



# OBSERVATORIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA

latindex IDEAS EconPapers Dialnet

## ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LA HARINA DE MUCÍLAGO DE CACAO (*Theobroma cacao*) PARA SU APLICACIÓN EN LA AGROINDUSTRIA.

Magna Gutiérrez Rodas<sup>1</sup>

Universidad Agraria del Ecuador

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Ingeniería Agrícola Mención Agroindustrial

[mgutierrez@uagraria.edu.ec](mailto:mgutierrez@uagraria.edu.ec)

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Magna Gutiérrez Rodas: "Actividad antioxidante de la harina de mucílago de cacao (*Theobroma cacao*) para su aplicación en la agroindustria.", Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana (Vol 19, Nº 2, pp. 107-123, febrero 2021). En línea:

<https://www.eumed.net/es/revistas/economia-latinoamericana/oel-febrero21/harina-mucilago-cacao>

### RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la actividad antioxidante de la harina de mucílago de cacao (*Theobroma cacao*) para su aplicación en la agroindustria, siendo los métodos de obtención de esta harina la deshidratación y molienda de la pulpa que rodea a la semilla del cacao, teniendo un significativo valor para los productores de cacao como para la industria chocolatera, para lo cual, la problemática de este artículo es cooperar con la reducción de desechos, ya que esta al ser materia orgánica puede causar generación de malos olores, deterioro de paisaje y contaminación de ríos o riachuelos cercanos a las plantaciones dando alternativas de reutilización y generando ingresos económicos rentables. Primero se obtuvo la harina a partir del mucílago de cacao mediante el método de deshidratación con temperatura de 60°C en el tiempo de 12 horas. Luego se indicó la composición nutricional de la harina de mucílago de cacao obtenido dando 3,07% de proteínas, 4,72% de fibra resultando valores confiables en comparación a los valores exigidos en la norma INEN. También se determinó la actividad antioxidante de la harina de mucílago de cacao mediante estudio de la linealidad de las curvas de patrón Trolox para los métodos: ABTS, FRAP y ORAC, para lo cual se observa la tendencia lineal de las curvas de calibración presentando un coeficiente de correlación lineal  $R^2$  de 0,998 lo cual indica una alta correlación entre la señal analítica (absorbancia

<sup>1</sup> Máster en Procesamientos de Alimentos, Ingeniera Agrícola Mención Agroindustrial, Docente Universidad Agraria del Ecuador

y fluorescencia) proporcionando resultados confiables de actividad antioxidante en la harina de mucílago de cacao.

**Palabras claves:** *Deshidratación, mucílago de cacao, harina, composición nutricional, actividad antioxidante, proteínas, fibra, industrial*

## **ANTIOXIDANT ACTIVITY OF COCOA MUCILAGE FLOUR (*Theobroma cacao*) FOR ITS APPLICATION IN THE CHOCOLATE INDUSTRY.**

### **Abstract**

The present investigation on the "Antioxidant activity of cocoa mucilage flour (*Theobroma cacao*) obtained by dehydration for its application in the chocolate industry" has significant value for cocoa producers as well as for the chocolate industry cooperating with the reduction of waste giving reuse alternatives and generating profitable economic income. First, the flour was obtained from the cocoa mucilage by the dehydration method with a temperature of 60 ° C in a time of 12 hours. Then the nutritional composition of the cocoa mucilage flour obtained was indicated, giving 3.07% protein, 4.72% fiber, resulting in reliable values compared to the values required in the INEN standard. The antioxidant activity of the cocoa mucilage flour was also determined by studying the linearity of the Trolox standard curves for the methods: ABTS, FRAP and ORAC, for which the linear trend of the calibration curves is observed presenting a coefficient of linear correlation  $R^2$  of 0.998 which indicates a high correlation between the analytical signal (absorbance and fluorescence) providing reliable results of antioxidant activity in the cocoa mucilage flour. Therefore, the use of cocoa mucilage flour can be proposed due to its present nutritional content of proteins and fiber, as well as the high capacity of antioxidant activity, therefore, it can contribute to the industrial chocolate and baking process.

**Key words:** *Dehydration, cocoa mucilage, flour, nutritional composition, antioxidant activity, proteins, fiber.*

### **Introducción**

Ecuador gracias a su privilegiada geografía y biodiversidad en muy poco tiempo se convirtió en productor y exportador de cacao fino de aroma con el que se ha hecho un sobresaliente nombre a nivel internacional. (Pérez y Martínez, 2012) Actualmente la exportación de cacao es uno de los principales soportes en la economía ecuatoriana que ha venido en descenso desde la caída del precio de petróleo a nivel mundial, y es a partir de esta elevada producción que resulta de abastecer las exigencias del mercado internacional, que también se da el incremento de los desechos resultantes de su cultivo y cosecha.

El cacao es una planta de procedencia americana cuya domesticación tiene origen en Centroamérica desde tiempos antes de la colonización europea. Los aborígenes mexicanos practicaban su consumo mediante una bebida denominada "xocolatl" y en tiempos coloniales países

Europeos lo adoptaron añadiéndole azúcar bajo la denominación de chocolate (Pérez y Martínez, 2012).

En Ecuador, el cacao posee una historia que data del año 1600 y cuyos primeros vestigios se dieron a lo largo del río Guayas para posteriormente propagarse hasta llegar a las zonas de Daule y Babahoyo (Flores, 2007).

