

PRODUCCION DE BEBIDA FUNCIONAL EN POLVO A PARTIR DE  
RESIDUOS AGROINDUSTRIALES - SEMILLA DE AGUACATE Y PIEL DE  
UVA Vitis Labrusa

ALBA NIDIA ARBOLEDA MURILLO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES  
BOGOTÁ  
2020

PRODUCCION DE BEBIDA FUNCIONAL EN POLVO A PARTIR DE  
RESIDUOS AGROINDUSTRIALES - SEMILLA DE AGUACATE Y PIEL DE  
UVA *Vitis labrusa*

ALBA NIDIA ARBOLEDA MURILLO

Trabajo de grado para optar por el título de especialista en Procesos de  
Alimentos y Biomateriales

**DIRECTOR:**

Andrea Vásquez García  
Ingeniera Agroindustrial  
magister y doctora en Ingeniería de Alimentos

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN PROCESOS DE ALIMENTOS Y BIOMATERIALES  
BOGOTÁ  
2020

Nota de aceptación

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
1. RESUMEN	7
2. ABSTRACT	9
3. INTRODUCCIÓN	11
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
5. JUSTIFICACIÓN	14
6. OBJETIVO GENERAL	15
7. OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
8. SELECCIÓN DEL RESIDUO AGROINDUSTRIAL	17
7.1 Descripción del flujo Producción de bebida en polvo a partir de residuo agroindustrial.	21
7.2 Variables críticas del proceso	25
8 HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN OPTIMIZACION DE PROCESOS	26
9 Herramienta seleccionada para la optimización del proceso de producción de bebida funcional en polvo a partir de residuos agroindustriales, semilla de aguacate y piel de uva.	28
10 OPTIMIZACION DEL PROCESO	29
11 PERTINENCIA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO	33
12 INFOGRAFIA DE LA NORMATIVIDAD NACIONAL VIGENTE EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS Y PROCESOS BIOTECNOLOGICO	35
13 CONCLUSIONES	38
14 BIBLIOGRAFIA	39

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Área y producción en Colombia	16
Tabla 2. Área y producción de aguacate Hass en Colombia	17
Tabla 3. Descripción del proceso con especificaciones	23

## LISTA DE GRAFICAS

	<b>Pág.</b>
Gráfico 1. Producción de aguacate en todo el mundo de 2000 a 2018 (en millones de toneladas métricas)	15
Grafica 2. Exportaciones de aguacate de Colombia. Manual del exportador de frutas, verduras y tubérculos, 2015.	18
Grafica 3. Diagrama de flujo	20
Grafica 4. Diagrama de flujo en Simulador COCO.	21

## 1. RESUMEN:

En la industria agroalimentaria, los residuos juegan un papel importante en la cadena alimentaria, la industria de alimentos en Colombia genera alrededor de 9.7 millones de toneladas de residuos anual, generando un impacto negativo al ambiente. sin embargo, muchos de estos poseen componentes nutricionales. Con la utilización de las operaciones unitarias, estos residuos se utilizan para la generación de producto con valor agregado y se minimiza o elimina el impacto negativo. En el presente trabajo se evalúa la producción de una bebida con presentación en polvo a partir de la semilla de aguacate y la piel de uva isabelina *Vitis labrusca*, estos dos residuos de la agroindustria poseen componentes nutricionales como los antioxidantes.

Se plantea un proceso biotecnológico en el cual las semillas de aguacate y la piel de la uva son lavadas y se le reduce el tamaño, para someterlas a un proceso de deshidratación a una temperatura de 95°C por un tiempo de 30 min. posterior se realizará una mezcla 70-30, para luego ser molido, tamizado y empacado. La presentación del producto es en polvo y la preparación es instantánea en agua caliente por el consumidor. ofreciendo un alimento funcional con beneficios a la salud humana.

Por otro lado, partiendo del proceso base, se desarrolló un proceso de Optimización; La optimización de los procesos es un factor determinante para la productividad de la industria o negocio, y existe muchas herramientas para mejorar y optimización de los procesos, una de estas herramientas es el diseño de experimentos, esta herramienta es muy poco utilizada en la industria, sin embargo, aporta de forma significativa a la disminución de costos y optimización de los recursos.

El objetivo del presente trabajo es desarrollar una bebida funcional a base de residuos de la agroindustria, semilla de aguacate y piel de uva, como fuente significativa de antioxidante para la salud humana. Para la optimización del proceso original, se utiliza la herramienta de diseño de experimentos que permite simular la interacción de los factores críticos del proceso. Dado que La temperatura de secado de la semilla de aguacate afecta la actividad antioxidante del producto final, de forma negativa si se excede este parámetro, para este factor se evaluó temperaturas de 70 y 90°C, obteniendo un valor óptimo de 57.5°C por medio del diseño central compuesto. Por otro lado, la mezcla de la semilla de aguacate y la piel de uva afecta los costos directos de fabricación, pero no se tiene certeza si la variación de las proporciones afecte

la actividad antioxidante, por lo cual se evaluó una mezcla de semilla y piel de uva de 90-10 y 70-30 respectivamente, obteniendo un valor optima de la mezcla de 94% de semilla y 6% de piel de uva.

**Palabras claves:**

Antioxidante, Alimento funcional, Optimización, Productividad, Diseño de experimento, herramientas de mejora

## 2. ABSTRACT

In the agri-food industry, waste plays an important role in the food chain, the food industry in Colombia generates around 9.7 million tons of waste annually, generating a negative impact on the environment. However, many of these have nutritional components. With the use of unit operations, these residues are used to generate value-added product and the negative impact is minimized or eliminated. In the present work, the production of a drink with powder presentation is evaluated from the avocado seed and the Elizabethan grape skin *Vitis labrusca*, these two residues from the agro-industry have nutritional components such as antioxidants. A biotechnological process is proposed in which avocado seeds and grape skin are washed and reduced in size, to subject them to a dehydration process at a temperature of 95 ° C for a time of 30 min. Later, a 70-30 mixture will be made, to later be ground, sieved and packed. The presentation of the product is in powder form and the preparation is instantaneous in hot water by the consumer, to produce a functional food with benefits to human health.

On the other hand, starting from the base process, an Optimization process was developed; The optimization of processes is a determining factor for the productivity of the industry or business, and there are many tools to improve and optimize processes, one of these tools is the design of experiments, this tool is very little used in the industry, however, it makes a significant contribution to reducing costs and optimizing resources.

The objective of the present work is to develop a functional drink based on agroindustry residues, avocado seed and grape skin, as a significant source of antioxidant for human health. To optimize the original process, the experiment design tool is used to simulate the interaction of the critical factors of the process. The drying temperature of the avocado seed affects the antioxidant activity of the final product, negatively if this parameter is exceeded, for this factor temperatures of 70 and 90 ° C were evaluated, obtaining an optimal value of 57.5 ° C by means of the composite core design. On the other hand, the mixture of the avocado seed and the grape skin affects direct manufacturing costs, but it is not certain whether the variation in the proportions affects the antioxidant activity, so a mixture of seed and skin was evaluated. of grapes of 90-10 and 70-30 respectively, obtaining an optimal value of the mixture of 94% of seed and 6% of grape skin.

**Keywords:**

Antioxidant, Functional food, Optimization, Productivity, Experiment design, improvement tools

### 3. INTRODUCCIÓN

Con el crecimiento de la producción de aguacate en Colombia y después de ser sometido a una transformación industrial, aumenta la generación de residuos como la semilla, a las que no se les ha dado una aplicación industrial pese a todos los beneficios nutricionales que se le han encontrado. Esta industria genera grandes cantidades de residuos no comestibles que pueden ser una fuente potencial para la extracción de compuestos muy valiosos. Los nutrientes esenciales que contiene la semilla de aguacate, están siendo despreciados y no aprovechados en el bienestar de la salud humana.

