

APROVECHAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN DE LA CASCARA DE CACAO

ESTUDIANTE.

JENNIFFER NATALIA OROZCO CABALLERO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIA BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES
FUSAGASUGÁ, 2021

APROVECHAMIENTO Y TRANSFORMACIÓN DE LA CASCARA DE CACAO

ESTUDIANTE.

JENNIFFER NATALIA OROZCO CABALLERO

SEMINARIO ESPECIALIZADO:

POLÍTICA PÚBLICA EN EL APROVECHAMIENTO BIOTECNOLÓGICO DE
RESIDUOS AGROALIMENTARIOS

ASESOR.

ANDREA VÁSQUEZ GARCÍA

INGENIERA AGROINDUSTRIAL, MAGISTER Y DOCTORA EN INGENIERÍA DE
ALIMENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIA BÁSICAS, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES
FUSAGASUGÁ, 2021

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD DEL AUTOR SOBRE EL CONTENIDO

El autor de la presente propuesta manifiesta que conoce el contenido del Acuerdo 06 de 2008, Estatuto de Propiedad Intelectual de la UNAD, Artículo 39 referente a la cesión voluntaria y libre de los derechos de propiedad intelectual de los productos generados a partir de la presente propuesta. Asimismo, conoce el contenido del Artículo 40 del mismo Acuerdo, relacionado con la autorización de uso del trabajo para fines de consulta y mención en los catálogos bibliográficos de la UNAD.

Jennifer Natalia Orozco Caballero

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opinión. A mi padre, por darme su apoyo el cual ha estado siempre conmigo. A mi hermana por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta al escucharme y ayudarme en cualquier momento, a un ser muy especial que ha llegado a mi vida para quedarse y ayudarme a ser mejor persona cada día.

A mi abuela Arceliana y a mi abuelo Hernando, que sé que desde el cielo están guiando mi camino y protegiendo de todo mal y peligro.

AGRADECIMIENTOS

Dios, tu amor y tu bondad no tiene fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultados de tu ayuda, y cuando caigo y me pone a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta que los pones en frente mío para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras.

Gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	10
PALABRAS CLAVES	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
1. OBJETIVOS.....	13
1.1. OBJETIVO GENERAL	13
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICIOS	13
2. CONSOLIDADO FASE 2 Y FASE 3	14
2.1. Residuo Agroalimentario	14
2.2. Proceso de transformación.....	15
2.3. Diagrama de flujo proceso de transformación	15
2.4. Diagrama de flujo para simulación.....	17
2.5. Variables que afectan el proceso	17
2.6. Metodología para optimización del proceso.....	19
3. NORMATIVIDAD NACIONAL.....	21
4. PERTIENENCIA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO	23
5. CONCLUSIONES	24
6. BIBLIOGRAFÍA	25

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Normatividad Nacional	21
--------------------------------------	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo Aprovechamiento y transformación de la cascara de Cacao.....	15
Figura 2. Diagrama de Flujo Simulador.....	16

RESUMEN

En el trabajo actual, se desarrollo los procesos de biotecnología a través del aprovechamiento y transformación de la cascara de cacao, se analiza políticas y normatividades públicas nacionales, el cual se identifico las operaciones unitarias y se realizo una simulación, del cual se interpretaron los resultados que permitirán admitir decisiones en un contexto real, y se identificaron y aplicaron herramientas para la optimización de procesos biotecnológicos, para el aprovechamiento del residuo mencionado.

PALABRAS CLAVES

Simulador, cacao, Diseño, Diagramas, Residuos, Reingeniería, Sistemas, Enzima, Modelos.

ABSTRACT

In the current work, the biotechnology processes were developed through the use and transformation of the cocoa shell, national policies and regulations were analyzed, the unit operations were identified and a simulation was carried out, from which the results were interpreted. They will allow to admit decisions in a real context, and tools were identified and applied for the optimization of biotechnological processes, for the use of the aforementioned waste.

KEYWORDS

Simulator, cocoa, Design, Diagrams, Waste, Reengineering, Systems, Enzyme, Models.

