

TÍTULO DE LA INVENCIÓN

Método para recolección y dispositivo recolector in situ de oleorresina de árbol de copaiba (*Copaifera*)

SECTOR TECNOLÓGICO

La presente invención se refiere al campo general de la recolección de oleorresinas, en particular un método para recolección y dispositivo recolector in situ de oleorresina de árbol de copaiba (*Copaifera*), con el propósito de minimizar la fatiga y daño en el tronco del árbol de copaiba, y a la vez mantener la inocuidad de la oleorresina recolectada.

ESTADO DE LA TÉCNICA

Los métodos tradicionales de extracción de oleorresina virgen del árbol de copaiba se basan principalmente en el sangrado manual, que es el más común e invasivo con el árbol. Este proceso implica realizar incisiones cuidadosas y profundas en la corteza del tronco, lo que permite que la oleorresina fluya hacia el exterior. Este método puede resultar en un daño prolongado al árbol si no se realiza correctamente, lo que puede afectar su salud a largo plazo. Si las incisiones son demasiado profundas o frecuentes, el árbol puede debilitarse, volverse susceptible a enfermedades y reducir su capacidad de producción de oleorresina. Además, la recolección manual es laboriosa y requiere habilidades específicas, lo que puede limitar la eficiencia del proceso. Además del sangrado, existe la recolección de oleorresina natural, que consiste en aprovechar las gotas de oleorresina que se acumulan en la corteza sin necesidad de hacer incisiones. Este método depende de condiciones ambientales favorables, como la humedad y la temperatura, lo que puede limitar la cantidad de oleorresina disponible. Si las condiciones no son adecuadas, la recolección puede ser ineficiente y llevar a períodos de escasez. Además, este enfoque no permite un control directo sobre la cantidad de oleorresina recolectada, lo que puede dificultar la planificación de la producción. En la extracción mecánica, los recolectores, generalmente miembros de comunidades locales, utilizan herramientas sencillas para realizar las incisiones como el barreno o taladro manual, con el objetivo de minimizar el daño al cambium, la capa vital del árbol. La oleorresina se recoge manualmente en recipientes, lo que puede afectar su pureza y calidad. A medida que la oleorresina fluye, se recoge en recipientes abiertos colocados en el exterior del árbol, lo que compromete su seguridad e inocuidad.

Dentro del estado de la técnica mencionamos algunos ejemplos de métodos que cumplen con la función de recolectar diferentes tipos de oleorresinas en árboles resiníferos, así como la inclusión de dispositivos que sirven para tal propósito, como es el caso de:

US2017105366 la presente invención divulga un colector de resina de árbol que se puede utilizar en combinación con una botella, comprendiendo el colector de resina de árbol: una porción de recolección que define extremos distal y proximal opuestos de la porción de recolección,

definiendo la porción de recolección un borde de recolección en el extremo distal de la porción de recolección; una porción guía que se extiende desde el extremo proximal de la porción de recolección, definiendo la porción guía extremos proximal y distal opuestos de la porción guía, extendiéndose la porción guía desde la porción de recolección en el extremo distal de la porción guía, estando terminada la porción guía opuesta a la porción de recolección por una sección de acoplamiento a la boca insertable en una boca de la botella; y una porción de acoplamiento al acabado dispuesta sustancialmente adyacente a la sección de acoplamiento a la boca para acoplarse a un acabado de la botella y asegurar el colector de oleorresina de árbol a la misma con la sección de acoplamiento a la boca insertada en la boca.

Como se puede observar en la invención anterior, se ha desarrollado un dispositivo para la recolección de resinas de árboles, por ejemplo, de abeto. Este dispositivo consta de varias partes para: recolección, guía y acoplamiento. Sin embargo, la configuración del pasaje en la porción guía puede ser susceptible a obstrucciones de resina, ya que depende de la alineación precisa y del ángulo correcto del recolector con respecto a la herida del árbol. Esto podría resultar en una recolección menos eficiente si no se posiciona correctamente, especialmente en casos donde la resina se espesa o coagula, lo que afecta su calidad.

Además, la porción guía del recolector se coloca directamente sobre la incisión realizada en la corteza del árbol. Sin embargo, este método no es adecuado para todos los tipos de árboles, especialmente para el árbol de copaiba, que requiere un proceso de extracción distinto. En este caso, es necesario canalizar la oleorresina desde el interior del tronco, específicamente desde los conductos resiníferos ubicados en la médula del árbol, sin comprometer su integridad. Por lo tanto, la solución debe incorporar un medio conector extendido que permita filtrar la oleorresina de manera eficiente, asegurando un manejo estéril e inocuo mediante una instalación hermética entre el dispositivo de recolección y el árbol, de forma que se evite cualquier contaminación con el ambiente.

