supercríticos se debe contar con la infraestructura y el equipamiento adecuado, resumiendo ello consta de: un extractor (recipiente diseñado y elaborado para resistir altas presiones, siendo el espacio físico donde se lleva a cabo la extracción), una fuente de CO<sub>2</sub> supercrítico (por ejemplo una bala de CO<sub>2</sub> calidad industrial adaptada a un sistema para el intercambio de temperatura y una bomba que presurice el gas llevándolo a unas condiciones de temperatura y presión supercrítica), un sistema para el monitoreo y el control del flujo, la presión y la temperatura principalmente. Se debe tener gran cuidado con los cierres y empaques, debido a las presiones que se manejan (por ejemplo para el CO<sub>2</sub> son del orden de los 40 MPa) y controlando el FSC para que se encuentre en un régimen laminar siendo de esta forma más eficiente el proceso de extracción (con un FSC en régimen turbulento no se alcanza alta eficiencia en el proceso); en cuanto a la temperatura, para el CO<sub>2</sub> esta puede ir casi desde la temperatura ambiente (sobre los 30°C) hasta los 50°C.

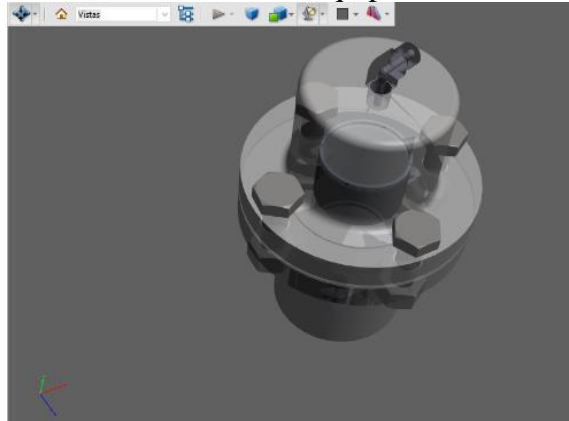
La extracción por FSC consta básicamente de 4 etapas (Cardona., 2016):

1. Presurización. Se eleva la presión, por encima de la presión crítica de la sustancia a emplear como solvente.
2. Ajuste de temperatura. Se eleva o disminuye la temperatura, por cualquier medio físico o mecánico, para llevar el solvente a la temperatura adecuada de extracción (por encima de su temperatura crítica).
3. Extracción. El fluido supercrítico entra en contacto con la muestra que contiene el soluto de interés en el extractor.
4. Separación. El solvente se descomprime a una presión inferior a la crítica, lo que provoca que se libere del soluto.

En calidad de Talento del Programa TecnoParque del SENA, se está trabajando en un proyecto para el diseño y construcción de un equipo de extracción por fluidos supercríticos; iniciándose este trabajo en el año 2010 en la Universidad de Valladolid (España), en el laboratorio del Dr. Antonio Hernández Gimenez.

Haciendo ingeniería inversa a partir del manual de operación y otros documentos técnicos aportados por el SENA nodo Rionegro, sobre el equipo de extracción por FSC marca Applied Separations Spe-ed SFE que el centro posee (Separations, 2014). También se recibió apoyo del programa TecnoParque del SENA desde la Línea de Ingeniería y Diseño, avanzando en el modelado del vaso de extracción en el software SolidWorks, realizando las respectivas simulaciones, hasta finalmente construirlo con la impresora 3D del SENA utilizando hilos de ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno). El siguiente paso es la elaboración del vaso de extracción en acero inoxidable.

Figura 8: vista del vaso de extracción del equipo de FSC diseñado en solidworks



Fuente: (Jiménez, Pieschacon, Niño, 2017)

Figura 9: vaso de extracción del equipo de FSC impreso en ABS



Fuente: (Jiménez, Pieschacon, Niño, 2017)

## CONCLUSIONES

En el desarrollo de este trabajo se ha tenido la oportunidad de experimentar con diferentes procesos de extracción, así como en el diseño y construcción de equipos para la fabricación de derivados de cannabis; seleccionando procesos de extracción que cumplen los criterios de la Química Verde, en resumen estos son:

Separación mecánica de tricomas. Se recomienda hacerla en frío, por ser menor el tiempo de extracción, junto a una mayor eficiencia y rendimiento. Ya sea en frío o a temperatura ambiente, es muy útil para reducir grandes volúmenes de florescencias femeninas, obteniéndose una fracción valiosa en forma de concentrado de tricomas. No implica realizar procedimientos peligrosos (salvo el riesgo de sufrir quemaduras por las bajas temperaturas alcanzadas con el hielo seco) y consume muy poca energía.

Con la maceración dinámica en base oleaginosa sobre florescencias femeninas de cannabis se obtienen extractos de alta calidad, manteniéndose en buena medida la concentración en terpenos y cannabinoides, en comparación con otras técnicas, como lo muestra el trabajo realizado en países bajos por Romano y Hazekamp (Luigi L Romano, 2013); además de ser un procedimiento relativamente sencillo, seguro y de bajo costo.

Con la extracción por prensado en caliente se obtiene una resina, cuya calidad depende de la capacidad que se tenga en cuanto al manejo de altas presiones (sobre los 2.000psi); siendo un reto el manejo de la temperatura más baja posible durante el proceso, con el propósito de conservar los terpenos en la resina y hacerla más apetecible debido a las características organolépticas.

Como producto inicial de la extracción alcohólica se tiene una tintura, la cual se somete a un aumento en temperatura, con la finalidad de evaporar el etanol, provocando la volatilización de los terpenos; si esto se hace a bajas presiones, la temperatura requerida y por ende la pérdida de terpenos es menor.