INTRODUCCIÓN

El proceso de producción ha avanzado mucho, la investigación operativa se ha convertido en una herramienta muy utilizada en empresas con las siguientes características tales como soporte matemático y su uso. Varios factores conducen a el proceso de producción se desarrolló rápidamente, lo que resultó en optimización de la industria; incluyendo el producto es altamente competitivo y muy variable.

Es necesario aclarar que la optimización de procesos no implica el uso que tiene la mayor capacidad máxima. Después, por lo tanto, métodos y estrategias complejas optimización, control y automatización de procesos buscando maximizar la utilización de la potencial de la unidad.

La fermentación en estado sólido FES para el aprovechamiento y transformación de la cascara de cacao es un bioproceso que permite obtener una gran cantidad de compuestos de interés y que plantea un reto para los investigadores por las limitaciones en la transferencia de calor y masa, la estimación de la biomasa microbial y la extracción de compuestos de interés del sustrato sólido (Zapata, 2016)

El objetivo del trabajo es proponer un proceso el cual es biotecnológico estandarizado para el aprovechamiento de un residuo agroalimentario, tales como es la cascara de cacao, el cual se tiene en cuenta la normatividad vigente y las políticas públicas naciones.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar una propuesta de proyecto para desarrollar y transformar cáscaras de cacao utilizando software de Simulación de procesos industriales y optimizador de procesos industriales.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICIOS

- Establecer el uso del simulador de procesos industriales COCO para el aprovechamiento y transformación de la cascara de cacao.
- Desarrollar el optimizador de procesos industriales Minitab para el aprovechamiento y transformación de la cascara de cacao.

2. CONSOLIDADO FASE 2 Y FASE 3

2.1. Residuo Agroalimentario

En la industria se utiliza la almendra del cacao y esto provoca un 90% de residuos con respecto al peso fresco total del fruto (Humberto, Sangronis, 2008). De los granos de cacao se aprovecha aproximadamente el 85% para su industrialización, el 15% es considerado desecho y de este último, el 12% es cascarilla de cacao (Flórez L. 2016).

La cascarilla se retira junto al germen luego del proceso de tostado. En algunos casos se le considera subproductos y en otras ocasiones se le considera desecho, cabe mencionar que en el mundo se produce 700.000 toneladas de cascarillas de cacao al año (Navarro O, 2017). En la actualidad, se ha dado mayor importancia a los subproductos generados en la agricultura por la escasez de recursos y la contaminación ambiental que causan estos desechos. Además, se ha incrementado el interés en estos residuos por el valor nutricional que pueden aportar a los alimentos y las ganancias económicas que conlleva su aprovechamiento.

Varias investigaciones se han realizado para usar los desperdicios de la industrialización del cacao como ingrediente de alimentos. En el caso de las cascarillas de cacao se ha demostrado que añadir un 30% cascarilla de cacao.

Expertos en la fabricación de productos a base de cacao determina que el rendimiento de 100 kg de semilla de cacao es alrededor de 85%, su valor restante es considerado desechos (cascara, cascarilla, granza, triturado, maguey). De estos desechos, solo la cascarilla de cacao corresponde el 12%: La cascarilla de cacao

es una cutícula, tiene las características de un material fibroso, crujiente, seco de color marrón y un aroma agradable como el chocolate. Cuando es removida la cascarilla puede contener del 2 al 3%

2.2. Proceso de transformación

La fermentación en estado sólido, a través de los residuos agrícolas industriales, tiene un enorme crecimiento para nuevas aplicaciones y su producción está aumentando debido al desarrollo de la industria. Estos se utilizan como sustratos y luego se utilizan en productos de valor agregado, por lo que se requiere el modo y simulación del proceso de fermentación sólida. (CANO, 2019)

El uso de estos simuladores proporciona una forma alternativa de describir los procesos de fermentación que intentan identificar las condiciones ideales o características modelares basadas en sustratos y microorganismos.

Para el caso del estudio, el uso de cáscara de cacao y la transformación por fermentación en estado sólido; el uso de hongos *Pleurotus*, que pertenece el género Basidiomicetos, puede producir una extensa despolimerización aeróbica y mineralización de lignina y estructuras relacionadas, por lo tanto tiene la capacidad para degradar varios compuestos, como la enzima de descomposición de lignina extracelular de baja especificidad.