Según el Anuario Estadístico de Frutas y Hortalizas del Ministerio de Agricultura de Colombia y publicado por el Ministerio de Agricultura, se produjeron en el 2016, alrededor de 3,3 millones de toneladas de frutas. Si se tienen en cuenta las pérdidas porcentuales en la industria del procesamiento de frutas, alrededor de 2,31 millones de toneladas se pierden cada año”.

Los compuestos funcionales que posee la semilla de aguacate, como fenoles, terpenoides, esteroides, saponinas, flavonoides, taninos, vitaminas y antioxidantes entre otros, permiten obtener mediante procesos bioquímicos, mecánicos y termoquímicos (ingeniería de procesos), productos de valor Agradado.

La uva es el fruto que crece formando racimos de la vid común. Pertenece al género *Vitis* de la familia de las Vitáceas, por lo general son arbustos trepadores y que producen frutos en baya, propios de países cálidos y tropicales (Charley, 2012).

La composición de la uva varía según se trate de uvas blancas o negras. En ambas se destacan dos tipos de nutrientes: los azúcares, principalmente glucosa y fructosa, más abundantes en las uvas blancas y las vitaminas (ácido fólico y vitamina B6). Su riqueza en azúcares, la convierte en una de las frutas más calóricas. Entre los minerales, el potasio es el más abundante y se encuentra en mayor cantidad en la uva negra; mientras que el magnesio y el calcio están en cantidades moderadas y son más abundantes en la uva blanca (Palou, 2017).

En las uvas abundan diversas sustancias con reconocidas propiedades beneficiosas para la salud, tales como antocianos, flavonoides y taninos, responsables del color, aroma y textura característicos de estas frutas, y de los que dependen diversas propiedades que se le atribuyen a las uvas. Todas

estas sustancias tienen potente acción antioxidante. Los antocianos son los pigmentos responsables del color de las uvas negras y rojas y están ausentes en las variedades blancas. Los taninos les confieren la sensación de astringencia a las uvas verdes. Dentro de los flavonoides, el resveratrol es el más reconocido. Está presente sobre todo en la piel de la uva negra y roja y tiene propiedades antifúngicas, es decir, impide el crecimiento de hongos en las uvas. Los últimos estudios científicos han mostrado su eficacia al inhibir o bloquear el crecimiento tumoral, por tanto, se recomienda el consumo habitual de uva en caso de cáncer y si se presentan factores de riesgo (Mercola, 2017).

La optimización de un proceso productivo está enfocada a la utilización de los esfuerzos para el logro de un desarrollo consistente, por medio de la incorporación de tecnología o mejoramiento de procesos productivos, sociales, entre otros (Felipe, 2005). Es decir, maximizar la productividad, por lo anterior se debe recurrir a la implementación de nuevos métodos o procedimientos o mejorados de forma significativa, que permita que las organizaciones sean más competitivas, enfocando la competitividad, como la gestión de los recursos y competencias para aumentar el crecimiento de la compañía o institución (Atkinson, 2013).

Las técnicas empleadas para alcanzar los resultados óptimos de un proceso, son llamadas herramientas de optimización, las cuales mejoran en gran medida el funcionamiento del proceso. El objetivo de una optimización, es minimizar o maximizar el factor que influye de forma negativo o positiva directamente en los resultados esperados, de acuerdo al requerimiento del diseño del proceso, el cual está sujeto a restricciones del sistema como variables, condiciones internas y condiciones externas del proceso (Hernández & Carmona, 2014).

#### 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con el crecimiento de la producción de aguacate en Colombia y después de ser sometido a una transformación industrial la producción de aguacate, aumenta la generación de residuos como la semilla, a las que no se les ha dado una aplicación industrial pese a todos los beneficios nutricionales que se le han encontrado. Esta industria genera grandes cantidades de residuos no comestibles que pueden ser una fuente potencial para la extracción de compuestos muy valiosos. Los nutrientes esenciales que contiene la semilla de aguacate, están siendo despreciados y no aprovechados en la salud y bienestar de la salud humana.

Según el Anuario Estadístico de Frutas y Hortalizas del Ministerio de Agricultura de Colombia, publicado por el Ministerio de Agricultura, se produjeron en el 2016, alrededor de 3,3 millones de toneladas de frutas. Si se tienen en cuenta las pérdidas porcentuales en la industria del procesamiento de frutas, alrededor de 2,31 millones de toneladas se pierden cada año". Los compuestos funcionales que posee la semilla de aguacate, como fenoles, terpenoides, esteroides, saponinas, flavonoides, taninos, vitaminas y antioxidantes entre otros, permiten obtener mediante procesos bioquímicos, mecánicos y termoquímicos (ingeniería de procesos), productos de valor añadido.

Dado lo anterior se plantea la siguiente pregunta de estudio:

¿Para aprovechar las biomoléculas presentes en la semilla del aguacate y mediante la aplicación de operaciones unitarias se puede elaborar una bebida no alcohólica con propiedad nutricional y agradable al paladar?

## 5. JUSTIFICACION

La semilla del aguacate tiene una composición fitoquímica de **saponinas 19.21, taninos 0.24, flavonoides 1.9, alcaloides 0.72 y fenoles 6.14**, todos estos están expresados en mg/100 g de semilla, estos compuestos pueden ser los que funcionan como antioxidante al tener interacción entre ellos (Osorio, 2013). Así mismo, estos compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes, ayudan a la conservación de los alimentos (Marcas, 2006).

La semilla de aguacate contiene muchos antioxidantes, que colaboran para prevenir el envejecimiento ya que repara tejidos y células que hayan sido atacadas por el daño oxidativo. Sus ácidos grasos favorecen el riego sanguíneo y ayudan a la eliminación de los desechos para disminuir inflamación de los tejidos. Sus flavonoides y antioxidantes detienen el daño causado por los radicales libres e incrementan la producción de colágeno que ayuda a aminorar el envejecimiento. La grasa que contiene la semilla evita las alteraciones del cuero cabelludo para impedir el crecimiento de los hongos y así prevenir la caspa. Su inclusión en la dieta, estimula la producción de hormonas y ayuda a aumentar el metabolismo para prevenir la obesidad, contribuyendo a combatir la tiroides. Los nutrientes de este alimento están relacionados con el aumento de las energías físicas y mentales. Al incluirlos en la dieta se incrementa el rendimiento físico y mental para una mejor productividad durante la jornada (natural, 2017).

Aprovechar el contenido de nutrientes esenciales de la semilla de aguacate puede ser un aporte significativo para mejorar la salud humana, dado que, al incorporarse en la dieta alimentaria, este proyecto brindaría otra alternativa de alimentación y bienestar a la humanidad y se emplearían estos desechos para obtener mediante la aplicación de la ingeniería de procesos, un producto de valor añadido.

## **6. OBJETIVO GENERAL**

Identificar las herramientas utilizadas en la industria para la optimización del proceso base en la producción de una bebida funcional a partir de la semilla de aguacate con piel de uva isabelina *Vitis labrusca*. Para ofrecer una fuente significativa de antioxidante para la salud humana.

