

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE FRUTAS PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITES CON POTENCIALIDAD EN LA INDUSTRIA COSMÉTICA, UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA DE EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS.

INTRODUCCIÓN

En el departamento de Nariño, existe una diversidad de frutas, gracias a sus privilegiadas condiciones climatológicas y geográficas. Por lo tanto el aprovechamiento de este recurso a través de su adecuación o procesamiento para la obtención de jugos, mermeladas, pulpas y otros productos, resulta de importancia en el sector socio-económico de la región, siendo las frutas más utilizadas en esta actividad: el lulo, maracuyá, tomate de árbol, mora, mango, guanábana, papaya y guayaba. Esto genera una cantidad considerable de residuos que en el departamento Nariño no tienen un destino que les imprima valor, debido principalmente a que las estrategias de aprovechamiento de residuos agroindustriales de este tipo, se concentran simplemente en la elaboración de abonos orgánicos, limitando la generación de un mayor valor agregado con residuos como las semillas de frutas, que de acuerdo a estudios pueden ser una fuente promisoría de extractos y aceites con potencial de uso en la industria cosmética.

En este proyecto se plantea la obtención y caracterización de aceites a partir de semillas provenientes del procesamiento de frutas, mediante la tecnología de extracción con fluidos supercríticos, mitigando el impacto ambiental que estos residuos pueden provocar si no se les da un manejo adecuado. Se identificarán los componentes activos de interés tales como tocoferoles, esteroides y ácidos grasos y se optimizarán las condiciones de extracción de acuerdo a su composición, con el fin de que estos respondan a la demanda y requerimientos del mercado destino.

Con el fin de evaluar el uso potencial de los aceites obtenidos, en la industria cosmética se llevarán a cabo pruebas físico-químicas y microbiológicas de acuerdo a la normatividad vigente que rige a este tipo de productos, además de análisis toxicológicos que permitirán garantizar su inocuidad y aptitud para uso cosmético.

Por lo tanto, la presente propuesta apunta hacia el desarrollo de la investigación y la innovación tecnológica de la cadena productiva de frutales, contribuyendo al mejoramiento de su competitividad a nivel regional y nacional, pues se valoriza un residuo obteniendo un producto con un alto valor y potencial de comercialización, de tal manera que se haga un aprovechamiento de la diversidad natural de forma integral y se propenda, además a que el departamento de Nariño mejore su grado de competitividad, cuyo incremento en los últimos años ha sido marginal, lo cual guarda relación con los bajos niveles de inversión en ciencia y tecnología, que ubican a Nariño en los últimos puestos a nivel nacional y con el bajo número de proyectos de investigación orientados a la generación de valor de sus recursos naturales.

MARCO TEÓRICO, ANTECEDENTES, ESTADO DE LA PROBLEMÁTICA Y SITUACION ACTUAL

Los aceites vegetales son compuestos orgánicos que se obtienen a partir de semillas u otras partes de las plantas en cuyos tejidos se acumula como fuente de energía, están formados básicamente por triglicéridos, diglicéridos, ácidos grasos libres y otros constituyentes minoritarios como tocoferoles y esteroides (Kiritsakis, 1992).

Los aceites vegetales son ampliamente utilizados en alimentación, obtención de biodiesel y como ingredientes naturales en la preparación de cosméticos y también de aceites para masajes ya que por su característica liposoluble, es posible la mezcla fácil con otras grasas, por ejemplo, las grasas presentes en la piel, lo cual les permite ser adsorbidos de manera fácil y homogénea otorgando suavidad, hidratación y elasticidad. Estos compuestos son además una alternativa saludable y aceptada en el mercado de los productos naturales como sustitutos de aceites minerales que comúnmente se usan en formulaciones cosméticas, pero que se les atribuye reacciones cancerígenas (Martini, 2005).

Entre los constituyentes de los aceites vegetales se encuentran los ácidos grasos, este tipo de compuestos también se pueden encontrar formando parte de los fosfolípidos y de las lipoproteínas de la membrana celular. Cuando hay insuficiencia de ácidos grasos esenciales se observan síntomas de dermatitis como escamas y deshidratación de la piel, el suplemento de ácidos grasos a la piel puede curar esos síntomas (Draelos, 2006), por esta razón en la cosmética y dermofarmacia son ampliamente utilizados ácidos grasos como el ácido esteárico, linoleico, oleico y linolénico como compuestos emolientes que hidratan, suavizan y mejoran la flexibilidad de la piel, además reparan la epidermis (Jurado y Muñoz, 2009).

El ácido esteárico y palmítico se suelen usar como factores de consistencia o de acidificación en las emulsiones, aunque el ácido esteárico también tiene aplicaciones en la producción de jabón, el ácido oleico por su parte forma parte de un cierto número de emulsiones para pieles maduras con el fin de restaurar los lípidos epidérmicos (Martini, 2005), por ello, en general los ácidos grasos son usualmente componentes de cremas hidratantes para el cuidado tópico de la piel (Draelos, 2006).

De esta manera, la composición de los aceites vegetales es fundamental para determinar sus propiedades y usos en la cosmética, dado que podrían ser utilizados como principio activo (responsables de realizar la función a la que está destinado el cosmético) o como excipiente o vehículo, que son las sustancias con que se mezclan o se disuelven los principios activos ya que estos no se pueden aplicar puros. Además, la composición determina su destino hacia la producción de jabones, siendo los aceites con ácidos grasos saturados los más apropiados para ello, dado que aceites vegetales con ácidos grasos insaturados dan lugar, a jabones muy blandos, que además de su alta tendencia a la oxidación no son adecuados para formar pastillas con baja proporción de agua. (Ortuño, 2006).

De acuerdo a lo establecido en la Agenda Prospectiva de Investigación para la Cadena Productiva de Plantas Aromáticas, Medicinales y Condimentarias y Afines con Énfasis en Ingredientes Naturales para la Industria Cosmética en Colombia (MADR, 2008), se reporta que a nivel mundial el ingrediente con mayor demanda, corresponde a los aceites vegetales, con el 88% de la participación del volumen total de importaciones mundiales, seguido de los extractos con un 6%, las plantas medicinales con un 3.5%, los aceites esenciales con un 1.5% y los colorantes con una participación del 0.5%, por tal motivo la producción de aceites vegetales de semillas de frutas presenta potencialidad de mercado para la industria cosmética mundial, industria que se fortalece cada día más gracias a una percepción por parte del consumidor de que el negocio de los ingredientes naturales y todo lo que se deriva de él aportan al sector cosmético calidad, diferenciación y productividad. (Proexport- Colombia, 2010).

Es así, como el sector cosmético, permanentemente busca diferenciarse mediante la incorporación de nuevos ingredientes naturales con aplicaciones variadas como: antiedad, antioxidante, antiacné, anticarsa, sistemas de revitalización capilar y corporal y exfoliantes naturales, pero su principal objetivo se enfoca en la obtención de productos para el cuidado de la piel con el fin de regenerar la epidermis, mantener la humectación natural, promover la acción contra radicales libres, incrementar la elasticidad, protección solar, acción anti-inflamatoria, repeler insectos, etc. También es un sector que se torna innovador ante las formas físicas de los productos, obteniendo aceites en polvo, aceites en gel y en microemulsión (soluble en agua) como lo hace la compañía brasileña Beraca en su línea Rain Forest. Por su parte L'Oreal patentó una formulación con ingredientes naturales, desarrollando un cosmético o composición dermatológica que consiste en una emulsión estable de aceite en agua de 15% al 50% de un aceite vegetal que contiene al menos un 40 % de ácido linoléico. (DE 6284257, Khayat , et al.,1994).

Entre las fuentes de aceites vegetales se encuentran el fruto de la palma, cacahuate , soya, maíz, la higuera, Sacha inchi, entre otras oleaginosas, pero además de estas, se pueden encontrar como fuente, los residuos del procesamiento de frutas con usos potenciales en la cosmética, ya que autores reportan estudios sobre aceites y ácidos grasos encontrados en los residuos de mora (García et al., 2003), otros afirman encontrar la presencia de triglicéridos basados en ácidos grasos saturados e insaturados: ácido linoleico, ácido oleico, ácido esteárico y ácido linolénico, en las semillas de guanábana (Ocampo et al., 2007), de igual forma Nivia et al. (2007), determinaron que las semillas de guayaba pueden ser fuente promisorias de ácidos grasos y Castro et al. (2011), concluyeron que la abundancia de ácido linoléico en estas semillas, permite considerarlas una fuente potencial de este compuesto y que su extracción y explotación podría aportar un valor añadido a la fruta. Según Jurado y Muñoz (2009), las semillas de lulo poseen una mayor proporción en ácidos grasos insaturados (87.59%) que saturados (12.41%), siendo el principal ácido presente, el ácido linoleico (69.72%). Las características de los aceites de estas semillas los hacen promisorios para su utilización en la industria cosmética.

