

5.2. Específicos:

- Identificar otros sistemas productivos con gran potencial para la floculación existente en el medio (Cacao).
- Definir la cantidad de operadores implicados en la generación del floculante cumpliendo con los sistemas de inocuidad.
- Diseñar equipos que permitan la extracción eficiente de materiales (Cacao), y otros en proceso de investigación.
- Establecer un manejo adecuado de los residuos generados en el proceso de extracción en la planta de compostaje.
- Crear una línea de fabricación de floculantes orgánicos, producto del beneficio de los materiales en proceso de investigación (Cacao).

6. Población Objeto:

- Productores: Elaboración; Laboratorio Químico de Campo.
- Consumidores: Planta de producción de azúcar Ingenio Providencia S.A. e INCAUCA

7. Metodología de trabajo:

7.1. Materiales y Métodos

7.1.1. Planteamiento de la fases del proyecto :

El proyecto tiene como planteamiento inicial tres fases de ejecución para la entrega final de un floculante orgánico de producción propia.

La primera fase relaciona todas las caracterizaciones y procedimientos realizados en los diferentes cortes de la molienda orgánica utilizando los materiales evaluados.

La segunda fase se refiere al planteamiento de un método de extracción que optimice el aprovechamiento de los materiales (cacao) para generar una formula propia, como también del diseño y construcción de equipos que permitan un adecuado manejo sin generar efectos adversos sobre las propiedades físico-químicas del mucilago producto del material anteriormente mencionado.

La tercera fase involucra la investigación y adopción de nuevos sistemas productivos (Cacao), que poseen características apropiadas y de alta eficiencia para la decantación de la cachaza en los jugos para su formulación final.

Autores: Ing. Cesar Augusto Gasca Valderrama, Guillermo Botero Tascon, Juan Dario Villalobos, Jhon Alexander Castro O.
Auxiliares: Raul Martinez H, Luis Gabriel Arboleda. Ingenio Providencia S.A.

Cuarta fase elaboración de un floculante a base de cacao a nivel industrial que cuente con protocolos de inocuidad y estabilidad del producto conservando la formulación desarrollada a través del tiempo permitiendo su almacenamiento.

7.1.2. Fase I: caracterización de procedimientos.

En esta fase hace referencia a la caracterización de los procedimientos que se desarrollan en la actualidad para flocular, de igual manera observar los demás floculantes utilizados durante los años de corte de molienda orgánica, con el propósito de retomar las experiencias adquiridas durante estos años el cual fundamentan la información y el conocimiento previo a la evaluación y conformación del marco metodológico.

En dicho proceso se evaluó el cacao como producto de gran importancia y a su vez muy efectivo para el proceso de floculación de la cachaza.

En esta fase se determinó algunas consideraciones iniciales para el manejo y control del material y posterior al proceso de extracción y aprovechamiento como insumo.

El cacao debe poseer ciertas condiciones para su procesamiento, uno de ellos es realizar la cosecha de aquellos frutos que se encuentren maduros, el fruto verde carece de componentes y algunas condiciones específicas que le dan el atributo especial para desarrollar un floculante con excelentes condiciones, debe ser cosechado y procesado en el menor tiempo posible ya que tiende a desarrollar procesos de fermentación y por ende oxidación de elementos particulares contenidos en el fruto.



Figura 3. Cultivo visitado Santa Elena Valle del Cauca.

Autores: Ing. Cesar Augusto Gasca Valderrama, Guillermo Botero Tascon, Juan Dario Villalobos, Jhon Alexander Castro O.
Auxiliares: Raul Martinez H, Luis Gabriel Arboleda. Ingenio Providencia S.A.

El cultivo debe contar con un protocolo de manejo que implique buenas prácticas de manejo agrícola y de residuos para evitar vectores precursores de enfermedades sensibles al cacao, por otra parte se debe explorar las diferentes variedades y clones existentes en el mercado para generar la materia prima como también las condiciones de suelos y sitio para establecer el cultivo en nuestras áreas que cuentan con certificación orgánica.

A la fecha se ha evaluado con cacao silvestre proveniente del corregimiento de Santa Elena Valle del Cauca, y requiere seguir investigando el tema con instituciones como es la federación de cacaoteros y fedeorgánicas que cuenta con la experiencia y nos puede capacitar para dicho establecimiento figura 4.



Figura 4. Condición del fruto.

El fruto de cacao de acuerdo a su morfología está conformado por las siguientes partes.

Pericarpio: la parte externa del fruto, esta capa al inicio del proceso, debe estar libre de material extraño, no contener enfermedades tales como Moniliasis, Escoba de Bruja, fitóftora entre otros, que afectan la calidad del exocarpo.