## **7. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

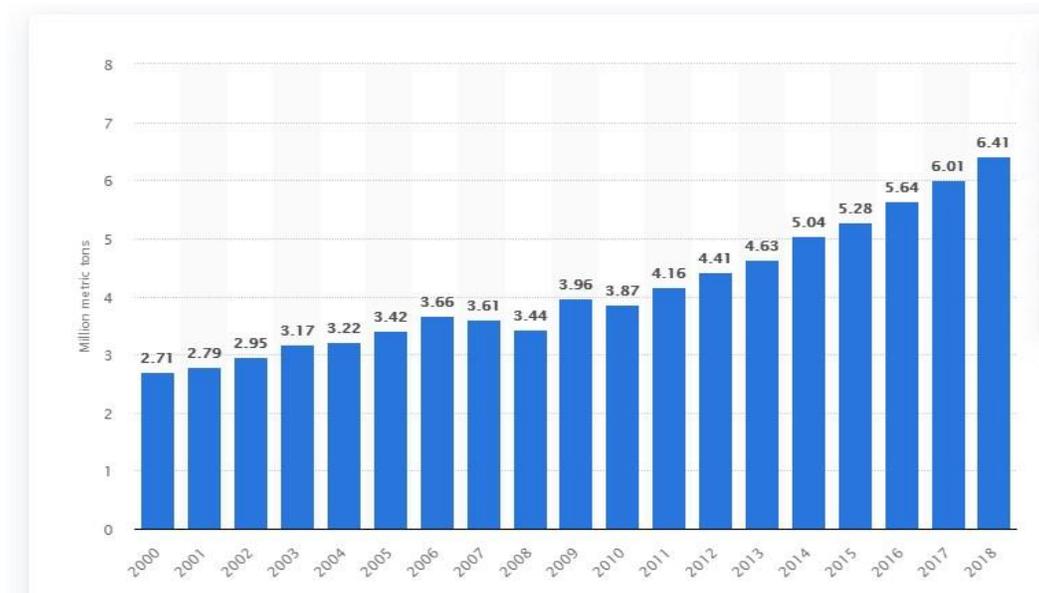
- ❖ Seleccionar el residuo agroindustrial que, por medio de la transformación en operaciones unitarias, aporte un valor agregado a la industria de alimentos.
- ❖ Seleccionar el proceso biotecnológico para el procesamiento del residuo agroindustrial seleccionado.
- ❖ Seleccionar las herramientas de optimización para aplicar al proceso de producción.
- ❖ Revisar la normatividad vigente en el desarrollo del producto y del proceso.

## 8. SELECCIÓN DEL RESIDUO AGROINDUSTRIAL

Actualmente, el aguacate ocupa un lugar importante en la producción mundial. En 2018, la producción mundial de aguacate ascendió a aproximadamente 6,41 millones de toneladas métricas (Shahbandeh, 220).

De acuerdo a la gráfica 1. la producción mundial del aguacate tiene una tendencia ascendente.

**Gráfico 1.** Producción de aguacate en todo el mundo de 2000 a 2018 (en millones de toneladas métricas)



Fuente: Agronet 2019

De esta producción se desechan miles de toneladas de semillas sin ser aprovechada, La semilla del aguacate provee muchas sustancias que benefician la salud humana ayudando a evitar un sin número de enfermedades.

De acuerdo a la Encuesta Nacional Agropecuaria ENA, durante el año 2015, Colombia, obtuvo una producción de 274.330 toneladas de frutos de aguacate,

provenientes de las diversas variedades cultivadas, con rendimientos promedios de 7,2 toneladas por hectárea al año (DANE, 2016). El departamento del Tolima es el principal productor con 52.838 toneladas (DANE, 2016).

El aguacate se produce en más de 15 departamentos de Colombia, 6 de ellos concentran el 80% de la producción. La variedad HASS, es la que más se comercializa en el mundo y es la que mayor dinámica de crecimiento presenta (Pavas; Cesar Andrés, 2015).

En la tabla 1 y tabla 2. se evidencia el crecimiento que tiene la producción de aguacate en Colombia.

**Tabla 1. Área y producción en Colombia**

<b>Total, Nacional</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Ha sembradas</b>	30006	35373	40510	45070	47762	50292
<b>Ha cosechadas</b>	21590	24513	27555	32066	33339	34887
<b>Toneladas</b>	205442	215090	255195	303351	320623	332204
<b>Rendimiento</b>	9,50	8,80	9,30	9,50	9,62	9,52

Fuente: Agronet. Consejo Nacional del Aguacate, 2015

**Tabla 2. Área y producción de aguacate Hass en Colombia**

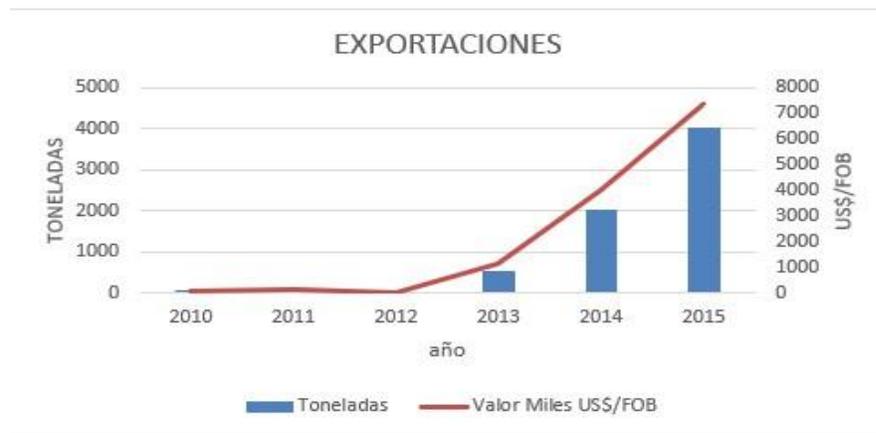
<b>Estimado variedad Hass</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
<b>Ha sembradas</b>	5200	5880	7213	9300	11000	13530
<b>Crecimiento</b>	24%	13%	23%	29%	18%	23%
<b>Ha cosechadas</b>	2340	2822	3607	4929	5775	7323
<b>Crecimiento</b>	45%	48%	50%	53%	54%	
<b>Rendimiento</b>	10	9	8	7	8	8

Fuente: Agronet. Concejo Nacional del Aguacate, 2015

Colombia está incursionando en el mercado mundial del aguacate y sus principales compradores se encuentran en el mercado europeo. Para el 2013 Colombia ocupó el tercer lugar en la producción mundial de aguacate con una participación del 6% de la producción total (Pavas; Cesar Andrés, 2015).

En la grafica 2. se evidencia el crecimiento significativo de las exportaciones de aguacate hasta el 2015.

**Grafica 2.** Exportaciones de aguacate de Colombia. Manual del exportador de frutas, verduras y tubérculos, 2015.



Fuente: Agronet. Consejo Nacional del Aguacate, 2015

La Encuesta Nacional Agropecuaria ENA, declara que durante el año 2015 Colombia obtuvo una producción de 274.330 toneladas de frutos de aguacate, provenientes de las diversas variedades cultivadas, con rendimientos promedios de 7,2 toneladas por hectárea al año, siendo el departamento del Tolima el principal productor con 52.838 toneladas, seguido por los departamentos de Valle del Cauca, Caldas y Risaralda, entre otros (DANE, 2016).

Esta creciente cosecha de aguacate abre la oportunidad no solo de aumentar el consumo local, sino también de industrializar este fruto, y aprovechar las toneladas de desechos de la semilla que se generan y que se desperdician; ya que a ésta no se le ha dado un uso específico.

La semilla del aguacate tiene una composición fitoquímica de saponinas 19.21, taninos 0.24, flavonoides 1.9, alcaloides 0.72 y fenoles 6.14, todos estos están expresados en mg/100 g de semilla, estos compuestos pueden ser los que funcionan como antioxidante al tener interacción entre ellos (Osorio, 2013). Así mismo, estos compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes, ayudan a la conservación de los alimentos (Marcas, 2006).

La semilla de aguacate contiene muchos antioxidantes, que colaboran para prevenir el envejecimiento ya que repara tejidos y células que hayan sido atacadas por el daño oxidativo. Sus ácidos grasos favorecen el riego sanguíneo y ayudan a la eliminación de los desechos para disminuir

inflamación de los tejidos. Sus flavonoides y antioxidantes detienen el daño causado por los radicales libres e incrementan la producción de colágeno que ayuda a aminorar el envejecimiento. La grasa que contiene la semilla evita las alteraciones del cuero cabelludo para impedir el crecimiento de los hongos y así prevenir la caspa. Su inclusión en la dieta, estimula la producción de hormonas y ayuda a aumentar el metabolismo para prevenir la obesidad, contribuyendo a combatir la tiroides. Los nutrientes de este alimento están relacionados con el aumento de las energías físicas y mentales. Al incluirlos en la dieta se incrementa el rendimiento físico y mental para una mejor productividad durante la jornada (natural, 2017).