La extracción con arrastre por vapor permite obtener extractos no psicoactivos, partiendo de florescencias de cannabis psicoactivas; ello se debe a que los cannabinoides son moléculas de elevado peso molecular comparadas con los terpenos, por lo que no alcanzan a ser arrastradas por el vapor durante la extracción como si ocurre con los terpenos.

Teniendo en cuenta que en la mayoría de procesos de extracción los terpenos se pierden al volatilizarse, se han desarrollado unas líneas de proceso, en una de ellas, la primera etapa de extracción consiste en hacer arrastre por vapor, seguido de esto, el material residual es secado y llevado a una extracción alcohólica, para recuperar la fracción de cannabinoides.

En el proyecto de FSC sigue la etapa de maquinado del vaso de extracción en acero inoxidable, realizando las pruebas respectivas, integrando los sistemas de presurización y transferencia de calor, avanzando en el proyecto de Diseño y Construcción de un Equipo de Extracción por FSC con el programa TecnoParque del SENA.

Aunque no se ha trabajado directamente aplicado al cannabis con destilación de trayectoria corta ni con membranas de filtración, se tiene la proyección de hacerlo, por enmarcarse en la química verde, empleándose estas tecnologías para la obtención de extractos de cannabis altamente refinados y concentrados.

Adicional a lo anterior, se está desarrollando un trabajo paralelo y complementario, relacionado con el análisis de los extractos obtenidos, no solamente para los 4 controles analíticos determinados por parte del Estado Colombiano (1.trazas de agroquímicos, 2.metales pesados, 3.control microbiológico y 4.cuantificación de los cannabinoides THC, CBD y CBN), sino también como un punto de partida para analizar calidad en los extractos con base a parámetros fisicoquímicos como: viscosidad, índice de refracción, turbidez, pH, conductividad eléctrica principalmente.

## EXPRESIONES DE GRATITUD

Se les extiende un agradecimiento a investigadores de diferentes entidades que brindaron su apoyo para hacer posible la realización de este trabajo, entre los que se destacan:

Dr. Johans Restrepo y Dr. Mauricio Galvis, del Grupo de Investigación de Ciencias Naturales y Exactas en Magnetismo y Simulación de la Universidad de Antioquia.

MSc. Leonardo Zuluaga y Dra. Liliana Cardona, de la Línea en Ingeniería y Diseño del programa Tecnoparque seccional Bogotá y del SENA seccional Rionegro en Antioquia.

Dr. Luis Enrique Cuca del Laboratorio de Productos Naturales Vegetales de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

MSc. Catalina Álvarez y MSc. Kelly Botero de BIOS –Centro de Investigación en Biología Computacional y Bioinformática, con el proyecto Bioprospección de Metabolitos para la Industria Cosmética en la Era de la Biología Computacional.

## REFERENCIAS

Anastas Paul T., W. J. (1998). *Green Chemistry Theory and Practice*. Nueva York: Oxford University Press.

Bennett, P. (23 de Diciembre de 2015). *Cannabis 101, What Is a Rosin? 23 de diciembre de 2015*. . Recuperado el 21 de Octubre de 2018, de Leafly: <https://www.leafly.com/news/cannabis-101/what-is-rosin>

Bennett., P. (27 de Febrero de 2015). *Cannabis 101, What Is a Rosin Press?* . Recuperado el 20 de Octubre de 2018, de Leafly: <https://www.leafly.com/news/strains-products/what-are-rosin-press-machines>

Cannazza., G. (2016). Medicinal cannabis: Principal cannabinoids concentration and their stability evaluated by a high performance liquid chromatography coupled to diode array and quadrupole time of flight mass spectrometry method. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 201-209.

Cardona., L. (2016). Guía de Extracción por Fluidos Supercríticos: Fundamentos y Aplicaciones. *Sennova, Gigaca*, 1-48.

Carla Da Porto, A. N. (2014). Separation of aroma compounds from industrial hemp inflorescences (*Cannabis sativa* L.) by supercritical CO<sub>2</sub> extraction and on-line fractionation. *Industrial Crops and Products*, 99–103.

Chao-Jun Li, B. M. (2008). Green Chemistry for Chemical Synthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America PNAS*, 13197-13202.

DNP, D. N. (2011). Política para el Desarrollo Comercial de la Biotecnología a partir del Uso Sostenible de la Biodiversidad. CONPES 3697 DNP, Archivo interno entidad emisora, Consejo Nacional de Política Económica y Social, República de Colombia, Departamento Nacional de Planeación, 1-36.

Growland., J. (22 de octubre de 2018). *Extracción al Hielo Seco (CO2)*. 22 de octubre de 2018, de [www.cannabismagazine.es/digital/extraccion-al-hielo-seco-co2](http://www.cannabismagazine.es/digital/extraccion-al-hielo-seco-co2)

Luigi L Romano, A. H. (2013). Aceite de cannabis: Evaluación química de un nuevo medicamento derivado del cannabis. *Cannabinoids*, 1-12.

Mestres., R. (2013). Green and Sustainable Chemistry: Nature, Aims and Scope. *Revista Educación Química. Volumen 24*, 103-112.

Separations, A. (2014). *Operations Manual, Spe-ed SFE*. Allentown: Applied Separations.

Stela Jokic, K. A. (2015). Supercritical CO2 extraction of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil. *Industrial Crops and Products*, 472–478.