UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

"INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE TOSTADO EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA CASCARILLA DE CACAO *(Theobroma cacao L.)* CLON CCN-51 APROVECHADO PARA ELABORAR FILTRANTE"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

RUDINEIS ROCI GARAY VEGA

PUCALLPA – PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentado por **RUDINEIS ROCI GARAY VEGA**, denominada: "**Influencia de la temperatura de tostado en la capacidad antioxidante de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*) clon CCN-51, aprovechado para elaborar filtrante**", para cumplir con el requisito (académico o título profesional) de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos: **APROBADO POR UNANIMIDAD** con el calificativo (*) **BUENO**.

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: (Grado Académico .....), (Título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**), de conformidad con lo estipulado en los Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 28 de Septiembre del 2018.

.....
Dr. Edgardo García Saavedra
Presidente

.....
Ing. Giraldo Almeida Villanueva
Secretario

.....
Dr. Héctor José Quispe Cerna
Miembro

.....
Dr. Jorge Washinton Vela Alvarado
Asesor

.....
Ing. Cristina Elena Quiñones Ruiz
Co-Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agroindustrial.

Dr. Edgardo García Saavedra

.....
PRESIDENTE

Ing. Giraldo Almeida Villanueva

.....
SECRETARIO

Dr. Héctor José Quispe Cerna

.....
MIEMBRO

Dr. Jorge Washinton Vela Alvarado

.....
ASESOR

Ing. Cristina Elena Quiñones Ruiz

.....
CO-ASESOR

Bach. Rudineis Roci Garay Vega

.....
TESISTA

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

AUTORIZACIÓN DE LA PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, **Rudineis Roci Garay Vega**

Autor de la TESIS titulada:

"Influencia de la temperatura de tostado en la capacidad antioxidante de la cascarilla de cacao *(Theobroma cacao L.)* Clon CCN-51 aprovechado para elaborar filtrante"

Sustentada el año: **2018**

Asesor : Dr. Jorge Washinton Vela Alvarado

Co-asesor : Ing. Cristina Elena Quiñones Ruiz

En la Facultad de: Ciencias Agropecuarias

Carrera de Profesional de: Ingeniería Agroindustrial

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, trasformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general de mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.

Tercero: Autorizo la publicación

☐ Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).
☐ Parcial (significa de solo la caratula, la dedicatoria y el resumen en PDF será compartido en el repositorio).

De mi tesis de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: _____ /_____ /_____

Email: **rudineis.13.rrgv@gmail.com**

Teléfono: **971598291**

DNI: **48042409**

Firma: _____

DEDICATORIA.

A Dios, porque él me brindó fortaleza para obtener este logro. A mis padres y hermanos, por el apoyo incondicional durante todo el trayecto de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO.

El agradecimiento fraterno a quienes han hecho posible de una u otra forma que hoy me encuentro en la culminación de los estudios universitarios, por lo que es esencial mencionar a:

A Dios, por la fortaleza y bendición que me brinda para seguir avanzando y alcanzar mis metas y aspiraciones.

A la Universidad Nacional de Ucayali, al Vicerrectorado de Investigación, a la Dirección General de Investigación e Innovación y a la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por el financiamiento del proyecto de investigación con los medios del FOCAM.

Al Dr. Jorge Washinton Vela Alvarado, mi maestro y asesor, quien gracias a sus sabias enseñanzas y sugerencias que me brindó, pude fortalecer mis conocimientos para la culminación de la presente investigación.

A la Ing. Cristina Elena Quiñones Ruiz, mi maestra y co-asesora, por sus enseñanzas impartidas y orientación durante mi formación profesional.

A la Cooperativa Agraria de Cacaoteros “Campos Verdes”, en especial para la señora Alma Paquita García de Ruiz y esposo, por haberme permitido las instalaciones de planta, facilitándome sus equipos para la ejecución de una parte de la tesis.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme permitido las instalaciones del laboratorio de cromatografía y espectrofotometría para realizar los análisis de la presente investigación.

A mis queridos padres, Vidal y Lucila, por la confianza depositada en mí, en especial a mi madre por el esfuerzo y apoyo continuo, y sobre todo por ser un ejemplo a seguir.

A Percy Luis Agurto Aldana, por el apoyo moral e incondicional que me brinda para ser mejor cada día.

ÍNDICE.

Resumen. x
Abstract. xii
Lista de tablas xii
Lista de figuras. xivv
I. INTRODUCCIÓN. 1
II. REVISIÓN DE LITERATURA. 2
2.1. Aspectos generales del cacao (*Theobroma cacao L*). 2
2.1.1. Origen del cacao. 2
2.1.2. Características de la planta. 2
2.1.3. Clasificación taxonómica. 3
2.1.4. Variedades de cacao. 3
2.1.5. Clon CCN-51. 4
2.2. Proceso de obtención de cascarilla de cacao. 5
2.2.1. Secado. 5
2.2.2. Tostado. 5
2.2.3. Descascarillado. 6
2.3. Generalidades de la cascarilla de cacao. 6
2.3.1. Composición química y nutricional de la cascarilla de cacao. 7
2.3.2. Usos y aplicaciones de la cascarilla de cacao. 8
2.4. Generalidades de los antioxidantes. 8
2.4.1. Definición. 8
2.4.2. Efectos benéficos de los antioxidantes. 9
2.4.3. Radicales libres. 9
2.5. Métodos de determinación de la actividad antioxidante. 9
2.5.1. Método de ABTS. 9
2.5.2. Método de DPPH. 10
2.6. Aspectos generales de los polifenoles. 10
2.6.1. Definición de los polifenoles. 10
2.6.2. Clasificación de los polifenoles. 11
2.6.3. Polifenoles en cacao. 12
2.6.4. Método de Folin – Ciocalteu. 12
2.7. Aspectos generales de las antocianinas. 13
2.7.1. Definición. 13

2.7.2. Antocianinas en cacao. 13
2.7.3. Cuantificación de antocianinas monoméricas. 14
2.8. Infusión. 14
2.8.1. Definición. 14
2.8.2. Comisión de reglamentos técnicos y comerciales Norma Técnica Peruana en bolsas de filtrantes. 14
III. MATERIALES Y METODOS. 16
3.1. Ubicación del trabajo de investigación. 16
3.1.1. Etapa de obtención de muestras en estudio. 16
3.1.2. Etapa de análisis fisicoquímicos y producción de filtrantes. 16
3.1.3. Etapa de análisis de antioxidantes. 16
3.2. Muestras en estudio. 17
3.3. Equipos, materiales y reactivos. 17
3.3.1. Equipos de laboratorio. 17
3.3.2. Materiales de laboratorio. 18
3.3.3. Equipos y materiales de proceso. 18
3.3.4. Reactivos. 19
3.4. Metodología para la obtención de cascarilla de cacao. 19
3.4.1. Diagrama de flujo de obtención de cascarilla de cacao. 19
3.4.2. Descripción de operaciones. 20
3.5. Proceso de producción de filtrantes. 21
3.5.1. Descripción del proceso de elaboración de filtrantes. 23
3.6. Métodos analíticos. 24
3.6.1. Caracterización fisicoquímica de la cascarilla de cacao. 24
3.6.2. Determinación de la capacidad antioxidante, polifenoles totales y antocianinas de la cascarilla de cacao tostado y de los filtrantes. 26
3.7. Análisis sensorial del filtrante de cascarilla de cacao. 30
3.8. Diseño estadístico de la Investigación. 30
3.8.1. Pruebas paramétricas. 30
3.8.2. Pruebas no paramétricas. 31
3.9. Tipo y nivel de Investigación. 32
3.9.1. Tipo de investigación. 32
3.9.2. Nivel de investigación. 32
3.9.3. Población y muestra. 32
3.10. Medición de las variables independientes y dependientes. 33

3.10.1. Variables independientes. 33
3.10.2. Variables dependientes. 33
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. 34
4.1. Características físico–químicas de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. 34
4.1.1. Contenido de Humedad de la cascarilla de cacao. 34
4.1.2. El pH de la cascarilla de cacao. 35
4.1.3. Acidez titulable de la cascarilla de cacao. 37
4.2. Determinación de la capacidad antioxidante, cuantificación de polifenoles totales y antocianinas de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. 39
4.2.1. Determinación de la capacidad antioxidante de la cascarilla de cacao. 39
4.2.2. Determinación de curva estándar y cuantificación de polifenoles totales de la cascarilla de cacao. 40
4.2.3. Cuantificación de antocianinas de la cascarilla de cacao. 42
4.3. Determinación de la capacidad antioxidante, cuantificación de polifenoles totales y antocianinas del filtrante de cascarilla de cacao. 44
4.3.1. Determinación de la capacidad antioxidante del filtrante de cascarilla de cacao. 44
4.3.2. Cuantificación de polifenoles totales del filtrante de cascarilla de cacao. 46
4.3.3. Cuantificación de antocianinas del filtrante de cascarilla de cacao. 47
4.4. Evaluación sensorial de los filtrantes de cascarilla de cacao. 49
V. CONCLUSIONES. 52
VI. RECOMENDACIONES. 53
VII. LITERATURA CITADA. 54
VIII. ANEXO. 54

RESUMEN.

En la presente investigación se evaluó tres muestras de cascarilla de granos secos de cacao (Teobroma Cacao L.) clon CCN-51, tostado a diferentes temperaturas de 120 °C, 130 °C y 140 °C; en tiempo constante de 10 minutos, cada una de estas temperaturas fueron consideradas como tratamientos en estudio siendo estas el T_1, T_2 y T_3 respectivamente. Los análisis respectivos realizados fueron su composición físico-química, capacidad antioxidante, polifenoles totales y antocianinas. De igual manera con las mismas muestras se elaboró filtrantes las que fueron analizadas su capacidad antioxidante, contenido polifenoles, antocianinas y sus características sensoriales como color, sabor, aroma y grado de aceptación. Para conocer las diferencias significativas entre los tratamientos estudiados se utilizó el Diseño Completo al Azar con cuatro repeticiones, y la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para conocer el orden de los promedios de tratamientos que presentaron diferencias significativas; además con la finalidad de conocer la tendencia de la curva de las diferentes temperaturas de tostado de la cascarilla se realizó la prueba de Polinomios Ortogonales. Los resultados encontrados nos muestran que la cascarilla de cacao tostado a 120 °C presentó una excelente disponibilidad de antioxidantes y con características excelentes para su consumo como infusión. Esta aporta una capacidad antioxidante de 1.85 IC50 (mg/mL), un contenido de polifenoles de 0.28 g EAG/100 mL, antocianinas de 27.35 Cyd-3-glu (mg/100 mL); obteniendo además la mayor calificación en aroma, sabor y grado de aceptación.

Palabras clave: Cascarilla de granos de Cacao, Temperatura de tostado, Antioxidantes, filtrante.

ABSTRACT.

In the present investigation it was evaluated three samples of husk grains of cocoa (*Theobroma cacao L*.) dried clone CCN-51, toasted at different temperatures of 120 ºC, 130 ºC and 140 º C, in constant time of 10 minutes. Each of these temperatures were considered as treatments under study, being these the T_1 T_2 T_3 respectively. The respective analyzes carried out were its physic-chemical composition, antioxidant capacity, total polyphenols and anthocyanins. In the same with the same samples filtering was elaborated, which were analyzed their antioxidant capacity, content polyphenols, anthocyanins and their sensory characteristics as color, flavor, aroma and degree of acceptance. To know the significant differences between the studied treatments, the Complete Random Design with four repetitions was used, and the Tukey test (P≤ 0.05) to know the order of the averages of treatments that presented significant differences; also in order to know the trend of the curve of the different temperatures of roasting of the husk, the Orthogonal Polynomial test was carried out. The results show that the roasted cocoa husk at 120 ° C presented an excellent availability of antioxidants and excellent characteristics for its consumption as an infusion. This provides an antioxidant capacity of 1.85 IC50 (mg / mL), a polyphenol content of 0.28 g EAG / 100 mL, anthocyanins of 27.35 Cyd-3-glu (mg / 100 mL); also obtaining the highest rating in aroma, flavor and degree of acceptance.

Keywords: Husk of cocoa beans, toasting temperature, antioxidants, filtering.

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cacao. 3
Tabla 2. Composición química de la cascarilla de cacao. 8
Tabla 3. Clasificación de compuestos fenólicos. 11
Tabla 4. Características Físico-Químicas. 15
Tabla 5. Análisis de varianza. 31
Tabla 6. Contenido de humedad, pH y acidez titulable de la cascarilla de cacao, bajo tres temperaturas de tostado, Pucallpa –Perú. 38
Tabla 7. Coeficiente de determinación, coeficiente de variabilidad y desviación estándar de las variables analizadas. 38
Tabla 8. Lectura de las absorbancias para la curva estándar de polifenoles. 40
Tabla 9. Capacidad antioxidante, polifenoles totales y antocianina de la cascarilla de cacao, Pucallpa, Perú. 44
Tabla 10. Coeficiente de determinación, coeficiente de variabilidad y desviación estándar de las variables analizadas. 44
Tabla 11. Capacidad antioxidante, polifenoles totales y antocianina del filtrante de cascarilla de cacao, Pucallpa-Perú. 49
Tabla 12. Coeficiente de determinación, coeficiente de variabilidad y desviación estándar de las variables analizadas. 49
Tabla 13. Análisis de varianza de la variable humedad de cascarilla de cacao. 65
Tabla 14. Prueba de polinomios ortogonales para la variable humedad de la cascarilla de cacao. 65
Tabla 15. Análisis de varianza para la variable pH de la cascarilla de cacao. 65
Tabla 16. Prueba de polinomios ortogonales para la variable pH de la cascarilla de cacao. 66
Tabla 17. Análisis de varianza para la variable acidez titulable de cascarilla de cacao. 66
Tabla 18. Prueba de polinomios ortogonales para la variable acidez titulable de la cascarilla de cacao. 66
Tabla 19. Análisis de varianza para la variable capacidad antioxidante de la cascarilla de cacao. 66
Tabla 20. Prueba de polinomios ortogonales para la variable capacidad antioxidante de la cascarilla de cacao. 67
Tabla 21. Análisis de varianza para la variable polifenoles totales de la cascarilla de cacao. 67
Tabla 22. Análisis de varianza para la variable polifenoles totales de la cascarilla de cacao. 67
Tabla 23. Análisis de varianza para la variable antocianinas de la cascarilla de cacao. 67
Tabla 24. Prueba de polinomios ortogonales para la variable antocianinas de la cascarilla de cacao. 68
Tabla 25. Análisis de varianza para la variable capacidad antioxidante del filtrante de cascarilla de cacao. 68

Tabla 26. Análisis de varianza para la variable capacidad antioxidante del filtrante de cascarilla de cacao. 68
Tabla 27. Análisis de varianza para la variable polifenoles totales del filtrante de cascarilla de cacao. 68
Tabla 28. Prueba de polinomios ortogonales para la variable polifenoles totales del filtrante de cascarilla de cacao. 69
Tabla 29. Análisis de varianza para la variable antocianinas del filtrante de cascarilla de cacao. 69
Tabla 30. Prueba de polinomios ortogonales para la variable antocianinas del filtrante de cascarilla de cacao. 69
Tabla 31. Prueba de Friedman para el atributo del sabor. 69
Tabla 32. Comparación de medianas del atributo del sabor. 70
Tabla 33. Prueba de Friedman para el atributo del aroma. 70
Tabla 34. Comparación de medianas del atributo del aroma. 70
Tabla 35. Prueba de Friedman para el atributo del color. 70
Tabla 36. Comparación de medianas del atributo del color. 71
Tabla 37. Prueba de Friedman para el grado de aceptación. 71
Tabla 38. Comparación de medianas del grado de aceptación. 71
Tabla 39. Resultados promedios en la evaluación sensorial. 71

LISTA DE FIGURAS.

Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de tostado y obtención de la cascarilla de cacao. 20
Figura 2. Flujograma de elaboración de filtrante de cascarilla de cacao. 22
Figura 3. Contenido de humedad en porcentaje de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú. 35
Figura 4. Valor de pH de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú. 36
Figura 5. El porcentaje de acidez titulable de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú. 38
Figura 6. La capacidad antioxidante expresado en IC50 de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú. 40
Figura 7. Comportamiento de la curva estándar de ácido gálico para la cuantificación de polifenoles totales. 41
Figura 8. Contenido de polifenoles totales de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú. 42
Figura 9. Contenido de antocianinas de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú. 43
Figura 10. La capacidad antioxidante expresado en IC50 del filtrante de cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú. 46
Figura 11. Contenido de Polifenoles Totales del filtrante de cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú. 47
Figura 12. Contenido de antocianinas del filtrante de cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú. 48
Figura 13. Valores medio de los atributos de los filtrantes de cascarilla de cacao con un valor (P≤0.05). 51
Figura 14. Pesado materia prima. 72
Figura 15. Recepción de granos secos de cacao. 72
Figura 16. Impurezas. 72
Figura 17. Selección de granos. 72
Figura 18. Tostado de cacao en diferentes temperaturas. 72
Figura 19. Tostador industrial. 72
Figura 20. Muestras de cascarilla de cacao. 72
Figura 21. Muestras de cascarilla de cacao. 72
Figura 22. Determinación pH de cascarilla de cacao. 72
Figura 23. Extractos de cascarilla de cacao. 72
Figura 24. Determinación Acidez titulable de la cascarilla de cacao. 72
Figura 25. Determinación de humedad de la cascarilla de cacao. 72
Figura 26. Enfriamiento de muestras en campana de desecación. 72
Figura 27. Recepción de materia prima. 72
Figura 28. Cascarilla de cacao molida. 72
Figura 29. Tamizado de la cascarilla de cacao. 72
Figura 30. Pesado de la cascarilla de cacao para el filtrante. 72
Figura 31. Envasado de cascarilla en bolsas filtro termosellable. 72

Figura 32. Sellado de los filtrantes. 72
Figura 33. Muestras de extracto hidroalcoholico de cascarilla. 72
Figura 34. Muestras de infusión de cascarilla de cacao. 72
Figura 35. Microtubos con muestras. 72
Figura 36. Centrifugación de muestras. 72
Figura 37. Diluciones de muestras con el reactivo. 72
Figura 38. Lectura de absorbancias en el espectrofotómetro. 72
Figura 39. Acondicionamiento para el análisis sensorial. 72
Figura 40. Panel de jueces no entrenados. 72
Figura 41. Filtrantes de cascarilla de cacao. 72

I. INTRODUCCIÓN.

La Amazonía peruana es sin duda uno de los lugares que posee gran riqueza agrícola de diversas variedades de frutas tropicales, ya que cuenta con las óptimas condiciones para el cultivo de estas. Uno de estos es el cacao ya que desde antaño se ha difundido su consumo por sus reconocibles atributos, al cual se le ha dado valor agregado y obtenido una diversidad de subproductos tales como: el chocolate, manteca de cacao, polvo de cacao, etc. Pero a la vez desperdiciándose importantes potenciales de materia prima, como la mazorca, mucilago y cascarilla, que poseen propiedades que podrían ser aprovechables.

Según Murillo (2008), expertos en la fabricación de productos a base de cacao, determinan que el rendimiento de 100 Kg de granos secos de cacao es alrededor del 85%, su valor restante 15% es considerado desechos. De estos desechos, la cascarilla de cacao corresponde el 12%.

El tostado es una de las operaciones aplicables dentro del procesamiento del cacao ya que esta determina las características de color, olor y sabor propios del chocolate, pero a la vez influye cambios en las propiedades fisicoquímicas y nutricionales. Después del tostado se realiza el descascarillado donde se obtiene los cotiledones limpios y a la vez la cascarilla como desecho industrial.

Algunas investigaciones partieron a fin de lograr un aprovechamiento de estos desechos, por los cuales se ha demostrado que la cascarilla de cacao posee propiedades nutritivas, en especial se considera una fuente importante de antioxidantes.

Es por ello, que este trabajo pretende evaluar la influencia de la temperatura de tostado previo a los granos de cacao Clon CCN-51, en la actividad antioxidante que posee la cascarilla obtenida y aprovecharla mediante la elaboración de filtrantes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Aspectos generales del cacao (*Theobroma cacao L*).

2.1.1. Origen del cacao.

La planta de cacao es endémica de América del sur, específicamente del valle que se encuentra entre los ríos Orinoco y Amazonas (Pound, citado por Alegría 2015). Los primeros en domesticar la planta fueron los Mayas y Aztecas en 600 A.C., aunque otras civilizaciones como los incas también desarrollaron el cultivo (Fowler, citado por Alegría 2015). Su primer nombre científico es *Theobroma cacao*, la primera palabra en griego significa comida de los dioses y la segunda palabra en Maya simboliza fruto rojo de fuerza.

Con el descubrimiento de América en 1492 y la posterior colonización del continente, los conquistadores europeos conocieron la bebida de chocolate, y de la mano de Hernán Cortez fue introducida a España en 1528. El consumo de cacao se incrementó en la aristocracia europea, razón que motivo a expandir el cultivo a otras zonas tropicales del mundo (Minifie, citado por Alegría 2015). En el siglo XIV y XVII el cultivo llego a Asia, en el siglo XVIII se introdujo plantas de cacao a Brasil y en el siglo XIX se propagó la siembra de cacao desde Brasil a la Costa oeste de África (Wood, citado por Alegría 2015).

2.1.2. Características de la planta.

Enríquez, citado por Pazmiño (2013), indica que la planta de cacao presenta algunas características definidas tales como: Árbol robusto, Hojas pequeñas de color verde claro, las mazorcas son amelonadas y de superficie lisa y las almendras son pigmentadas, de color violeta.

2.1.3. Clasificación taxonómica.

La clasificación taxonómica del *Teobroma cacao L.* se expresa mediante lo siguiente:

Tabla 1. Clasificación taxonómica del cacao.

Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Sterculiaceae
Género	*Theobroma*
Especie	*Theobroma cacao*

Fuente: Batista, citado por Alegría (2015).

2.1.4. Variedades de cacao.

A nivel mundial se han identificado 4 variedades genéticas de cacao, las cuales son el forastero, criollo, trinitario y nacional:

- **Criollo:** El genotipo cacao criollo es de bajo rendimiento debido a que tiene pocas semillas, cascara gruesa y susceptibilidad a plagas y enfermedades, se siembra desde México hasta Perú (MyO Consulting 2008). Este tipo de cacao posee un cotiledón de color entre marfil pardusco y castaño muy claro, con un olor de cacao dulce unido a un aroma delicado característico.

- **Forastero:** Es originario de la cuenca del río Amazonas, se caracteriza por su resistencia a plagas y enfermedades y se cultiva en Asia, África Occidental, América Central y del Sur (Hall *et al*. 2010). Sus semillas o almendras son de color morado y sabor amargo.

- **Trinitario:** El cacao trinitario es un hibrido de las variedades criollo y forastero, por ello tiene una buena producción y baja susceptibilidad a plagas y enfermedades (Augstburger *et al*. 2000). Sus mazorcas suelen ser de muchas formas y colores; las semillas son más grandes que las del cacao criollo y forastero; las plantas son fuertes, de tronco grueso y hojas grandes.

- **Nacional:** El cacao nacional antes era considerado como forastero, pero recientes análisis genéticos han probado que es otra variedad, existente solo Ecuador y se caracteriza por tener aromas especiales como: Flores, frutas y nueces (Fowler 2009).

2.1.5. Clon CCN-51.

Es un cacao clonado (injertado) que se originó en el Ecuador. El agrónomo Homero Castro Zurita, luego de varias investigaciones logró en 1965 el denominado cacao clonal CCN-51 que significa Colección Castro Naranjal (Mijail 2010).

De acuerdo con Espinosa *et al*. (2006), las características sensoriales del clon CCN-51 son: sabor dulce, ácido, astringente, amargo medio con sabor a cacao floral medio, frutal nuez y además es considerado el clon más productivo del mundo que presenta Hojas: sencillas, pecioladas, enteras, coriáceas, frágiles y brillantes; Flores que nacen en el tallo y en las ramas más viejas, que brotan a los dos años; Fruto: es una baya o mazorca ovoidea, grande y aguda hacia el ápice, de uno 25 a 30 centímetros de largo y de 10 a 15 centímetros de diámetro, con un pedúnculo recio y recto, epicarpio grueso, sub-leñoso, consistente y con diez surcos longitudinales y cada mazorca contiene entre 30 a 50 granos; Semillas: son ovoides, blancas y pardas cuando están secas; miden aproximadamente dos centímetros, son de sabor muy amargo luego de tostarlas.

El CCN-51 es considerado como el clon comercial, reconocido por la menor incidencia de enfermedades y una mayor producción de mazorcas sanas y rendimiento de almendras (Sánchez-Mora *et al.* 2015).

2.2. Proceso de obtención de cascarilla de cacao.

2.2.1. Secado.

El secado tiene por objeto eliminar el exceso de humedad y acidez de las almendras recién fermentadas de aproximadamente 55% al 7 %, como garantía para su posterior almacenaje y comercialización (Sánchez 2007). El secado puede ser natural (exposición directa al sol o en sombra) o artificial (empleando calor). Se recomienda el secado natural porque permite eliminar acidez volátil, secar lentamente y desarrollar satisfactoriamente los cambios para lograr un buen sabor y aroma (Nogales *et al*. 2006).

Es muy importante que la humedad disminuya lentamente, es decir, entre el lapso de 5 a 7 días, para favorecer que se completen los cambios químicos (reacciones de oxidación) responsables del sabor y aroma del cacao, de lo contrario se corre el riesgo de inactivar a las enzimas antes de que se hayan completado los cambios químicos esenciales, lo cual ocurre por las altas temperaturas (> 65°C) y la baja humedad, además un secado rápido induce el aplastamiento de las almendras, dando granos duros y de cutículas arrugadas, determinantes de la calidad del producto (Navia y Pazmiño 2012).

Según Zahouli *et al*. (2010), indica que el secado artificial es de mayor rapidez y aplicable en zonas de alta precipitación donde el secado al sol se obstaculiza constantemente. Sin embargo, su uso se limita porque requieren cantidades significativas de almendras para ser rentable.

2.2.2. Tostado.

El tostado es una operación muy importante en el procesado del cacao, ya que determina en gran medida el color, aroma y sabor de los derivados del cacao. Durante el tostado el color del cacao sufre pardeamiento adicional al observado durante las etapas previas de fermentación y secado. En este pardeamiento participan múltiples reacciones, como oxidaciones y polimerizaciones de polifenoles, degradación de proteínas y reacciones de Maillard. En cambio, en el aroma y sabor tienen especial influencia las diferentes temperaturas y tiempos a los que se somete la semilla durante el tostado (Ramli *et al.* 2006).

Díaz y Pinoargote (2012), manifiestan que el criterio más importante que define la calidad del grano de cacao en los fabricantes de chocolate es el sabor, el cual es desarrollado esencialmente en dos etapas de fundamental importancia: la fermentación y el tostado. Los precursores de aromas desarrollados durante la fermentación interactúan en el proceso de tostado para producir el deseado sabor a chocolate, por lo que el tostado es considerado como la operación tecnológica más importante en el procesamiento de los granos de cacao, por lo que optimizar las condiciones de tostado significa desenvolver al máximo el potencial aromático de las almendras.

De acuerdo con Noor-Soffalina *et al*. (2009), durante el tostado la reacción de Maillard, conocida como “pardeamiento no enzimático”, juega un papel importante en la formación de los pigmentos marrones y el aroma del cacao. Los azúcares reductores son precursores del sabor carbonilo, principalmente formados a través de la hidrólisis de la sacarosa por la acción de la invertasa y la hidrólisis enzimática de las antocianinas.

2.2.3. Descascarillado.

Como consecuencia del tostado, la cáscara que está adherida firmemente al grano de cacao crudo se separa de este, por medio de maquinarias que facilitan la operación de descascarado. El cacao y las cáscaras triturados caen a una zaranda formada por tamices de diferentes calibres donde las cáscaras por su forma y menor peso específico son arrastradas por una corriente de aire, separándose de esta manera el nibs de la cáscara (Rigel 2005).

2.3. Generalidades de la cascarilla de cacao.

En las industrias a nivel general, donde se procesa el cacao (*Theobroma cacao L*.), así como los derivados del cacao se conoce que se generan desperdicios uno de ellos la cascarilla de cacao, que contiene nutrientes y elementos como alternativas alimenticias (Alarcón 2017).

En cuanto a la forma de extracción de la cascarilla de cacao, la cual es un remanente que la industria no aprovecha y que contiene parte de las propiedades químicas del grano (Schiess Bahamoen *et al.* 2016).

Uno de los procedimientos para obtener la cascarilla de cacao, es mediante un pre-tratamiento térmico de los granos secos, el cual permite lograr el desprendimiento de la cascarilla de cacao del fruto propiamente dicho (Delgado 2016).

Sin embargo, se debe de tomar en consideración que en la industria del cacao se desperdician toneladas de materias primas que pueden servir como base para la elaboración de productos novedosos (Delgado 2016).

2.3.1. Composición química y nutricional de la cascarilla de cacao.

La cascarilla de cacao posee la característica de ser funcional, además es una fuente donde se encuentran grandes oportunidades para nutrición, gastronomía y la industria alimentaria (Delgado 2016). Por su parte Sangronis *et al.* (2014), indica que este desecho orgánico tiene un bajo contenido de humedad, pero alto en cenizas, una calidad microbiológica ajustada a la norma y la ausencia de ocratoxina. El bajo contenido de materias extrañas y alto valor del extracto acuoso y alto contenido de polifenoles con actividad antioxidante que permite recomendar la cascarilla del cacao como materia prima para preparar infusiones.

La cascarilla de cacao posee distintos macronutrientes y micronutrientes que son necesarios para la salud, y contiene un alto contenido de fibras solubles e insolubles, proteínas, y compuestos polifenólicos (Zhong y Nsor-Atindana 2012). Mediante la siguiente tabla 2, se muestra la composición química de la cascarilla de cacao.

Tabla 2. Composición química de la cascarilla de cacao.

Composición	Valores (%)
Humedad	3.73 - 15.30
Proteína cruda	6.30 - 16.93
Fibra cruda	11.80 - 36.2
Componentes del extractor éter	0.50 - 6.87
Extracto de nitrógeno libre	31.80 - 61.4
Cenizas	5.90 - 10.8

Fuente: (Soto 2012) (Zhong y Nsor-Atindana 2012).

2.3.2. Usos y aplicaciones de la cascarilla de cacao.

Por las propiedades que posee la cascarilla de cacao, los usos y aplicaciones de esta pueden llegar a ser variadas; pero de manera general y reciente se estudian en alimentos funcionales (Por ejemplo, en galletas con inclusiones de harina de cascarilla y trigo) (Jiménez 2009). En dietas experimentales para formulación del balanceado en animales (ejemplo: en cuyes) (Murillo 2008). Así como también la incorporación en materia orgánica y biofertilizantes para preparar cultivos para viveros (Por ejemplo, en viveros de papaya) (Constantino *et al.* 2011).

2.4. Generalidades de los antioxidantes.

2.4.1. Definición.

Los antioxidantes son compuestos que inhiben o retrasan la oxidación de otras moléculas mediante la inhibición de la propagación de la reacción de oxidación (Ahmad 2001). Los antioxidantes tienen la capacidad de controlar los diversos tipos de radicales libres y productos de oxidación que se producen en el organismo. Algunos antioxidantes se encargan de un tipo de radical libre mientras que otros se encargan de otros. Otro dato importante es que una vez que un antioxidante lleva a cabo su labor protectora, se convierte también en un radical libre. Así mismo se afirma que se considera antioxidantes nutrientes a los siguientes compuestos químicos: ácido ascórbico y sus formas asociadas, b-caroteno, tocoferoles, fenoles, algunos minerales como el zinc y el selenio, etc. (Lu y Yeap Foo 2000).

2.4.2. Efectos benéficos de los antioxidantes.

Condezo (2002), reporta sobre los efectos benéficos de los antioxidantes naturales, básicamente están dados por su capacidad de inhibir radicales libres ejerciendo acción en todos los procesos en los que se reduce o detiene el proceso de oxidación como: hidrólisis enzimática de enlaces ésteres para remover ácidos grasos peroxidados de lípidos, quelamiento de iones metálicos de transición y reducción de peróxidos por catálisis enzimática.

2.4.3. Radicales libres.

Los radicales libres son moléculas que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo y que pueden existir independientemente, que los hace muy inestables, extraordinariamente reactivos y de vida corta, con una enorme capacidad para combinarse específicamente en la mayoría de los casos con la diversidad de moléculas integrantes de estructuras celulares: carbohidratos, lípidos, proteínas, ácidos nucleicos y derivados de cada uno de ellos (Ahmad 2001).

2.5. Métodos de determinación de la actividad antioxidante.

Existen numerosos métodos de determinación de antioxidantes entre los más importantes tenemos: ABTS, ácido 2-2 azinobis – (3-etilbenzoatoazolin-6-sulfónico); DPPH, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl; DMPD, dicloridrato de N,N-dimetil-p-fenilendiamina (Arrate 2007).