De todas ellas, las lacasas, son las más prometedoras para actuales y futuras aplicaciones industriales; por ser producidas constitutivamente, ser estables bajo diferentes condiciones. (Oduardo, Savón, Suarez, Toledano, & Gaime, 2017).

2.3. Diagrama de flujo proceso de transformación

El siguiente flujograma corresponde al uso de la cascara de café como sustrato para la producción de enzimas ligninolíticas extracelulares, específicamente la

enzima lacasa, por fermentación en estado sólido (FES), empleando una cepa de *Pleurotus ostreatus*. (Oduardo, Savón, Pérez, Rodríguez, & Ansoumane, 2010)

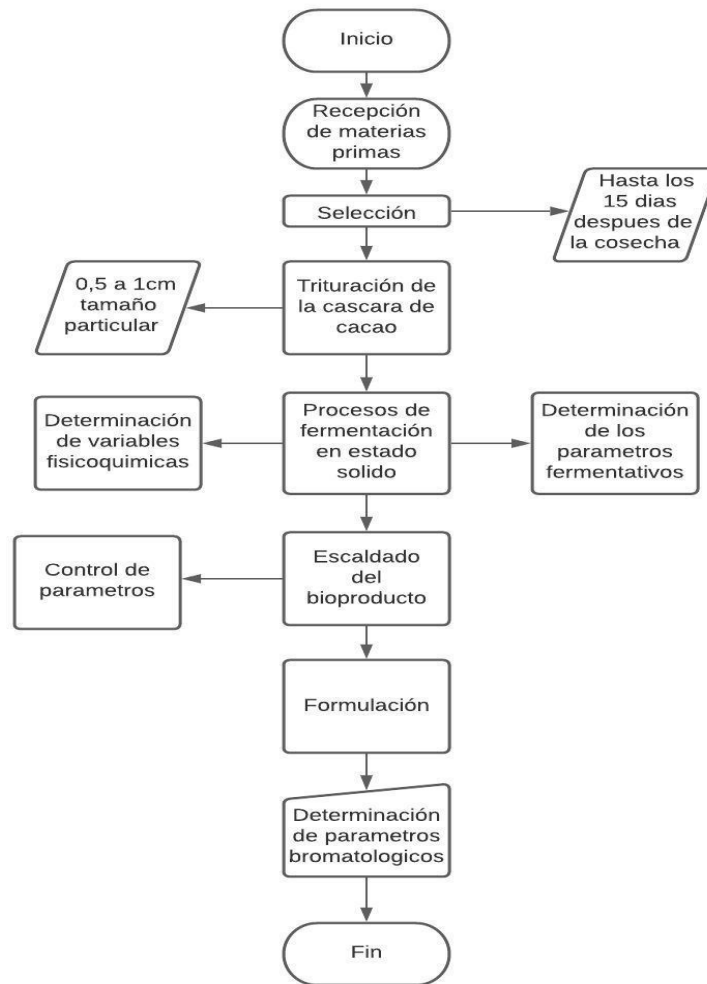


Figura 1. Diagrama de flujo Aprovechamiento y transformación de la cascara de cacao

2.4. Diagrama de flujo para simulación

Se realiza una simulación de fermentación en estado sólido de la cascara de cacao, el cual las condiciones que se llevan a cabo son las temperaturas constantes, el cual se relacionan en función de microorganismos que se utiliza en los productos para generar el metabolismo.

Para prevenir un sobrecalentamiento y proporcionar un oxígeno requerido por el microorganismo, se debe utilizar una corriente de aire que se encuentra en contacto con la mayor parte de la superficie del sustrato. (Cano,2019)