En el Ecuador la industria de alimentos da origen a la generación de desechos en sus procesos productivos. Según Maisuthisakul y Gordon (2009), "Los de mayor relevancia son los desechos orgánicos, los cuales tienen una considerable característica y es que los hallamos en gran disponibilidad y, en el caso en que deseemos aprovecharlos, se los encuentra a un bajo costo". Es por esto por lo que actualmente existe un creciente interés por parte de distintos sectores de la producción, en la reutilización de estos derivados para optimizar su uso. (Serena y Knudsen, 2007) Hablando específicamente del sector cacaotero, en la actualidad en el Ecuador son muy pocos los esfuerzos que se realizan para el aprovechamiento de este producto en su totalidad, tal como lo describen Barazarte *et al.*, (2008), en la explotación del cacao el mayor interés se centra en la semilla, la cual representa aproximadamente el 10% del peso del fruto fresco.

El resto del fruto es generalmente desechado. De este desecho el que sobresale es el mucílago, el cual es aprovechado en la siguiente investigación mediante el escaldado, la deshidratación y molienda produce una harina llamada HARINA DE MUCÍLAGO DE CACAO (Kalvatchev *et al.*, 1998) Mucílago de cacao se le llama a la pulpa que envuelve la almendra de cacao, la cual suele tener un agradable sabor tropical, motivo por el cual en otros lugares ha sido usado para la elaboración de: jalea de cacao, alcohol y vinagre, nata y pulpa procesada. (Villacís y Peralta, 2012). Este mucílago se ha convertido en un problema de índole ambiental con situaciones como la generación de malos olores, deterioro de paisaje y contaminación de ríos o riachuelos cercanos a las plantaciones además de significar grandes pérdidas económicas al sector.

Por otro lado, el líquido o pulpa de mucílago posee características fisicoquímicas excepcionales como azúcares, vitaminas y minerales que le confieren propiedades sensoriales como sabor y aroma agradables, y ha sido utilizada en diferentes países como Brasil, Costa Rica, y Colombia, para la fabricación de productos alimenticios (Kalvatchev, *et al.*, 1998).

## **Materiales y Métodos**

El presente trabajo es de tipo descriptivo porque busca especificar la capacidad antioxidante del mucílago de cacao, definiendo la teoría sobre el potencial de compuestos fenólicos presentes en el cacao, así mismo es de tipo documental dado que se adapta a los datos de investigación de mucílago de cacao publicados en trabajos que se pueden encontrar en documentos, libros y revistas del centro de información agraria de la Universidad Agraria del Ecuador (UAE). También es una investigación de tipo exploratoria ya que se requiere saber niveles cuantitativos correspondientes a las propiedades bromatológicas nutricionales del producto terminado como es la harina de mucílago, y no es experimental ya que se basa en la descripción para obtener una harina por medio de la deshidratación y molienda del mucílago de cacao, en diferentes cantidades del mucílago y con el

tiempo de 12 horas a una temperatura de 60°C en el proceso del deshidratado, tal y como se muestra en el diagrama de flujo presentado en el gráfico 1.

**Materiales.**

Mucilago del cacao (*Theobroma cacao* L).

**Materiales de laboratorio:**

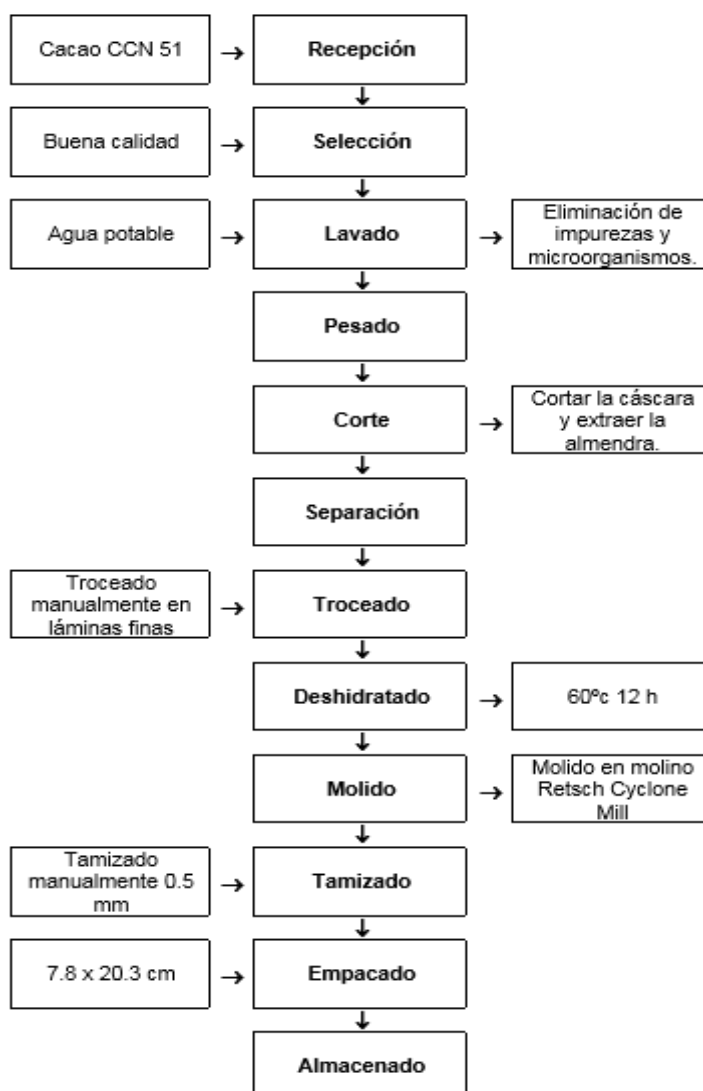
Balanza analítica, Balanza de humedad, Secadora, Molino Retsch cyclone mill), Horno

**Recursos Bibliográficos:**

Normas Técnicas Ecuatorianas INEN, Artículos Científicos, Biblioteca virtual UAE

**Gráfico 1.**

Diagrama de flujo para obtener harina de mucílago de cacao



Nota. Proceso sugerido por la autora.

Para determinar las diferencias entre tratamientos se aplicó la Prueba de Tukey al 5% para factores en estudio A, B, A x B.