Aprovechar el contenido de nutrientes esenciales de la semilla de aguacate puede ser un aporte significativo para mejorar la salud humana, dado que, al incorporarse en la dieta alimentaria, este proyecto brindaría otra alternativa de alimentación y bienestar a la humanidad y se emplearían estos desechos para obtener mediante la aplicación de la ingeniería de procesos, un producto de valor agregado.

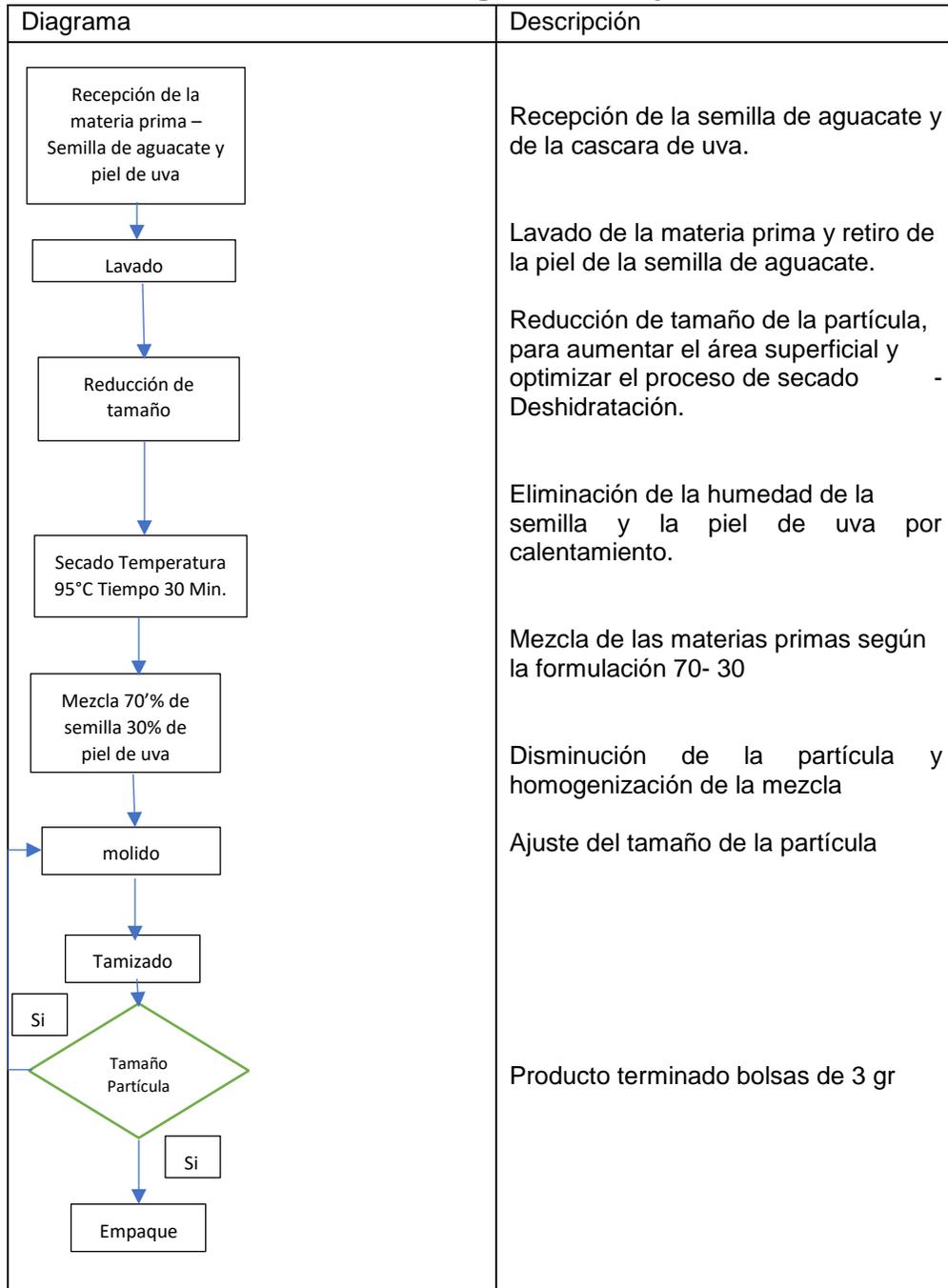
Este proyecto presenta una relevancia científica y social. Al emplear ingredientes funcionales a partir de nuevas fuentes, como es el caso de la semilla del aguacate, para producir un té, se demuestra la relevancia científica.

La semilla de aguacate tiene un sabor amargo característico, sin embargo, al someterlo a algunos procesos de operaciones unitarias, como reducción de tamaño y secado, con la adición de algunos sabores frutales para transformar características de olor, sabor y color; se puede elaborar una bebida con un alto contenido de antioxidante, con altos beneficios para la salud humana.

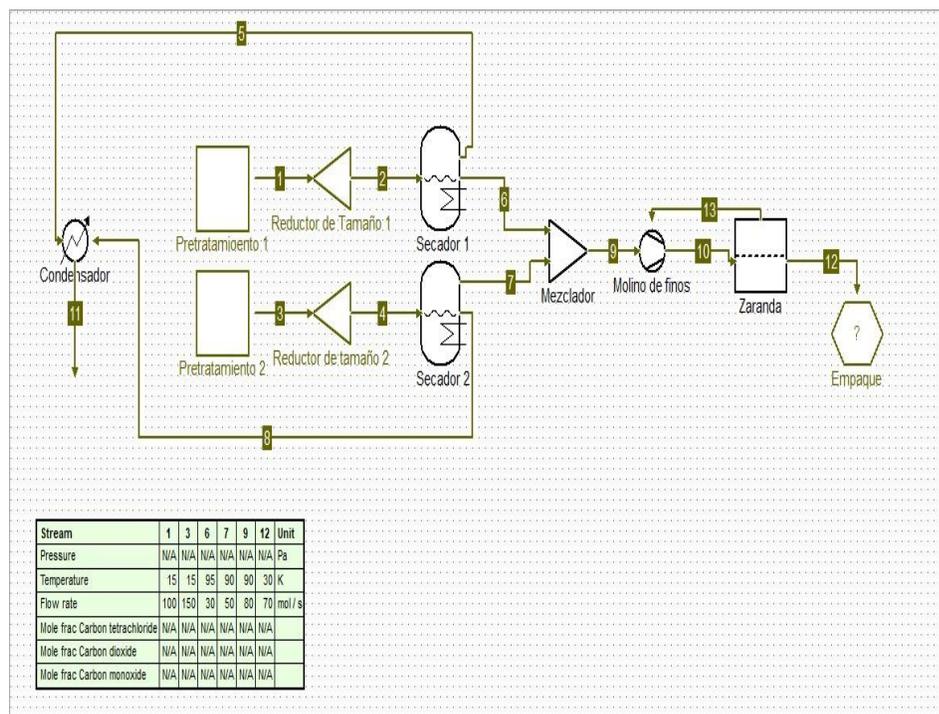
La bebida se fabricará a nivel de laboratorio aplicando operaciones unitarias que confieran cambios físicos y químicos en la semilla sin alterar los componentes nutricionales de ésta.

En resumen, la semilla de aguacate que no es utilizada a nivel industrial, se someterá a una serie de operaciones unitarias para transformar características de color, sabor y olor, y producir una bebida con adición de fruta (Uva) para potencializar el sabor con presentación en polvo que, con un contenido significativo de antioxidantes que contribuya a la nutrición humana

**Grafica 3. Diagrama de flujo**



**Grafica 4. Diagrama de flujo en Simulador COCO.**



Fuente: Autor

### 7.1 DESCRIPCIÓN DIAGRAMA DE FLUJO PRODUCCION DE BEBIDA EN POLVO A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.