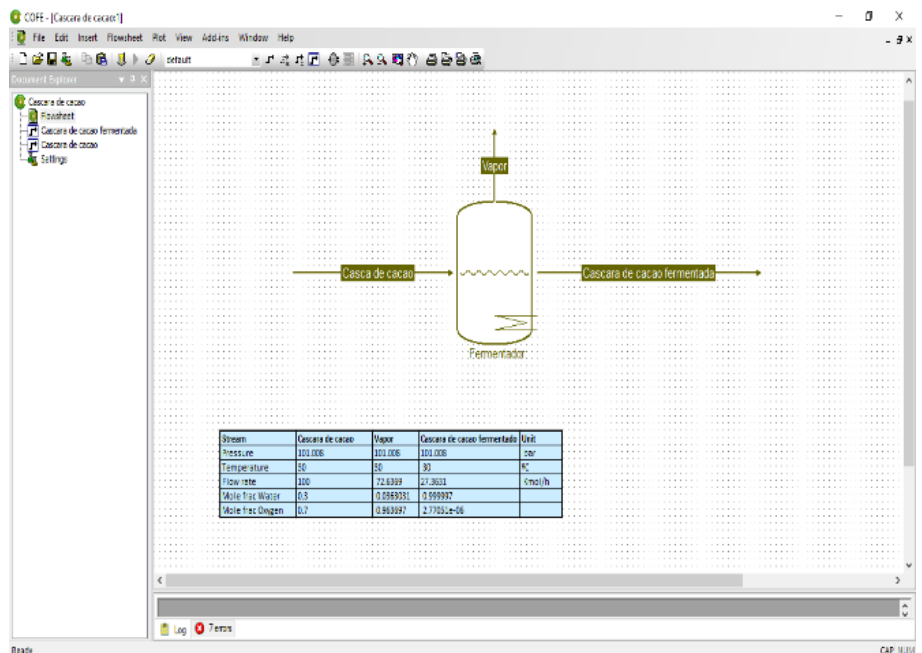


Figura 2. Diagrama de Flujo Simulador

2.5. Variables que afectan el proceso

Los fenómenos de transferencia de masa y energía que ocurren en el biorreactor afectarán significativamente el desempeño del sistema, lo cual es muy útil para controlar el desempeño general del sistema. En el caso de la fermentación en

estado sólido, el rendimiento del sistema se evalúa en función del crecimiento de microorganismos y la producción de metabolitos objetivo.

Estudios recientes han determinado que el aumento de temperatura es el factor limitante más importante en la fermentación en lecho sólido, por lo que en varios modelos de fermentadores se prioriza el control de la temperatura sobre el suministro de oxígeno. (CANO, 2019)

El rendimiento de sustrato a biomasa depende de la facilidad con que los microorganismos utilicen el sustrato para crecer, y se calcula en base a datos experimentales sobre la biomasa producida y el sustrato consumido. También es importante recordar que la temperatura en el biorreactor puede aumentar debido al calor generado por el metabolismo de la biomasa, el calor transferido al aire por convección y los productos de calor latentes de la materia orgánica. La resistencia del agua al flujo de aire.

En este caso, se recomienda considerar el tamaño del biorreactor para realizar el proceso de fermentación en forma sólida, pues puede evitar un enfriamiento suficiente, es decir, el calor generado por el metabolismo excede el calor descargado del aire, e incluso el calor es generado. Los microorganismos mueren. (CANO, 2019)

Al final del proceso, se puede demostrar la estrecha relación entre la temperatura del proceso y el fenómeno del transporte de agua. Por lo tanto, mantener la humedad en el fermentador y proporcionar una temperatura adecuada para el ambiente son los dos criterios básicos para la fermentación en estado sólido. (CANO, 2019)

2.6. Metodología para optimización del proceso

Durante décadas, el proceso de producción ha tenido un progreso significativo. La investigación operativa se ha convertido en una herramienta muy utilizada en las empresas por las características que presenta y el soporte matemático que utiliza. Son varios los factores que hacen que el proceso productivo se desarrolle rápidamente y lleven a la industria a optimizarlo.; Estos incluyen una mayor demanda de productos, una competencia feroz caracterizada por altas fluctuaciones de precios, restricciones de productos, altos costos de producción, escasez de recursos naturales, etc. Es necesario aclarar que la optimización de procesos no significa operar con su máxima capacidad, sino operar en el punto que produce el mayor beneficio posible. Por ello, se están investigando e integrando complejos métodos y estrategias de optimización, control y automatización de procesos, diseñados para maximizar el potencial de las unidades involucradas. (Peña, 2015).

La FES de fermentación en estado sólido para el uso y conversión de cáscaras de cacao es un proceso biológico que permite obtener una gran cantidad de compuestos diana, y debido a las limitaciones de transferencia de calor y masa, la estimación de la cocaína plantea desafíos para los investigadores. Biomasa microbiana y extracción de compuestos objetivo de sustratos sólidos (Zapata, 2016).