Por otro lado, la invención describe diversos tipos de bordes de recolección para el recolector de resina, entre los que se incluyen bordes arqueados, rectilíneos, dentados, almenados y otros con formas alternativas que pueden extenderse en ángulo. La selección de estos bordes debe basarse en la compatibilidad con el tipo de árbol del cual se extraerá la resina, lo que implica que no existe un borde recolector universal, generando así un incremento en los costos de fabricación y mantenimiento para su implementación.

Adicionalmente, la necesidad de unir varias partes de forma reversible podría comprometer la durabilidad del dispositivo y exigir un mayor mantenimiento. Finalmente, la eficiencia en la recolección podría verse afectada por la inclinación y el diseño de las porciones, lo que limitaría su rendimiento en comparación con métodos más directos y efectivos.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION (PROBLEMA TECNICO, SOLUCION Y VENTAJAS)

El árbol de copaiba (*Copaifera*) es un miembro del género Fabaceae, predominante en las selvas tropicales de América del Sur. Se caracteriza por su alto crecimiento y un tronco cilíndrico que puede alcanzar diámetros significativos. La oleorresina obtenida de su tronco es rica en diterpenos, especialmente en β -cariofileno, lo que le confiere propiedades antiinflamatorias, analgésicas y antimicrobianas. Su uso en medicina tradicional ha sido ampliamente documentado, y actualmente se investiga su potencial en la farmacología moderna. Además, el árbol de copaiba desempeña un papel importante en la conservación del medio ambiente, favoreciendo la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas forestales.

El aceite virgen de copaiba, extraído directamente del árbol, presenta diversas propiedades físicas que lo caracterizan. Es un líquido viscoso que varía en color desde amarillo claro hasta ámbar, con un aroma terroso y ligeramente dulce. Su densidad suele oscilar entre 0.9 y 1.0 g/cm³, lo que lo hace más ligero que el agua, y es soluble en aceites vegetales y disolventes orgánicos, pero no en agua. Además, su punto de ebullición está alrededor de los 300 °C, lo que permite su uso en diversas formulaciones sin descomposición. Estas propiedades físicas contribuyen a su aplicación en productos medicinales y cosméticos, destacando su eficacia y versatilidad.

Se propone entonces, un método y un dispositivo de recolección in situ de oleorresina del árbol de copaiba (*Copaifera*), que asegura el cuidado del árbol, facilita el acceso para la recolección, garantiza la inocuidad del proceso y establece una conexión sellada herméticamente entre el dispositivo de recolección y el árbol mediante un sellante a base de productos naturales. La invención también permite realizar un seguimiento georreferenciado y una trazabilidad del trabajo de recolección para cada árbol intervenido. La georreferenciación se obtiene tras la aplicación del método, la medición de las variables y la identificación de cada árbol a intervenir, utilizando un dispositivo GPS externo.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Figura 1: Diagrama general dispositivo de recolección in situ de oleorresina de árbol de copaiba (*Copaifera*)

Figura 2: Diagrama guía de recolección entre dispositivo de recolección y árbol de copaiba.

Figura 3: Diagrama conducto de flujo vertical

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

En la presente invención se describe un método para la extracción y un dispositivo para la recolección de oleorresina de copaiba (Copaifera) con un enfoque técnico y responsable, para garantizar la conservación del ecosistema y la regeneración de la especie que se caracteriza por el diagnóstico e identificación sistemática en áreas de bosque abierto, con el objetivo de identificar y evaluar árboles que cumplan con criterios específicos de selección, como el estado de salud, circunferencia mínima y altura adecuada. Estos criterios son fundamentales para asegurar que solo se intervengan los árboles aptos, limitando la extracción a un máximo del 60% de los árboles inventariados. Además, se implementan procedimientos técnicos rigurosos, que incluyen la georreferenciación y caracterización de cada árbol, así como un monitoreo mensual del estado fitosanitario. Este enfoque no solo permite una extracción eficiente y segura de la oleorresina, sino que también promueve la salud del bosque, asegurando la continuidad del ecosistema y la sostenibilidad a largo plazo de los recursos naturales. La combinación de estas prácticas agrícolas sostenibles y un manejo cuidadoso de los árboles garantiza un equilibrio entre la producción y la conservación.