Exocarpo: de acuerdo a las evaluaciones realizadas, el exocarpo es de gran importancia ya que es la capa potencialmente aprovechable para la generación del floculante como producto final Figura 5.

Mesocarpo: es la capa más interna que contiene al mucilago y la semilla, esta capa de menor espesor también es parte aprovechable al igual que el Exocarpo.

Mucilago: es el material que recubre la semilla y es el agente que fermenta la semilla dando características y textura para su procesamiento y consumo final, esta también se beneficia la parte interna al igual que el funículo, y se retira la semilla.

La semilla: potencialmente importante ya que bajo procesos de secado y fermentación se logra comercializar para el sostenimiento del sistema.

Funículo: este elemento que contiene a todas las semillas dando el aspecto de mazorca de maíz, también se debe utilizar.

Nota: la semilla se debe retirar ya que este material entra rápidamente a oxidarse y por ende se activa los procesos de fermentación, afectando la calidad de la materia prima en evaluación. Figura 5.

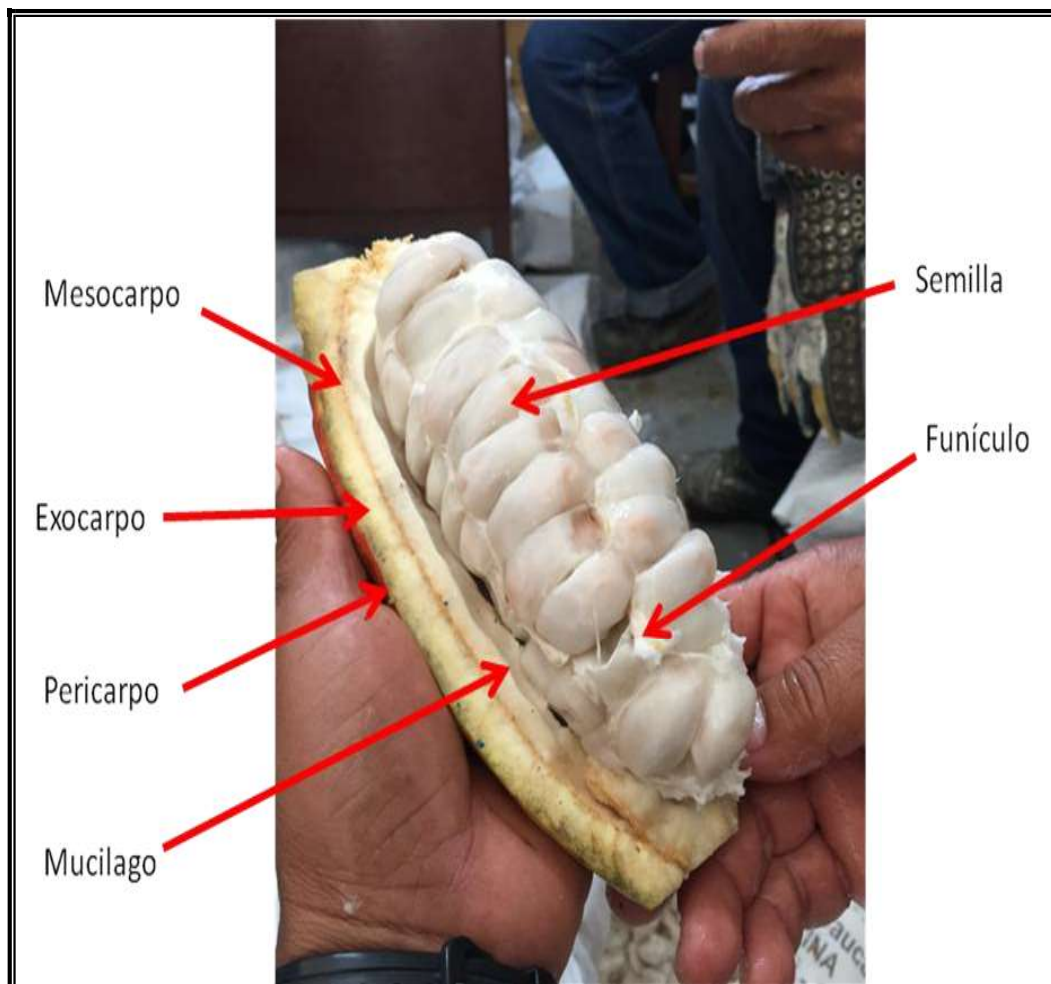


Figura 5. Morfología del fruto de cacao.