2.5.1. Método de ABTS.

Arrate (2007) señala que, la generación del radical ABTS constituye la base de uno de los métodos espectrométricos que han sido aplicados para medir la actividad antioxidante total de soluciones o sustancias puras y mezclas acuosas.

El ensayo original de ABTS estaba basado en la activación de la metilmioglobina con peróxido de hidrógeno en presencia de ABTS para producir un radical catión, en presencia o ausencia de antioxidantes. Este fue criticado debido a que la reacción rápida de los antioxidantes contribuye a la reducción del radical ferrilmioglobina. Un formato más apropiado para el

ensayo consiste en la técnica de decoloración, en la cual el radical es generado directamente en una forma estable antes de la reacción con los antioxidantes (Arrate 2007).

2.5.2. Método de DPPH.

El reactivo de DPPH al contacto con la sustancia antioxidante, dona un átomo de hidrogeno y el color violeta desaparece y toma un color amarillo (Tovar del Rio 2013), la concentración de la actividad antioxidante se mide a una longitud de onda de 517 nm, existen diversos estudios que expresa los resultados del ensayo de DPPH en IC50, que se define como la concentración inhibitoria medio máxima, que permite inhibir la concentración de una sustancia en un 50% (Deng *et al.* 2011).

En general la reacción se puede medir a los 2, 3, 4, 5 y 10 minutos del inicio ya que, en este intervalo, la mayoría de las sustancias completan la reacción con el DPPH. El ensayo DPPH es un método rápido y sencillo, que no requiere de un equipamiento sofisticado. A diferencia del ensayo ABTS (TEAC), no es necesario generar el radical puesto que el DPPH se comercializa (Deng *et al.* 2011).

2.6. Aspectos generales de los polifenoles.

2.6.1. Definición de los polifenoles.

Los compuestos polifenólicos son metabolitos secundarios que se caracterizan por estar formados por unidades de fenoles anillos aromáticos que llevan al menos un sustituyente hidroxilo. Estas biomoléculas se localizan en todas las partes de las plantas y su concentración varia a lo largo del ciclo vegetativo, además participan en diversas funciones, tales como la asimilación de nutrientes, la síntesis proteica, la actividad enzimática, la fotosíntesis y la formación de componentes estructurales (Manach *et al.* 2004).

Los compuestos fenólicos se caracterizan por demostrar una capacidad antioxidante, tiene la propiedad de atraer los radicales libres y neutralizar la oxidación de dichos compuestos (Ribeiro y Sacra 2007).

Son sustancias que contienen un alto poder de antioxidantes desde el punto de vista farmacéutico y nutricional que ayudan en distintas y diversas enfermedades tales como afecciones cardiovasculares, degenerativas, antiinflamatorias, intestinales, e incluso el cáncer, los encontramos en algunos alimentos tales como la verdura, frutas, té, vinos, etc. (Chang *et al. 2006*).

2.6.2. Clasificación de los polifenoles.

Mediante el siguiente Tabla 3, se presenta la clasificación de los compuestos fenólicos y sus propiedades biológicas asignadas:

Tabla 3. Clasificación de compuestos fenólicos.

Grupo	Subgrupo	Propiedades
Fenoles y ácidos fenólicos	Fenoles sencillos, estilbenos, ácidos fenólicos	Antioxidante frente a desordenes cardiovasculares, antiinflamatorias y anticancerígenas
Cumarinas	Sencillas, C-prednilada, dicumarinas	Antiinflamatorios, antiespasmódicos, y anticoagulantes.
Lignanos	Simples, ciclolignanos, flavanolignanos, lignina	Efecto antimitótico, antimicótico, antivírico, laxante hepatoprotector, antirradicales libres, diurético, antiinflamatorio.
Flavonoides y compuestos relacionados	Flavonoles, flavanololes, flavonas, flavanonas, chalconas, isoflavonoides, antocianidinas, catequinas, leucoantocianidinas	Actividad antioxidante
Taninos	Taninos hidrolizables, taninos condensados	Agentes quelantes
Quinonas y antracenósidos	Benzoquinonas, naftoquinonas, antraquinonas, antraciclinona, oxantronas, antronas, dihidroantranoles	Antitusígeno, antisépticas, laxantes, antibióticas.

Fuente:(Murcia *et al.* 2003).

2.6.3. Polifenoles en cacao.

Los polifenoles en los granos de cacao son almacenados en las células pigmentarias de los cotiledones, y le aportan colores que van desde el blanco hasta un morado oscuro. Los grupos de polifenoles más abundantes en cacao son del tipo flavonoide, especialmente 3 grupos básicos con un núcleo común tipo flavanol: catequinas (37%), antocianinas (4%) y procianidinas (58%). La principal catequina es la epicatequina que representa cerca del 30% del contenido de polifenoles del grano (Kim y Keeney 1984).

En el grano de cacao los polifenoles se encuentran en la testa y en el cotiledón, el cual se caracteriza por el color violeta intenso, color relacionado con polifenoles específicos como las catequinas y antocianinas (Ramirez 2013).

2.6.4. Método de Folin – Ciocalteu.

El método de Folin-Ciocalteu se lo utiliza para la identificación de los compuestos fenólicos totales, el reactivo a un pH básico da una reacción de azulada al contacto con los polifenoles. El reactivo está formado por una mezcla de molibdato de sodio, wolframato de sodio y ácido fosfórico. El ácido fosfomolibdotungstico, es formado por las dos sales en medio acido que da un color amarillo en ausencia de polifenoles, actúa en estado de oxidación, en la que el Mo+6 y W+6 de color amarillo, se reduce a Mo+5 y W+5 da una reacción de color azul, la cual es lenta a un pH ácido y rápida a un pH básico, es sensible, precisa, pero no es especifica (Agbor *et al.* 2014). La absorbancia de la reacción de color azul intenso, se mide a una longitud de onda de 765 nm, la intensidad de la absorbancia es proporcional a la concentración de polifenoles que está presente en las muestras (Dewanto y Wu 2002).

2.7. Aspectos generales de las antocianinas.

2.7.1. Definición.

Las antocianinas tienen significado del griego anthos flor y kyanos azul. Las antocianinas son el grupo de pigmentos de color rojo, violeta, hidrosolubles visibles al ojo humano, ampliamente distribuidos en el reino vegetal, forman parte de la familia de los polifenoles y se definen como flavonoides fenólicos (Cuevas y Winterhalter 2008).

El interés por los pigmentos antociánicos e investigación científica se han incrementado en los últimos años, debido no solamente al color que confieren a los productos que las contienen sino a su probable papel en la reducción de las enfermedades coronarias, cáncer, diabetes; a sus efectos antiinflamatorios y mejoramiento de la agudeza visual y comportamiento cognitivo.

A pesar de las ventajas que ofrecen las antocianinas como sustitutos potenciales 34 de los colorantes artificiales, factores como su baja estabilidad y la falta de disponibilidad de material vegetal limitan su aplicación comercial (Ramírez 2013).

2.7.2. Antocianinas en cacao.

La almendra de cacao posee numerosos polifenoles. La antocianina es la responsable de la coloración violeta de los cotiledones. La teobromina y la cafeína se encuentran ligada a los taninos formando compuestos complejos (Márquez 2009).

Durante la fermentación de los granos de cacao, las antocianinas son hidrolizadas por acción de las glicosidasas, que causan el blanqueamiento de los cotiledones. Estas enzimas hidrolizan el enlace glicosídico de las antocianinas y producen azúcar y aglicona, que reduce así el contenido de antocianinas (Wollgast y Anklam 2000).

2.7.3. Cuantificación de antocianinas monoméricas.

Considerando al pH como uno de los principales factores del medio que afecta la estabilidad del color de las antocianinas, los espectros de UV-VIS a diferentes valores de pH también varían y nos ayudan a determinar si las antocianinas están o no polimerizadas (Giusti y Wrolstad 2001).

La concentración de antocianinas entonces se determina con la absorbancia a un pH diferencial. Estas moléculas dan dos bandas de absorción en la región UV (260 – 280 nm) y la región visible (490 – 550 nm). Los resultados se expresan como pigmentos de antocianinas monoméricas, generalmente expresados como cianidina -3- glucósido.

El método de pH-diferencial propuesto por Giustin y Wrolstad (2001) permite la estimación alternativa del contenido de antocianinas totales, incluso en la presencia de pigmentos polimerizados y otras interferencias mediante el uso de sistemas tampón, el empleo de un agente blanqueador, bisulfito y la medición por espectroscopia de UV-visible.

2.8. Infusión.

2.8.1. Definición.

Según García (2000), la infusión se debe realizar en tazas de porcelana blancas y con tapa (la tapa deberá ser de ajuste holgado y provista de una abertura pequeña para permitirla entrada de aire cuando la infusión se vierta a la taza). En forma general 2 g de infusión es para 100 cm^3 de agua, La infusión se realiza con agua a una temperatura de 65 a 80 °C y se le deja reposar durante 6 minutos hasta que termine la infusión.

2.8.2. Comisión de reglamentos técnicos y comerciales Norma Técnica Peruana en bolsas de filtrantes.

Objeto.

La presente norma establece los requisitos para el envasado correcto de las bolsas filtrantes.

Definiciones.

El producto constituido por la materia prima, envasado en bolsas filtrantes para su uso inmediato *y* que cumple con los requisitos específicos en la presente norma.

Requisitos (características generales del contenido).

Las materias primas que serán envasados en las bolsitas de filtrantes no deberán presentar lo siguiente:

- No deberá contener más del 2% materias orgánicas extrañas.
- No deberá contener más de 10% de tallos propios de la planta.
- No deberá presentar parásitos y/o insectos vivos o muertos.

Características organolépticas.

- **Aspecto:** Será al característico del propio producto.
- **Olor**: Sera el característico del producto y no se presentará olores desagradables.
- **Sabor:** Será el característico del producto, ligeramente amargo.
- **Color**: Característico del producto.

Características físico-químicas.

El producto en bolsas filtrantes sebera cumplir con los siguientes requisitos químicos especificados en el Tabla 4.

Tabla 4. Características Físico-Químicas.

Característica	Rango %
Humedad: (m/m), máximo	≤10
Proteínas total: (m/m), mínimo	15.96
Cenizas: (m/m), máximo	7.68
Extracto etéreo: (m/m), mínimo	4.53
Alcaloides: (m/m), máximo	1.00
Solubilidad en agua caliente	La infusión no deberá dejar apreciable sedimento en 5 min.

Fuente: Normas Técnicas Peruanas (INTITEC 1984).

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Ubicación del trabajo de investigación.

La presente investigación fue realizada en tres etapas y cada una de ellas fue realizada en un distinto lugar, de acuerdo con lo planteado hacerse en el proyecto.

3.1.1. Etapa de obtención de muestras en estudio.

El inicio de la investigación se llevó a cabo en la ciudad de Pucallpa, ubicado en el distrito de Campo Verde, Provincia de Coronel Portillo, región de Ucayali, con una temperatura máxima promedio de 31.6 °C, con una humedad relativa (HR) promedio de 84.7%. En dicho distrito en mención se encuentra las instalaciones de la Cooperativa Agraria de Cacaoteros “Campos Verdes”, donde se acopió y procesó los granos secos de cacao para la obtención de la cascarilla.

3.1.2. Etapa de análisis fisicoquímicos y producción de filtrantes.

Después de la obtención de las muestras de cascarilla de cacao, se realizó sus análisis fisicoquímicos (pH, acidez y humedad), estos análisis se realizaron en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ucayali. En las mismas instalaciones de laboratorio, parte de las muestras de cascarilla por cada tratamiento, fueron envasadas y empacadas para su posterior evaluación de análisis sensorial.

3.1.3. Etapa de análisis de antioxidantes.

La determinación de capacidad antioxidante, polifenoles y antocianinas de la cascarilla y de los filtrantes, se realizaron en las instalaciones del laboratorio de espectrofotometría y cromatografía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, que se encuentra ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado en Huánuco, cuya temperatura climatológica promedio anual varia de 18 a 35 °C, con una humedad relativa (HR) promedio de 77.5%.

3.2. Muestras en estudio.

El material biológico empleado para la investigación fue la cascarilla obtenida de los granos secos de cacao (*Theobroma cacao L*) Clon CCN-51, tostado a tres diferentes temperaturas. Para la obtención de la cascarilla de cacao, se acopió 30 Kg de granos secos de cacao provenientes de la Cooperativa ACATPA (Asociación Agraria de Cacaoteros Tecnificados de Padre Abad) del Distrito de Irazola. Estos granos fueron tostados en la Cooperativa Agraria de Cacaoteros "Campos Verdes", para ello primero se dividió el lote en tres partes iguales, conformándose 10 Kg por tratamiento y 2.5 Kg por repetición. Posteriormente al tostado, inmediatamente se descascarillo, molió y envasó en bolsas ziploc, dejándolo en almacenamiento a temperatura ambiente hasta su respectivo análisis.

3.3. Equipos, materiales y reactivos.

3.3.1. Equipos de laboratorio.

Los equipos de laboratorio utilizados en la presente investigación fueron los siguientes:

- Espectrofotómetro modelo Genesys 10 (Thermo Electron Corporation) SN 2M6G261002.
- Balanza analítica modelo ESJ-210-4 (Digital precisión).
- Estufa modelo ODH6 -9240A (Tomos Heatring Drying Oven).
- Agitador magnético modelo 625 standard.
- Homogenizador modelo Vortex Genie-2.
- Centrifuga modelo Mikro 22R (Hettich).
- Cocina eléctrica de plataforma Barnstead / Thermolyne. U.S. A.

3.3.2. Materiales de laboratorio.

Los materiales de laboratorio que se usaron en la investigación son:

- Cubetas de poliestireno, (1cm x 1cm x 4.5cm).
- Pipetas graduadas (10 mL y 5 mL).
- Vasos de precipitación (500 mL, 100 mL y 50 mL).
- Gradillas.
- Probetas graduadas de 50 y 100 mL.
- Micropipetas regulables de 10 – 100 μL y de 100 – 1000 μL.
- Campana de desecación con perlas de silicagel.
- Bureta automatica.
- Tips, Fisherbrand 200 y 1000 uL.
- Microtubos (1.5-2.0 mL).
- Pinzas.
- Espátulas metálicas.
- Crisoles de porcelana.
- Papel de filtro.

3.3.3. Equipos y materiales de proceso.

Los equipos y materiales que se utilizaron en el proceso de obtención de la cascarilla de cacao y producción de filtrantes de la presente investigación son los siguientes:

- Tostador semi industrial 5 a 7 Kg/Bach (Marca Indya).
- Descascarilladora semi industrial (Marca Indya).
- Molino artesanal.
- Selladora de bolsa (Marca Safary).
- Papel filtro termosellable.
- Hilo de algodón.
- Papel bilaminado.
- Stikers.
- Tasitas de porcelana.
- Hervidora.
- Cucharitas.

3.3.4. Reactivos.

Los reactivos que se utilizaron en los análisis de la cascarilla de cacao y los filtrantes de la presente investigación son los siguientes:

- Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N.
- Fenolftaleína.
- 1,1 diphenyl – 2- picryl- hydrazyl (DPPH).
- Folin – Ciocalteu, 2N, Sigma Aldrich.
- Carbonato de sódio (Na_2CO_3), ISO Scharlau.
- Etanol Sigma Chemical.
- Agua destilada desionizada (H_2O dd).
- Ácido clorhídrico (HCl) 0.1 N.
- Cloruro de potasio (KCL) (sigma).
- Acetato de sódio (CH3COONa) (Merk) pureza 99%

3.4. Metodología para la obtención de cascarilla de cacao.

Los granos secos de cacao clon CCN-51, fueron proporcionados por la Cooperativa ACATPA. Los cuales fueron procesados en la Cooperativa Agraria de Cacaoteros “Campos Verdes”, donde se realizó los diferentes tratamientos en estudio para la obtención de la cascarilla.

3.4.1. Diagrama de flujo de obtención de cascarilla de cacao.

Para la obtención de la cascarilla de cacao, se siguió dichas operaciones que se describen en la Figura 1.