Se describe un dispositivo recolector in situ de oleorresina de árbol de copaiba (Copaifera) que comprende un recipiente recolector (FIGURA 1) de cuello roscado (1) en material de vidrio para asegurar la integridad e inocuidad de la oleorresina recolectada, este recipiente comprende una tapa hermética (3) de rosca interna que realiza la función de sellado en el recipiente (1) evitando fugas, preservando la oleorresina y evitando contaminantes externos. Una porción de conducto de flujo vertical (4) el cual atraviesa una sección de la tapa hermética (3) extendiéndose hasta el interior del recipiente recolector (1). El conducto de flujo vertical (4) presenta un orificio de control de presión (2) ubicado en una sección inferior de (4) que ingresa al interior del recipiente recolector (1) para liberar flujo de presión al paso de la oleorresina controlando el límite de llenado, evitando daños en el recipiente de recolección (1) y evitando desperdicios de oleorresina. Una unión de tipo codo (5) en un ángulo de 90 grados como elemento de intercambio de dirección de flujo de la oleorresina conectado en un extremo a la guía de recolección (6) y el otro extremo en unión con el conducto de flujo vertical (4). La guía de recolección (6) presenta una pluralidad de orificios (7) diseñados para facilitar y aumentar el escurrimiento de la oleorresina de copaiba. Los orificios están estratégicamente ubicados para optimizar el flujo del líquido, permitiendo una eficiente recolección de oleorresina dentro del tubo. El extremo guía (6) se adhiere al árbol por medio de una mezcla de cera de abeja que ha sido previamente flameada para lograr que se adhiera y se selle al interior del árbol y luego se recubre por medio de una mezcla natural a base de tabaco de textura viscosa que permite repeler y aislar la cera de las abejas, esta mezcla no pierde sus propiedades debido a causas naturales por temperatura, humedad o tiempo de aplicación. El extremo guía de recolección (6) se ubica con una inclinación de 25 grados.

La Guía de recolección (FIGURA 2) (6) se conecta en un extremo con una unión tipo codo (5) que permite intercambiar la dirección de flujo de la oleorresina extraída del árbol. A lo largo de la guía de recolección (6) se presentan una pluralidad de orificios (7) que facilitan y aumentan el escurrimiento de la oleorresina obtenida de los conductos resiníferos. Esta guía de recolección

(6) es incrustada en el tronco del árbol de copaiba con una profundidad entre 20 cm a 25 cm y se fija mediante un sellador natural basado en cera de abeja y recubierto por un aislante natural a base de tabaco, esta etapa usa componentes 100% naturales permite sellar de manera natural el dispositivo de recolección sin afectar el árbol y permitiendo el acceso al dispositivo recolector (1) para acceder a la oleorresina almacenada y poder conectar un nuevo dispositivo recolector (1) para seguir el proceso.

El sellador natural se basa en un componente natural que es la cera de abeja que se aplica sobre la guía de recolección (6) y se flamea de tal manera que al introducirse dentro del árbol se obtiene un sellante de base natural que permite que el dispositivo se adhiera al árbol, se selle y se haga la fijación completa, evitando afectar la inocuidad, sin embargo se presenta un reto pues se debe aislar o repeler a las abejas para evitar sea desprendida la mezcla de la guía de recolección, de tal manera que se utiliza un repelente natural que es una composición a base de tabaco de textura viscosa que repele las abejas, su ventaja es que no se pierde su propiedad repelente ni por la temperatura, ni el agua, ni otros factores, permitiendo al dispositivo cumplir con su función por tiempo indeterminado, facilitando el acceso al dispositivo recolector para la disposición de la oleorresina y el cambio del recipiente recolector sin tener que intervenir nuevamente el árbol.

El conducto de flujo vertical (FIGURA 3) está comprendido por una tapa hermética (3) de rosca interna que realiza la función de sellado en el recipiente (1) evitando fugas, preservando la oleorresina y evitando contaminantes externos. Una porción de conducto de flujo vertical (4) el cual atraviesa una sección de la tapa hermética (3) extendiéndose hasta el interior del recipiente recolector (1). El conducto de flujo vertical (4) presenta un orificio de control de presión (2) ubicado en una sección inferior de (4) que ingresa al interior del recipiente recolector (1) para liberar flujo de presión al paso de la oleorresina.