**Tipos de análisis**

Para esta investigación se realiza análisis físicos químicos en la materia prima como es el mucilago de cacao CCN-51 deshidratado también se procede hacer el análisis sensorial, en la cual

se obtuvo el mejor tratamiento y se realizó los análisis microbiológicos, de acuerdo con los procesos realizados.

#### **Métodos de evaluación.**

En la materia prima deshidratada como es el (mucilago de cacao CCN-51) para conocer los resultados de proteína, humedad, y fibra de la harina de mucílago siendo el mejor atributo la propiedad nutricional se efectúa los siguientes análisis: Análisis de proteína. NTE INEN 16 (INEN, 2011), Análisis de humedad. NTE INEN 14 (INEN, 2015), Análisis de fibra NTE INEN 522 (INEN 2013).

#### **Métodos de evaluación y datos a tomarse en el producto terminado.**

Se realiza, los análisis bromatológicos de la harina de mucílago siendo el mejor atributo la aceptabilidad en el producto terminado: Análisis de proteína (INEN ISO 20483), Análisis de fibra (INEN 522), Humedad (NTE INEN ISO 712), Grasa (NTE INEN ISO 11085).

#### **Análisis Microbiológicos Mohos, levaduras y coliformes totales**

Se realiza el análisis microbiológico de mohos, levaduras y coliformes totales al mejor producto obtenido al momento que se realizará las cataciones este procedimiento se realiza siguiendo la metodología establecida en las normas INEN 1529-10 Y 1529-7.

#### **Análisis sensorial**

Se realiza las evaluaciones de análisis sensorial como: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad, en el producto final, se procederá a realizar las encuestas con 10 estudiantes, de la Carrera de Ingeniería Agroindustrial, utilizando una ficha de evaluación sensorial.

## **RESULTADOS**

### **Propiedad nutricional de la harina de mucílago de cacao**

El mucilago proveniente del cacao que luego de ser secado, deshidratado y molido se le realizan análisis para verificar sus propiedades nutricionales en el laboratorio, obteniendo los siguientes resultados detallados en la tabla 1.

**Tabla 1.**

*Propiedades nutricionales de la harina de mucilago de cacao*

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado %</b>
<b>Proteína</b>	INEN 16	3,07
<b>Humedad</b>	INEN 14	13,66
<b>Fibra</b>	INEN 522	4,72

*Fuente:* (INEN, 2011; INEN, 2013; INEN 2015)

Los resultados obtenidos muestran valores del componente nutricional de la harina de mucilago de cacao CCN – 51,

La caracterización de la harina de mucilago de cacao fue realizada con la finalidad de establecer cuáles son los componentes iniciales, estos análisis fueron realizados desde el punto de vista fisicoquímico, midiéndose principalmente el componente de proteína, con un contenido del 3,07%, humedad con un contenido de 13,66% y fibra con un contenido de 4,72%, tal y como se detalla en la tabla 2.

**Tabla 2.***Requisitos fisicoquímicos para harinas*

<b>Parámetros</b>	<b>Métodos</b>	<b>Resultados bibliográficos</b>
<b>Proteína</b>	INEN 16	10 %
<b>Humedad</b>	INEN 14	14.5 %
<b>Fibra</b>	INEN 522	1.70 %

*Fuente:* (INEN, 2011; INEN, 2013; INEN 2015)

Comparando los datos obtenidos en el laboratorio acreditado sobre el producto como es la harina de mucílago de cacao con los valores exigidos bibliográficamente en las normas INEN se demuestra que la harina obtenida si cumple con los requisitos establecidos, por cuanto el producto si es viable.

**Determinación de la actividad antioxidante en el mucílago de cacao CCN-51****Linealidad.**

Dentro de la validación del método, se realizó el estudio de linealidad de las curvas de patrón Trolox para los métodos; ABTS<sup>+</sup>, FRAP y ORAC. Para lo cual, se emplearon las medias de absorbancias de las curvas elaboradas en tres diferentes días. Los análisis estadísticos de la linealidad se presentan en la siguiente tabla

**Tabla 3.***Evaluación de regresión lineal de las curvas de calibración Trolox para la validación de los métodos de actividad antioxidante por ABTS, FRAP y ORAC.*

<b>Muestra</b>	<b>Promedio</b>		
	<b>ABTS<sup>+</sup></b>	<b>FRAP</b>	<b>ORAC</b>
<b>Pendiente (m)</b>	0,0013	0,0016	0,4174
<b>ordenada al origen (Lo)</b>	0,1234	0,1018	15,7950
<b>Desviación estándar de la pendiente (Sm)</b>	0,0001	0,0001	0,0119
<b>Desviación estándar de la ordenada (SLo)</b>	0,0234	0,0228	0,2349
<b>Error típico (Sy,x)</b>	0,0292	0,0285	0,2734
<b>Coefficiente de determinación (R<sup>2</sup>)</b>	0,9982	0,9980	0,9976
<b>t<sub>student</sub> calculado</b>	22,73	29,23	36,5
<b>t<sub>student</sub> tablas</b>	2,57	2,57	2,78
<b>m (mínimo)</b>	0,0012	0,0015	0,3795
<b>m (máximo)</b>	0,0015	0,0018	0,4554
<b>Lo (mínimo)</b>	0,0584	0,0383	15,0476
<b>Lo (máximo)</b>	0,1883	0,1652	16,5425

*Nota.* Seleccionado por la Investigadora, 2021

En función de los resultados presentados en la Tabla 3, se estableció que las curvas de calibración desarrolladas con el estándar de Trolox para los métodos ABTS<sup>+</sup>, FRAP y ORAC, presentaron coeficientes de correlación (R<sup>2</sup>) de 0,9982; 0,9980 y 0,9976, respectivamente.