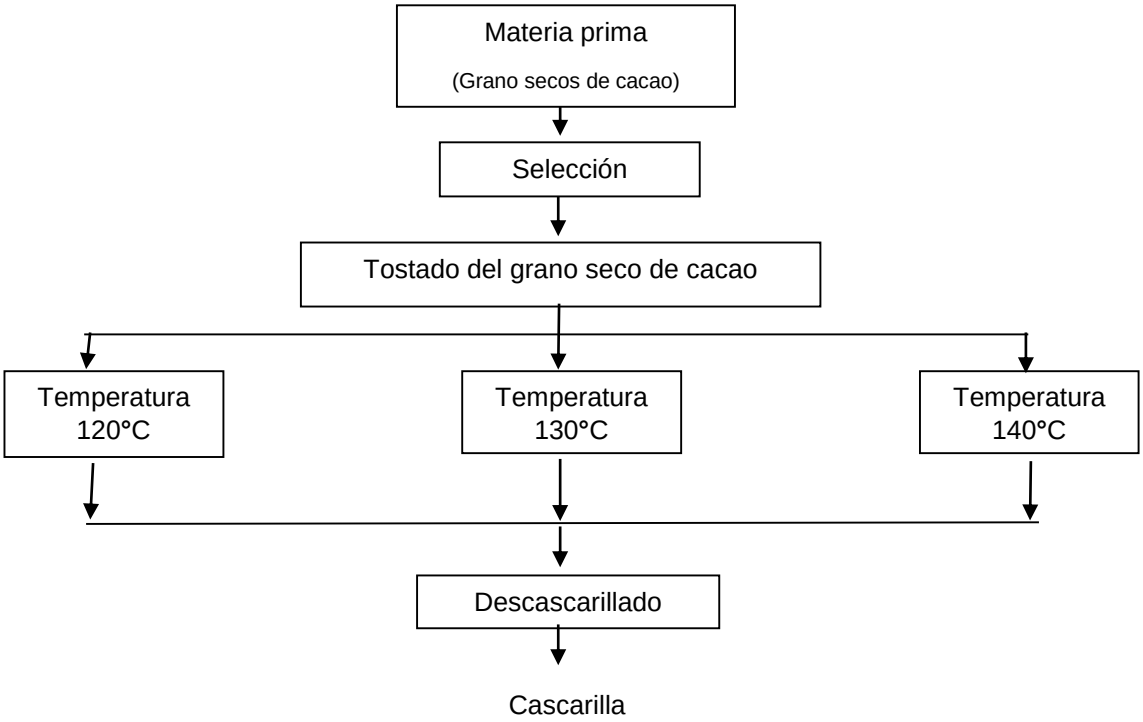


Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de tostado y obtención de la cascarilla de cacao.

3.4.2. Descripción de operaciones.

Recepción: El material biológico utilizado para la obtención de la cascarilla fueron; 30 Kg de granos secos de cacao, provenientes de Irazola. Los cuales fueron divididos en tres partes de 10 Kg para cada tratamiento, correspondiendo 2.5 Kg por repetición.

De cada tratamiento se tomó una muestra de 5 g, donde se analizó la humedad de la cascarilla de granos sin tostar, obteniéndose un dato referencial de un rango de 6.7 a 7% de humedad.

Selección: Por cada repetición según tratamiento, se seleccionó el material biológico a utilizar, con el fin de separar las impurezas.

Tostado: Se realizó mediante la utilización de una tostadora semi industrial; este equipo permitió la facilidad de trabajo para tostar homogéneamente los granos secos de cacao de acuerdo a los tratamientos establecidos (120, 130 y 140 ºC) en la investigación. Este equipo cuenta con un termómetro, con la que facilitó el control de temperatura de cada tratamiento en estudio.

Cada repetición, según tratamiento, estuvo compuesta por 2.5 Kg de granos secos de cacao, estos fueron colocados en el equipo para su tostado en un lapso de 10 min. Así sucesivamente hasta completar el último tratamiento con sus repeticiones.

Descascarillado: Esta operación consiste en la separación de la testa del cotiledón ya previamente tostado, esto se realizó de forma manual para obtener el mayor rendimiento de cascarilla. Una vez obtenida la cascarilla se procedió a realizar los análisis y la elaboración de filtrantes.

3.5. Proceso de producción de filtrantes.

La producción de filtrantes se realizó en las instalaciones del laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de Ucayali. Para ello se siguió las siguientes operaciones que se muestra en el flujograma de proceso (Figura 2):

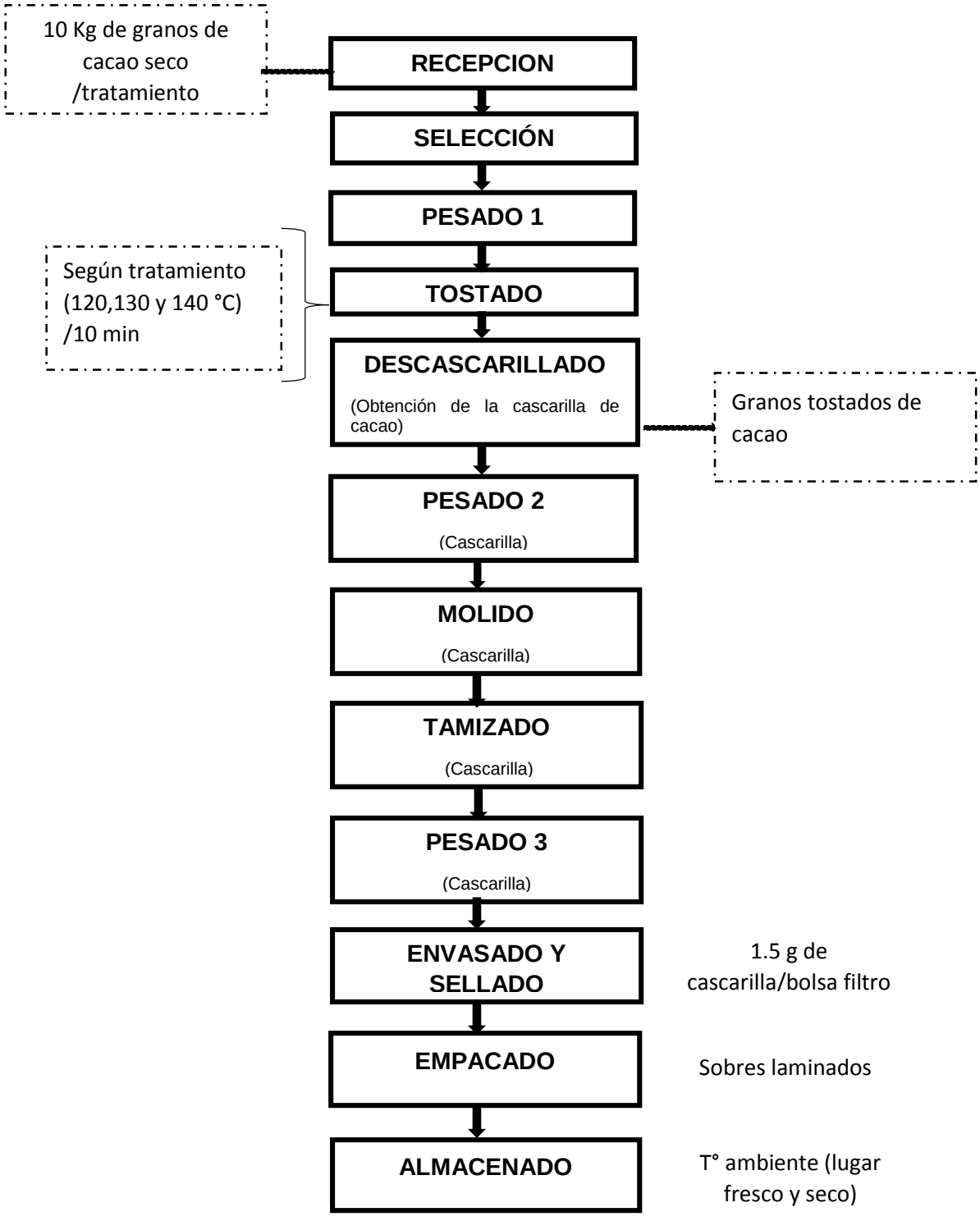


Figura 2. Flujograma de elaboración de filtrante de cascarilla de cacao.

3.5.1. Descripción del proceso de elaboración de filtrantes.

Recepción de materia prima: Se recepcionan los granos secos de cacao, Clon CCN-51 que han sido previamente fermentados, en donde el grano ha adquirió ciertas características de calidad organoléptica y cantidad de sustancias antioxidantes.

Selección: En esta operación se separó los granos secos de cacao que estén en buenas condiciones de los granos defectuosos (húmedos, contaminados por hongos, partidos, etc.)

Pesado 1: Se pesaron los granos de cacao que fueron seleccionados para tener en consideración como dato inicial, para poder controlar las perdidas (residuos obtenidos de grano seco de cacao) del respectivo proyecto en estudio.

Tostado: Esta operación fue realizada mediante la utilización de un tostador semi-industrial, en ella se tostaron los granos secos de cacao a diferentes temperaturas de 120, 130 y 140 °C en un tiempo de 10 min.

Descascarillado: Esta operación consistió en realizar la separación de la cascarilla del cotiledón, que se realizó de forma manual para obtener mayor rendimiento, aunque a grandes cantidades es recomendable utilizar una descascarilladora.

Pesado 2: Se realizó esta operación para obtener como dato referencial, la cantidad de cascarilla que se obtuvo de cada tratamiento en estudió.

Molido: En esta etapa se divide la cascarilla en partículas más pequeñas con la utilización de una moledora artesanal.

Tamizado: Se utilizó un tamiz con malla de acero inoxidable de 1 mm, con la finalidad se separas las partículas de tamaño deseado para el filtrante, de las partículas de tamaño inferior.

Pesado 3: Se realizó un tercer pesado de la cascarilla molida, para obtener el rendimiento.

Envasado y Sellado: En esta etapa se envasó la cascarilla en bolsas de papel filtro termo-sellable y después fueron sellados.

Empacado: Después de obtener los filtrantes, estos fueron empacados en bolsas de papel laminado, para darle una mayor conservación a su composición fisicoquímica y organoléptica.

Infusión: El proceso de infusión se realizó, al vertir los filtrantes de cada tratamiento en 75 mL de agua caliente (80 °C) y se dejó reposar durante 6 min hasta que termine la infusión. Después de haber obtenido la infusión de cada tratamiento se realizó su evaluación sensorial y análisis de actividad antioxidante utilizando el método de DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) sugerido por (Sandoval 2002), contenido de polifenoles y antocianinas.

3.6. Métodos analíticos.

3.6.1. Caracterización fisicoquímica de la cascarilla de cacao.

Los análisis fisicoquímicos realizados en la cascarilla obtenida de los diferentes tratamientos en estudio fueron: Humedad, pH y acidez titulable, los cuales se realizaron de acuerdo a con los métodos siguientes:

a. Determinación de Humedad

Se determinó la humedad de las muestras mediante pérdida de peso en estufa, método 934.0 (AOAC 2005), de la siguiente manera:

- Se pesó el crisol limpio y seco.
- Se pesó la muestra (5 g) en un crisol, previamente tarado.
- Se colocó la muestra en la estufa por 24 horas a una temperatura de 105 °C.
- Se dejó enfriar la muestra en un desecador por 30 min.
- Se obtuvo los pesos finales.

Se obtuvó el porcentaje de humedad de las muestras mediante la siguiente formula:

$$\%\, Humedad = \frac{(\mathrm{P1} - \mathrm{P2})}{m} * 100$$

Donde:

P1 = Peso inicial, en g.

P2 = Peso final, en g.

M = Peso inicial de la muestra, en g.

b. Determinación de pH

Se determinó mediante la lectura del pH-metro, por cada muestra, método 970. 21 (AOAC 2005) mostrada de la siguiente manera:

- Se pesó la muestra: 5 g cascarilla de cacao molida.
- Se calentó en un vaso precipitado de 1L, agua destilada.
- Se realizó la mezcla: 15 mL de agua destilada + 5 g muestra.
- Se reposó la mezcla hasta el enfriamiento.
- Se calibra el pH-metro, hasta llegar un pH neutro (pH =7).
- Realizó la lectura del pH, mediante un pH-metro y se tomó los datos.

c. Determinación de acidez titulable

Se determinó por titulación con hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N, según el método 942. 15 (AOAC 2005) de la siguiente manera:

- Se pesó la muestra: 5 g cascarilla de cacao molida.
- Se calentó 500 mL de agua destilada.
- Se mezcló 40 mL de agua destilada caliente + 5 g muestra.
- Se dejó reposar 30 min hasta el enfriamiento.
- Se realizó la obtención de un extracto, mediante filtrado.
- Se diluyó 5 mL de extracto + 25 mL agua destilada.
- Se añadió 3 gotas de fenolftaleína y tituló con hidróxido de sodio al 0.1 N, hasta el primer viraje de color rosa.

La acidez titulable se calculó utilizando la siguiente formula:

$$\%\ Acidez = \frac{\mathrm{VNa\ OH} * \mathrm{NaOH} * \mathrm{meqAcido}}{V} * 100$$

Donde:

V NaOH = Gasto del NaOH, utilizado en la titulación.

N NaOH = Normalidad del NaOH.

meq Acido = mili equivalente del Ácido Acético.

V = Volumen de la muestra.

3.6.2. Determinación de la capacidad antioxidante, polifenoles totales y antocianinas de la cascarilla de cacao tostado y de los filtrantes.

Para el análisis respectivo de la cascarilla de cacao y del filtrante elaborado a partir de ella, se prepararon principalmente las muestras, el cual consistió en obtener un extracto hidroalcohólico de la cascarilla de cacao y una infusión del filtrante.

Extracto: Se preparó un extracto hidroalcohólico de la cascarilla a una concentración de 100 mg/mL, para ello se pesó un 1 g de muestra, luego esto se adicionó a una a una solución hidroalcohólico (50/50 v/v), que fueron transferidos a un frasco de vidrio de color marrón, se tapó herméticamente y se dejó reposar durante 24 horas, luego se filtró y volvió a envasar en sus frascos y almacenó a -18 °C hasta su posterior análisis.

Infusión: La infusión es una forma en la que se puede extraer todos los compuestos presentes en una materia seca, y esto se prepara a partir del contacto de la bolsa filtrante de producto con el agua caliente, en este caso se vertió el filtrante de cascarilla de cacao 1.5 g de contenido, en un vaso precipitado con agua caliente a 85 °C y un tiempo de reposo de 30 min. Esta preparación fue envasada en tubos con tapas y fue almacenada a -18 °C, hasta su análisis respectivo.

Determinación de capacidad antioxidante.

Se realizó por inhibición del radical 1,1 diphenyl -2-picryl-hydrazyl (DPPH), descrito por (Brand-Williams *et al*. 1995).

Procedimiento de análisis.

Para la determinación del coeficiente de inhibición (IC50) del radical DPPH, se preparó una solución stock de DPPH a 1 mM en etanol al 95% de pureza, se agito hasta la solubilización completa del compuesto y se almacenó a 4 °C protegido de la luz. A partir de esta solución stock se preparó 100 mL de DPPH a 100 μM en alcohol al 95% de pureza. El coeficiente de inhibición (IC50) indica la cantidad de extracto y/o infusión de cascarilla de cacao mg/mL, requerido para inhibir el 50% del radical libre de DPPH.

Se tomó 1.5 mL de muestra (extracto/infusión) por tratamiento y repetición, se centrifugó a 10000 rpm/ 10 min, posteriormente se colocó 25 μL de muestra (extracto/infusión) en una cubeta de poliestireno y se adicionó 975 μL de solución de DPPH, seguidamente se realizó la lectura en un espectrofotómetro de UV/VIS a una longitud de onda de 515 nm con un intervalo de 30 s por un tiempo de 10 min. Para determinar el porcentaje de inhibición se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%Inhibición\ DPPH = [\frac{(\text{AbsControl} - \text{AbsMuestra})}{\text{AbsControl}}]*100$$

Donde:

AbsControl = Absorbancia del control.

AbsMuestra = Absorbancia de la muestra.

Determinación de polifenoles totales.

Se utilizó el método Folin Ciocalteu para la cuantificación de polifenoles totales (Symonowicz *et al.* 2012).

Procedimiento de análisis.

La cuantificación de polifenoles se realizó en la cascarilla de cacao y en el filtrante siguiéndose el mismo procedimiento para ambas, con la diferencia que de la cascarilla se preparó un extracto hidroalcohólico y del filtrante una infusión con las que posteriormente se realizó el análisis.

Se agregó 20 μL de muestra (extracto hidroalcoholico/infusión), en un tubo de ensayo por cada tratamiento, luego se adicionó 1580 μL de agua desionizada, 100 μL de fenol Folin Ciocalteu y finalmente 300 μL de Na_2CO_3 y se incubo por 2 horas a temperatura ambiente y oscuridad, luego se hizo la lectura en un espectrofotómetro UV/VIS a una longitud de onda de 700 nm. Las absorbancias obtenidas fueron remplazadas en la ecuación de la curva estándar y expresadas en equivalente de ácido gálico (g EAG/100 g).

Cuantificación de antocianinas.