La semilla de aguacate es recolectada de las industrias de procesamiento de aguacate, los centros de abastos y restaurantes, lavada desinfectada y pelada; posterior pasa a la etapa de reducción de tamaño por un equipo de láminas (tipo rayador), formando láminas de 2 a 2.5 cm de largo y un espesor de 2 milímetros. el objetivo de la reducción de tamaño de la semilla de aguacate es acortar la distancia del recorrido del agua durante la evaporación y por ende acortar el tiempo de secado de la semilla, para que no se degraden los antioxidantes de la semilla.

Los antioxidantes son compuestos fenólicos, los cuales son sensibles a las temperaturas, estos se degradan cuando son expuestos a altas temperaturas por tiempos prolongados (Zapata karol, 2015).

La piel de uva se recolecta de una empresa de procesamiento de pulpa de frutas, la cual es generada como residuo, esta es lavada desinfectada y picada en trozos de 1 cm., para pasar a la etapa de secado. La semilla y la piel de uva se secan de forma individual, ya que por las características de cada una de ellas los tiempos y las temperaturas de secado son diferentes, la piel de uva contiene un porcentaje más elevado de azúcar, lo que hace que se prolongue más el tiempo de secado. Cuando la semilla alcanza una humedad de 8% y la piel de uva una humedad de 12%, pasan a la etapa de mezclado con una formulación del 70% de semilla de aguacate y 30% de piel de uva, el objetivo de esta mezcla es mejorar el sabor de la bebida en polvo, ya que la semilla de aguacate tiende a ser amarga y la piel de uva mejora el sabor. Posterior a la mezcla el producto pasa al proceso de molido, para darle la textura de polvo, se realiza separación de las partículas que no cumplen con el tamaño específico y esta se pasa de nuevo por el molino, el producto final es empacado en bolsas de 3 gr. Y en un embalaje de 10 unidades, para ser comercializado.

**Tabla 3. Descripción del proceso con especificaciones**

Etapa	Operación Unitaria	Descripción	Cambio Obtenido	Especificación
Lavado de la semilla		Retiro de los residuos orgánico y no orgánicos de la semilla	Eliminación de las partículas extrañas y carga microbiana	Solución de hipoclorito a 100 ppm
Trituración	Reducción de tamaño	Generar partículas más pequeñas a partir de la semilla de aguacate, para aumentar el área superficial de esta y mejorar la transferencia de calor y masa en la etapa de secado.	Partículas con menor tamaño	tamaño de partícula de 2 a 2.5 cm.
Secado	Evaporación y cambios químicos	Someter la semilla y la piel de uva a una alta temperatura en un tiempo limitado	Eliminación del contenido de agua, Cambio de color de amarillo a marrón, cambio del sabor y olor de la semilla	Temperatura 95 °C tiempo 30 min. Minutos
Mezclado	Mezcla de la semilla de aguacate y la piel de uva	Generar una mezcla homogénea y de acuerdo a la formulación	Mezcla homogénea	70% de semilla – 30% de piel de uva.
Molido	Reducción de tamaño y Mezcla	Mejorar la característica de granulometría de la semilla para darle una textura de harina y mejorar la extracción de sus componentes en la preparación del té.	Granulometría del producto más fino y mezcla con la fruta del 5%.	Tamaño de partícula tamiz numero 10 ASTM E11
Tamizado	Separación sólido - sólido	Por diferencia de tamaño se separa el material que no cumple con sus características y pasa de nuevo a la etapa de molienda	Homogeneidad en el tamaño de la partícula del producto terminado	Tamaño de partícula Tamiz numero 10 ASTN E11
Empaque		Empaque en bolsitas de papel poroso, seda o nailon.	Presentación del producto	Presentación de 6g por unidad.

Fuente: Autor.

## **8.2 VARIABLES CRITICAS DEL PROCESO**

Los parámetros de temperatura y tiempo en la etapa de secado, son críticos para mantener la calidad de los nutrientes del producto

El contenido de humedad de la semilla de aguacate es aproximado 48%, y de la piel de uva es de 70%, estas materias primas deben ser sometidas a proceso de deshidratación, para disminuir este contenido de agua y modificar características sensoriales, sin embargo, la temperatura de secado y el tiempo de exposición a dicha temperatura, es fundamental para la conservación de los antioxidantes.

Para realizar la simulación del proceso de secado, se requiere tener definida el tamaño de partícula del material a secar, la estructura y componentes del material a secar, la naturaleza del disolvente a evaporar (agua) y la sensibilidad del metabolito de interés a las condiciones del proceso.

## 9. HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS

1. **Diagrama de Causa y efecto:** Es una herramienta grafica con la cual se puede identificar las causas raíz de cualquier problema que se quiere mejorar, por medio de la subdivisión de factores que intervienen en un proceso, como, mano de obra, materiales, maquinaria, aspectos ambientales, materia prima, entre otros (Durango, 2007)
2. **Diagrama de Pareto:** Es una herramienta que se utiliza para identificar las causas vitales que generan los problemas, se enfoca en identificar el 20% de las causas que generan el 80% de los problemas (Izar, 2016).
3. **Diagrama SIPOC:** Es una matriz en donde se identifica los actores principales del negocio o proceso, tales como Clientes (supplier), Entradas (Inputs) materiales, materias primas, insumos etc., Procesos (process), Salidas (output) y Clientes (Customer). Con el objetivo de determinar las necesidades y requerimiento de cada uno de ellos (Avila, 2008).
4. **Diagrama de flujo:** Es un diagrama en el cual se puede observar las actividades del proceso, el movimiento de las actividades, funciones del proceso, especificaciones del proceso, mediante formas graficas o símbolos, que permiten entender el proceso, controlarlo y rediseñarlo de acuerdo a las necesidades (Avila, 2008).
5. **Control estadístico de procesos:** Es una herramienta estadística que se utiliza para obtener un producto con la calidad especifica desde la primera, con la finalidad de tener un seguimiento y vigilancia continua del proceso, reducir la variación y disminuir el costo por unidad (Carro & González, 2016)
6. **Diseño de experimentos:** Son herramientas estadísticas utilizadas, en el estudio de los efectos de las variables controlables de un proceso sobre las variables respuesta, resultantes de la interacción de las

variables controlables y la valoración de la combinación de los niveles de dichas variables conocidos como tratamientos (Carlos, 2009).

- 7. Herramientas Lean Manufacturing:** Es una filosofía para el mejoramiento de procesos productivos, con el objetivo de eliminar todas las actividades que no agregan valor, es un conjunto de herramientas con características y propósitos concretos dentro de las cuales están; 5S, SMD, Kamban, Hoshin Kanri, Andon, TPM, Heijunka, Takt time, Gemba, Poka-yoke. Estas herramientas se pueden implementar de manera aislada y gradual y de acuerdo a cada proceso productivo (Hernández & Vizán, 2013).
  
- 8. Herramientas Lean six sigma:** Es una metodología que utiliza un conjunto de herramientas, con el objetivo de alcanzar el máximo nivel de excelencia operacional, incrementar la rentabilidad y optimizar la productividad de los procesos dentro de estas herramientas se encuentra, el ciclo DIMAC, Análisis de capacidad del proceso, Diagrama de Ishikawa, 5 porqués, Análisis de regresión, Análisis de partes Interesadas, Voz del cliente y prueba de hipótesis (Garcia, 2019).

## 9. HERRAMIENTA SELECCIONADA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BEBIDA FUNCIONAL EN POLVO A PARTIR DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES SEMILLA DE AGUACATE Y PIEL DE UVA VITIS LABRUSCA.

**Diseño de experimentos:** Es una herramienta de mejoramiento continuo, la cual evalúa las interacciones de las variables del proceso, identifica los efectos o los cambios que se producen en dichas interacciones sobre la variable de salida o respuesta (Iizarbe, Tanco, & Viles, 2007).