Estos resultados demuestran que existe una alta correlación lineal entre la concentración del estándar de Trolox (X) y la absorbancia medida en el equipo (Y) ( $t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$ ) en los métodos de

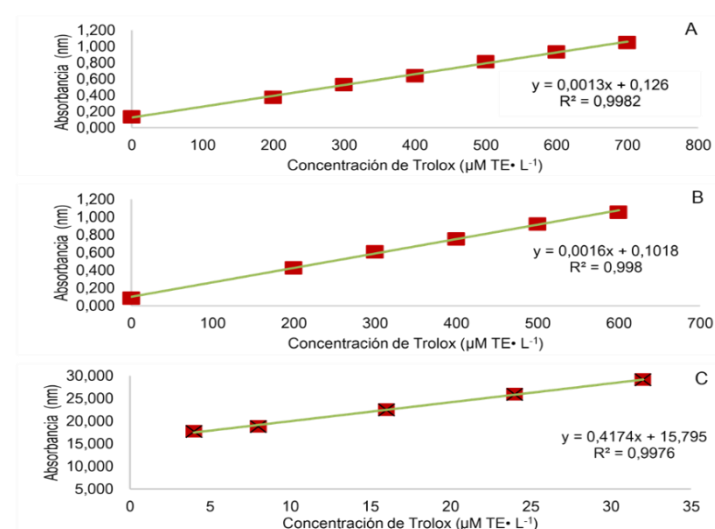
ABTS<sup>+</sup> y FRAP, indicando que el 99,8 % de la variabilidad de los datos experimentales pudo ser explicada por los modelos de regresión obtenidos, mostrando un ajuste lineal adecuado ( $R^2 \geq 0,99$ ) en todos los casos.

En el caso del método de ORAC los valores del ajuste se calcularon en base a la concentración de Trolox (X) y el área neta bajo la curva calculada por fluorescencia (t crítico > t calculado).

En la Tabla 4, se presenta las curvas de calibración promedio utilizadas para la cuantificación de la actividad antioxidante de las muestras en estudio.

**Tabla 4.**

*Curvas de calibración promedio para la determinación de la actividad antioxidante*



*Nota.* Seleccionado por la Investigadora, 2021

En la Tabla 4, se observa la tendencia lineal de las curvas de calibración, las cuales presentaron un coeficiente de correlación lineal ( $R^2$ ) de 0,998 por lo cual se estableció que existe una alta correlación entre la señal analítica (absorbancia y fluorescencia) y la concentración, comprobándose que el equipo y los analistas proporcionan resultados confiables.

#### **Actividad antioxidante.**

La actividad antioxidante, comprende una serie de métodos analíticos empleados para estudiar la asociación existente entre la ingestión de compuestos bioactivos (fitonutrientes antioxidantes) y la disminución del riesgo de enfermedades no transmisibles. Estos no nutrientes actúan como agentes reductores, donantes de hidrógeno, inhibidores de oxígeno singlete o quelantes de metales. Cada método empleado para medir la actividad antioxidante tiene su particularidad en relación con los mecanismos de inhibición, por lo que, ningún método refleja la actividad antioxidante total, debiendo emplearse diferentes técnicas *in vitro*.

Los antioxidantes, actúan como captadores de radicales libres, captadores de agentes oxidantes no radicales, compuestos que inhiben la generación de oxidantes, agentes quelantes de

metales de transición y compuestos que pueden estimular la producción de compuestos antioxidantes endógenos.

Para lo cual emplean tres mecanismos: transferencia de átomo de hidrógeno (HAT), transferencia de un solo electrón (SET) y la capacidad de quelar metales de transición.

Para el desarrollo de este trabajo de investigación se aplicó tres métodos de cuantificación de la actividad antioxidante *in vitro*: ABTS<sup>+</sup>, FRAP y ORAC; en muestras de mucílago de cacao en proceso de fermentación de la variedad CCN-51.

El FRAP y el ABTS son métodos de transferencia SET cuyos principios son la reducción del complejo tripiridil triazina férrica (TPTZ) y ABTS<sup>+</sup> por un antioxidante; respectivamente. Por el contrario, el ORAC es un método HAT que determina la capacidad de captación de un radical peroxilo, generado a partir de la molécula orgánica AAPH. Las determinaciones analíticas se realizaron con métodos previamente adaptados y validados en el Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos del INIAP.

### **Proponer un procesamiento de aprovechamiento del mucílago de cacao en harina.**

Comparando los datos obtenidos en el laboratorio del producto elaborado y los valores exigidos en la norma INEN 2945, se demuestra que la harina de mucílago de cacao generaría rentabilidad económica mediante la elaboración de panes cumpliendo con los requisitos establecidos para este producto, por lo tanto, el producto es viable de ser elaborado pues con lleva a generar beneficios a los consumidores.

### **Evaluación sensorial del producto terminado**

Para la evaluación de las propiedades nutricionales de la harina de mucílago de cacao, y su utilización en panadería, se procedió a realizar una evaluación sensorial, la misma que evaluó los atributos de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad en una escala hedónica de 1 a 5, donde 1 es la ponderación más baja y 5 la ponderación más alta, los resultados obtenidos de esta evaluación sensorial se presentan a continuación:

#### **Evaluación del atributo corteza (color)**

Se procede a realizar la medición de color del pan elaborado mediante una ficha de catación a un panel de 10 catadores semi entrenados, los mismos que obtuvieron los siguientes resultados:

Para establecer cuál de los tratamientos es el mejor en relación con el color de pan elaborado, se procedió a realizar la Prueba de Tukey, como se detalla en la tabla a continuación