El fruto que presentan problemas de enfermedades se deben retirar del proceso y del cultivo para evitar infestaciones o enfermedades que no se puedan contener, laceraciones por enfermedades, tejidos necrótico y se debe cosechar directamente del árbol al sistema de proceso Figura 6.



Figura 6. Fruto afectado por enfermedades.

7.1.3. Fase II: planteamiento del método de extracción.

Para la construcción del marco metodológico se tiene estipulado varias etapas desde el aprontamiento del material hasta la extracción y almacenamiento final.

En esta fase se requiere diseñar algunos equipos los cuales fueron exitosos para generar la extracción esperada.

7.1.3.1 Etapa I: manejo del fruto para procesamiento.

En esta etapa una vez cosechada el fruto en campo es traída al laboratorio químico de campo Figura 7, se revisa el estado del material aprontado el cual debe contar con los parámetros mencionados en la Fase I.

Se registra su peso y se clasifica el fruto que posteriormente pasara a la siguiente etapa.



Figura 7. Apronte y recepción del material.

7.1.3.2. Etapa II: preparación del fruto.

Inicialmente se retira el pericarpio del fruto y material extraño que pueda interferir en el proceso de extracción y BPM, Figura 8.



Figura 8. Limpieza del fruto de Cacao.

Autores: Ing. Cesar Augusto Gasca Valderrama, Guillermo Botero Tascon, Juan Dario Villalobos, Jhon Alexander Castro O.
Auxiliares: Raul Martinez H, Luis Gabriel Arboleda. Ingenio Providencia S.A.

Posterior a la eliminación del material extraño, se procede a retirar el pericarpo (superficie del fruto) con cuchillas en acero inoxidable, en el desarrollo de la investigación se logro establecer que la superficie del fruto (pericarpo) puede interferir en la efectividad del producto final. Figura 9.



Figura 9, retiro del pericarpo con cuchillas en acero inoxidable.

Una vez el fruto retirado su pericarpo se cortan las puntas y se parte a la mitad para extraer la semilla de cacao, material que se procesa para ser comercializado y poder costear de inicio la sostenibilidad del proyecto figuras 10 y 11.



Figuras 10 y 11. Corte y extracción de la Pepa de cacao.

Autores: Ing. Cesar Augusto Gasca Valderrama, Guillermo Botero Tascon, Juan Dario Villalobos, Jhon Alexander Castro O.
Auxiliares: Raul Martinez H, Luis Gabriel Arboleda. Ingenio Providencia S.A.

Retirada la semilla de cacao, el material a procesar es el Mesocarpo, Exocarpo, mucilago y funículo, se procede a almacenar estos 4 elementos del fruto que conforman la obtención y generación del floculante, Figuras 12 y 13.



Figuras 12 y 13. Retiro y almacenamiento de la cascara de Cacao.

Mesocarpo, Exocarpo, mucilago y funículo pasan por un proceso de chipiado el cual quedan en trozos de 1 a 2 cm en promedio, este labor se realiza en el menor tiempo posible ya que la descomposición de la cascara de cacao empieza de manera acelerada inicialmente por la pérdida de humedad y la acción de la enzima polifenol oxidasa Figura 14 y 15.



Figuras 14 y 15. Chipiado del exocarpo y mesocarpo.

Autores: Ing. Cesar Augusto Gasca Valderrama, Guillermo Botero Tascon, Juan Dario Villalobos, Jhon Alexander Castro O.
Auxiliares: Raul Martinez H, Luis Gabriel Arboleda. Ingenio Providencia S.A.

7.1.3.3. Etapa III – Secado

Posterior a la preparación del material se lleva al horno de secado a una temperatura aproximada de 60-120°C de manera progresiva por 24 h; se debe observar que la textura este totalmente seca (crujiente) con una humedad no superior a 20% y no inferior al 10%, el material debe estar en óptimas condiciones de humedad monitoreando constantemente la homogeneidad del secado para luego ser molida ya que una humedad por encima de dicho rango no permitiría procesar el material y se tendría problemas en la condición inicial del producto para almacenamiento(fase IV) Figura 16.



Figura 16. Horno de secado Laboratorio de suelos.

La cascara laminada o chipiado debe ingresar rápidamente al horno para evitar la fermentación o descomposición del material, como también la proliferación de hongos por su alta humedad Figura 17 y 18.



Figuras 17 y 18. Material seco al 10% de humedad.

Autores: Ing. Cesar Augusto Gasca Valderrama, Guillermo Botero Tascon, Juan Dario Villalobos, Jhon Alexander Castro O.
Auxiliares: Raul Martinez H, Luis Gabriel Arboleda. Ingenio Providencia S.A.