Una de las etapas previas al acceso de los árboles es poder definir una estrategia sostenible para iniciar la extracción de oleorresina de árboles de copaiba (*Copaifera*), partiendo de la definición de un predio para la intervención, paso seguido, realizar recorridos por las áreas de bosque de galería. El propósito de estas visitas preliminares es evaluar de forma aproximada la cantidad de árboles que cumplen con los criterios para ser intervenidos en el proceso de extracción. Además, estos recorridos permiten identificar plántulas y árboles que no alcanzan los requisitos mínimos, lo que es clave para asegurar la regeneración continua de la especie y garantizar la sostenibilidad del bosque a largo plazo. Esta fase inicial es crucial para implementar un manejo responsable de los recursos, protegiendo tanto los árboles en estado adecuado como las nuevas generaciones, lo que asegurará la continuidad del ecosistema.

Los árboles seleccionados para la extracción deben cumplir con una serie de criterios específicos que aseguran tanto la viabilidad de la intervención como la preservación del ecosistema:

- Buen estado de salud: Los árboles deben estar en óptimas condiciones, sin daños visibles de origen mecánico o biológico, como plagas o enfermedades, que puedan comprometer su resistencia o la calidad del aceite.
- Circunferencia a la Altura del Pecho (CAP): Los árboles seleccionados deben tener una circunferencia mínima de 120 cm, medida a 1.5 metros sobre el suelo, lo que asegura que el árbol ha alcanzado un tamaño adecuado para soportar el proceso de extracción sin riesgos de debilitamiento.
- Altura comercial: Se requiere que los árboles tengan una altura mínima de 1.8 metros hasta la primera ramificación, lo que garantiza un crecimiento suficiente para la intervención y facilita el acceso al tronco para la perforación.
- Accesibilidad: Los árboles deben estar ubicados en áreas que permitan un acceso fácil y seguro al operador encargado de la intervención y el responsable de la recolección, lo que asegura una extracción eficiente y reduce posibles riesgos durante el proceso.
- Ausencia de fauna peligrosa: Los árboles no deben albergar animales como abejas, avispas u otras especies que puedan representar un peligro para los operadores, asegurando la seguridad del personal involucrado.

Estos criterios de selección están diseñados para asegurar que la intervención se realice de manera segura, eficiente y responsable, manteniendo un equilibrio entre la producción y la conservación del ecosistema. La aplicación de estos estándares no solo protege la salud de los árboles intervenidos, sino que también garantiza que los árboles no aptos puedan seguir creciendo, contribuyendo a la regeneración natural del bosque y la sostenibilidad a largo plazo.

La segunda etapa del proceso es la intervención de los árboles seleccionados:

Para garantizar la sostenibilidad y evitar la sobreexplotación de los árboles de *Copaifera* en cada predio, se establece una intervención máxima del 60% de los árboles inventariados para el proceso de extracción de aceite. Este enfoque busca equilibrar la producción y la conservación del ecosistema, permitiendo que los árboles no seleccionados continúen con su crecimiento natural, contribuyendo así a la regeneración de la especie y al mantenimiento de la biodiversidad.

Se ejecuta entonces un método comprometido con la implementación de las mejores prácticas agrícolas y la protección del medio ambiente, llevando a cabo un conjunto de procedimientos técnicos en los árboles elegidos para la extracción de aceite, garantizando un manejo sostenible y respetuoso con el entorno.

El primer paso del proceso es la georreferenciación de cada árbol, donde se registran las coordenadas GPS para asegurar su ubicación precisa. Este dato es fundamental para llevar

a cabo un monitoreo y seguimiento detallado a lo largo del tiempo, lo que permite evaluar la salud del árbol y la efectividad de las prácticas de extracción aplicadas.

Acto seguido, cada árbol será identificado mediante una placa metálica que incluye información relevante, con los datos de la intervención, el nombre del predio y un código de referencia único. Este código se conforma de un formato que incluye abreviaciones (por ejemplo: Vita Copaiba - VC, La Llave - LIA, *Árbol 1*: VC-LIA-01), lo que facilita el seguimiento y el registro de cada árbol durante las diferentes etapas del proceso.