También se reportan estudios con relación a semillas de hortalizas como la Luffa cilíndrica (Amaya *et al.*, 2007) y de frutas como el tomate de árbol (Belén, *et al.*, 2004), en los cuales se evaluaron algunas propiedades físico-químicas y su composición, destacando su riqueza de ácidos grasos como el oléico, linoléico, palmítico y esteárico, evidenciando la posibilidad de un aprovechamiento integral de este tipo de productos.

Por otra parte entre los componentes minoritarios de los aceites vegetales se encuentran los tocoferoles, que se caracterizan por su alta capacidad antioxidante cuyo efecto consiste en oxidarse antes que otros compuestos, permitiendo la conservación de los cosméticos, por ello se suelen utilizar como aditivos; por lo tanto un aceite con una buena cantidad de tocoferoles tendrá una mayor estabilidad oxidativa y será menos propenso a su deterioro. Además, los consumidores buscan productos naturales que les ayuden a disminuir los signos del envejecimiento y les proporcionen ventajas adicionales para la salud, beneficios que se pueden obtener a través de los alimentos o uso de productos externos como los cosméticos (García y Moncada, 2006).

Además los componentes minoritarios de los aceites vegetales son, en muchas ocasiones, los que justifican su uso cosmético ya que, además de la acción hidrófoba y protectora similar a la de los aceites minerales, poseen una capacidad eutrófica que puede mejorar las características de la piel alípica (falta de grasa) y descamante (Muñoz, 2005).

Los productos cosméticos al ser usados principalmente en el rostro, deben ser sometidos a un meticuloso control de calidad de ingredientes y procesos para garantizar que estos sean seguros para la salud humana, ya que si se utilizan ingredientes que no tienen la calidad necesaria, su uso puede acarrear complicaciones como: Irritación de la piel, imperfecciones, sequedad, deshidratación cutánea, entre otras. A fin de evitar estas y otras complicaciones, los productores de cosméticos tienen la obligación de mantener una estrecha vigilancia y control de sus procesos productivos y hacer una adecuada elección de las materias primas (INVIMA).

Entre lo estipulado como una medida sanitaria de vigilancia y control de productos cosméticos en Colombia, se encuentra la NTC 4833 de parámetros microbiológicos para productos cosméticos y debido a que el producto pueden llegar a producir irritación dérmica y lesión en la membrana ocular así cumpla con lo exigido a nivel microbiológico, es necesario que los ingredientes empleados como aceites o en general los productos de destino cosmético, sean sometidos a ensayos de toxicidad y de tolerancia, para de esta manera garantizar que su uso no produzca contraindicaciones. Además, todo esto debe estar documentado y es un soporte que permite su comercialización.

Entre los métodos de extracción de aceites, se encuentra la destilación, la extracción con solventes y la extracción con fluidos supercríticos.

Los fluidos supercríticos son sustancias que se encuentran por encima de su temperatura crítica y su presión crítica (punto crítico). En estas condiciones no son gases, ni líquidos, pero poseen

propiedades de ambos que los hacen muy interesantes en procesos de extracción y en cromatografía. Las propiedades físicas como la viscosidad, la difusividad y la densidad, son las que más interesan a la hora de llevar a cabo algunas de sus aplicaciones y éstas se pueden controlar modificando las condiciones de presión y temperatura.

Las aplicaciones de los fluidos supercríticos en el área de los aceites vegetales están básicamente relacionadas con el uso de dióxido de carbono y dirigidas hacia la obtención de aceites vegetales a partir de oleaginosas, desacidificación de aceites con alto contenido de ácidos grasos, eliminación de colesterol, aprovechamiento de residuos de la refinación y obtención de compuestos minoritarios de alto valor agregado como escualeno, tocoferoles y fitosteroles (Hurtado, 2002).

La obtención de aceites a partir de semillas oleaginosas ha sido estudiada por List *et al.* (1984) y Mangold (1983), utilizando en general dióxido de carbono supercrítico a temperaturas entre 40°C y 60°C y presiones desde 200 hasta 600 bar.

El CO₂ es el fluido supercrítico más utilizado debido a que es no tóxico, no inflamable, no corrosivo, incoloro, no es costoso, se elimina fácilmente, no deja residuos, sus condiciones críticas son relativamente fáciles de alcanzar y se consigue con diferentes grados de pureza, se puede trabajar a baja temperatura y por lo tanto permite la separación de compuestos naturales termolábiles (Hurtado, 2002).

Pero las ventajas de usar CO₂ supercrítico están en la calidad misma del aceite obtenido por este medio en comparación con los aceites extraídos con los disolventes orgánicos tradicionales (Mangold, 1983). Algunas de ellas son:

1. Aceites prácticamente libres de fosfolípidos y glicolípidos. Los aceites convencionales contienen 1 - 3% de lípidos polares.
2. Menor contenido de hierro y gossipol.
3. Aceites más claros y desodorizados.
4. Menores pérdidas por refinación y menor requerimiento de sosa cáustica.
5. Posibilidad de obtener un aceite "hecho a la medida"

En general la tecnología de extracción con fluidos supercríticos, posibilita la extracción y fraccionamiento de sustancias, mediante empleo mínimo o nulo de solventes orgánicos, respetando el medio ambiente, lo cual es una ventaja en su implementación ya que todos los procesos productivos y las exigencias legales, están obligando a los fabricantes a buscar nuevos procesos industriales para conseguir mejorar la calidad sin generar residuos, adaptando sus productos a las tendencias de consumo, de ahí que laboratorios farmacéuticos como Biocosmética Plante System desarrollen dermocosméticos a base de plantas para las pieles frágiles y delicadas, aplicando el CO₂ supercrítico. El resultado es una completa gama de productos elaborados con extractos puros, que ofrecen una máxima tolerancia dermatológica.

Por esta razón el proyecto plantea la extracción y caracterización de aceites vegetales mediante la extracción con fluidos supercríticos, a partir de semillas provenientes del procesamiento de frutas con el fin de perfilar su uso en la industria cosmética.

IDENTIFICACION Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Cadena de Frutales en Colombia es considerada como una de las actividades productivas con mayor potencialidad, por ser un subsector de amplia expansión a nivel internacional, por ello es primordial en el desarrollo de la agricultura, generación de empleo rural y desarrollo equitativo para las distintas regiones por la diversidad de pisos térmicos con los que cuenta el país (PFN, 2006).

La actividad frutícola en Colombia cuenta con 319.492 productores que cultivan en total 220.623 hectáreas (0,65 ha/productor incluyendo pequeños, medianos y grandes). Los frutales generan en promedio 0,64 empleos directos/ha y 2,3 indirectos en actividades como la cosecha, reclasificación, distribución de las futas en puertos, aeropuertos, galerías, tiendas, restaurantes, centrales de abastos, supermercados, instituciones y detallistas, así como, en los procesos de transformación agroindustrial y en las actividades relacionadas con la exportación (GUÍA AMBIENTAL HORTOFRUTICOLA DE COLOMBIA, 2009).

El dinamismo que se experimenta, no solo se manifiesta en la producción primaria, también en el procesamiento industrial, incrementándose de esta forma la demanda de frutas. Según el DANE (2006), la participación promedio del valor agregado de la producción de frutas y hortalizas en el PIB agrícola fue de 13,4 % entre 1996 y 2006.

En general la población nacional vinculada al subsector hortofrutícola, se incrementó del año 2000 a 2005 de 486 mil a 773 mil personas, respectivamente y en Nariño el incremento fue de 13.290 personas para el 2000 a 17.353 en el 2005 (GUÍA AMBIENTAL HORTOFRUTICOLA DE COLOMBIA, 2009), esto refleja una dinámica creciente de la actividad y la vinculación de una población cada vez mayor en los procesos productivos en la región. Esto gracias a que el departamento de Nariño, se destaca con un extenso portafolio de frutas ya que se extiende desde el nivel del mar hasta los 4.500 metros produciendo fruta de diferentes especies durante todo el año y dispone de 332.000 hectáreas aptas para frutales que representan el 4.4% del área nacional (MADR. Desarrollo de la fruticultura en Nariño, 2006). Según el Consolidado Agropecuario de 2009, las regiones norte y sur del departamento son las zonas que presentan una mayor producción de frutales.