Esta herramienta de mejora es importante en los procesos de investigación por:

- a. Facilita la selección del experimento óptimo que permita obtener información para la minimizar costos.
- b. Permite evaluar los resultados experimentales obtenidos, garantizando la fiabilidad de las conclusiones.
- c. Facilita la toma de decisiones que permiten mejorar la productividad.

## 10. OPTIMIZACION DEL PROCESO

Durante el proceso de producción de la bebida en polvo a partir de semilla de aguacate, se requiere establecer la temperatura de secado de la semilla, ya que esta afecta los metabolitos y nutrientes, se evalúan dos niveles de temperatura de 70 y 130°C. de igual forma la concentración de semilla de aguacate y de piel seca de uva influye en la actividad antioxidante de la bebida en polvo, por lo cual se plantea realizar una mezcla de 70-30 y 90-10, semilla-piel de uva respectivamente. Los costos también se ven afectados por esta mezcla, ya que el aumento de la concentración de piel de uva hace más costoso la preparación, se requiere evaluar si dicha variación en la mezcla afecta el contenido de antioxidante, el cual se mide en mg de Trolox/g de material.

**Diseño experimental:** Se realiza un diseño central compuesto para evaluar la interacción de los factores. Se realizan 26 experimentos.

Diseño central compuesto				Tipos de puntos	
<b>Resumen del diseño</b>				Puntos del cubo:	8
Factores:	2	Réplicas:	2	Puntos centrales en el cubo:	10
Corridas base:	13	Total de corridas:	26	Puntos axiales:	8
Bloques base:	1	Total de bloques:	1	Puntos centrales en axial:	0
$\alpha = 1,41421$					
Factorial de dos niveles: Factorial completo					

Imagen 1. Resumen del diseño

**Coefficientes Codificados:** Para la concentración de la semilla el valor de p es de 0,057, es mayor que el valor de significancia 0,05 por lo cual tiene efecto significativo y el valor de la temperatura de secado es de 0,079, igualmente tiene efecto significativo en el proceso.

Término	EE del		Valor T	Valor p	FIV
	Coef	coef.			
Constante	42,13	1,04	40,55	0,000	
Concentracion de semilla	1,660	0,821	2,02	0,057	1,00
Temperatura de secado	-1,522	0,821	-1,85	0,079	1,00
Concentracion de semilla*Concentracion de semilla	3,163	0,881	3,59	0,002	1,02
Temperatura de secado*Temperatura de secado	-0,199	0,881	-0,23	0,823	1,02
Concentracion de semilla*Temperatura de secado	-0,17	1,16	-0,15	0,882	1,00

Imagen 2. Coeficientes codificados

Diagrama de Pareto: De acuerdo a diagrama, el 80% de los valores de la concentración de la semilla tiene un efecto significativo en el proceso.

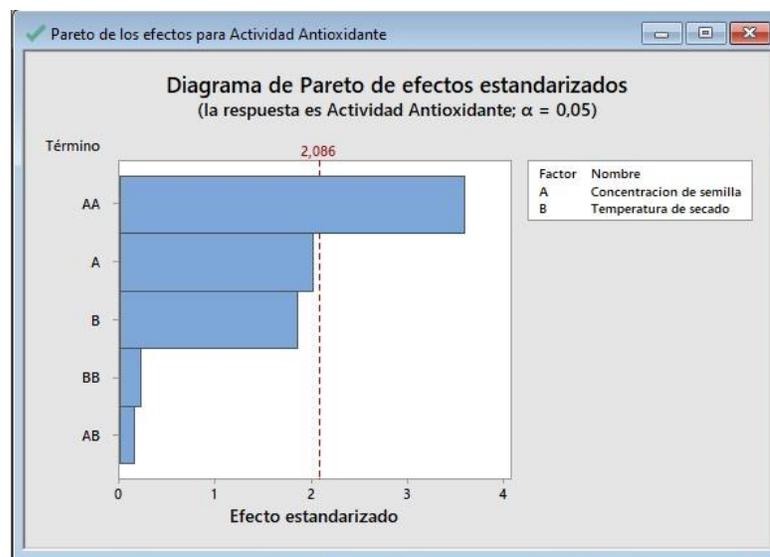


Imagen 3. Diagrama de Pareto

**Diagrama de residuos:** De acuerdo con la gráfica de probabilidad los datos tienen una distribución normal, con un ligero sesgo a la izquierda (negativo).

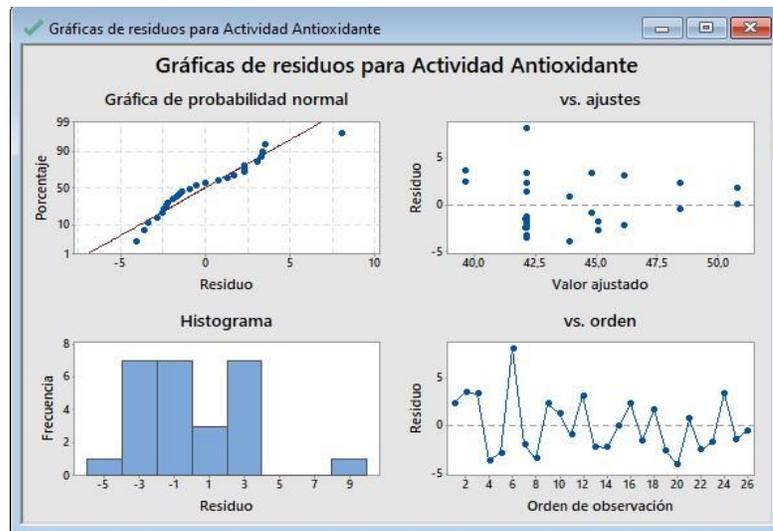


Imagen 4. Diagrama de residuos

**Gráfica superficie de respuesta:** De acuerdo a la gráfica de superficie el valor máximo de actividad antioxidante se encuentra en la temperatura de secado de 50°C y una concentración de semilla de p0°

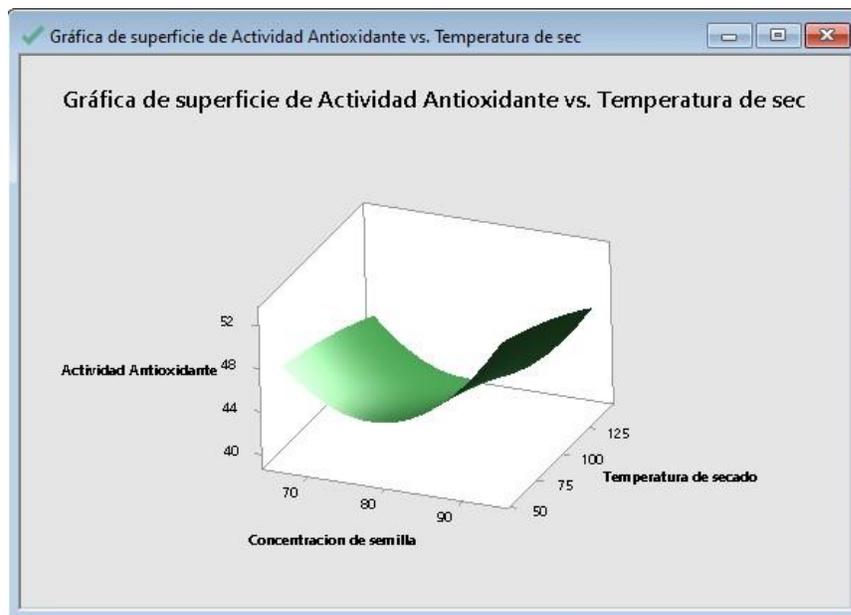


Imagen 5. Gráfica de superficie

**Diseño de Optimización:** Los valores optimas de operación de acuerdo con la optimización esta es con una temperatura de secado de 57.57 °C y una

concentración de semilla de 94,14, para un valor máximo de actividad antioxidante de 52,91 mgTrolox/g.