La cuantificación de antocianinas, se realizó por el método del pH diferencial (Symonowicz *et al*. 2012). Para ello se realizó la preparación de dos soluciones buffer:

Cloruro de potasio, Buffer, 0.025 M, pH = 1.0: Se mezcló 1.86 g KCL en 980 mL de agua destilada. Se midió el pH y se ajustó con HCL concentrado. Se transfirió a una fiola y enrazó con agua destilada.

Acetato de sodio, Buffer, 0.4 M, pH = 4.5: Se mezcló 54.43 g $CH_3CO_2Na.3H_2O$ con 970 mL de agua destilada. Se midió el pH y ajustado a 4.5 con HCL concentrado. Se transfirió a una fiola y enrazó con agua destilada.

Procedimiento de análisis.

Para la cuantificación de antocianinas de la cascarilla de cacao y filtrante, se utilizó el extracto hidroalcohólico y la infusión preparadas a partir de de ellas. Ambas preparaciones fueron filtradas, centrifugadas a 10000 rpm/10 min a 4 °C, se trabajó 4 repeticiones por tratamiento.

Se utilizó una cubeta de poliestireno donde se adicionó 200 μL /muestra (extracto/infusión), más 800 μL de buffer para ambos pH (1 y 4.5); y para el control se adicionó 1 mL de agua destilada para cada pH (1 y 4.5) y se hizo la lectura en espectrofotometría UV/VIS a una longitud de onda de 510 a 700 nm. Las absorbancias obtenidas fueron remplazadas en la siguiente ecuación:

$$A = (A_{\lambda vis-\max} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{\lambda vis-\max} - A_{700})_{pH4.5}$$

Y expresada en mg cianidina-3-glucósido por g o mL de muestra:

$$PMA(mg/L) = \frac{AxMWxDFx1000}{\varepsilon x1}$$

Donde:

PMA : Pigmentos monoméricos de antocianinas.

A : Absorbancia de la dilución de la muestra.

MW : Peso molecular (cyanidin-3-glucósido).

DF : Factor de dilución.

ε : Absortividad molar.

El MW y el ε usado corresponden a la antocianina predominante en la muestra. Usar el ε de la literatura para cada pigmento de antocianina en solventes acuoso ácidos. Si el ε del componente antocianico mayoritario de la muestra no está disponible en la literatura, o no es conocido, calcular el contenido de los pigmentos como mg de cianidina-3-glucócido, donde MW=44932 y ε=26900. La ecuación presentada asume un espesor de celda de 1 cm.

3.7. Análisis sensorial del filtrante de cascarilla de cacao.

La evaluación de los filtrantes de cascarilla de cacao según tratamiento, se realizó en el laboratorio de suelos donde se contó con la asistencia de 20 panelistas no entrenados, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial. Para ello se desarrolló lo siguiente:

Se le entregó a cada panelista una ficha de evaluación sensorial, tres filtrantes (muestras) según tratamiento con sus respectivas tasitas para té y un vaso de agua para el enjuague respectivo después de cada evaluación.

3.8. Diseño estadístico de la Investigación.

El diseño de experimental empleado para evaluar la influencia de la temperatura de tostado de los granos secos cacao *(Theobroma cacao L.)* clon CCN-51 en la capacidad antioxidante de la cascarilla, se dividió en dos partes: en pruebas paramétricas para las variables cuantitativas y prueba no paramétrica para las variables no cuantitativas.

3.8.1. Pruebas paramétricas.

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), con 3 tratamientos y 4 repeticiones que en un total de 12 unidades experimentales. Para la conocer el orden de los promedios se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) y en el análisis de la tendencia de la curva de los tratamientos se utilizó la prueba de polinomios ortogonales.

El modelo matemático correspondiente a un DCA (Diseño Completamente al Azar) es lo siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : j – ésima observación en el estudio.

μ Media general.

τ_i : Efecto del i-ésimo tratamiento en estudio.

ε_{ij} : Efecto del error experimental.

$i = I \sim 3$

$j = I \sim 4$

Tabla 5. Análisis de varianza.

Fuentes de variabilidad	Grados de libertad
Tratamientos	3
Error Experimental	9
Total	11

3.8.2. Pruebas no paramétricas.

Para el análisis de características sensoriales de sabor, aroma, color, y grado de aceptación de los filtrantes obtenidos de la cascarilla de cacao, el panel de degustación estuvo conformado por 20 jueces no entrenados.

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó la prueba no paramétrica Friedman (CHI-CUADRADO), expresada mediante la siguiente ecuación matemática:

$$X^2 = \frac{12}{b \cdot t(t+1)} \sum R\,2 - 3b(t+1)$$

Donde:

X^2 = Chi cuadrado. t = Tratamientos.

R = Rangos. b = Degustadores.

3.9. Tipo y nivel de Investigación.

3.9.1. Tipo de investigación.

Es una investigación aplicada, ya que esta ejecuta el planteamiento teórico, para generar oportunidades en el sector agroindustrial.

3.9.2. Nivel de investigación.

Experimental, porque la presente investigación está orientada a descubrir la validez de un hecho para la modificación de una situación problemática.

3.9.3. Población y muestra.

La muestra es la cascarilla de cacao obtenida de una población de 30 Kg de granos secos de cacao provenientes de la Cooperativa Agraria ACATPA del distrito de Irazóla, en la provincia de Padre Abad. Cada 10 Kg de granos de cacao correspondió un tratamiento, con 4 repeticiones de 2.5 Kg, los cuales fueron tostados y descascarillados, obteniéndose el 12% en cascarilla, mismas que se utilizaron para la investigación.

3.10. Medición de las variables independientes y dependientes.

3.10.1. Variables independientes.

T_1 = Temperatura de tostado de los granos secos de cacao (°C).

T_{11}: 120°C.

T_{12}: 130°C.

T_{13}: 140°C.

3.10.2. Variables dependientes.

- Análisis fisicoquímico de la cascarilla de cacao: % humedad, pH y % Acidez Titulable.

- Determinación de la capacidad antioxidante IC50 (mg/mL), cuantificación de polifenoles totales (g EAG/100g) y antocianinas (mg cianidina-3-glucosido/100 mL) de la cascarilla de cacao.

- Determinación de la capacidad antioxidante IC50 (mg/mL), cuantificación de polifenoles totales (g EAG/100g) y antocianinas (mg cianidina-3-glucosido/100 mL) de los filtrantes de la cascarilla de cacao.

- Características organolépticas de los filtrantes de cascarilla de cacao: Sabor, aroma, color y grado de aceptación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Características físico–químicas de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado.

4.1.1. Contenido de Humedad de la cascarilla de cacao.

El contenido de humedad de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado a 120 °C, 130 °C, y 140 °C, se presenta en la Figura 3 y Tabla 6. Realizado el análisis de la variancia se encontró que existen diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos estudiados; la prueba de promedios de Tukey (P≤0.05) nos muestra que el tratamiento de tostado a 140 °C presenta el menor contenido de humedad de 3.81 %, con respecto a los otros dos tratamientos; los tratamientos de tostado a 120 °C y 130 °C, tienen un contenido de similar siendo estos de 4.44 % y 4.45 % respectivamente, con (R2=0.88 y CV=3.14); Tabla 7. La tendencia de la curva del contenido de humedad con respecto a la temperatura de tostado nos muestra que existe unan tendencia cuadrática altamente significativa, demostrándose que a temperaturas de 120 °C y 130 °C se mantiene estable, pero a una temperatura de 140 °C esta disminuye significativamente. Anexo 01-A.

De acuerdo con Diaz y Pilozo (2017), en un estudio realizado sobre la “Determinación del efecto antioxidante de la cascarilla de cacao en polvo sobre la lipoperoxidación en sistemas bilógicos”, obtuvieron una humedad de 4.76%, valor que es similar a los reportados por Soto (2012), que fue de un rango que varía desde 3.45 a 5.07%. De tal manera que estos resultados se ajustan según la Norma Técnica peruana (ITINTEC 1984), donde menciona que uno de los parámetros importantes de calidad para los filtrantes es tener una humedad no mayor del 10%. De acuerdo a la normativa, se demuestra que los resultados obtenidos de los tres tratamientos en estudio tienen una humedad por debajo a lo que indica el requerimiento y demostrando que son hábiles para utilizarse como material para filtrantes y que estos se asemejan a los ya indicados.

Así mismo Sangronis *et al.* (2014), indica que mientras más bajo sea la humedad de la cascarilla de cacao esto beneficia en la calidad microbiológica ajustada a la norma y la ausencia de ocratoxina del género Aspergillus (Arévalo *et al.* 2004).

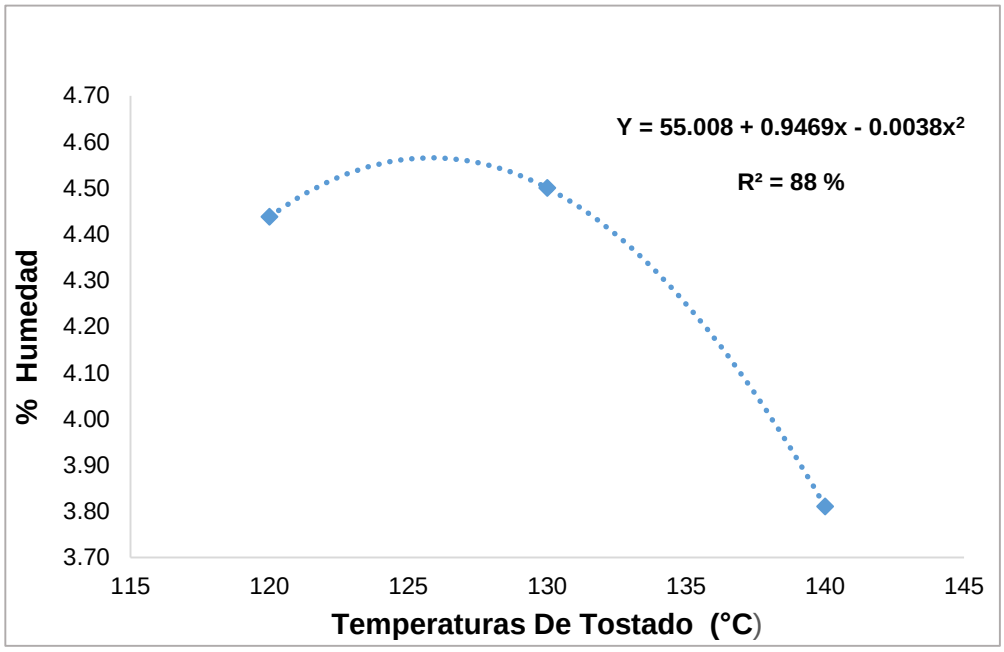


Figura 3. Contenido de humedad en porcentaje de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú.

4.1.2. El pH de la cascarilla de cacao.

El pH de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado a 120 °C, 130 °C y 140 °C se presenta en la Figura 4 y Tabla 6. Realizado el análisis de la variancia se encontró que existen diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos estudiados; la prueba de promedios de Tukey (P≤0.05) nos muestra que el tratamiento de tostado a 120 °C tiene un pH de 4.69, el tratamiento de tostado a 130 °C, un pH de 4.72 y el tratamiento de tostado a 140 °C, su valor de pH fue ascendiendo a 4.91. Con (R^2= 0.99 y CV=0.25); Tabla 7. La tendencia de la curva con respecto al pH de la cascarilla a diferentes temperaturas de tostado muestra que existe una tendencia cuadrática altamente significativa, mostrándonos que a temperaturas de 120 °C y 130 °C este se mantiene casi constante, sin embargo, a una temperatura de 140 °C el pH de la cascarilla se eleva significativamente. Anexo 01-A.

Los valores obtenidos en la investigación difieren con los resultados obtenidos por Tapia (2015), quien en un estudio realizado sobre el aprovechamiento de residuos agroindustriales de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L*.) Variedad arriba y CCN-51 para elaboración de infusión, determinó que el pH de la cascarilla del clon CCN-51 obtenido a una temperatura de tostado de 140 °C tiene un valor promedio de 6.79. De acuerdo con Contreras *et al*. (2004), la variación de los valores de pH puede estar relacionado con el genotipo y lugar de procedencia de los granos.

Así mismo Alegría (2015), explica que durante el proceso de tostado el pH se incrementa debido a la volatilización del ácido acético. Según Sánchez (2007), menciona que la presencia de este ácido se produce durante el proceso de fermentación de los granos de cacao y que al respecto la testa es permeable al ácido acético que penetra sobre esta hasta llegar al embrión.

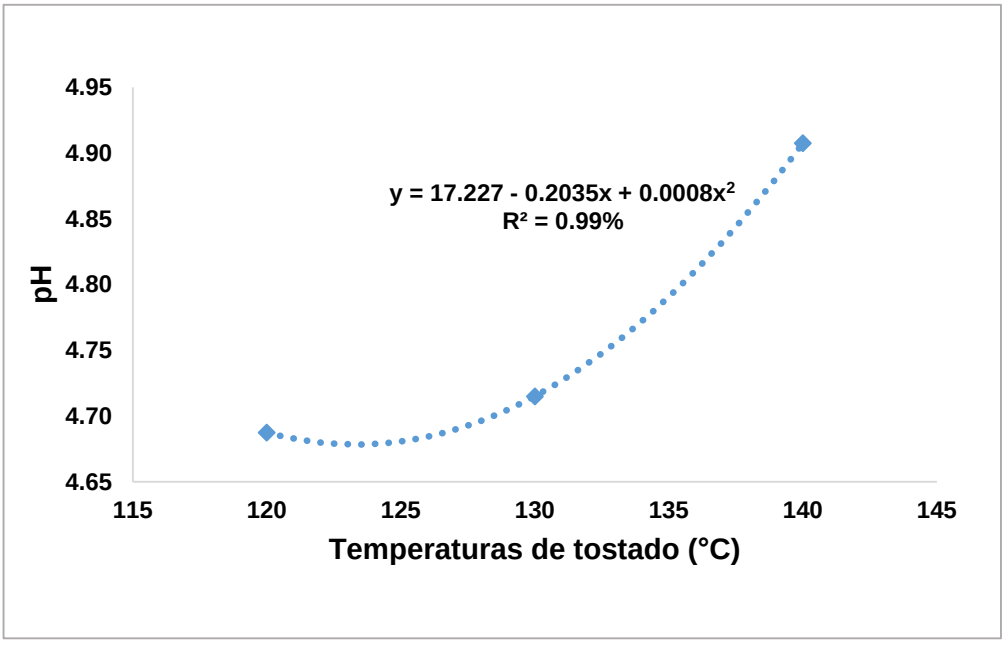


Figura 4. Valor de pH de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú.

4.1.3. Acidez titulable de la cascarilla de cacao.

Se determinó la acidez titulable de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado de 120 °C, 130 °C, y 140 °C, que se presentan en la Figura 5 y Tabla 6. Realizado el análisis de la variancia se encontró que existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados; la prueba de promedios de Tukey (P≤0.05) nos muestra que el tratamiento de tostado de la cascarilla a 120°C de 1.75% es igual al porcentaje de acidez titulable del tratamiento de tostado a 130 °C de 1.4 % sin embargo, con respecto al tratamiento de tostado de 140 °C de 1.1 %, este es significativamente inferior al tratamiento de tostado de 120 °C. Con (R^2= 0.68 y CV=14.69), mostrado en el Tabla 7. Respecto a la tendencia de la curva de la acides titulable, esta muestra una respuesta lineal negativa altamente significativa, disminuyendo el porcentaje de acidez de la cascarilla a medida que la temperatura de tostado va ascendiendo. Ver Anexo 01-A.

De acuerdo con Misnawi *et al*. (2004), un tostado a alta temperatura y un menor tiempo disminuye la acidez e incrementa los olores y sabor a chocolate. Según Alegría (2015), cuando disminuye la acidez titulable aumenta el pH y esto se debe a que existe menor presencia de ácidos orgánicos. También señala que, durante el proceso del tostado se producen reacciones de cambios en la composición de los ácidos orgánicos (acético, láctico y cítrico), esto coincide con Braudeau (1981), quien indica el tostado elimina en parte la acidez acética del cacao. Estos antecedentes concuerdan con el comportamiento de los valores de porcentaje de acidez obtenidos en la investigación, ya que se puede apreciar claramente en la figura 5; que a mayor temperatura de tostado hay una tendencia de descendiente el cual muestra que a medida que se utilizan altos tratamientos térmicos, esto disminuye la presencia de los ácidos orgánicos, que por efecto de la temperatura se volatilizan.