El crecimiento de Nariño en el sector frutícola, ha permitido que aunque lentamente, el procesamiento de frutas tome importancia en el sector socio-económico de la región, siendo las frutas más utilizadas en esta actividad, el lulo, maracuyá, tomate de árbol, mora, mango, guanábana, maracuyá, papaya y guayaba, siendo el tomate de árbol la fruta con mayor producción anual en el departamento con 4477,5 Ton, le sigue la papaya con 2862,5 Ton, mora con 2674,9 Ton, lulo con 2268,9 Ton, maracuyá con 1602,3 Ton y el mango, guayaba y guanábana con las producciones más bajas de 649,5, 238,5 y 221 toneladas, respectivamente, aunque estos últimos presentan gran demanda en el sector de los procesados (Consolidado Agropecuario, 2010). Pero en general la industrialización de frutas, como toda industria de alimentos implica la generación de una cantidad

considerable de residuos que pueden ser aprovechados de diversas formas, como en alimentación animal, abonos, obtención de biogás, en la extracción de aceites, pectinas, flavonoides, entre otros. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el destino de los residuos generados del procesamiento de frutas se arrojan en las basuras o en algunos casos, por ejemplo en Medellín y la zona del Valle de Aburrá se utilizan como abono y concentrados para animales (Yepes, *et al.*, 2008).

Los residuos generados a partir de la agroindustria del procesamiento de frutas en el departamento, donde se involucran no solo empresa dedicadas a la producción de pulpas y jugos de frutas, pequeñas productoras de jaleas y mermeladas, sino también todos los establecimiento que ofrecen productos a base de frutas, encontrándose en el municipio de Pasto 13 empresas de este tipo registradas en Cámara de comercio y en municipios aledaños más de 6, que en general no tienen un manejo que vaya más allá del relleno sanitario o utilizado como abono en el caso de ASPHONAR, empresa asociada con Ashofrucol, ubicada en el corregimiento del Remolino que se abastece de frutales de la zona del Alto Patía.

A continuación se nombran las empresas más sobresalientes dedicadas al procesamiento de frutas ubicadas en San Juan de Pasto y zonas aledañas.

EMPRESA ASOCIATIVA DE TRABAJO PRODUCTOS ALIMENTICIOS GALERAS
INDUSTRIAS UMayUX
INDUSTRIA DE PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES DE NARIÑO INPADENA
ZUMMOS SUAVEMENTE NATURAL
ANDINA DE CONSERVAS
HELADOS FRUTICREMA (Elaboración de helados a base de frutas)
PRODUCTOS EL NARANJITO
FUENTE DE SODA LA VALLENATA
PRODUCTOS ALIMENTICIOS GUAMUEZ
FRUTIROBLES
PRODUCTOS SAN JUAN
ASPHONAR

ASPHONAR cuenta con una planta de procesamiento para la obtención de pulpas de frutas donde se genera cerca de 1/2 Ton mensual de residuos de frutas y según su gerente Omar Villareal, estos son usados para compostaje y no tienen ningún otro destino. Por otra parte INDUSTRIA DE PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES DE NARIÑO INPADENA cuyo gerente, Hugo Narvárez, expresó que tras el proceso de obtención de pulpas de frutas obtienen 300 kg mensuales de residuos que tienen como disposición final, solamente el relleno sanitario ya que no cuenta con la infraestructura para disponer de ellos de otra manera. Esta última situación es la que experimentan la mayoría de las pequeñas y medianas empresas que giran en torno procesamiento de frutas en el departamento.

En cuanto a Fruterías ubicadas en la ciudad, como MASFRUTAS, producen cerca de 450 kg mensuales de residuos de frutas y son destinados para criaderos de pollos y cerdos, recibiendo a cambio contenedores de basuras otorgados por los interesados en los residuos, como acuerdo con los propietarios de dichos establecimientos.

En conclusión en Nariño el manejo de los residuos de frutas (semillas y cáscara), no tienen un destino que le imprima valor, debido principalmente a que las estrategias de aprovechamiento de residuos agroindustriales de este tipo, se concentran simplemente a proceso de compostaje para luego ser usado como abono, actividad que limita la generación de un mayor valor agregado en residuos como las semillas de frutas, que de acuerdo a estudios pueden ser una fuente promisoría de aceites con destino a la industria de alimentos, cosmética y farmacéutica (Peralta *et al.*, 2008; Ocampo *et al.*, 2007; Belén, *et al.*, 2004; Amaya, *et al.*, 2007)

Entre los cuatro grupos que hacen parte del sector cosmético en lo que se refiere a ingredientes naturales, se encuentra el de las grasas y aceites, siendo los aceites vegetales de los principales insumos para la elaboración de estos productos (Martini, 2005). Cabe destacar, que gracias al crecimiento progresivo del mercado de ingredientes naturales, en el caso de Colombia, ha jalonado el trabajo del sector cosmético (Fondo BIOCOCOMERCIO, 2009). Por lo tanto este sector, es un claro ejemplo del uso y aprovechamiento de residuos como las semillas de frutas, siendo la obtención de aceites una actividad promisoría de desarrollo económico, que incentiva el sector frutícola, ya que la valorización a través de un aparato productivo que vaya más allá de la satisfacción básica del mercado existente, permite que se explore nuevos y potenciales usos, generando mejores márgenes de rentabilidad, lo que contribuye al mejoramiento indirecto de la situación socioeconómica de los fruticultores.

Dentro de los métodos existentes de extracción y fraccionamiento de aceites están la destilación, la extracción con disolventes y la extracción con fluidos supercríticos.

La destilación resulta poco conveniente para usarse con aceites vegetales debido a la presencia de triglicéridos que pueden romperse a las altas temperaturas de operación necesarias. Adicionalmente existen estudios que demuestran que el uso de CO₂ supercrítico conlleva un ahorro de energía con respecto a los procesos de separación convencionales, como por ejemplo, la destilación (Tilly *et al.*, 1990).

Las técnicas de extracción utilizadas en la actualidad ofrecen productos muy poco competitivos en la industria cosmética; técnicas como la presión en frío la cual sólo da lugar a una recuperación parcial del aceite, la extracción por métodos convencionales, tales como la extracción con hexano, que deja un residuo inherente en el aceite, además de ser un solvente inflamable y tóxico, puede generar un deterioro de los ácidos grasos polinsaturados, debido a las altas temperaturas utilizadas en el procesamiento, así como también puede provocar la rancidez oxidativa, la producción de sabores y olores indeseables. En consecuencia, estos son factores críticos en el proceso de extracción

(Létisse, *et al.*, 2006). Por esta razón, los procesos supercríticos, se proponen como sustitutos de técnicas convencionales que empleen solventes orgánicos tóxicos en industrias como la biomédica y cosmética (Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona - CSIC.)

El uso de la tecnología de extracción con fluidos supercríticos, permite la obtención de aceites vegetales ajustados a unas especificaciones muy particulares o una fracción con determinados componentes de interés para fines concretos. Además, el amplio rango de distribución de sus componentes determina las propiedades físicas del aceite y el uso para el cual es conveniente.

En este proyecto, por lo tanto, se plantea la obtención y caracterización de aceites vegetales a partir de semillas provenientes del procesamiento de frutas, mediante la tecnología de extracción con fluidos supercríticos, encaminando su potencialidad en la cosmética, con lo cual se imprime un mayor valor agregado a este tipo de residuos, mitigando el impacto ambiental que estos pueden provocar si no se les da un tratamiento adecuado. Además, se identificarán componentes activos y se optimizará las condiciones de extracción de los aceites de acuerdo a su composición, con el fin de que estos respondan a la demanda y requerimientos de una industria como la cosmética.

Investigadores del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona - CSIC, afirman que industrias como la biomédica, la farmacéutica y la cosmética basan su innovación no solo en la identificación de nuevos principios activos, sino también en el desarrollo de nuevos procesos encaminados a mejorar la eficacia y/o la seguridad de sus productos.

Por lo tanto, la extracción con fluidos supercríticos, específicamente con dióxido de carbono, resulta una alternativa interesante para la extracción y fraccionamiento de aceites vegetales por cuanto no posee los inconvenientes de los disolventes orgánicos que además contribuyen a la generación de vertidos en el proceso, lo que desemboca en problemas para la salud y el medio ambiente, ya que la tendencia de mercado actual se basan en la búsqueda de un estado saludable de las personas, sin olvidar que estos productos no deben ir en contra de la preservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible.