7.1.3.4. Etapa IV Molido del material secado en Horno.

El material final se envía a un molino de cuchillas el cual convierte la cascara del proceso de secado en polvo.

En esta etapa se debe tener en cuenta el tipo de molino para generar un material cuya partícula permita crear un floc ideal en las partículas del jugo a clarificar Figuras 19 y 20.



Figura 19 y 20, molino de cuchillas para tejidos foliares Lab. Químico de Campo.

7.1.3.5. Etapa V. Tamizado

El material seco y pulverizado se pasa por tamiz mesh 20, donde se almacena en bolsas, y las partículas que no pasan por el tamiz mesh 20, se reprocesaron en un molino de Martillos Figuras 21 y 22.



Figuras 21 y 22 proceso de tamizado de la cascara molida.

Autores: Ing. Cesar Augusto Gasca Valderrama, Guillermo Botero Tascon, Juan Dario Villalobos, Jhon Alexander Castro O.
Auxiliares: Raul Martinez H, Luis Gabriel Arboleda. Ingenio Providencia S.A.

En el desarrollo se evaluó diferentes tamaños de partículas encontrando la de mejor comportamiento la partícula que pasa por el tamiz Numero 20, sobre los sólidos contenidos en los jugos.

De igual manera al ser mezclado con el otro material propuesto posee una óptima homogenización e hidrolización al prepararse en solución (ácido cítrico).



Figuras 23 y 24. Partículas pasadas por el tamiz mesh 20 y retenidas.

7.1.3.6. Etapa VI. Mezclado de materiales.

El material final se somete a un proceso de mezclado de Cacao en polvo (Z) con Ácido Cítrico (AC) durante 15 minutos en un mixer o mezclador farmacéutico para garantizar su homogeneidad y eficiencia Figura 25.



Figura 25. Mezclador farmacéutico.

Autores: Ing. Cesar Augusto Gasca Valderrama, Guillermo Botero Tascon, Juan Dario Villalobos, Jhon Alexander Castro O.
Auxiliares: Raul Martinez H, Luis Gabriel Arboleda. Ingenio Providencia S.A.

El material final mezclado se denomina **PROVIFLOC-OR**, este se recibe en bolsas y posteriormente se dispondrá en empaques que cumplan las normas mínimas de almacenamiento asegurando la viabilidad del material a través del tiempo.



Figura 26. Recolección del PROVIFLOC-OR.

7.1.3.7. Etapa VII. Empaque del floculante PROVIFLOC-OR.

Se generó un empaque prototipo acondicionado de los empaques de presentación de arroba de azúcar blanco, el floculante PROVIFLOC-OR se empacó en presentación de 7 kilos, Se marcó la fecha de empaque y el lote figura 27.



Figura 27. Empaque prototipo para almacenamiento futuro del **PROVIFLOC-OR**.

Autores: Ing. Cesar Augusto Gasca Valderrama, Guillermo Botero Tascon, Juan Dario Villalobos, Jhon Alexander Castro O.
Auxiliares: Raul Martinez H, Luis Gabriel Arboleda. Ingenio Providencia S.A.

7.1.3.9. Etapa VIII. Estabilidad del producto.

Para esta etapa se evaluara la efectividad y calidad del floculante PROVIFLOC-OR, para determinar el comportamiento mes a mes durante 12 meses para garantizar todas las condiciones de la naturaleza del floculante Figura 28.



Figura 28. Protocolo de control de calidad en el tiempo.

7.1.4. Fase III: preparación del floculante PROVIFLOC-OR.

Se realizaron innumerables pruebas de Jarras para determinar el potencial del floculante y poder establecer un protocolo de preparación que se escale a nivel industrial.

De acuerdo a al desarrollo permitió establecer una formulación final del PROVIFLOC-OR con una dosis mínima de 97% de cacao en polvo y una proporción del 3% de agentes conservantes que pueden ser utilizados como son los ácidos Cítricos, Ascórbico, Málico, Tartárico y Carbonato de Calcio, elementos permitidos en los procesos de clarificación de azúcar orgánica.

Para esto el floculante tiene como formulación de preparación un 97% de producto Cacao en polvo (Z) y 3% de Acido Cítrico en polvo (AC).

El floculante orgánico PROVIFLOC-OR se prepara en una concentración en porcentaje p/v peso sobre volumen teniendo una concentración del 0.83% del floculante en 100 ml de agua a una temperatura de 40 a 50°C.

Es decir 8.3kg de PROVIFLOC-OR en un 1m³.

El floculante se agitara durante 30 minutos con mezcladores mecánicos Figura 29.



Figura 29. Agitación del floculante PROVIFLOC-OR.