En vista de lo anterior, el propósito de este artículo es determinar y determinar la importancia de utilizar herramientas de optimización de procesos para medir la eficiencia y reducir los costos de extracción.

Uno de los modelos ampliamente utilizados en la fermentación en estado sólido (FES) es el modelo logístico. Este modelo empírico se utiliza con más frecuencia que otros modelos empíricos para estudiar la cinética de crecimiento de FES. El modelo logístico representa los límites de crecimiento y no requiere las relaciones fenómenos de transporte, y se basa en el hecho de que el área de superficie disponible está limitada en el proceso de FES y la tasa de crecimiento de la biomasa

depende de la biomasa máxima, X_m . Este modelo también asume que la velocidad de crecimiento específico (μ) durante la fase inicial logarítmica, no depende de la concentración del sustrato. (Zapata, 2016)

La ecuación diferenciada e integrada del modelo logístico se expresa como:

$$\frac{dX}{dt} = \mu m X \left(1 - \frac{X}{X_m}\right),$$

$$X = \frac{X_m}{1 + \left(\left(\frac{X_m}{X_0}\right) - 1\right) e^{-\mu t}}$$

donde X_0 es la biomasa de microorganismos inicial. Los tres parámetros del modelo logístico, X_0 , X_m y μ pueden tener dependencia de la temperatura. La cantidad de inóculo al comienzo de la fermentación X_0 es no dependiente de la temperatura, pero en la fase lag pasa a ser dependiente de la temperatura. (Zapata, 2016) Los modelos de cinética de crecimiento pueden ser usados para desarrollar un modelo de biorreactor, con el objeto de describir las condiciones ambientales como temperatura y humedad, en función del tiempo, y predecir los cambios en el comportamiento de los microorganismos en esas condiciones.

Como consecuencia del calor generado por la respiración de los microorganismos, existe un gradiente de temperatura que no es fácilmente removible del fermentador. En algunas ocasiones se puede emplear agitación aunque no es lo más conveniente, por lo que se prefiere emplear la circulación forzada de aire o aireación a determinadas condiciones de humedad. Este proceso puede ocasionar pérdidas de humedad, lo que afecta el proceso de fermentación. (Zapata, 2016) Una de las ecuaciones que describen el efecto de la temperatura en X_m y μ en el modelo logístico, podría ser:

$$\mu_{max}(T) = \frac{A \exp\left(-\frac{\Delta H_1}{RT}\right)}{1/k \exp\left(\frac{\Delta H_2}{RT}\right)}$$

μ_m : velocidad máxima de crecimiento

A, k: constantes

ΔH_1 =energía límite de entalpia de activación

ΔH_2 =energía de inactivación de cambio de entalpia

R=constante universal de los gases (Zapata, 2016).

Variables influyentes en el proceso: Temperatura: 25 – 35°C.

Cantidad de inóculo: 1×10^5 – 1×10^8 .

Humedad entre 65-75%.

3. NORMATIVIDAD NACIONAL

Norma	Expediente	Objetivo
Ley 31 de 1965	Congreso de Colombia	Sobre fomento de las industrias de cacao y cesión de unos bienes
Ley 29 de 1990	Congreso de Colombia	Por la cual se dictan disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y se otorgan facultades extraordinarias.
Ley 99 de 1993	Congreso de Colombia	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.
Ley 101 de 1993	Congreso de Colombia	Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero
Ley 388 de 1997	Congreso de Colombia	El establecimiento de los mecanismos que permitan al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.
Ley 400 de 1997	Congreso de Colombia	Por la cual se adoptan normas sobre Construcciones Sismo Resistentes
Decreto-Ley 2811 de 1974	Presidencia de la República	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente
Decreto 1285 de 2015	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Por el cual se modifica en Decreto 1077 de 2015, Decreto Único Reglamentario de Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en lo relacionado con los lineamientos de construcción sostenible para las edificaciones.
Decreto 280 de 2015	Presidencia de la República	Por el cual se crea la Comisión Interinstitucional de Alto Nivel para el alistamiento y la efectiva implementación de la Agenda de Desarrollo Post 2015 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS.
Decreto 1505 de 2015	Presidencia de la República	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002, en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones
Resolución 549 de 2015	Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio	Por el cual se reglamentan los lineamientos de construcción sostenible y se adopta la Guía para el ahorro de agua y energía de edificaciones.
Acuerdo 017 de 2016	Consejo Municipal de	Por el cual se aprueba y se adopta el plan de desarrollo municipal de San Vicente Somos Todos 2016-2019.