**Tabla 5.**

*Prueba de Tukey al 5% para el atributo color*

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Valor</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>T6</b>	A2B3	3,7	X
<b>T1</b>	A1B1	3,6	X
<b>T9</b>	A3B3	3,4	X
<b>T2</b>	A1B2	3,4	X
<b>T3</b>	A1B3	3,3	X
<b>T4</b>	A2B1	3,0	X
<b>T7</b>	A3B1	3,0	X



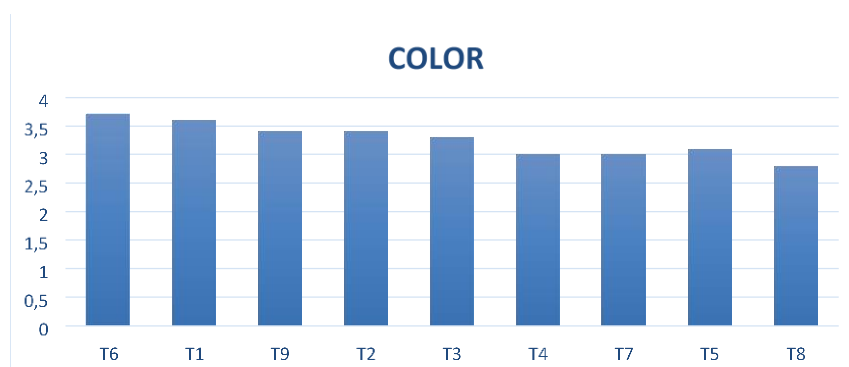
<b>T5</b>	A2B2	3,1	X
<b>T8</b>	A3B2	2,8	X

*Nota.* Seleccionado por la Investigadora, 2021

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla anterior, se puede establecer que el tratamiento T6 con el código A2B3 con una puntuación de 3,7 es el mejor tratamiento en relación al color puesto que su valor es más alto, por lo tanto, la combinación de Harina de trigo 80% + 20% de mucílago es la más apta para obtener un pan con un valor cercano a la escala 4 correspondiente a muy bueno también observamos que el tratamiento T1 A1B1 con un valor de 3,6 es homogéneo en cuanto al atributo color. Lo analizado anteriormente se puede representar de forma gráfica a continuación:

### Gráfico 2.

*Valores promedio de color de los tratamientos evaluados*



*Nota.* Seleccionado por la Investigadora, 2021

### Evaluación del atributo olor

Para establecer cuál de los tratamientos es el mejor en relación con el color de pan elaborado, se procedió a realizar la Prueba de Tukey, como se detalla en la tabla a continuación:

**Tabla 6.**

*Prueba de Tukey al 5% para el atributo olor*

Tratamiento	Código	Valor	Grupos homogéneos
<b>T9</b>	A3B3	3,6	X
<b>T4</b>	A2B1	3,5	X
<b>T3</b>	A1B3	3,2	X
<b>T5</b>	A2B2	3,1	X
<b>T6</b>	A2B3	3,1	X
<b>T2</b>	A1B2	3,0	X
<b>T7</b>	A3B1	2,9	X
<b>T8</b>	A3B2	2,9	X
<b>T1</b>	A1B1	2,9	X

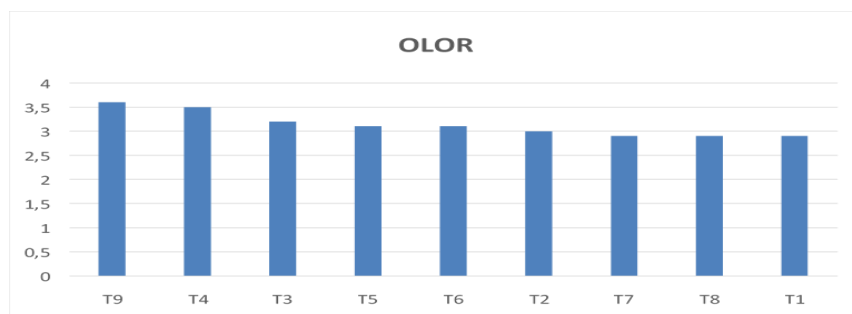
*Nota.* Seleccionado por la Investigadora, 2021

Según los resultados obtenidos en la tabla anterior, se puede establecer que el tratamiento T9 con el código A3B3 con una puntuación de 3,6 es el mejor tratamiento en relación al olor del pan

elaborado, puesto que es el valor más alto, por lo tanto, la combinación de Harina de trigo 90% + mucilago 10% es la más apta para obtener un pan con un valor cercano a la escala 4 correspondiente a muy bueno también observamos que el tratamiento T4 A2B1 con una puntuación de 3,5, lo mencionado anteriormente se muestra en el grafico a continuación:

### Gráfico 3.

Valores promedio de olor de los tratamientos evaluados



Nota. Seleccionado por la Investigadora, 2021

### Evaluación del atributo sabor

Para establecer cuál de los tratamientos es el mejor en relación al atributo sabor del pan elaborado, se procedió a realizar la Prueba de Tukey, como se detalla en la tabla a continuación:

Tabla 7.

Prueba de Tukey al 5% para el atributo sabor

Tratamiento	Código	Valor	Grupos homogéneos
T6	A2B3	3,9	X
T9	A3B3	3,7	X
T4	A2B1	3,7	X
T8	A3B2	3,5	X
T5	A2B2	3,5	X
T7	A3B1	3,3	X
T2	A1B2	3,3	X
T3	A1B3	3,2	X
T1	A1B1	3,1	X