En la siguiente etapa del proceso se aplica la caracterización del árbol, donde se recopila una serie de datos que establecen una línea base para su monitoreo continuo. Las variables evaluadas en esta etapa incluyen:

- Circunferencia a la altura del pecho (CAP): Medida con una cinta métrica a 1.5 metros sobre el nivel del suelo.
- Altura total (AT) y altura comercial (AC): La altura total se mide hasta la parte más alta del árbol, y la altura comercial se mide hasta la primera ramificación, utilizando un telémetro para obtener estos valores con precisión.
- Azimut: Inclinación del árbol respecto a su orientación, medida con una brújula.
- Inclinación del árbol: Se determina con un clinómetro, lo que ayuda a identificar posibles inclinaciones que puedan afectar el proceso de extracción o la estabilidad del árbol.
- Tipo de cobertura vegetal: Se documenta la vegetación circundante para entender mejor el entorno en el que crece el árbol.
- Tipo de suelo: Se examina la composición del suelo, ya que este factor influye en la salud del árbol y la calidad del aceite extraído.
- Entomofauna asociada: Se registra la presencia de insectos y otros organismos relacionados, lo que puede influir en la salud del árbol y la calidad de la extracción.
- Iluminación de la copa: Se evalúa el nivel de exposición solar de la copa del árbol, ya que la luz solar impacta su crecimiento y vigor.
- Descripción morfológica: Se realiza una descripción detallada del árbol, que incluye características visibles como la forma de la copa, el estado del tronco y la distribución de las ramas.

Una vez recopilada esta información, se procede a la perforación mecánica del tronco. El punto de perforación se marca a 1.5 metros del suelo y, con la ayuda de una broca, se realiza una perforación con una inclinación positiva de 25° garantizando la inocuidad del proceso. Tras la perforación, se retiran los residuos de aserrín del orificio, y se registran los datos clave

como la fecha, la hora, la profundidad de la perforación, la inclinación y la fase lunar en la que se realiza el procedimiento, ya que algunos factores naturales pueden influir en la extracción.

Una vez finalizada la perforación, se instala el dispositivo recolector esterilizado, que está diseñado para asegurar una recolección higiénica del oleorresina de árbol de copaiba (*copaifera*). El proceso incluye la inserción de una guía de conexión con una pluralidad de perforaciones y el sellado de posibles fugas entre la guía de recolección y el tronco del árbol utilizando un sellante natural de cera de abeja y asilado por medio de una mezcla a base de tabaco. A continuación, se conecta el recipiente recolector de oleorresina que se asegura con una cinta alrededor de la tapa, lo que permite verificar en visitas posteriores que el sistema no haya sido manipulado. El dispositivo de recolección de oleorresina se ha diseñado no solo para maximizar la cantidad de oleorresina extraída, sino también para preservar la salud del árbol, minimizando cualquier daño a largo plazo. Todo el proceso se lleva a cabo bajo estrictas normas de seguridad y control de calidad, garantizando que la operación sea eficiente, productiva y respetuosa con el ecosistema. De esta manera, se asegura el equilibrio entre la extracción de oleorresina y la conservación del entorno natural y la biodiversidad del área.

Seguimiento y Recolección de oleorresina de árbol de copaiba

Una vez se han implementado los dispositivos de recolección en los árboles seleccionados se da seguimiento a los árboles intervenidos dentro del predio. Durante estas visitas, el primer paso será verificar el estado fitosanitario de cada árbol, asegurando que se mantengan en buenas condiciones de salud. Luego, se procederá a medir nuevamente las variables registradas en la definición de las etapas del método descrito como la circunferencia, altura y demás características importantes para el monitoreo. El tiempo de seguimiento es mensual, basado en la ciencia gracias al xilema y floema que actúan como canales transportadores o arterias del árbol y que dependiendo de las fases lunares, permiten que en luna llena en las plantas se movilicen mayor cantidad de fluidos, así que ese seguimiento se hace justo allí 1 día después de la luna llena.

Posteriormente, se retira la cinta de seguridad que sella el recipiente recolector y se transfiere la oleorresina recolectada a un nuevo dispositivo de recolección de aceite limpio y desinfectado. El volumen de oleorresina extraído se mide y se registra de manera aproximada para llevar un control de la producción (El volumen luego será verificado en laboratorio). Una vez completado este proceso, se coloca un nuevo recipiente de recolección de oleorresina en la guía de recolección previamente instalado en el árbol, se asegura con una cinta de seguridad, y finalmente se realiza una inspección visual de los puntos de conexión (recipiente recolector (1) a la tapa hermética (3)), para garantizar un nuevo ciclo de recolección. Este ciclo garantiza no solo la continuidad del proceso de extracción, sino también la salud del árbol y la higiene del producto.