	San Vicente de Chucurí	
Documento CONPES 3918 de 2018	CONPES	Estrategia para la implementación de los objetivos de Desarrollo sostenible (ODS) en Colombia.
Documento CONPES 3919 de 2018	CONPES	Impulsar la inclusión de criterios de sostenibilidad para todos los usos y dentro de todas las etapas del ciclo de vida de las edificaciones a través de ajustes normativos, el desarrollo de mecanismos de seguimiento y la promoción de incentivos económicos, que contribuyan a mitigar los efectos negativos de la actividad edificadora sobre el ambiente, mejorar las condiciones de habitabilidad y generar oportunidades de empleo e innovación.

Tabla 1. Normatividad Nacional

4. PERTIENENCIA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO

En lo que respecta a la industria del cacao, solo el 9,5% del peso de la fruta fresca se utiliza en la preparación de bebidas y el residuo restante es el 90,5%. En la región cafetalera de Colombia, las hojas se pierden durante la cosecha del fruto del café y la pulpa se produce durante la fase de beneficio. Cuando las plantaciones de café se restauran mediante la siembra, generalmente hay buena disponibilidad de madera. Todos estos desechos se utilizan generalmente para producir fertilizantes orgánicos. (Valencia N. R., 2000)

Sin embargo, la composición química de los residuos producidos en el área cafetalera y otros residuos producidos por el sector agrícola colombiano permite que sean utilizados para el cultivo de hongos tropicales. (Valencia N. R., 2000)

La producción mundial de hongos ha ido en aumento, principalmente para el cultivo de *Agaricus blazei*, *Shiitake*, *Pleurotus eryngii* y *Auricularia* (*Auricularia*). Buen precio de venta.

5. CONCLUSIONES

La investigación sobre el aprovechamiento de los residuos agroalimentarios permite identificar diferentes procesos biotecnológicos y así obtener nuevos productos de gran relevancia para la industria. La interacción con el simulador COCO nos permite comprender la importancia de establecer parámetros de proceso y las diferentes posibilidades de que ocurran estos parámetros de proceso.

El simulador COCO es una herramienta útil para muchas simulaciones químicas, pero no proporciona un método alternativo para simular procesos biológicos.

La investigación sobre el aprovechamiento de los residuos agroalimentarios permite identificar diferentes procesos biotecnológicos y así obtener nuevos productos de gran relevancia para la industria.

La interacción con el simulador de procesos nos permite comprender la importancia de establecer los parámetros del proceso y las diferentes posibilidades de su ocurrencia.

6. BIBLIOGRAFÍA

ALIMENTICIA, I. Robótica y automatización en plantas de alimentos. Industria Alimenticia, (2017). p5.

CANO, S. C. Simulación del proceso de fermentación en medio sólido con *Aspergillus Niger* para el diseño de un biorreactor tipo lecho empacado de 200 litros. Quito - Ecuador: Escuela Politécnica Nacional. (2019). p10

FERNÁNDEZ, M. F. Inmovilización de lacasa: métodos y potenciales aplicaciones industriales. Vigo, España: Universidad de Vigo. (2013).

FERNANDEZ, M. R. Modelado e identificación de bioprocesos. Vigo: Universidad de Vigo. (2006). p3

GUTIERREZ, H. Capítulo 6: Herramientas Básicas para seis sigma. En Control estadístico de la calidad y seis sigma. Mexico: Mc Graw Hill. (2013). p3

Murillo I, Quilambaqui M. "Evaluación de 2 Dietas Experimentales con Diferentes Niveles de Cascarilla de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en las Fases de Crecimiento y Acabado de Cuyes (*Cavia porcellus* L) de Raza Andina"

Terán Espinosa, F. J. (2019). Aprovechamiento de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) para la elaboración de un producto agroindustrial (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Quito.