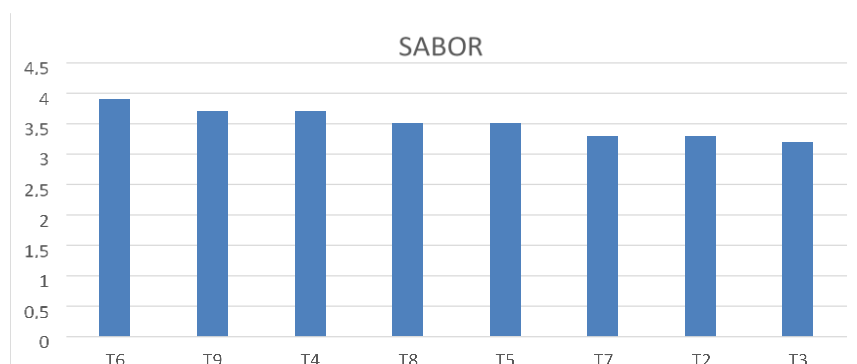
Nota. Seleccionado por la Investigadora, 2021

Los resultados obtenidos en la tabla anterior, se puede establecer que el tratamiento T6 con el código A2B3 con una puntuación de 3,9 es el mejor tratamiento siguiendo con la puntuación más cercana T9 A3B3 con una puntuación de 3,7.

En relación con el sabor del pan que fue muy apetecible para las personas que hicieron la catación, por lo tanto, la combinación de Harina de trigo 80% + mucilago 10% es la más apta para obtener un pan con un valor cercano a la escala 4 correspondiente a muy bueno. Lo mencionado anteriormente se representa en el gráfico 4.

**Gráfico 4.**

Valores promedio de sabor de los tratamientos evaluados



Nota. Seleccionado por la Investigadora, 2021

**Evaluación del atributo textura**

Para establecer cuál de los tratamientos es el mejor en relación con el atributo textura del pan elaborado a partir de mucílago, se procedió a realizar la Prueba de Tukey, como se detalla en la tabla a continuación:

**Tabla 8.**

Prueba de Tukey al 5% para el atributo textura

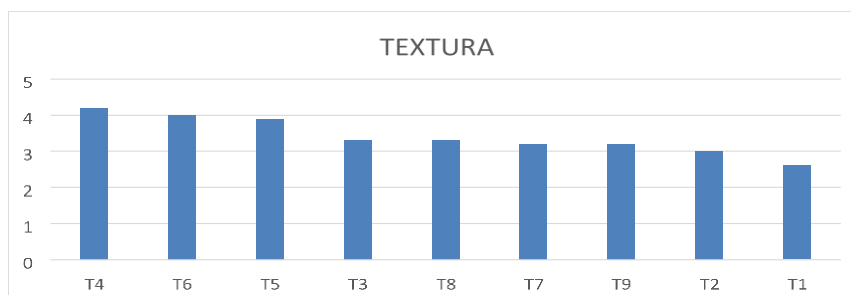
Tratamiento	Código	Valor	Grupos homogéneos
<b>T4</b>	A2B1	4,2	X
<b>T6</b>	A2B3	4,0	X
<b>T5</b>	A2B2	3,9	X
<b>T3</b>	A1B3	3,3	X
<b>T8</b>	A3B2	3,3	X
<b>T7</b>	A3B1	3,2	X
<b>T9</b>	A3B3	3,2	X
<b>T2</b>	A1B2	3,0	X
<b>T1</b>	A1B1	2,6	X

Nota. Seleccionado por la Investigadora, 2021

Una vez obtenido los resultados en la tabla anterior, se puede establecer que el tratamiento T4 con el código A2B1 con una puntuación de 4,2 es el mejor tratamiento en relación a la textura del pan elaborado, puesto que es el valor más alto, por lo tanto, la combinación de Harina de trigo 80% + mucílago de cacao 30% es la más apta para obtener un pan con un valor superior a la escala 4 correspondiente a muy bueno como también en el tratamiento T6 A2B3 tiene una puntuación como es 4,0 está cercana a la del mejor tratamiento. Lo determinado se presenta en el gráfico a continuación:

**Gráfico 5.**

Valores promedio de textura de los tratamientos evaluados



Nota. Seleccionado por la Investigadora, 2021

**Evaluación del atributo aceptabilidad**

Para establecer cuál de los tratamientos es el mejor en relación con el atributo aceptabilidad del pan elaborado, se procedió a realizar la Prueba de Tukey, como se detalla en la tabla a continuación:

**Tabla 9.**

Prueba de Tukey al 5% para el atributo aceptabilidad

Tratamiento	Código	Valor	Grupos homogéneos
T1	A1B1	4,0	X
T2	A1B2	3,9	X
T5	A2B2	3,9	X
T6	A2B3	3,9	X
T8	A3B2	3,8	X
T7	A3B1	3,6	X
T9	A3B3	3,6	X
T4	A2B1	3,5	X
T3	A1B3	3,3	X

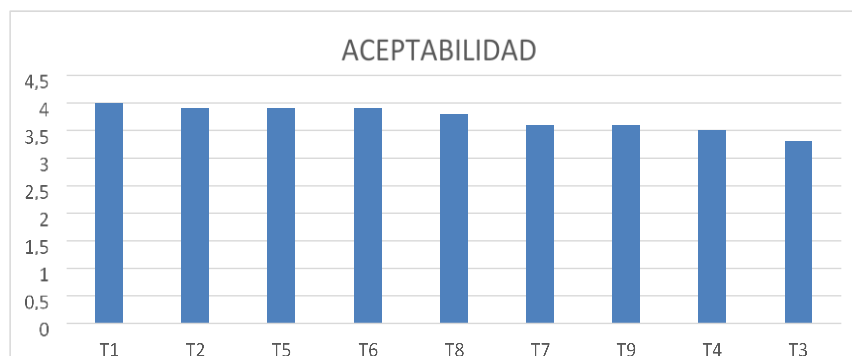
Nota: Seleccionado por la Investigadora, 2021

De acuerdo con los resultados obtenidos en la tabla anterior, se puede establecer que el tratamiento T1 con el código A1B1 con una puntuación de 4,0 es el mejor tratamiento en relación con la aceptabilidad del pan elaborado como también observamos que el tratamiento T2 A1B2, T5 A2B2 Y T6 A2B3 tienen una puntuación también alta como es 3,9 por lo tanto también está dentro del mejor tratamiento.