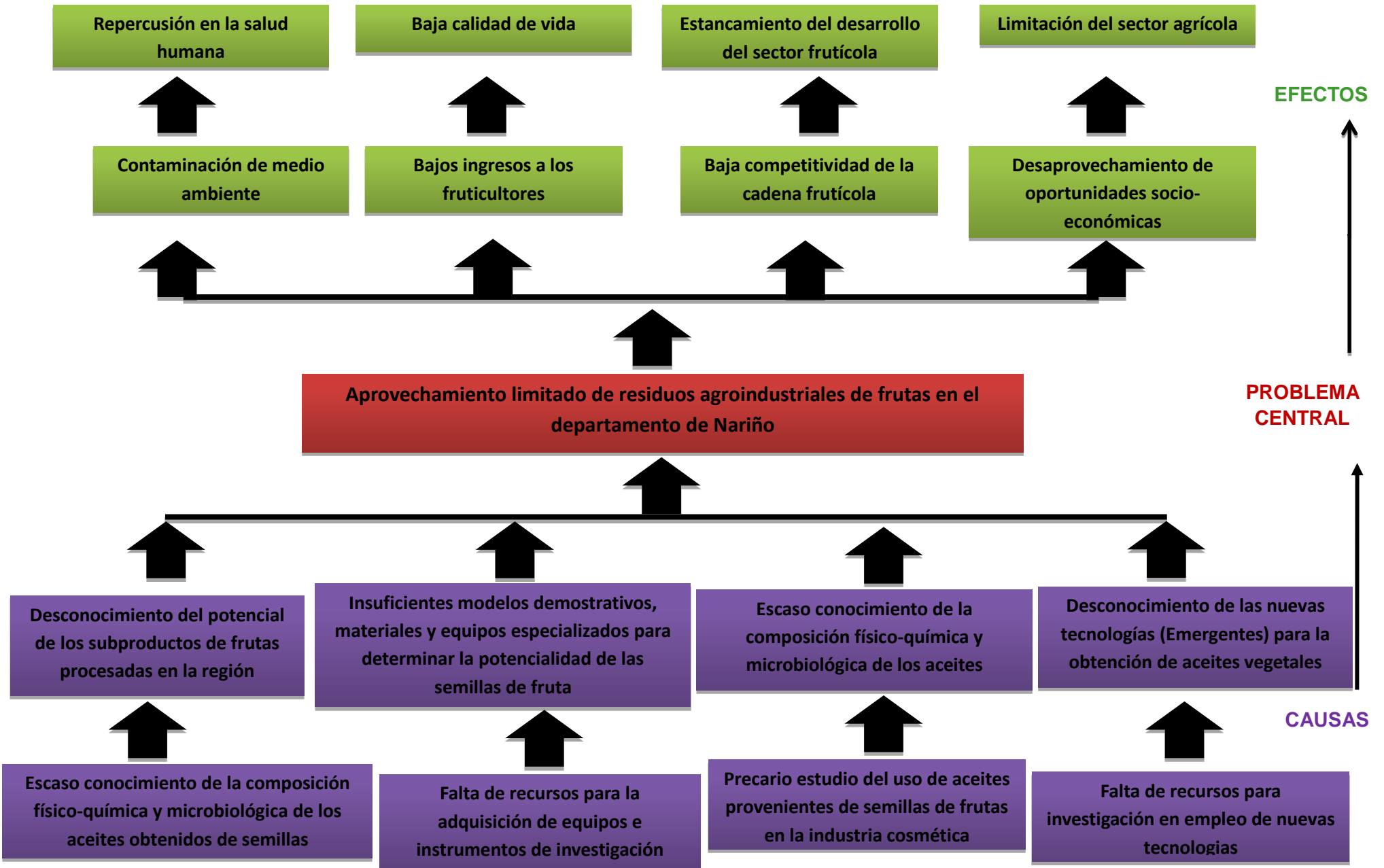
Las ventajas de la tecnologías de extracción con fluidos supercríticos, se puede resumir entonces, en la posibilidad de optimizar la selectividad de la extracción variando la densidad del fluido, bajo consumo energético, posibilidad de extracción de compuestos termolábiles, fácil eliminación del fluido utilizado, posibilidad de fraccionamiento de los extractos y empleo mínimo o nulo de solventes orgánicos, respetando el medio ambiente.

A la fecha no se han desarrollado en el departamento de Nariño proyectos de investigación para la obtención de productos naturales con la tecnología de fluidos supercríticos, debido principalmente al desconocimiento de la misma y a la ausencia de equipos a nivel de laboratorio que permitan su desarrollo, a pesar de ser una técnica, que se posiciona a nivel mundial por su potencialidad para la obtención de sustancias concentradas y libres de solventes.

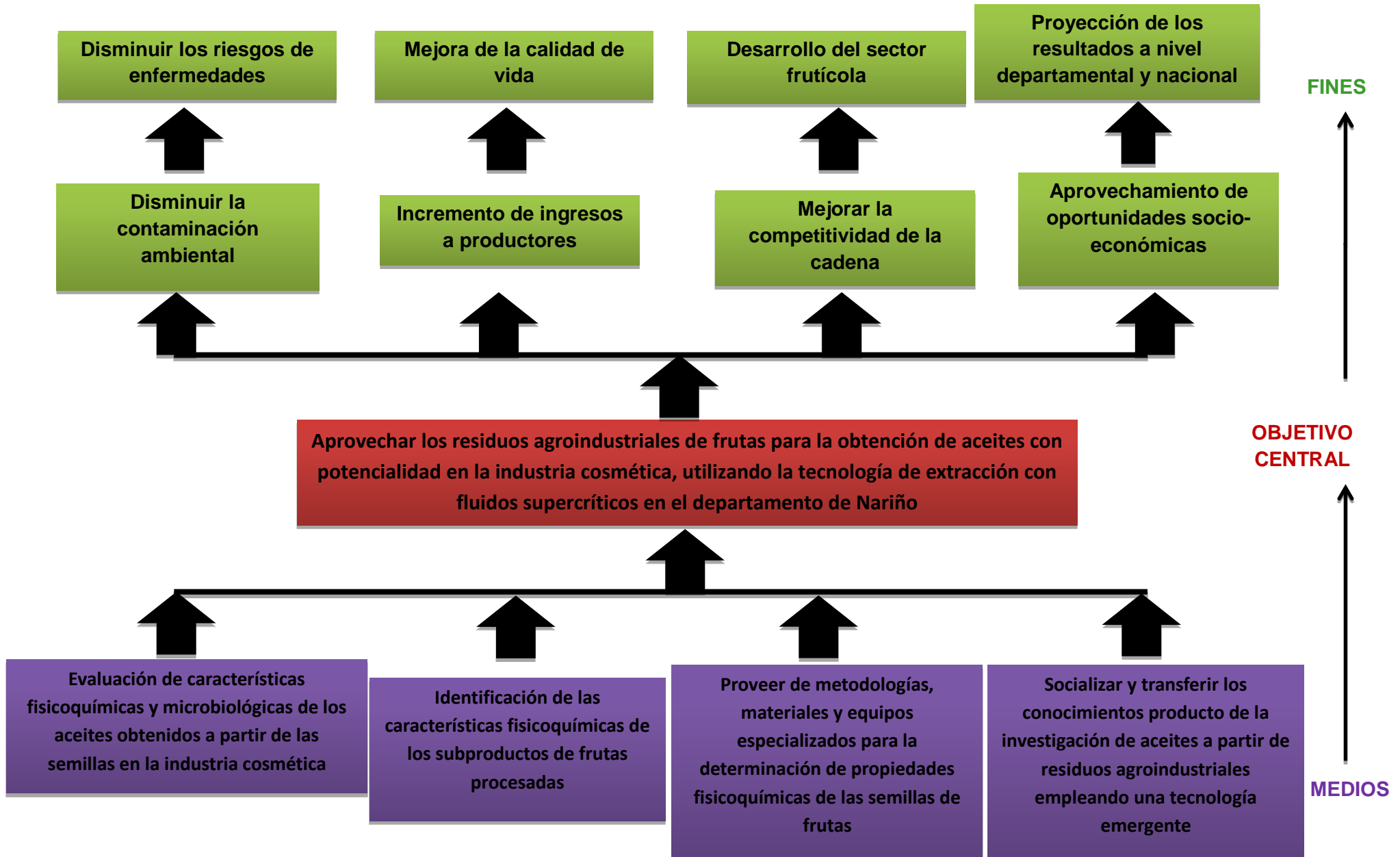
La presente propuesta apunta entonces hacia el desarrollo de la investigación y la innovación tecnológica de la cadena productiva de frutales, contribuyendo al mejoramiento de su competitividad a nivel regional y nacional, pues se valoriza un residuo obteniendo un producto con un alto valor y potencial de comercialización, de tal manera que se haga un aprovechamiento de la diversidad natural de forma integral y se propenda además a que el departamento de Nariño mejore su grado de competitividad, que en los últimos años se ha visto marginado, lo cual guarda relación con los bajos niveles de inversión en ciencia y tecnología, que ubican a Nariño en los últimos puestos, 17 de 23 departamentos (Desarrollo de la fruticultura en Nariño, 2006) y también, con el bajo porcentaje de proyectos de investigación relacionados con ingredientes naturales (Fondo BIOCOMERCIO, 2009).