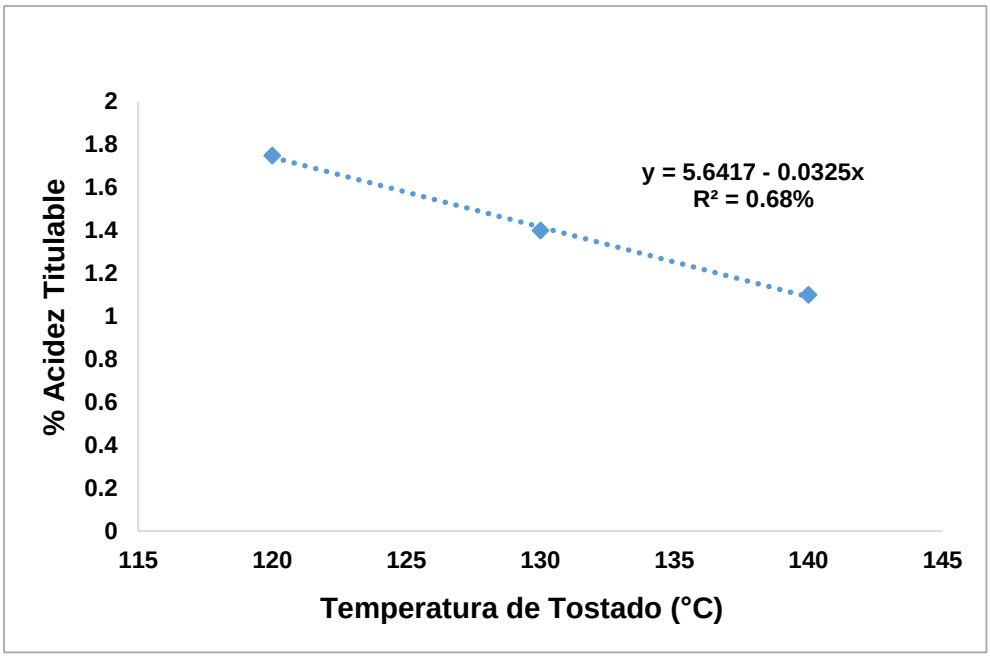


Figura 5. El porcentaje de acidez titulable de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú.

Tabla 6. Contenido de humedad, pH y acidez titulable de la cascarilla de cacao, bajo tres temperaturas de tostado, Pucallpa –Perú.

Tratamientos	Físicas	Químicas	
	Humedad (%)	pH	Acidez titulable (%)
T_1 = Cascarilla a 120 °C de tostado	4.44 a	4.69 c	1.75 a
T_2= Cascarilla a 130 °C de tostado	4.5 a	4.72 b	1.4 ab
T_3 = Cascarilla a 140 °C de tostado	3.81 b	4.91a	1.1 b

*Letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas, Tukey (P ≤ 0.05)

Tabla 7.Coeficiente de determinación, coeficiente de variabilidad y desviación estándar de las variables analizadas.

Variable	R^2	CV	S
Humedad (%)	0.88	3.14	0.13
pH	0.99	0.25	0.012
Acidez titulable (%)	0.68	14.69	0.21

4.2. Determinación de la capacidad antioxidante, cuantificación de polifenoles totales y antocianinas de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado.

4.2.1. Determinación de la capacidad antioxidante de la cascarilla de cacao.

Se determinó la capacidad antioxidante de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado de 120 °C, 130 °C, y 140 °C, que se presentan en la Figura 6 y Tabla 9. Realizado el análisis de la variancia se encontró que existen diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos estudiados; la prueba de promedios de Tukey ($P \leq 0.05$) nos muestra que el tratamiento de tostado a 120 °C presenta alta capacidad antioxidante ya que mostró mayor eficiencia para inhibir de radical DPPH con un resultado de 0.33 IC50 (mg/mL), mientras en el tratamiento de tostado a 130 °C y 140 °C, se obtuvo 0.43 y 0.59 IC50 (mg/mL). Con (R^2= 0.99 y CV=3.17), mostrado en el Tabla 10. El análisis de la curva nos muestra que existe una tendencia lineal hasta una temperatura de tostado de 130 °C, y a partir esta temperatura de tostado se presenta un punto de inflexión por lo que la curva se vuelve cuadrática, lo que indica que a mayor temperatura de tostado los compuestos antioxidantes de la cascarilla pierden su capacidad de inhibición al radical DPPH. Ver Anexo 01-A.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación son similares a los valores reportados por Tolentino (2014), quien demostró que la cascarilla de cacao procedente de San Alejandro en la provincia de Padre Abad, tiene una actividad antioxidante de 0.26 IC50 (mg/mL). Asimismo, Carpio (2014), determino que la concentración de la actividad antioxidante en la cascara de cacao por el método DPPH se encuentra en un rango de 0,37 a 0,71 µM de Trolox/g.

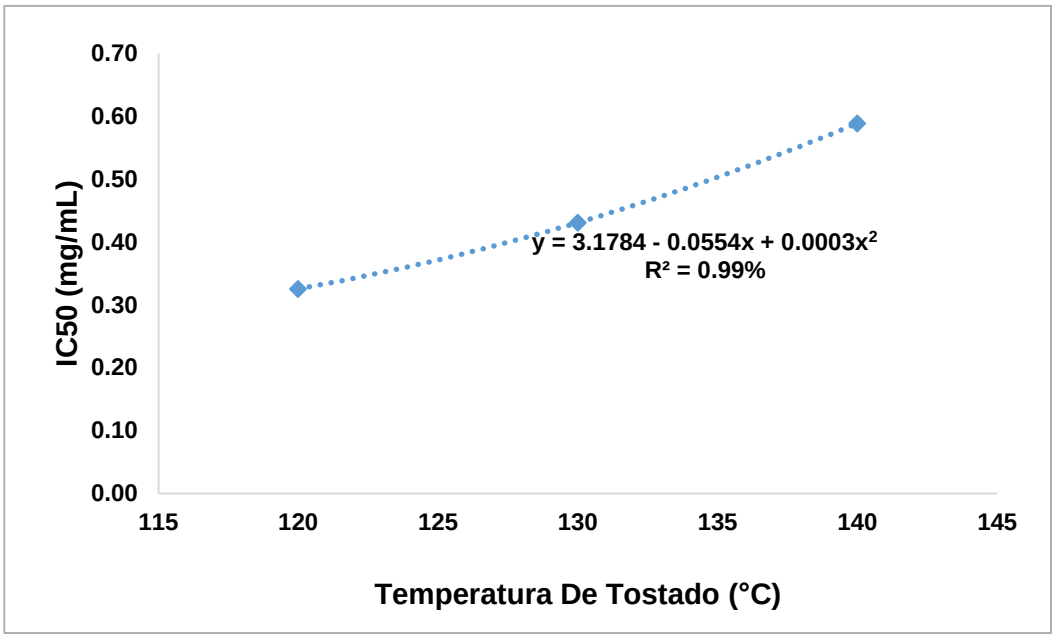


Figura 6. La capacidad antioxidante expresado en IC50 de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú.

4.2.2. Determinación de curva estándar y cuantificación de polifenoles totales de la cascarilla de cacao.

En el Tabla 8 y Figura 7; se pueden observar cómo se estableció la una curva patrón el cual fue elaborado en base al ácido gálico, las diluciones estuvieron comprendidas desde 0.1 a 1 µg/mL y fue leído a 700 nm. Para la curva estándar se utilizó el ácido Gálico, ya que este es considerado un ácido fenólico natural soluble en agua muy empleado como estándar para curvas de calibración para cuantificar polifenoles totales (Aguilar *et al*. 2007).

Tabla 8. Lectura de las absorbancias para la curva estándar de polifenoles.

Concentración (µg//mL)	Absorbancia (700 nm)
1	0.976
0.8	0.814
0.6	0.623
0.4	0.435
0.2	0.194
0.1	0.092

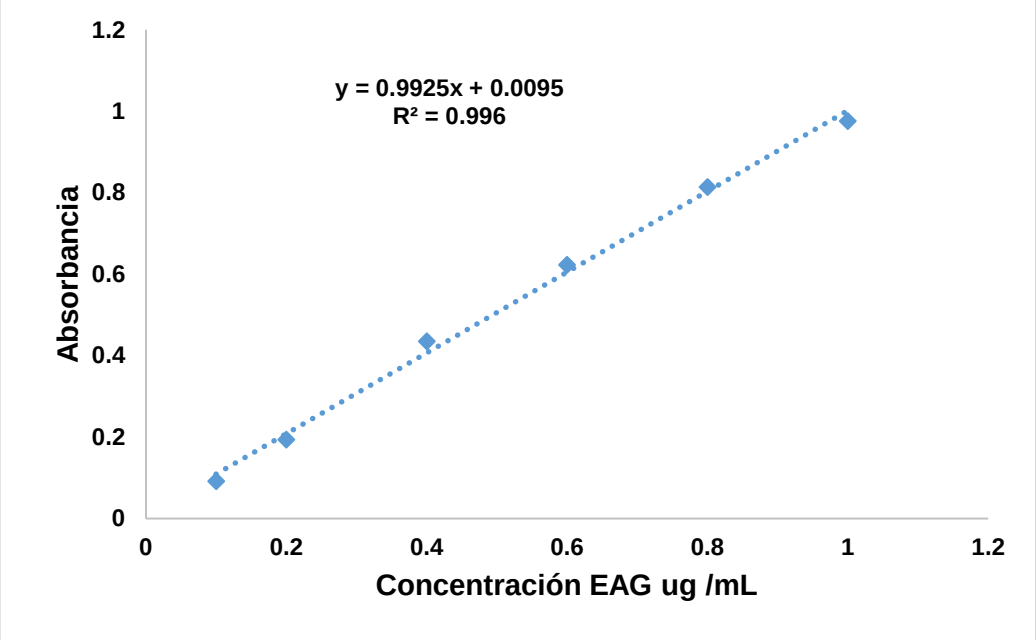


Figura 7.Comportamiento de la curva estándar de ácido gálico para la cuantificación de polifenoles totales.

En atención a lo anterior se cuantifico los polifenoles totales de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado de 120 °C, 130 °C, y 140 °C, que se presentan en la Figura 8 y Tabla 9. Realizado el análisis de la variancia se encontró que existen diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos estudiados; la prueba de promedios de Tukey (P≤0.05) nos muestra que el tratamiento de tostado a 120 °C tiene mayor contenido de polifenoles con un resultado de 0.55 g EAG/100 g, mientras que en el tratamiento de tostado a 130 °C y 140 °C tienen un contenido similar de 0.41 y 0.35 g EAG/100 g. Con (R^2= 0.85 y CV=8.75); Tabla 10. El análisis de la curva nos muestra que existe una tendencia cuadrática de regresión significativa, lo que indica que a mayor temperatura de tostado los polifenoles van degradándose. Anexo 01-A.

Los resultados obtenidos en este estudio el contenido de polifenoles son mayores a los encontrados por Franco y Suárez (2014), en sus estudios realizados sobre la “Determinación del contenido de polifenoles y actividad antioxidante de una bebida láctea elaborada a base de residuos agroindustriales de cacao, café y naranja”, quienes determinaron que la cascarilla de cacao contiene 4.55 mg GAE/100 g.

Por otro lado, Tolentino (2014) reporta valores superiores de 2.67 – 3.73 g GAE/100 g. Para Condori (2015), esta variabilidad se produce por efecto de la temperatura de tostado, ya que durante este proceso se pierden polifenoles.

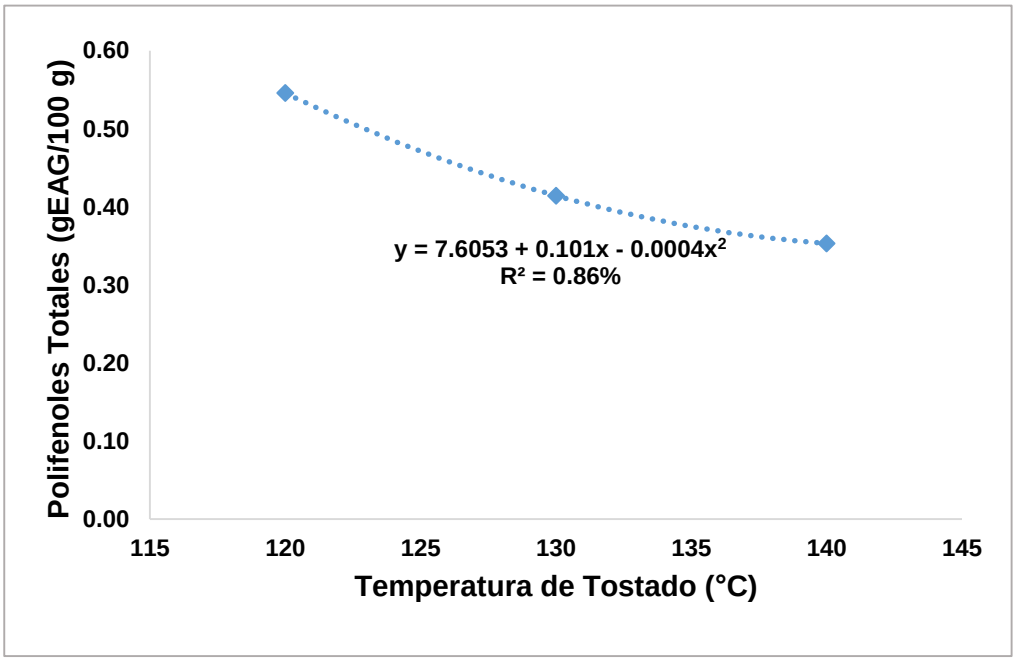


Figura 8. Contenido de polifenoles totales de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú.

4.2.3. Cuantificación de antocianinas de la cascarilla de cacao.

Se realizó la cuantificación de antocianinas de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado de 120 °C, 130 °C, y 140°C, que se presentan en la Figura 9 y Tabla 9. Realizado el análisis de la variancia se encontró que existen diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos estudiados; la prueba de promedios de Tukey (P≤0.05) nos muestra que el tratamiento de tostado a 120 °C tiene mayor contenido de antocianinas con un resultado de 68.69 mg Cyd-3-glu /100 g, posteriormente tratamiento de tostado a 130 °C y 140 °C que tienen 50.11 y 41.34 mg Cyd-3-glu/100 g respectivamente. Con (R^2= 0.98 y CV=3.60), mostrado en el Tabla 10. El análisis de la curva nos muestra que existe una tendencia cuadrática de regresión significativa, lo que indica que a mayor temperatura de tostado las antocianinas van degradándose. Ver Anexo 01-A.

La cantidad de antocianinas encontrados en el estudio en las diferentes temperaturas de tostado fueron superiores a los reportados por Tolentino (2014), en sus estudios realizados sobre “compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de la cascarilla de granos de cacao (*Theobroma cacao L*.) tostado y elaboración de un filtrante”, donde obtuvo resultados que varían de 0.58 a 0.25 mg cianidina-3-glucosido/g de acuerdo a lugar de procedencia.

De acuerdo con Markakis *et al.* (1957), indica que las altas temperaturas utilizadas en el proceso de tostado, afectan el contendido de antocianinas. Esto se debe al incremento de temperatura provoca la pérdida del azúcar glicosilante en la posición 3 de la molécula de apertura de anillo con la consecuente producción de chalconas (Astrid 2008); en atención a los reportes encontrados en este estudio las temperaturas utilizadas en el tostado de la cascarilla de cacao nos permitieron encontrar un alto contenido de antocianinas, comparado con los estudios que reporta la bibliografía.

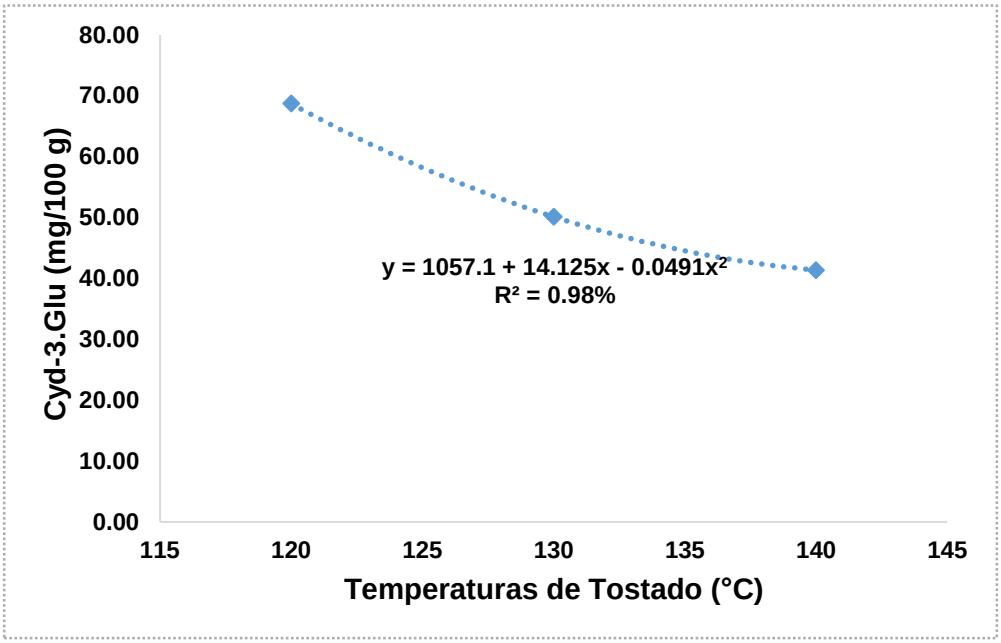


Figura 9. Contenido de antocianinas de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú.