Puesto que es el valor más alto, por lo tanto, la combinación de Harina de trigo 70% + mucílago de cacao 30% es la más apta para obtener un pan con un valor correspondiente a la escala 4 valorada como muy bueno. Lo mencionado se presenta gráficamente a continuación:

**Gráfico 6.**

Valores promedio de aceptabilidad de los tratamientos evaluados



Nota. Seleccionado por la Investigadora, 2021

**Tabla 10.**

Resumen de los mejores tratamientos

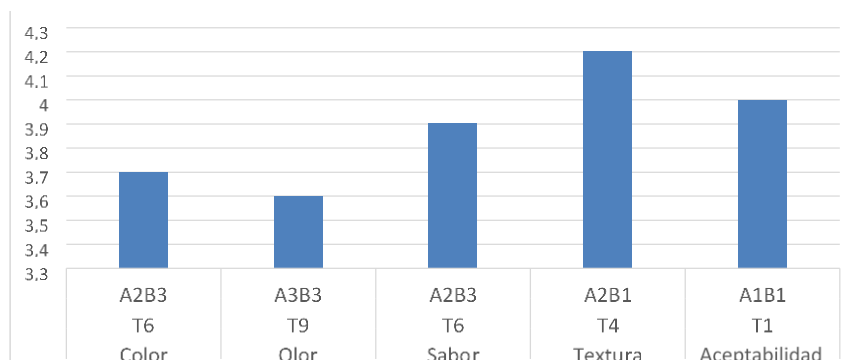
Atributo	Tratamiento	Código	Puntuación
Color	T6	A2B3	3,7
Olor	T9	A3B3	3,6
Sabor	T6	A2B3	3,9
Textura	T4	A2B1	4,2
Aceptabilidad	T1	A1B1	4,0

Nota. Seleccionado por la Investigadora, 2021

De la tabla anterior se desprende que el nivel 2 del factor A, correspondiente a 80% de porcentaje de harina se repite en 3 de los mejores tratamientos, por lo tanto, se determina que el mejor porcentaje de harina para la formulación del pan es de 80%, así mismo al repetirse el tratamiento T6 en el color y el sabor, se define que este es el mejor tratamiento. A continuación, se presenta de una manera gráfica lo manifestado anteriormente:

**Gráfico 7.**

Resumen de los mejores tratamientos



Nota. Seleccionado por la Investigadora, 2021

**Análisis microbiológico del mejor tratamiento**

En la tabla 11 se pueden observar los resultados de los análisis microbiológicos que se le realizaron al producto terminando para comprobar que este si cumple con los estándares mínimos de calidad, se procedió a realizar pruebas correspondientes a mohos y levaduras y coliformes totales.

**Tabla 11.***Análisis microbiológicos del producto elaborado*

<b>Análisis</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
<b>Mohos y levaduras</b>	Ufc/ml	2000
<b>Coliformes totales</b>	Ufc/ml	60

*Nota.* Seleccionado por la Investigadora, 2021

Al comparar con los requisitos microbiológicos exigidos por las normas técnica ecuatoriana NTE INEN 1529-10 y 1529-7, se establecen los siguientes criterios: para mohos y levaduras, coliformes totales detallados en la tabla 12.

**Tabla 12.***Análisis microbiológicos reportados en NTE INEN para pan*

<b>Análisis</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dato</b>
<b>Mohos y levaduras</b>	Ufc/ml	< 6000
<b>Coliformes totales</b>	Ufc/ml	< 200

*Nota.* Seleccionado por la Investigadora, 2021

Analizando los resultados obtenidos del análisis de laboratorio y los reportados en NTE INEN, se determinó que el pan elaborado cumplió con los parámetros de calidad que rigen y regulan la normativa ecuatoriana por lo tanto este producto cumple los parámetros mínimos de calidad y puede ser consumido sin que pueda provocar problemas de salud para los consumidores.

## DISCUSIÓN

(Martínez Ángel *et al.*, 2015; Cuéllar y Guerrero, 2012; Djoulde *et al.*, 2011; Oddoye *et al.*, 2013). Confirman que en los últimos años se han realizado investigaciones para aprovechar no solamente el fruto, sino también otras partes del árbol como las hojas debido a su actividad antioxidante; la cáscara como fuente de energía, alimento de animales y para la producción de galletas para personas con estreñimiento; el mucílago para la aclaración de jugos y como materia prima para la producción de bebidas alcohólicas, entre otros. Para lo cual en mi trabajo de investigación se pudo obtener un nuevo producto a partir del mucílago de cacao aplicando el método de deshidratación y molienda hasta obtener la harina de mucílago de cacao.

Según Villacís y Peralta (2012), en su trabajo de investigación titulado “Estudio de viabilidad para la producción de mermelada de mucílago de cacao”, Llegaron a la conclusión de que

La creación de esta microempresa es una propuesta factible en todos los resultados evaluados, puesto que el producto que ofrecerá no se encuentra en el mercado, su contenido posee un alto grado de nutrientes, fibras, proteínas y azúcares, aptos para el consumo humano (p. 157).

Este criterio de autores se comprueba con el trabajo de investigación realizado ya que la harina de mucílago de cacao obtenida cumple los parámetros nutricionales de proteínas, fibra y humedad.

De acuerdo con autores (Puerari *et al.*, 2012) enfatizan que estos estudios muestran los valores nutritivos que posee la pulpa de cacao como: vitamina C y aminoácidos entre otros, cabe

resaltar que está compuesto de un 60% de sacarosa, 39% de glucosa y fructosa características que hacen a esta sustancia un producto del cual pueden elaborarse jaleas, mermeladas, vinos entre otros. Esta teoría de autores se concreta en el contenido de antioxidantes comprobados en el actual trabajo de investigación que posee la pulpa de cacao o mucílago de cacao.