La pregunta a resolver con este proyecto de investigación es la siguiente: ¿Los aceites obtenidos de semillas de frutas con la tecnología de fluidos supercríticos poseen potencial para ser utilizados en la industria cosmética?

Árbol de Problemas



Árbol de Objetivos



POBLACION OBJETIVO

La presente propuesta como alternativa para el fortalecimiento de la cadena frutícola de la región, centrada en el aprovechamiento de residuos del procesamiento de frutas, como lo son las semillas, involucra tanto a productores de frutales como a los encargados del procesamiento de frutas para la obtención de pulpas, mermeladas, entre otros productos.

En Nariño, el número de productores dedicados al cultivo de frutales se incrementa. Esto gracias a la dinámica creciente de la actividad y la vinculación de una población cada vez mayor en los procesos productivos, pero que lastimosamente no están aplicando la tecnología disponible para aumentar los niveles de producción. Es por ello que resulta necesario que las autoridades departamentales, impulsen e implementen estrategias que propendan al aprovechamiento la ventaja que tiene la zona para producir todo tipo de fruta (PLAN FRUTICOLA NACIONAL, 2006).

En el ámbito agroindustrial del sector frutícola, Nariño representa el 20.17% de las empresas del país. Esto resalta el alto peso específico que tiene la región en la infraestructura procesadora existente en Colombia. Las empresas procesadoras de frutas resultan por lo tanto población que se verá beneficiada del proyecto dado que promueve la generación de valor agregado de los residuos de esta agroindustria

A continuación se nombran las empresas más sobresalientes dedicadas al procesamiento de frutas ubicadas en San Juan de Pasto y zonas aledañas.

EMPRESA ASOCIATIVA DE TRABAJO PRODUCTOS ALIMENTICIOS GALERAS
INDUSTRIAS UMayUX
INDUSTRIA DE PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES DE NARIÑO INPADENA
ZUMMOS SUAVEMENTE NATURAL
ANDINA DE CONSERVAS
HELADOS FRUTICREMA (Elaboración de helados a base de frutas)
PRODUCTOS EL NARANJITO
FUENTE DE SODA LA VALLENATA
PRODUCTOS ALIMENTICIOS GUAMUEZ
FRUTIROBLES
PRODUCTOS SAN JUAN
ASPHONAR
HORTIFRUTAS NARIÑO
HYFRUTS

JUSTIFICACION

El proyecto plantea la obtención y caracterización de aceites naturales, mediante la tecnología de extracción con fluidos supercríticos, la cual se caracteriza por permitir obtener compuestos, en este caso aceites, únicos de gran valor agregado con características específicas tras un ajuste en las condiciones de extracción del equipo, es decir, es una técnica selectiva, que permite obtener aceites que no existen en el mercado, además que se acoplen a las características que demanda una industria como la cosmética.

La tecnología de extracción con fluidos supercríticos, como el CO₂ supercrítico empleado como solvente, simplifica la etapa de purificación del aceite al eliminarse con solo modificar la presión, por lo tanto, reduce tiempo y costos de esta operación y al no utilizar solventes orgánicos durante el proceso, los aceites extraídos quedan totalmente libres de residuos y no sufren ninguna pérdida molecular ni deterioro dado que en las condiciones de extracción, no se manejan altas temperaturas, preservándose de este modo la más alta calidad del producto.

Por otra parte la fuente de materias primas para la obtención de aceites con potencial en la industria cosmética será las semillas, que se constituyen como residuos de empresas procesadoras de frutas, por lo cual se estará realizando un aprovechamiento de estos residuos, generando valor agregado, lo cual puede implicar, que en el futuro estos sean, tanto para los productores de frutales, industria del procesamiento de frutas y población en general, material vegetal de valor que les genere rentabilidad al recolectarlo y venderlo como materia prima para la producción de aceites de interés en la industria cosmética. Además, los posibles residuos generados de este proceso se podrán destinar a la elaboración de abonos o para alimentación animal, mitigando así el impacto ambiental que estos pueden generar si no se les da un tratamiento adecuado. Por otra parte, el uso de una tecnología limpia de extracción como lo es la extracción con fluidos supercríticos, permite un aprovechamiento de estos residuos agroindustriales, sostenible y amigable con el medio ambiente, logrando un uso integral de los productos frutícolas en el departamento.

El proyecto permitirá fortalecer equipos de investigación universitarios, conocer, estudiar y emplear la tecnología de extracción con fluidos supercríticos en la región puesto que hasta la fecha no se han desarrollado en el departamento de Nariño proyectos de investigación para la obtención de productos naturales con fluidos supercríticos, debido principalmente al desconocimiento de la misma y a la ausencia de equipos a nivel de laboratorio que permitan el desarrollo de esta tecnología emergente, que se posiciona a nivel mundial por su potencialidad para la obtención de sustancias libres de residuos de solventes.

La extracción de aceites a partir de semillas de frutas, mediante la técnica propuesta, es un proyecto que fomenta el desarrollo e innovación en Nariño. Además la falta

investigación para la obtención de nuevos productos, está limitando al departamento en el desarrollo tecnológico y por ende económico, ya que se está descuidando de forma significativa el mercado de los productos o ingredientes naturales, en el cual se tiene ventaja dada la disponibilidad de recursos tanto naturales como humanos en el departamento y es un mercado donde Colombia se ha dejado tomar ventaja por países como Brasil y Perú, que exportan aceites vegetales novedosos para usos cosméticos.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la potencialidad de uso en la industria cosmética de aceites obtenidos con fluidos supercríticos a partir de semillas provenientes del procesamiento de frutas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el efecto de las condiciones del proceso de extracción supercrítico en el rendimiento y composición de los aceites.
2. Analizar la composición de los aceites mediante técnicas cromatográficas y determinar sus propiedades fisicoquímicas.
3. Evaluar el uso potencial de los aceites en la industria cosmética mediante pruebas de sensibilidad dérmica, irritabilidad ocular y pruebas microbiológicas.
4. Socializar y transferir los conocimientos producto de la investigación de obtención de aceites a partir de residuos agroindustriales empleando una tecnología emergente.

METODOLOGÍA PROPUESTA

Se llevará a cabo la extracción de aceites a partir de las siguientes semillas de frutas, utilizando CO₂ supercrítico:

- Lulo
- Mora
- Maracuyá
- Mango
- Guayaba
- Guanábana
- Tomate de Árbol
- Papaya

Obtención del material vegetal

Las semillas de frutas a evaluar serán suministradas por una empresa dedicada a la obtención de pulpas de frutas ubicada en la ciudad de Pasto.

Las semillas serán empacadas en bolsas de polietileno y trasladadas hacia las instalaciones de la Planta Piloto de Procesos Agroindustriales de la Universidad de Nariño, donde se realizará el proceso de extracción del aceite.

Adecuación del material vegetal.

Para cada tipo de semilla, se realizará un proceso de adecuación que consiste en retirar el exceso de pulpa adherido a las semillas haciendo un lavado con agua y se procederá a secarlas en un secador de bandejas. Posteriormente se realizará una molienda y finalmente se tamizará con el fin de tener uniformidad en el tamaño de partícula del material para la extracción.

Se determinará, en los laboratorios de bromatología de la Universidad de Nariño el contenido de grasa cruda, proteína, fibra cruda, ceniza y minerales, mediante metodologías de la AOAC (1990), tomando una cierta cantidad de muestra de las semillas (de cada fruta) molidas, el ensayo se realizará por triplicado.

La proteína cruda, se cuantificará por el método de Kjeldahl ($\% \text{ proteína} = \% \text{N} \times 6,25$), la fibra cruda por digestión ácida y posterior calcinación de residuos, el fundamento es asemejar este proceso al que desempeña el organismo en su función digestiva. Las cenizas se determinarán por incineración, en el que el material orgánico se quema y la materia inorgánica restante se enfría y se pesa. Los minerales finalmente se determinarán realizando una mineralización por vía humedad, que destruye

la materia orgánica con el fin de dejar el elemento en condiciones adecuadas para ser determinado y cuantificado espectrofotométricamente (AOAC, 1995).