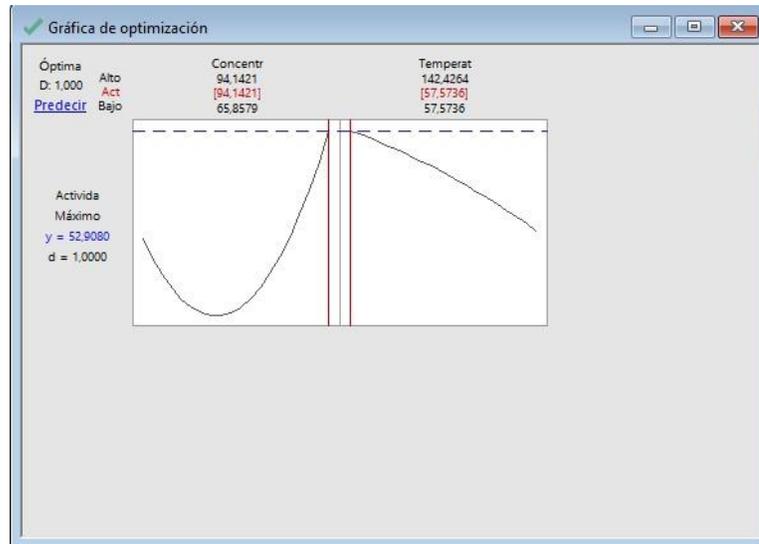


Imagen 6. Grafica de optimización

### Optimización de respuesta: Actividad Antioxidante

#### Parámetros

Respuesta	Meta	Inferior	Objetivo	Superior	Ponderación	Importancia
Actividad Antioxidante	Máximo	38,5	52,5		1	1

#### Solución

Solución	Concentracion de semilla	Temperatura de secado	Actividad	
			Antioxidante Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	94,1421	57,5736	52,9080	1

### Predicción de respuesta múltiple

Variable	Valor de configuración			
Concentracion de semilla	94,1421			
Temperatura de secado	57,5736			
Respuesta	Ajuste	EE de ajuste	IC de 95%	IP de 95%
Actividad Antioxidante	52,91	3,45	(45,72; 60,10)	(42,98; 62,84)

## 11. PERTINENCIA Y VIABILIDAD DEL PROYECTO

Según el DANE la dinámica de la industria del aguacate presenta un crecimiento significativo en la última década, y se posiciona en la actualidad como el tercer fruto en la Agroindustria nacional (A.E., 2015). La semilla del aguacate representa el 15% de su peso total (Adela Marcela & Sandra, 2013). Por lo cual se puede asegurar que se contara con el 15% de la producción nacional de aguacate como materia prima. El aguacate se produce en más de 15 departamentos de Colombia, 6 de ellos concentran el 80% de la producción. La variedad HASS, es la que más se comercializa en el mundo y es la que mayor dinámica de crecimiento presenta (Pavas; Cesar Andrés, 2015).

En la actualidad, el mundo está orientado al consumo de productos naturales, con propiedades funcionales y nutraceuticas, las frutas son una fuente significativa de dichos nutrientes (Adela Marcela & Sandra, 2013).

La semilla de aguacate contiene muchos antioxidantes, que colaboran para prevenir el envejecimiento ya que repara tejidos y células que hayan sido atacadas por el daño oxidativo. Sus ácidos grasos favorecen el riego sanguíneo y ayudan a la eliminación de los desechos para disminuir inflamación de los tejidos. Sus flavonoides y antioxidantes detienen el daño causado por los radicales libres e incrementan la producción de colágeno que ayuda a aminorar el envejecimiento. La grasa que contiene la semilla evita las alteraciones del cuero cabelludo para impedir el crecimiento de los hongos y así prevenir la caspa. Su inclusión en la dieta, estimula la producción de hormonas y ayuda a aumentar el metabolismo para prevenir la obesidad, contribuyendo a combatir la tiroides. Los nutrientes de este alimento están relacionados con el aumento de las energías físicas y mentales. Al incluirlos en la dieta se incrementa el rendimiento físico y mental para una mejor productividad durante la jornada (natural, 2017).

Aprovechar el contenido de nutrientes esenciales de la semilla de aguacate puede ser un aporte significativo para mejorar la salud humana, dado que, al incorporarse en la dieta alimentaria, este proyecto brindaría otra alternativa de alimentación y bienestar a la humanidad y se emplearían estos desechos para obtener mediante la aplicación de la ingeniería de procesos, un producto de valor agregado.

Este proyecto presenta una relevancia científica y social. Al emplear ingredientes funcionales a partir de nuevas fuentes, como es el caso de la semilla del aguacate, para producir un té, se demuestra la relevancia científica.

La importancia de este proyecto desde la perspectiva social, radica en el cambio de ingredientes en la industria alimentaria que son de origen sintético y ocasionan problemas de salud, por biomoléculas de origen natural para que sean aplicadas en el sector alimentario.

La semilla de aguacate tiene un sabor amargo característico, sin embargo, al someterlo a algunos procesos de operaciones unitarias, como reducción de tamaño y deshidratación, con la adición de algunos sabores frutales para transformar características de olor, sabor y color; se puede elaborar una bebida funcional con un alto contenido de antioxidante, con altos beneficios para la salud humana.

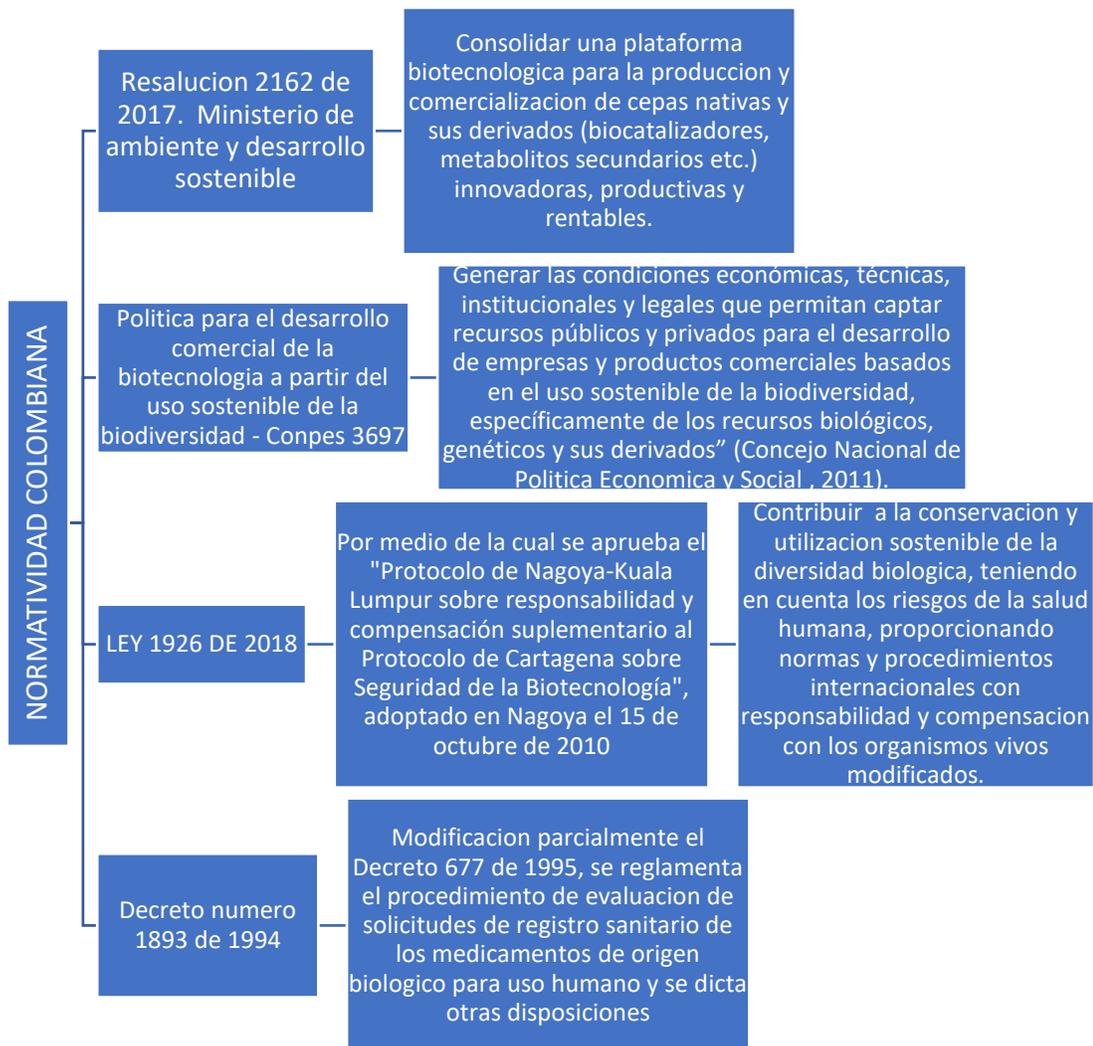
En resumen, la semilla de aguacate que no es utilizada a nivel industrial, se someterá a una serie de operaciones unitarias para transformar características de color, sabor y olor, y producir una bebida con adición de fruta (Uva) para potencializar el sabor con presentación en polvo, con un contenido significativo de antioxidantes que contribuye a la nutrición humana.