Tabla 9. Capacidad antioxidante, polifenoles totales y antocianina de la cascarilla de cacao, Pucallpa, Perú.

Tratamientos	Actividad antioxidante IC50 (mg/mL)	Polifenoles Totales g EAG/100 g	Antocianinas mg Cyd-3-glu /100 g
T1 = Cascarilla a 120 °C de tostado	0.33c	0.55a	68.69a
T2 = Cascarilla a 130 °C de tostado	0.43b	0.41b	50.11b
T3 = Cascarilla a 140 °C de tostado	0.59a	0.35b	41.34c

*Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey (P ≤ 0.05).

Tabla 10. Coeficiente de determinación, coeficiente de variabilidad y desviación estándar de las variables analizadas.

Variable	R^2	CV	S
Capacidad antioxidante: IC50 (mg/mL)	0.99	3.17	0.01
Polifenoles Totales: gEAG/100 Ml	0.85	8.75	0.04
Antocianinas: Cyd-3-glu (mg/100 g)	0.98	3.60	1.92

4.3. Determinación de la capacidad antioxidante, cuantificación de polifenoles totales y antocianinas del filtrante de cascarilla de cacao.

4.3.1. Determinación de la capacidad antioxidante del filtrante de cascarilla de cacao.

Se determinó la capacidad antioxidante de la infusión de los filtrantes de cascarilla de cacao obtenido bajo tres temperaturas de tostado de 120 °C, 130 °C, y 140 °C, que se presentan en la Figura 10 y Tabla 11. Realizado el análisis de la variancia se encontró que existen diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos estudiados; la prueba de promedios de Tukey (P≤0.05) nos muestra que el filtrante del tratamiento de tostado a 120 °C presenta alta capacidad antioxidante ya que mostró mayor eficiencia para inhibir de radical DPPH con un resultado de 1.85 IC50 (mg/mL), con un valor similar se encuentra el filtrante del tratamiento de tostado a 130 °C que tiene 1.86 IC50 (mg/mL) y del tratamiento a 140 °C, se obtuvo 2.75 IC50 (mg/mL), el cual tiene menor capacidad de inhibición. Con (R^2= 0.95 y

CV=5.13). Tabla 12. El análisis de la curva nos muestra que existe una tendencia cuadrática de regresión altamente significativa, lo que indica que el filtrante obtenido del tratamiento de menor temperatura de tostado, posee mayor capacidad antioxidante. Ver Anexo 01-B.

Estos resultados siguen la misma tendencia del contenido de antioxidantes en la cascarilla de cacao, aunque en menor concentración, lo que nos sugiere que no todo el contenido del principio activo en la cascarilla es disponible al momento de la dilución en la infusión. La infusión de las muestras evaluadas, fueron preparas en 100 ml de agua caliente a una temperatura de 80 °C y un tiempo constante de reposo de la bolsa filtrante de 5 min. Según Reyes – Munguía *et al.* (2009), en sus estudios realizados reportaron que la actividad antioxidante del té de maguey morado se incrementa linealmente con aumento del tiempo de la infusión, aproximadamente 5 min.

Según Craig (1999), indica que las propiedades benéficas de las infusiones se deben a la acción antioxidante de fitoquímicos activos incluyendo compuestos polifenólicos que promueven la salud. Así mismo Wang *et al.* (2000) menciona que estos compuestos que se encuentran en las infusiones, se ven afectados por diversos factores como el pH, luz y oxígeno que degradan los compuestos activos; razón por la cual se recomienda que la infusión debe consumirse al momento de la preparación del filtrante.

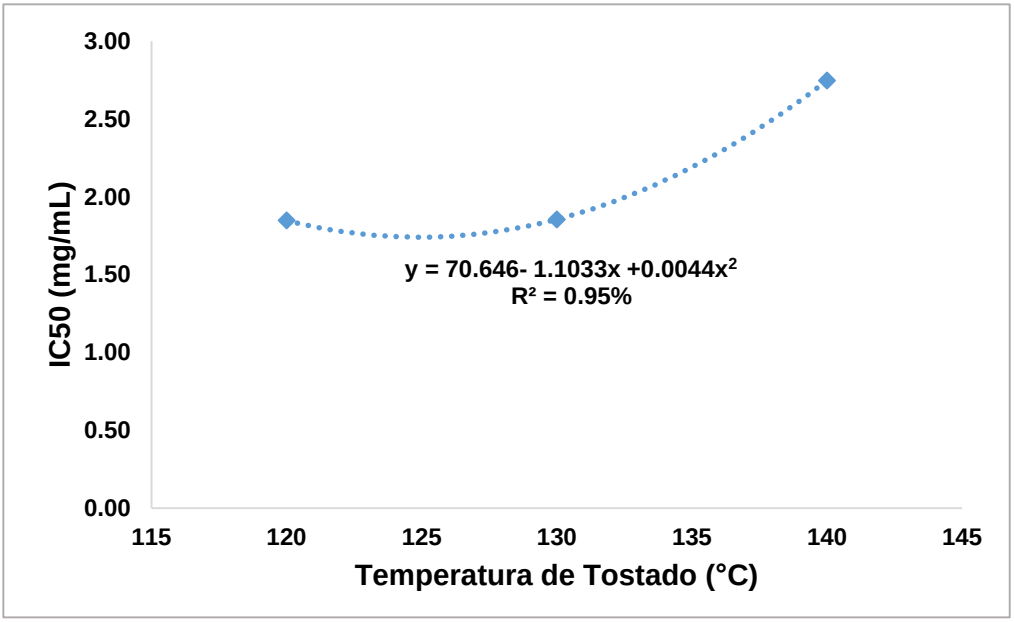


Figura 10. La capacidad antioxidante expresado en IC50 del filtrante de cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú.

4.3.2. Cuantificación de polifenoles totales del filtrante de cascarilla de cacao.

Se cuantifico polifenoles totales de la infusión de filtrantes de la cascarilla de cacao obtenido bajo tres temperaturas de tostado de 120 °C, 130 °C, y 140 °C, que se presentan en la Figura 11 y Tabla 11. Realizado el análisis de la variancia se encontró que existen diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos estudiados; la prueba de promedios de Tukey (P≤0.05) nos muestra que el filtrante obtenido del tratamiento de tostado a 120 °C tiene mayor contenido de polifenoles con un resultado de 0.28 g EAG/100 mL, mientras que en el tratamiento de tostado a 130 °C y 140 °C tienen un contenido de 0.24 y 0.18 g EAG/100 mL. Con (R^2= 0.96 y CV= 4.60), mostrado en el Tabla 12. El análisis de la curva nos muestra que existe una tendencia cuadrática de regresión significativa, lo que indica que el filtrante obtenido del tratamiento de mayor temperatura de tostado los polifenoles van degradándose. Ver Anexo 01-B.

Al igual que en el anterior indicador la tendencia de los resultados encontrados en la cascarilla es igual en el filtrante, aunque en menos concentraciones; según Feria *et al*. (2011), determinaron el contenido de polifenoles en té negro con un resultado de 0.8887 y 1.8225 g/L EAG y en té

verde 0.9476 y 1.678 g/L EAG. Comparando estos resultados, con el valor de polifenoles obtenido de la infusión de cascarilla de cacao, se puede determinar que esta bebida puede aportar un aproximado de 31% de los polifenoles que aporta el té negro y té verde.

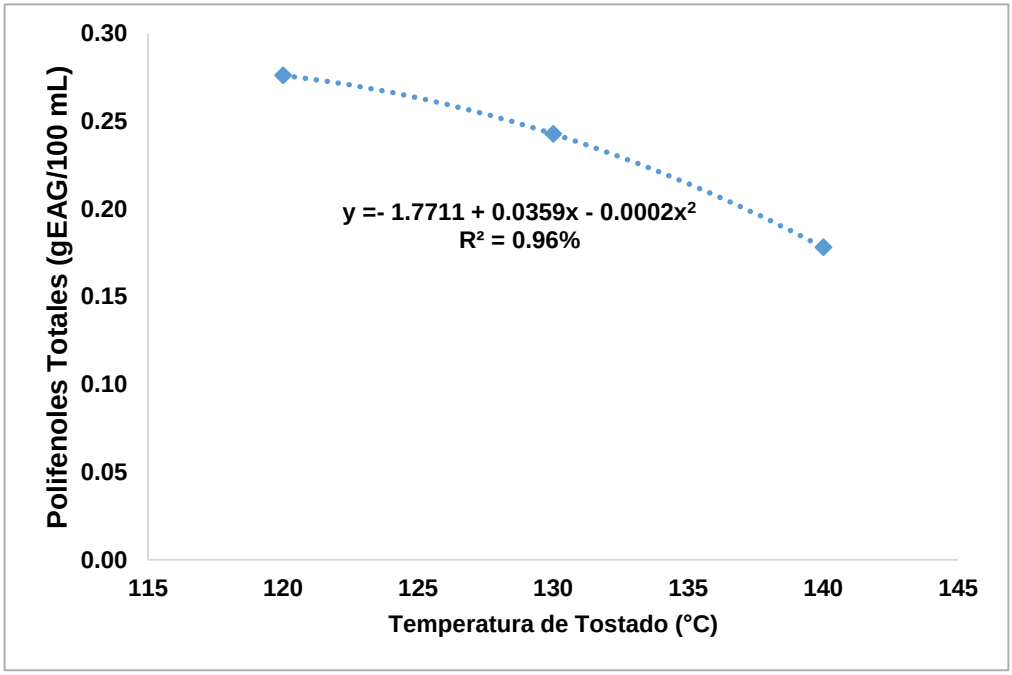


Figura 11. Contenido de Polifenoles Totales del filtrante de cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú.

4.3.3. Cuantificación de antocianinas del filtrante de cascarilla de cacao.

Se realizó la cuantificación de antocianinas de la infusión de filtrantes de la cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado de 120 °C, 130 °C, y 140 °C, que se presentan en la Figura 12 y Tabla 11. Realizado el análisis de la variancia se encontró que existen diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos estudiados; la prueba de promedios de Tukey (P≤0.05) nos muestra que el filtrante obtenido del tratamiento de tostado a 120 °C tiene mayor contenido de antocianinas con un resultado de 27.35 Cyd-3-glu (mg/100 mL) y en los filtrantes del tratamiento de tostado a 130 °C y 140 °C, se obtuvieron 23.38 y 18.16 Pigmentos monoméricos Cyd-3-glu (mg/100 mL) respectivamente. Con (R^2= 0.98 y CV=3.60), mostrado en el Tabla 12. El análisis de la curva nos muestra que existe una tendencia lineal de

regresión altamente significativa, lo que indica que el producto obtenido de mayor temperatura de tostado las antocianinas van degradándose. Ver Anexo 01-B.

Según Villanueva-Tiburcio *et al.* (2010), evaluó el contenido de antocianinas en la cascara de camu camu en estado maduro obteniendo un resultado de 46.42 cianidina 3-glucosido (mg/L), superior a los valores determinados en el filtrante de cascarilla de cacao.

Según Chávez (2012), en sus estudios realizados sobre Polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) durante el procesamiento del licor y polvo de cacao, indica que el mayor contenido de antocianinas encontrado se centra en el grano de cacao con 1490 mg cianidina-3-glucósido/g y el menor fue en grano molido con 0.074 mg cianidina -3-glucósido/g. Considerando estos resultados la cascarilla de cacao aprovechado en filtrante, propiamente consumida en infusión, posee un 1.84% con respecto al grano de cacao, pudiéndose así recomendar e incentivar la producción y consumo de filtrantes de cascarilla de cacao.

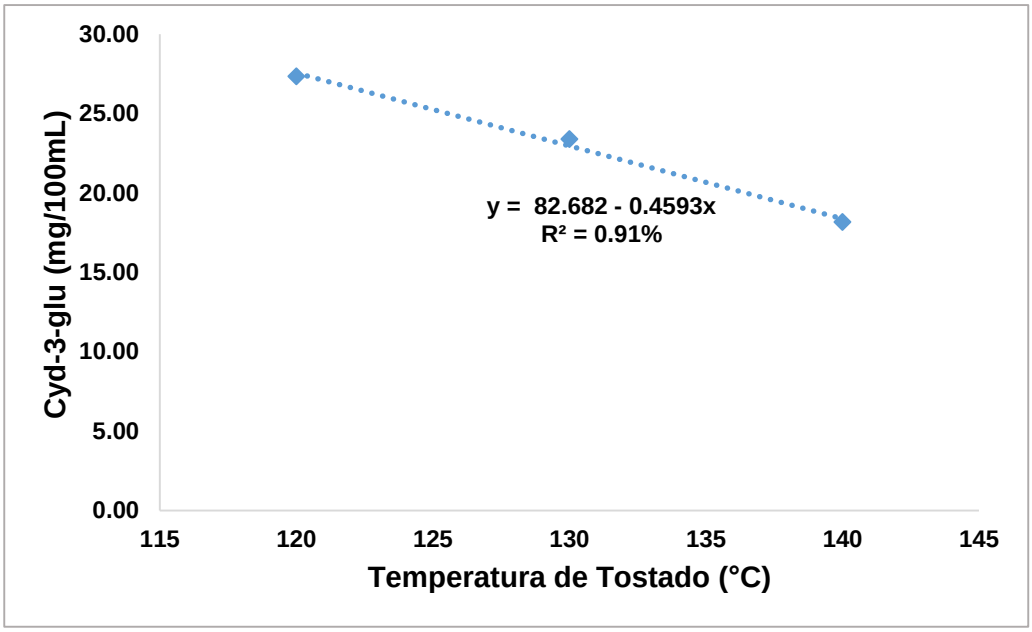


Figura 12. Contenido de antocianinas del filtrante de cascarilla de cacao bajo tres temperaturas de tostado. Pucallpa, Perú.

Tabla 11. Capacidad antioxidante, polifenoles totales y antocianina del filtrante de cascarilla de cacao, Pucallpa-Perú.

Tratamientos	Actividad antioxidante IC50 (mg/mL)	Polifenoles Totales g EAG/100 mL	Antocianinas Cyd-3-glu (mg/100 mL)
T1 = Cascarilla a 120 °C de tostado	1.85b	0.28a	27.35a
T2 = Cascarilla a 130 °C de tostado	1.86b	0.24b	23.38b
T3 = Cascarilla a 140 °C de tostado	2.75ª	0.18c	18.16c

*Letras iguales no presentan diferencias significativas. Tukey (P ≤ 0.05)

Tabla 12. Coeficiente de determinación, coeficiente de variabilidad y desviación estándar de las variables analizadas.

Variable	R^2	CV	S
Capacidad antioxidante: IC50 (mg/mL)	0.95	5.13	0.11
Polifenoles Totales: gEAG/100 mL	0.96	4.02	0.01
Antocianinas: Cyd-3-glu (mg/100 mL)	0.91	5.88	1.35

4.4. Evaluación sensorial de los filtrantes de cascarilla de cacao.

Para la evaluación de las características sensoriales de los filtrantes obtenidos de cada tratamiento (temperatura de tostado de 120, 130 y 140 °C), se realizó una degustación con un panel conformado de 20 jueces no entrenados, quienes evaluaron los diferentes atributos (sabor, aroma, color y grado de aceptación) con una escala del 1 al 5 (desde “muy desagradable” a “muy agradable”). Los resultados obtenidos se analizaron mediante la prueba no paramétrica de Friedman.