Proceso de extracción.

La extracción de los aceites vegetales se realizará utilizando la tecnología de fluidos supercríticos, específicamente con CO₂ supercrítico como solvente, en un equipo con celda de extracción intercambiable de 100 - 500 mL, una bomba de alta presión y dos separadores. Además el equipo deberá contar con sistemas de control de presión, de temperatura y de flujo de CO₂ que operará a través de un software, características que le dan flexibilidad y versatilidad en el estudio que se pretende realizar. El equipo se obtendrá a través de la financiación del proyecto.

Para determinar la influencia de las condiciones de extracción se llevará a cabo un diseño factorial de experimentos 2 a la 2 con 4 puntos centrales (para cada tipo de semilla) y dos repeticiones por experimento, en el que se considerarán el efecto de la presión (X) y la temperatura (Y) de extracción sobre las variables de respuesta rendimiento, relación contenido de ácidos grasos insaturados/ácidos grasos saturados y contenido de tocoferoles y esteroides. El rendimiento se calculará a partir de la cantidad de aceite vegetal obtenido por unidad másica de materia prima en términos porcentuales.

La matriz del diseño de experimentos y el análisis estadístico de los datos se llevará a cabo con ayuda del programa estadístico STATGRAPHICS Plus 5.0. (Statistical Graphics Corp.1994-2000); los experimentos se realizarán de manera aleatoria.

Caracterización de los aceites obtenidos de acuerdo a su perfil de ácidos grasos, esteroides y tocoferoles mediante cromatografía de gases.

La identificación y cuantificación de los ácidos grasos de cada aceite de semillas de frutas obtenido, se realizará mediante análisis cromatográfico, que será realizado en un cromatógrafo de gases con detector de ionización de llama disponible en el laboratorio de cromatografía de la Universidad de Nariño, de acuerdo al método propuesto por Castro *et al.* (2011), que considera el análisis del aceite en función de la composición de ácidos grasos mediante transesterificación del aceite a sus correspondientes ésteres metílicos (FAME's).

Para la identificación y cuantificación de esteroides y tocoferoles, se realizará separándolos de los lípidos mediante saponificación, que consiste en tomar una muestra de 0,5 a 1 g de aceite pesada en un balón aforado de 50 mL, posteriormente 100 mL de estándar interno y 20 mL 1N de KOH/MeOH se adiciona para iniciar reacción de saponificación. La porción insaponificable se extrae con 50 mL de éter. Después de lavar con éter, se fracciona con agua destilada para quitar el agua soluble contaminante. La fracción de éter que contiene la fracción insaponificable de los aceites se

concentra en un rotaevaporador a 40°C y posteriormente se procede a realizar el análisis cromatográfico (Hwang, *et al.*, 2003).

Los aceites obtenidos en las condiciones consideradas óptimas será caracterizado en cuanto a su composición mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), con el fin de verificar la identificación de los ácidos grasos, tocoferoles y esteroides presentes en el aceite y principales compuestos activos, análisis que se llevará a cabo en un laboratorio nacional con experiencia en dicho campo (UIS, U. de Antioquia).

Análisis físico-químico de los aceites

En cuanto a los análisis físico-químicos de los aceites se realizará de acuerdo a la normatividad vigente en Colombia para los parámetros físico- químicos que deben cumplir los aceites de aplicación cosmética, por lo tanto, se realizarán siguientes pruebas a los aceites obtenido en las mejores condiciones de extracción:

Pruebas físicas:

Índice de refracción: según NTC 289

Densidad: según NTC 336

Pruebas químicas:

Índice de acidez: según NTC 218

Índice de yodo: según NTC 283

Índice Saponificación: según NTC 335

Índice Peróxidos: según NTC 236

Para la evaluación del uso potencial de los aceites en la industria cosmética se realizarán pruebas de irritabilidad dérmica, irritabilidad ocular y pruebas microbiológicas que garanticen su inocuidad al ser incorporados en matrices cosméticas.

Para el análisis de irritación dérmica, se utilizará conejos albinos. La sustancia de ensayo se aplica en una dosis única a un área pequeña de la piel (aproximadamente 6 cm²) de un animal de experimentación, las áreas no tratadas de la piel de los animales de prueba servirá como control. El período de exposición a la sustancia de ensayo será de 4 horas y la dosis aplicable a la zona de prueba de 0,5 ml. El método consta de dos pruebas: la prueba inicial y la prueba de confirmación (sólo se utiliza si un efecto corrosivo no se observa en la prueba inicial). Todos los animales deberán ser examinados en busca de signos de eritema y edema durante 14 días. Las puntuaciones de la irritación cutánea serán evaluadas junto con la naturaleza y gravedad de las lesiones y su reversibilidad o la falta de reversibilidad. Cuando las respuestas se mantengan hasta el final del período de observación de 14 días, la sustancia se considerará como una sustancia irritante (OECD, 2002; ISO 10993-10)

En la prueba de irritación ocular, la sustancia se colocará en el saco conjuntival del ojo de cada animal después suavemente en el párpado inferior del globo ocular. Los párpados son suavemente unidos alrededor de un segundo a fin de evitar la pérdida del material. El otro ojo, que no se trata sirve como control y se realizarán finalmente evaluaciones de tres estructuras: la conjuntiva, el iris y la córnea, a los tiempos de 1, 24, 48 y 72 horas. (OECD, 2002; ISO 10993-10)

Las anteriores pruebas serán realizadas por el Departamento de Química Farmacéutica de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá.

Análisis microbiológicos de los aceites:

Los análisis microbiológicos de las muestras de aceites vegetales obtenidos, se realizarán en Laboratorios Especializados de la universidad de Nariño, de acuerdo a lo reportado por Albarracín *et al.* (1944) y según la NTC 4833 de parámetros microbiológicos para productos cosméticos y así determinar si podrá ser utilizado con fines cosméticos. Se realizarán ensayos microbiológicos de mesófilos aerobios viables, mohos y levaduras, coliformes totales, coliformes fecales (*Escherichia coli*), *Pseudomonas aeruginosa*, y *Staphylococcus aureus*.

En el recuento de mesófilos aerobios viables, se estimará la microflora total sin especificar tipos de microorganismos. Este ensayo refleja la calidad sanitaria del producto a examinar, las condiciones de manipulación y las condiciones higiénicas de la materia prima. En este grupo se incluyen todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 30°C en las condiciones establecidas, debido a que su temperatura de desarrollo es óptima para muchas formas de vida libre.

Generalmente no se admite la presencia de bacterias coliformes como *Escherichia coli* en los aceites para uso cosmético, pues son un indicador de contaminación con materiales cloacales y mala higiene en el proceso de manipulación. Entre otras bacterias a identificar está *Staphylococcus aureus*, la más patógena de las especies de *Staphylococcus* encontradas en el hombre, microorganismo capaz de causar infección en cualquier sitio del organismo (Jurado y Muñoz, 2009) y por ser un patógeno de riesgo potencial, se realizará control microbiológico para *Pseudomonas aeruginosa* ya que el crecimiento de estos microorganismos hacen de los productos cosméticos inseguros e inaceptables para su uso.

Socialización y transferencia de conocimientos

La socialización de los resultados se realizará a través de seminarios dirigidos a productores, asociaciones y empresas a fines con el procesamiento de frutas del departamento:

- Seminario presentación del proyecto y sus resultados: Auditorio Luis Santander Universidad de Nariño.

- Seminario presentación del potencial de los aceites en la industria cosmética y otras. Auditorio Luis Santander Universidad de Nariño.

En el mismo sentido se pretende realizar ponencias en eventos de carácter científico a nivel nacional cuyo objetivo será la socialización de los resultados de la investigación hacia otras regiones del país ya que es un problema común.

3 Ponencia divulgación de resultados en congresos nacionales tentativos.

BIBLIOGRAFÍA

Albarracín, F.; Herrera, F. Texto de laboratorio de microbiología de alimentos, Universidad de Pamplona, 174-175, Noviembre 1944.

Amaya, L.; Diaz, F.; García, N.; Moncada, M.; Guerrero, G. Obtención del aceite de las semillas de *Luffa cylindrica* y evaluación de su potencial uso en la industria cosmética. *Scientia et Technica* Año XIII, 33, 287-289. 2007.

AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. Edited by Kenneth Herlich. 1995

Belén, D.; Sánchez, E.; García D.; Moreno, M.; Linares, O. Características fisicoquímicas y composición en ácidos grasos del aceite extraído de semillas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* Sendt) variedades roja y amarilla. *Grasas y Aceites*, 55 (4), 428-433. 2004.