## **12. INFOGRAFIA DE LA NORMATIVIDAD NACIONAL VIGENTE EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS Y PROCESOS BIOTECNOLOGICO**

Dentro de la necesidad de mejorar la productividad y la competitividad en el sector agroalimentario, la biotecnología ha tenido un crecimiento significativo en esta área, incorporando tecnologías de procesamiento, metodologías, innovación y optimización procesos. Siendo esto importante para el crecimiento económico y social, se requiere contar con lineamientos enmarcados en políticas nacionales que conlleven a generar estrategias que involucren al sector público, privado y la academia, para explorar y proteger los recursos naturales y la salud humana simultáneamente con el crecimiento de la industria agroalimentaria.

A continuación, se relaciona algunas normas que involucradas con el desarrollo de productos y procesos bioalimentarios.

Grafica 5. Normatividad nacional vigente en el desarrollo de productos y procesos biotecnologico



Dentro de la normatividad de Colombia un documento clave para el desarrollo del proyecto es la **“POLITICA PARA EL DESARROLLO COMERCIAL DE LA BIOTECNOLOGIA A PARTIR DEL USO SOSTENIBLE DE LA BIODIVERSIDAD”** Conpes 3697.

“El objeto de esta política es generar las condiciones económicas, técnicas, institucionales y legales que permitan captar recursos públicos y privados para el desarrollo de empresas y productos comerciales basados en el uso sostenible de la biodiversidad, específicamente de los recursos biológicos, genéticos y sus derivados” (Concejo Nacional de Política Económica y Social, 2011).

Imagen 7. Creación de la institucionalidad para apoyar el emprendimiento y desarrollo comercial



Fuente: DNP- DDRS

“apoya el emprendimiento y el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad, particularmente los recursos biológicos, genéticos y derivados”

Imanen 8. Etapas de financiamiento



### 13. CONCLUSIONES

En los residuos agroindustriales se tiene una oportunidad para obtener un producto funcional con mayor valor agregado, se disminuye el impacto negativo con la disposición de dichos residuos y se obtienen beneficios tanto económicos como nutricionales.

El tratamiento térmico aplicado en el proceso de secado tanto en la semilla de aguacate como en la piel de uva influyen en la actividad antioxidante del producto final, a menor temperatura es mayor la actividad antioxidante, sin embargo, el tiempo de operación es más largo con menor temperatura.

El contenido de proteína y capacidad antioxidante de sus metabolitos de la semilla de aguacate y la piel de uva se verán afectados por el tiempo de exposición a la temperatura de diseño si se ha prolongado de forma significativa.

En la semilla de aguacate se puede contemplar como una fuente significativa de antioxidantes naturales, que ofrece beneficios para la salud humana.

De acuerdo con la optimización, la mezcla entre semilla y piel de uva óptima de la bebida en polvo es de 90-10, y no 70-30 con un valor máximo de 94% de semilla en la mezcla. Esto es favorable por que minimiza los costos de operación, ya que si se aumenta en la formulación la concentración de piel de uva los costos de producción.

En cuanto a la temperatura, el valor óptimo es de 57.5°C, para mantener una actividad antioxidante máxima de 52.9 mg T/g m. Lo que lleva a la disminución de consumo de energía y a minimizar costos.

Dado a los resultados se puede comprobar que el diseño y evaluación de experimentos es una herramienta de optimización del proceso, disminución de costos y mejora de la productividad.

## 14. BIBLIOGRAFIA

- A.E., M. H. (2015). Perspectivas del aguacate Hass en Colombia. *VIII Congreso Mundial de la Palta* (págs. 477-478). Lima Peru: Marketing and Commercial Stream.
- Adela Marcela, C., & Sandra, M. (2013). Evaluacion Quimica de la Fibra en Semilla, Pulpa y Cascara de tres Variedades de Aguacate. *Biotechnologia en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 103-112.
- Atkinson, R. D. (2013). *Competitiveness, Innovacion and Productivity*. The Information Technology & Innovation Foundation. North Carolina: ITIF.
- Avila, P. (2008). Gestion Por Procesos. En p. Avila, *Gestion Por Procesos* (págs. 37-40). Space.
- Carlos, S. J. (2009). Analisis y Diseño de Experimentos Aplicados a estudios de Simulación. *Dyna*, 249-257.
- Carro, R., & González, D. (2016). *Control Estadístico de procesos*. Chile: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Charley, H. (2012). *Preparación de Alimentos. Su tecnología*. Oregon: Ediciones orientación.
- Concejo Nacional de Política Económica y Social . (2011). *Política para el desarrollo comercial de la biotecnología a partir del uso sostenible de la biodiversidad*. Bogota: Departamento Nacional de Planeación.
- Durango, A. (2007). *Principios Administrativos*. Institucion Universitaria escolme.
- Felipe, M. C. (2005). *Enfoque tecnologico para el incremento de la productividad*. Chile: Centro Nacional de Productividad. Obtenido de <http://www.cnp.org.co/docs/Enfoque%20Tecnologico%20para%20el%20Incremento%20de%20la%20Productividad.doc>
- Garcia, M. (3 de octubre de 2019). *Herramientas del Lean Six Sigma La metodología para la excelencia operacional*. Obtenido de <https://www.apd.es/herramientas-del-lean-six-sigma/>
- Hernández, J. A., & Carmona, C. V. (2014). Una Herramienta para la optimización de sistemas complejos. *Facultad de minas Universidad nacional de Colombia*, 11.

- Hernández, J. C., & Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing Conceptos, técnicas e implementación*. España: ISBN.
- Ilzarbe, L., Tanco, M., & Viles, E. (2007). El diseño de experimentos como herramienta para la mejora de los procesos. *Redalyc*, 128-138.
- Izar, J. M. (2016). Herramientas de análisis. En J. M. Izar, *herramientas de Análisis* (págs. 78-89). ResearchGate.
- Mercola, A. (2017). Beneficios de las uvas. *Alimentos saludables*, 21-25.
- Palou, N. (2017). Uva, una fruta cardiosaludable. *La vanguardia*, 17-19.
- Shahbandeh, M. (19 de agosto de 2020). *Statista*. Obtenido de <https://www.statista.com/statistics/577455/world-avocado-production/#statisticContainer>
- Zapata karol, R. B. (2015). Efecto Térmico del Secado por Aspersión sobre los Metabolitos Antioxidantes de la Curuba Larga (*Passiflora mollissima* baley). *Información Tecnológica*, 77-84.