Según Barén-Cedeño (2013), en su trabajo de investigación titulado “Utilización del mucílago de cacao tipo nacional y CCN-51 en la obtención de dos jaleas a partir de tres formulaciones, Quevedo, Ecuador 2013”, planteo como objetivo general, “utilizar el mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*), tipo Nacional y CCN-51, para la obtención de dos jaleas con tres formulaciones, de azúcar más pectina”. Llegando a la conclusión de que “la relación beneficio/costo para el mejor tratamiento”. Para lo cuál de acuerdo a mi investigación realizada se propone un proceso de aprovechamiento del mucílago de cacao en harina que genere rentabilidad económica como sería la elaboración de Pan con la harina de mucílago de cacao.

## CONCLUSIONES

Se indicó mediante análisis bromatológico la composición nutricional de la harina de mucílago de cacao con un contenido de proteínas del 3,07%, humedad 13,66% y fibra 4,72% estos resultados son confiables en comparación con los requisitos para harinas de acuerdo con la norma INEN 16, INEN 14, INEN 522

Se realizó el estudio de la actividad antioxidante presente en la harina de mucílago de cacao CCN-51 dentro de la validación de la linealidad de las curvas de patrón Trolox para los métodos, ABTS, FRAP y ORAC. Para lo cual se emplearon las medias de absorbancias de las curvas elaboradas en tres diferentes días, presentando un coeficiente de correlación lineal  $R^2$  de 0,998 por lo que se estableció una alta correlación entre la señal analítica (absorbancia y fluorescencia) y la concentración, comprobándose los resultados confiables de las curvas de calibración promedio para la determinación de la actividad antioxidante.

Comprobando los datos obtenidos de la harina de mucílago de cacao acorde a los valores exigidos en la norma INEN, se demuestra que la harina de mucílago de cacao es un producto viable, incrementando su rentabilidad al convertir el mucílago de desecho a un subproducto con actividad antioxidante para la venta.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barazarte, H., Sangronis, E., & Unai, E. (2008). La cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*): una posible fuente comercial de pectinas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(1), 64–68.  
[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222008000100009](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000100009)
- Barén Cedeño, C. L. (2013). *Utilización del mucílago de cacao (theobroma cacao L.), tipo nacional y ccn-51 en la obtención de dos jaleas a partir de tres formulaciones* [Tesis de grado].  
<http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/240>
- Cuéllar, O., & Guerrero, G. (2012). Actividad antibacteriana de la cáscara de cacao, *Theobroma cacao L.* *Revista MVZ Córdoba*, 17(3), 3176–3183.

- Djoulde, R., Essia, J.-J., & Etoa, F.-X. (2011). Fermentation of Cocoa Juice ( *Theobroma cacao* L. ) and Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Extracts into a Wine-Like Alcoholic Drink. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology*, 5(2), 57–63.
- Flores, M. (2007). *La protección jurídica para el cacao fino y de aroma del Ecuador* (1st ed.). Universidad Andina Simón Bolívar; Corporación Editorial Nacional.  
[https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/220/1/SM76-Flores-La protección jurídica para el cacao fino y de aroma en el Ecuador.pdf](https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/220/1/SM76-Flores-La%20protecci3n%20jur3dica%20para%20el%20cacao%20fino%20y%20de%20aroma%20en%20el%20Ecuador.pdf)
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *NTE INEN 16:2011 Determinación de proteína de la harina de mucilago de cacao por el método de Kjendahl*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *NTE INEN 522:2013 Harinas de origen vegetal. Determinación de la fibra cruda*
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2015). *NTE INEN 14:2015 Requisitos fisicoquímicos para determinar la humedad en la harina de mucilago*
- Kalvatchev, Z., Garzaro, D., & Guerra, F. (1998). *Theobroma cacao* L.: Un nuevo enfoque para nutrición y salud. *Agroalimentaria*, 6(4), 23–25.
- Maisuthisakul, P., & Gordon, M. H. (2009). Antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mango seed kernel by product. *Food Chemistry*, 117(2), 332–341.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.010>
- Martínez Ángel, J. D., Villamizar-Gallardo, R. A., & Ortiz, O. O. (2015). Characterization and evaluation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk as a renewable energy source. *Agrociencia*, 49(3), 329–345.
- Oddoye, E. O. K., Agyente-Badu, C. K., & Gyedu-Akoto, E. (2013). Cocoa and its by-products: Identification and utilization. In *Chocolate in Health and Nutrition* (pp. 23–37). Humana Press Inc. [https://doi.org/10.1007/978-1-61779-803-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-61779-803-0_3)
- Pérez, M., & Martínez, K. (2012). *Análisis de la gestión comunitaria en la parroquia Antonio Sotomayor del cantón Vinces previo a la ejecución del Proyecto Tránsito Daule-Vinces durante el período 2007-2010* [Tesis de grado].  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/1496>
- Puerari, C., Magalhães, K. T., & Schwan, R. F. (2012). New cocoa pulp-based kefir beverages: Microbiological, chemical composition and sensory analysis. *Food Research International*, 48(2), 634–640. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.06.005>
- Serena, A., & Knudsen, K. E. B. (2007). Chemical and physicochemical characterisation of co-products from the vegetable food and agro industries. *Animal Feed Science and Technology*, 139(1–2), 109–124. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.12.003>



Villacís, J. A., & Peralta, J. M. (2012). *Estudio de viabilidad para la producción de la mermelada de mucílago de cacao*. [Tesis de grado].

<http://repositorio.unemi.edu.ec//handle/123456789/1660>