Castro, H.; Rodriquez, L; Parada, F. Guava (*Psidium guajava* L.) seed oil obtained with a homemade supercriticalfluid extraction system using supercritical CO₂ and co-solvent. *J.Supercrit.Fluids*, 56 (3), 10-16. 2011

Draelos, Z. Cosmeceuticos: Serie dermatologia estética. Elsevier España, 2006. p. 238.

Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola (FNFH), Asociación Hortifrutícola de Colombia (Asohofrucol), Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca (SAG). Plan Frutícola Nacional (PFN). Desarrollo de la fruticultura en Nariño Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). Gobernación de Nariño. Pasto, 2006

Fondo BIOCOMERCIO. La cadena de valor de los ingredientes naturales del Biocomercio para las industrias Farmacéutica, Alimentaria y Cosmética - FAC", Grupo consultor Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, 2009

Jurado, J.; Muños, V.; Caracterización del aceite de las semillas de *Solanum quitoense* l variedad la selva y evaluación de su actividad antioxidante. Pereira 2009. Tesis de grado. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Química.

García, C.; Fraile, J.; López, M.; Domingo, C. Química sostenible: procesado de materiales farmacéuticos y cosméticos utilizando fluidos supercríticos. Investigadores del Departamento de Química del Estado Sólido. Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona - CSIC. Reportaje_I+D+i. 54-56

García, D.; Vilorio, A.; Belén, D., Moreno, M. Características físico-químicas y composición de ácidos grasos del aceite crudo extraído de residuos de mora (*Rubus glaucus* Benth). En: Grasas y Aceites. 54, 4. 259-263. 2003

García, N.; Moncada, M. Estudio microbiológico del aceite de *Luffa cylindrica* para su potencial uso en la industria cosmética. Pereira 2006. Tesis de grado. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Química

Hurtado, A. Estudio del proceso de extracción de componentes minoritarios de aceite de oliva con CO₂ supercrítico en contracorriente, Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Madrid, Dpto. de Ing. Química, Madrid, España. 2002

Hwang, B.; Wang, J.; Choong, Y. A simplified method for the quantification of total cholesterol in lipids using gas chromatography. Journal of Food Composition and Analysis. 16 . 169-178. 2003

Khayat, C.; Candau, D.; Cosmetic water emulsion containing at least one vegetable oil. Patente de Invención ES 6284257. 1994.

Kiritsakis, A. El Aceite de Oliva. A. Madrid Vicente Ediciones, 2ª Ed. Madrid. 1992

List, G.; Friedrich, J. P; Pominski, J. Characterization and processing of cottonseed oil obtained by extraction with supercritical carbon dioxide. J. Am. Oil Chem. Soc., 61,1847-1849. 1984.

Létisse, M.; Rozieres, M.; Hiol, A.; Sergent, M.; Comeau, L. Enrichment of EPA and DHA from sardine by supercritical fluid extraction without organic modifier: I. Optimization of extraction conditions. 38 (1), 27-36. 2006

Mangold, H. Extraction and fractionation of lipids with supercritical carbon dioxide and other inorganic solvents. International Conference on Oils, Fats and Waxes: Fats for the Future, p. 44-55, Auckland, New Zeland. 1983

Martini, M. Introducción a la dermofarmacia y a la cosmetología., Ed. ACRIBIA. S.A., Zaragoza (España). p.300. 2005

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Humbolt y Cámara de Comercio de Bogotá. Informe Final Análisis de Desempeño Implementación de las Herramientas del Sistema de Inteligencia Tecnológica Análisis Prospectivo. 2008

Muñoz, M. Síntesis y caracterización de geles como vehículos de meloxicam y acetato de vitamina e de aplicación tópica terapéutica y cosmética. Granada. Tesis doctoral. Universidad de Granada. Facultad de farmacia. Departamento de farmacia y tecnología farmacéutica. 2005

Norma Técnica colombiana (NTC 289), Grasas y Aceites, Método de determinación del índice de refracción, Editada por el instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá, 1969

Nivia, A.; Castro, H.; Parada, F.; Rodríguez, I.; Restrepo, P.; Aprovechamiento Integral de la Guayaba (*Psidium guajava* L.): I. Obtención de Extractos a Partir de Semillas Utilizando como Solvente CO₂ Supercrítico. *Scientia et Técnica* 33, 120-123. 2007

Norma Técnica colombiana (NTC 336), Grasas y Aceites, Método de determinación de la densidad, Editada por el instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá, 1999.

Norma Técnica colombiana (NTC 218), Grasas y Aceites, Método de determinación del índice de acidez. Editada por el instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá, 1999

Norma Técnica colombiana (NTC 283), Grasas y Aceites, Método de determinación del índice de yodo, Editada por el instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá, 1969

Norma Técnica colombiana (NTC 335), Grasas y Aceites, Método de determinación del índice de saponificación, Editada por el instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá, 1970

Norma Técnica colombiana (NTC 236), Grasas y Aceites, Método de determinación del índice de peróxidos, Editada por el instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá, 1999

Normas ISO Internacional 10993-10 parte 10 Ensayos de irritación y sensibilización.

Norma Técnica colombiana (NTC 4833), Industria de cosméticos y de tocados, Métodos de ensayo microbiológicos para productos cosméticos, Editada por el instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), Bogotá, 1995

Ocampo, D.; Betancur, L.; Ortiz, A.; Ocampo, R. Estudio cromatográfico comparativo de los ácidos grasos presentes en semilla de *Annona cherimolioides* y *Annona muricata* L. En: *Vector*, 2, 103 - 112. 2007

Ortuño, M. Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes. Aiyana ediciones, p.276. 2006

OECD. Guidelines for Testing of Chemical: Acute Dermal Irritation Corrosion 404, 2002

OECD. Acute Eyes Irritation Corrosion. Guidelines for Testing of Chemical No 405, 2002

Peralta, A.; Reyes, A.; Rangel, J.; Nivia, A.; Mendoza, A.; Rodriguez, L.; Parada, A. Diseño y construcción de equipos de extracción con fluidos supercríticos (EFS) y algunas aplicaciones en análisis de alimentos. Alimentos Hoy, 13, 2008.

Secretaría de Agricultura y Medio Ambiente de Nariño. Consolidado Agropecuario de Nariño, 2010.

Tilly, K.; Chaplin, R.; Foster, N. Supercritical fluid extraction of the triglycerides present in vegetable oils. Separ. Sci. Technol., 25 (4), 357-367, 1990.

Proexport Colombia. Perfil sectorial. Sector Cosméticos. Fiducoldex-Fideicomiso Proexport Colombia, 1 (2), Bogotá, 2010

Yepes, S.; Montoya, L.; Orozco, F. Valorización de residuos agroindustriales - frutas - en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín, 61(1), 4422-4431. 2008

Zhang, X.; Julien, D.; Miesch, M.; Geoffroy, P.; Raul, F.; Roussi, S.; Aoude-Werner, D.; Marchioni, E. Identification and quantitative analysis of sitosterol oxides in vegetable oils by capillary gas chromatography-mass spectrometry. Steroids, 70, 896-906. 2005.

ASPECTOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

'Se garantizará que la producción intelectual generada en esta investigación será utilizada de manera coherente con el interés público, la función social y ecológica de la propiedad'.

'Las hipótesis estipuladas al formular este proyecto son originales y están basadas en las necesidades de la agricultura nacional y desarrollo tecnológico en las cadenas productivas de frutas y oleaginosas, sin transgredir los derechos de propiedad intelectual de otras personas'.

'La divulgación de resultados y conclusiones realizada a partir de las experimentaciones serán de exclusiva responsabilidad de los autores y no comprometerán el pensamiento oficial de la Universidad de Nariño ni de las entidades participantes'.

'Si el presente trabajo da como resultado un proceso novedoso que amerite una patente los derechos serán compartidos por las entidades directamente involucradas en el desarrollo y el financiador.

'De acuerdo con lo establecido en los contratos del personal que labora en la Universidad de Nariño, la propiedad industrial de los productos desarrollados en la institución pertenece a la entidad. Así mismo, como lo establecen las leyes internacionales y colombianas, la propiedad intelectual relacionada con derechos de autor pertenece a los investigadores que han llevado a cabo los desarrollos.

'Los artículos científicos y técnicos que resulten del trabajo de grado tendrán como autores los estudiantes e investigadores que hayan participado directamente en la ejecución del proyecto.

'En las publicaciones, productos académicos y divulgaciones en eventos de carácter científico se hará correcto uso del nombre y emblema de la entidad financiadora, Colciencias, Universidad de Nariño y de los demás socios participantes del proyecto'.

IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO

AIRE: impacto positivo

Durante la ejecución del proyecto, se espera realizar la extracción en un lugar que tenga la aireación suficiente, pero ubicado de tal manera que los olores que se desprendan del aceite no incomoden a la comunidad que rodea el lugar donde se realizará la extracción, Además el método de extracción empleado es una tecnología limpia, que produce un mínimo impacto en el medio ambiente al utilizar CO₂ como solvente que es de fácil eliminación del producto modificando la presión, además se caracteriza por ser no tóxico, no inflamable y no corrosivo, por lo tanto no representa un riesgo para la salud del manipulador.

Al utilizar residuos del procesamiento de frutas se incurre en la disminución de una fuente de malos olores por procesos de degradación, cuando no se les da la disposición adecuada.

Por su parte, la determinación de la composición de los aceites, de sus características físicas - químicas, microbiológicas y su aplicación en cosméticos no genera impactos sobre el aire.

AGUA: impacto positivo

Durante la ejecución del proyecto, la extracción se realizará utilizando CO₂ supercrítico, lo cual no implica el uso de agua durante el proceso. En la adecuación de materia prima, se requiere una cantidad de agua moderada y los residuos acarreados por esta son de tipo orgánico y serán mínimos.

La determinación de la composición de los aceites, de sus características físicas - químicas, microbiológicas y su aplicabilidad en cosméticos no genera impactos sobre el agua. Los ensayos requieren de cantidades pequeñas o moderadas del producto y su adecuada disposición final no representa ningún riesgo de contaminación de fuentes naturales de agua.

Además la aplicación de aceites en productos cosméticos permite reducir el uso de los insumos químicos tradicionales que tienen efectos nocivos tanto para el ambiente como para la salud humana a mediano y largo plazo.

SUELO: impacto positivo

Durante la ejecución del proyecto no se producen vertimientos de sustancias al suelo.

La extracción de compuestos de matrices vegetales, utilizando la tecnología de fluidos supercríticos permite obtener productos considerados como inocuos y el proceso como tal, no genera desechos sino subproductos orgánicos (semillas después de la extracción) que pueden ser aprovechados

como materia prima para la obtención de abonos o para alimentación animal, ya que no tienen residuos de solventes o algún tipo de sustancia tóxica que lo impida.

BIODIVERSIDAD: impacto positivo

Durante la ejecución del proyecto, se estudiará el aceite extraído de semillas provenientes de frutas con el fin de explorar su uso en una industria como la cosmética, impulsando por lo tanto, una forma de aprovechamiento de residuos que imprime mayor valor agregado, disminuyendo pérdidas y promoviendo el desarrollo sostenible de la agroindustria de frutas, gracias a un uso integral de la diversidad frutal del departamento.

Además, debido a la creciente demanda por productos con ingredientes naturales para el cuidado de la piel, el mercado de aceites obtenidos es promisorio y representa no solo salud y belleza, sino desarrollo económico en toda la cadena productiva de frutales.

ÁREAS Y AMBIENTES PROTEGIDOS: impacto positivo No se realizarán intervenciones en áreas o ambientes protegidos.

TRAYECTORIA Y CAPACIDAD EN INVESTIGACION, DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACION DE LAS INSTITUCIONES

Con base en los principios de libertad, democracia, tolerancia, y respeto por la diferencia, La Universidad de Nariño, reconoce la pluralidad conceptual, filosófica y metodológica del que hacer investigativo, en armonía con los postulados propios de la actividad científica. Por tal motivo cuenta con 89 grupos de investigación registrados en Colciencias de los cuales 50 se encuentran reconocidos y de estos 45, categorizados.

En general, estos grupos a través de sus proyectos y actividades de investigación, aportan al desarrollo de la región y a la generación de conocimiento. Una muestra de ello, es el grupo Tecnologías Emergentes en Agroindustria (TEA), el cual se creó en el seno de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad de Nariño en el 2005, con el fin de impulsar el desarrollo agroindustrial de la región a través de la investigación, utilizando nuevos procesos y tecnologías que generen mayor valor agregado a las materias primas y productos del sector agropecuario. Sus líneas de investigación se centran en el desarrollo de procesos y productos agroindustriales, el diseño de prototipos de equipos, la obtención de bioinsumos a partir de extractos vegetales, la obtención de productos naturales con fluidos supercríticos y la aplicación de nuevas tecnologías a la conservación de frutas y hortalizas. Entre sus principales avances se encuentra la producción de diversos artículos científicos publicados en revistas indexadas a nivel nacional e internacional, la participación en diferentes eventos académicos y el desarrollo de varios prototipos de equipos agroindustriales.

La gestión de diferentes proyectos le ha permitido al grupo conseguir recursos para la adquisición de valiosos equipos y materiales para investigación que han sido puestos al servicio de la comunidad universitaria. Se desatacan un equipo de Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) y un fermentador de alta tecnología.

El grupo TEA ha logrado la cofinanciación por parte del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y la Universidad de Nariño de varios proyectos de investigación, a los cuales se han vinculado docentes de los programas de Agroindustria, Biología, Agronomía y Química. Entre estos proyectos se destacan el de "OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN BIOINSUMO A PARTIR DE JUGO DE FIQUE PARA EL CONTROL DE LA GOTA EN LA PAPA" y el de "OBTENCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DEL PROCESAMIENTO DE FIQUE", que pretenden contribuir a la solución del problema de la cadena del fique, aprovechando y valorizando los subproductos generados en el beneficio de la fibra y mejorando el nivel de ingresos de los productores.

Con el proyecto "EXTRACCIÓN, CARACTERIZACIÓN Y PURIFICACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO" desarrollado en convenio con CORPOICA, se pretende dar una alternativa de desarrollo agroindustrial para la región del Alto Patía, extrayendo aceite

esencial de una especie de orégano que se produce allí de manera silvestre y utilizándolo como ingrediente en la industria alimentaria.

Además, la finalidad del grupo de investigación TEA también está encaminada a desarrollar proyectos de investigación en el área de aprovechamiento de la biodiversidad colombiana para la obtención de productos de interés en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica, mediante la tecnología de fluidos supercríticos. Su director e investigador vinculado en el presente proyecto, posee estudios de doctorado en esta línea y ha desarrollado diferentes investigaciones a nivel nacional e internacional. Su tesis doctoral: "Estudio del proceso de extracción de componentes minoritarios de aceite de oliva con CO₂ supercrítico en contracorriente", fue realizada en la Universidad Autónoma de Madrid y recibió la calificación Sobresaliente Cum Laude por unanimidad. Algunas de las publicaciones realizadas son:

"Deacidification of olive oil by countercurrent supercritical carbon dioxide extraction: Experimental and thermodynamic modeling". Journal Of Food Engineering ISSN: 0260-8774 Ed. Elsevier Academic Press. v.90, p.463 - 470 ,2009

"Countercurrent packed column supercritical CO₂ extraction of olive oil. Mass transfer evaluation". Journal of Supercritical Fluids, vol. 28, enero 2004.

"Concentration of sterols and tocopherols from olive oil with supercritical carbon dioxide". Journal of American Oil Chemists Society, vol. 79, Nº 12 (2002).

Además ha participado en contratos de investigación con empresas privadas europeas, tales como:

Entidad Financiadora: Grupo Empresarial Muela, S.A. España

Centro de Investigación: Área de Tecnología de Alimentos (UAM)

Investigador Responsable: Dr. Guillermo Reglero Rada

Título del Contrato: Fraccionamiento del aceite de oliva mediante tecnología de fluidos supercríticos. Duración: septiembre 2001 - diciembre 2003.

Entidad Financiadora: ICI España, S.A.

Centro de Investigación: Área de Tecnología de Alimentos (UAM)

Investigador Responsable: Dr. Guillermo Reglero Rada

Título del Contrato: Extracción y separación de glicerina y mono-di-glicéridos utilizando fluidos supercríticos. Duración: marzo 2002 - mayo 2002

Proyecto conjunto de investigación denominado "Tecnologías Limpias de Extracción de Cera de Laurel: Estudio y Caracterización Química de la Cera y su Aroma", bajo el convenio para la realización de misiones de intercambio, entre la Universidad de Nariño, la Universidad Autónoma de Madrid y el Instituto de Fermentaciones Industriales del CSIC, Convenio Colciencias - CSIC. 2005-2006.

Lo anterior describe claramente el dinamismo, compromiso, capacidad intelectual y un alto sentido de pertenencia a la Universidad y a la región por parte del recurso humano con el cual cuenta, por tal motivo es una entidad con potencialidad de éxito de la presente propuesta.