La finalidad de evaluación de los atributos de sabor, aroma, color y grado de aceptación de los filtrantes, es determinar si existen diferencias entre ellas y al mismo tiempo nos permite conocer si el producto es aceptable para su consumo. De acuerdo a la prueba de Friedman para las características sensoriales con respecto al atributo de sabor de los filtrantes de cascarilla de cacao, se ha demostrado que el filtrante del tratamiento de tostado a 120 °C

tuvo mejor puntaje de evaluación con una media (Md= 4.0), seguido del tratamiento de tostado a 140 °C con una media (Md= 3.8) y el tratamiento de tostado a 130 °C, que obtuvó el menor puntaje de evaluación con una media (Md= 3.5), además un valor de Chi cuadrado (X^2=3.193), con una P valor (P>0.05). Anexo 02; la relación al atributo del aroma de los filtrantes de cascarilla de cacao, se ha demostrado que el filtrante del tratamiento de tostado a 120 °C tuvo mejor puntaje de evaluación con una media (Md= 4.4), seguido del tratamiento de tostado a 140 °C con una media (Md= 4.2) y el tratamiento de tostado a 130 °C, que obtuvó un puntaje similar de evaluación con una media (Md= 3.7), además un valor de Chi cuadrado (X^2=10.36), con una P valor (P≤0.05) y finalmente al atributo de color de los filtrantes de cascarilla de cacao, se ha demostrado que el filtrante del tratamiento de tostado a 140 °C tuvo mejor puntaje de evaluación con una media (Md= 4.2), seguido del tratamiento de tostado a 120 °C con una media (Md= 3.9) y el tratamiento de tostado a 130 °C, que obtuvó el menor puntaje de evaluación con una media (Md= 3.5), además un valor de Chi cuadrado (X^2=11.231), con una P valor (P≤0.05).

En caso del atributo de grado de aceptación de los filtrantes de cascarilla de cacao, se ha demostrado que el filtrante del tratamiento de tostado a 120 °C tuvo un puntaje de evaluación con una media (Md= 4.0), al igual el tratamiento a 140 °C, que obtuvo una media (Md= 4.0) y el tratamiento de tostado a 130 °C, obtuvo el menor puntaje de evaluación con una media (Md= 2.9), además un valor de Chi cuadrado (X^2=19.182), con una P valor (P≤0.05).

Por lo tanto, se puede apreciar que la infusión preparada con la cascarilla tostada a temperatura de 120 °C fue la que tuvo diferencias significativas con los otros dos tratamientos en los atributos de sabor, aroma y grado de aceptación, aunque este último no presenta diferencias significativas con la infusión de la cascarilla tostada a 140 °C. Este resultado también se ajusta a las propiedades benéficas de actividad antioxidante, contenido polifenoles y antocianinas, por lo que se sugiere aprovechar la cascarilla de cacao para su consumo como infusión en su presentación como filtrante.

Estos resultados coinciden con Tapia (2015) quien indica en su investigación, que la infusión de cascarilla de cacao posee propiedades sensoriales (aroma, sabor, color y aceptabilidad) que influyen favorablemente al momento de ser evaluado por los catadores, quienes demuestran el producto es apto para su consumo.



Figura 13. Valores medio de los atributos de los filtrantes de cascarilla de cacao con un valor (P≤0.05).

V. CONCLUSIONES.

De acuerdo a la presente investigación sobre la “Influencia de la temperatura de tostado en la capacidad antioxidante de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L*.) clon CCN-51 aprovechado para elaborar filtrante”, se concluye que:

- La cascarilla del tratamiento de tostado a 120 °C presentó mejor capacidad antioxidante con respecto al radical DPPH con 0.33 IC50 mg/mL, disminuyendo su actividad a medida que se elevaba la temperatura; para los tratamientos de 130 ºC y 140 ºC.

- La cascarilla de cacao del tratamiento de tostado a 120 ºC fue el que presento mayor contenido de polifenoles con 0.55 g AGE/100 g y antocianinas con 68.69 mg cianidina -3- glucosido/100 mL.

- El mejor filtrante de los tratamientos estudiados, es la cascarilla de cacao obtenido de la temperatura de tostado a 120 °C, quien mostró mejor capacidad de inhibir el radical DPPH con 1.85 IC50 mg/mL, mayor contenido de polifenoles con 0.28 g AGE/100 mL y antocianinas con 27.35 mg cianidina-3-glucosido/100 mL, además presentó mayor calificación en sabor, aroma y grado de aceptación.

VI. RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación sobre la influencia que tiene las temperaturas de tostado en la cascarilla de cacao para su aprovechamiento en filtrantes, se plantea las siguientes recomendaciones:

- Tostar los granos de cacao a temperaturas no mayor de 130 °C, para conservar en máximo las propiedades antioxidantes de la cascarilla de cacao.

- Realizar un estudio de mercado para poder definir un posible segmento de mercado y a la vez promover el consumo de filtrantes de cascarilla de cacao e incentivar que empresas pequeñas y medianas, optimicen el aprovechamiento de este residuo industrial.

- Estudiar el comportamiento de los polifenoles de la cascarilla de cacao en almacenamiento, por un periodo de tiempo y determinar si estos se pierden.

- Desarrollar otras investigaciones en la que implique la utilización del mucilago de cacao para la obtención de otros subproductos.

VII. LITERATURA CITADA.

Agbor, G; Vinson, J; Donnelly, P. 2014. Folin-Ciocalteau reagent for polyphenolic assay description of folin ciocalteau reagent. *International journal of food science nutrition and dietetics int j food sci nutr diet. 3*(38):147–156. Consultado 10 ene. 2017. Disponible en http://doi.org/10.19070/2326-3350-1400028.

Aguilar, C; Rodríguez-Herrera, R; Gutiérrez-Sanchez, G; Augur, C; Favela-Torres, E; Prado-Barragán, L; Ramírez-Coronel, A; Contreras-Esquivel, J. 2007. Microbial tannases: advances and perspectives. Applied Microbiology and Biotechnology. (1): 47-59. Consultado 15 ene. 2017. Disponible en http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2015/fac675d/doc/fac675d.pdf.

Ahmad, I. 2001. Some methodological problems in the determination of antioxidants activity using chromogen radicals: a practical case. Viewpoint. Food Science and Technology. New York, USA. 3(11): 419 – 421.

Alarcón, A. 2017. “Cascarilla del grano de cacao (Theobroma Cacao L.) en raciones de crecimiento, acabado para cerdos.” Rev. Científica Ing. Ciencia, Tecnol. e Innovación.4 p.

Alegría, E. 2015. Evaluación de tratamientos previos al proceso de tostado de semillas de cacao para el diseño del área de producción de pasta de cacao *(Theobroma caco).* Tesis Ing. Ciudad de Quito, Ecuador, EPN. 1 p.

AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist: 5 ed. Vol. II.

Arévalo, E; Zúñiga, LB; Arévalo, CE; Adriazola del Águila, J. 2004. Cacao. manejo integrado del cultivo y transferencia de tecnología en la amazonía peruana. 1ra ed. Chiclayo, Perú. Impresiones Castillo SA. p. 18, 19, 119, 121.

Arrate, L. 2007. Antioxidantes en alimentación: Diferentes formas de expresar su Actividad antioxidante. Tipos de unidades y métodos de Análisis. p. 419 – 421.Barcelona.

Astrid, G. 2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos. Universidad Nacional de Colombia, departamento de química. Bogotá, Colombia. 13(3):27-36.

Augstburger, F; Berger, J; Censkowsky, U; Heid, P; Milz, J; Streit, C. 2000. Cacao. In Agricultura Orgánica en el Trópico y Subtrópico. 1era. ed. Grafelting, Alemania: Naturland. Consultado 10 feb. 2017. Disponible en http/www.naturland.de/fileadmin/MDB/documents/Publication/Español/cacacao.pdf

Badui, D. 2006. Química de los Alimentos. Editorial Pearson Educación, México.

Batista, L. 2009. El cultivo de Cacao. 1 ed. Santo Domingo, República Dominicana: CEDAF. 63p. Consultado 10 ene. 2017. Disponible en: http:/www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/dowload/cacao.pdf

Braudeau, J. 1981. El Cacao Colección Agricultura Blume. Barcelona, España. 279 p.

Brand-Williams, W; Cuvelier, M; Berset, C.1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity.Lebensm.Wiss.Technol. p. 22, 25-30.

Calderón, D. 2004. Caracterización y evaluación de accesión de cacao Amazónico con énfasis en su comportamiento sanitario y productivo. Tesis Ing. Ciudad de Babahoyo, UTB. 79 p.

Carpio, J. 2014. Subproductos de cacao como fuente de compuestos antioxidantes. Tesis Ing. Ciudad de Loja, Ecuador, UTPL. 75 p.

Chang, C-H; Lin, H-Y; Chang, C-Y; Liu, Y-C. 2006. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. *Journal of Food Engineering*. (77):478–485. Consultado 10 feb. 2017. Disponible en http://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.061.

Chavéz Rivera, R. 2012. Polifenoles totales, antocianinas y capacidad antioxidante (dpph y abts) durante el procesamiento del licor de cacao y polvo de cacao. Tesis. Ing. Ciudad de Tingo María, Perú, UNAS. P 50 – 55. Consultado 18 ago. 2018. Disponible en http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/288/FIA-206.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Condezo, L. 2002. Curso de Especialización. Tingo María, Perú, UNAS. p.120– 132.

Condori, D. 2015. Optimización del manejo pos cosecha del cacao proveniente de La Convención (Cusco) para el mejoramiento de su calidad organoléptica y del contenido de fotoquímicos beneficiosos para la salud. Tesis Mg. Ciudad de Lima, Perú, UCH.

Constantino, M; Gómez, R; Álvarez, J; Pat, J; Elda, G. 2011. Efecto de la inoculación de azotobacterchroococcum y glomusintraradices en el crecimiento y nutrición de plántulas de papaya en fase de vivero. Revista agrónoma costarricense. p.35.

Contreras, C; Ortiz, L; Graziani, L; Parra, P. 2004. Fermentadores para cacao usados por los productores de la localidad de cumboto. Tesis ing. Ciudad de Caracas, Venezuela, UCV. 7 p.

Craig, W. 1999. Health promoting properties of common herbs. The American Journal of Clinical Nutrition. p.491 - 499.

Cuevas, A; Winterhalter, P. 2008. Análisis y caracterización de antocianinas en diferentes variedades de maíz boliviano. Cartagena, Colombia.

De Feria Cardet, F. 2011. Caracterización De La Composición Fenólica Y Capacidad Antioxidante Del Té (Camellia sinensis) En Productos De Diferentes Marcas Comercializadas en Chile. Tesis ing. Ciudad de Santiago, Chile, Universidad de Chile. 46p. Consultado 14 ago. 2018. Disponible en http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112291/Memoria%20de%20Titulo%20Francisco%20De%20Feria.pdf?sequence=1.

Delgado Vásquez, G. 2016. “Implementación de una planta productora y comercializadora de filtrantes de cascarilla de cacao en la ciudad de Arequipa. Tesis ing. Ciudad de Arequipa, Perú, UCSP. 6 p.

Deng, J; Cheng, W; Yang, G. 2011. A novel antioxidant activity index (AAU) for natural products using the DPPH assay. *Food Chemistry 125*(4): p.1430–1435. Consultado 20 ago. 2018. Disponible en: http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.031.

Dewanto, V; Wu, X. 2002. Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *50*(10): 3010–3014. Consultado 20 jul. 2018. Disponible en http://doi.org/10.1021/jf0115589.

Díaz, K; Pilozo, L. 2017. Determinación del efecto antioxidante de la cascarilla de cacao en polvo sobre la lipoperoxidación en sistemas bilógicos. Tesis Ing. Ciudad de Guayaquil, Ecuador, UG. 33 p.

Díaz, S; Pinoargote, M. 2012. Análisis de las características organolépticas del chocolate a partir de cacao CCN-51 tratado enzimáticamente y tostado a diferentes temperaturas. Tesis Ing. Ciudad de Guayaquil, Ecuador, ESPL. 65.p.

Enríquez, G. 1986. Curso sobre el cultivo del cacao. Turrialba, CR., Centro Agronómico Tropical de investigación y enseñanza. 240 p.

Espinosa, J; Mite, F; Cedeño, S; Barriga, S; Andino, J. 2006. Base especifica del sitio de gestión del cacao. Quito, Ecuador. Consultado el 22 de feb. 2018. Disponible en https://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/FCEDACEFDCAOE321/06-1p36.pdf.

Franco, G; Suárez, K. 2014. Determinación del Contenido de Polifenoles y Actividad Antioxidante de una Bebida Láctea Elaborada a Base de Residuos Agroindustriales de Cacao, Café y Naranja. Tesis Ing. Ciudad de Guayaquil, Ecuador, ESPOL. 45 p.

Fowler, M. 2009. Cocoa Beans: from Tree to Factory. In Industrial chocolate manufacture and use .4 ed. p. 10 - 47. Oxford, Reino Unido. John Wiley y Sons Ltd.

García, E. 2000. Infusiones y tisanas para sentirse bien. España.

Giusti, M; Wrolstad, R. 2001. Characterization and measurement whit UV-Visible Spectroscopy In: Current Protocols in Food Analtic Chemistry. New York.

Hall, H; Yuncong, L; Comerford, N; Arévalo, E; Zuñiga, L; Baligar, V; Popenoe, H. 2010. Cover crops after phosphorus soil fractions and organic matter accumulation in a Peruvian cacao.Agroforestry Systems (80): 447- 455.

ITINTEC. 1974. Bolsas filtrantes, requisitos. Norma Técnica Peruana. PE-209-040. Lima, Perú.

Jiménez, A. 2009. Comportamiento del contenido de linalool en almendras de cacao nacional comparadas con muestras originadas en Ghana y otros genotipos. Estación experimental tropical Pichilingue Programa nacional de cacao y café. INIAP.

Kim, H; Keeney, G. 1984. Método de análisis para el contenido de (-) – Epicatequina en granos fermentados y no fermentación de los granos de cacao. Tesis ing. Ciudad de Murcia, España, UM. 48 p.

Lemus, M; Graziani de Fariñas, L; Ortiz de Bertorelli, L; Trujillo de Leal, Y. 2002. Efecto del mezclado de cacaos tipos Criollo y Forastero de la localidad de Cumboto sobre algunas características físicas de los granos durante la fermentación. Agron. Trop. 52(1):45-58.

Lu, Y; Yeap Foo, L. 2000. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. Food Chem (68):81–85. Consultado 14 sep. 2017. Disponible en file:///C:/Users/Xavier/Downloads/applepomaceantioxidants.pdf.

Manach, C; Scalbert, A; Morand, C; Remesy, C; Jimenez, L. 2004. Polifenoles: fuentes de alimentos y biodisponibilidad. Instituto de Investigación en Ciencias de Alimentación. Madrid. España.

Markakis, G; Livingston and R.C., F; 1957. Quantitative aspects of strawberry pigment degradation. Food Research 22(2): 117-130.

Marquez, E. 2009. Contribución a la biología molecular de los genes antocianidina sintasa y sorbitol deshidrogenasa en cultivares criollos y trinitarios de Theobroma cacao L. Tesis Ing. Ciudad de Bogotá, Colombia, UA.

Mijail, A. 2010. Cultivo de Cacao. 1 ed. Lima, Perú. Editorial Macro.

Minifie, B. 1989. Chocolate, cocoa and Confectionery- Science and Technology .1 ed. Londres, Reino Unido. Chapman y Hall.

Misnawi, J; Jinap, S; Jamilah, B; Nazamid, S. 2004. Sensory properties of coca liquor as affected by polyphenol concentration and duration of roasting. Food Quality and preference, 15 (5):403 – 409.

Murcia, M. 2003. Polifenoles y flavonoides: su importancia en la prevención de enfermedades. En: Nuevos alimentos para nuevas necesidades. Madrid, España: Editorial Nueva Imprenta S.A. p.9 - 121.

Murillo, I. 2008. Evaluación de 2 dietas experimentales con diferentes niveles de cascarilla de cacao en las fases de crecimiento y acabado de cuyes de raza andina. Tesis Ing. Ciudad de Guayaquil, Ecuador, ESPOL.6 p.

MyO CONSULTING. 2008. Marco General de la Diversidad Genética del Cacao. In Estudio de Caracterización del Potencial Genético del cacao en el Perú. 1era. ed., Lima, Perú. MINAG. p. 4-21.

Navia, O; Pazmiño, P. 2012.Mejoramiento de las características sensoriales del cacao CCN-51 a través de la adición de enzimas durante el proceso de fermentación. Tesis Ing. Ciudad de Guayaquil, Ecuador, ESPOL.135 p.

Nogales, J; Graziani de Fariñas, N; Ortiz de Bertorelli, L. 2006. Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía Trop* 56(1): 5 – 20.

Noor-Soffalina, S; Jinap, S; Nazimad, S; Nazimah, S. 2009. Efect of polyphenol and pH on cocoa Maillard - related flavor precursors in lipidic model system. International Journal of Science & Technology (44): 101 – 105.

Pazmiño, D. 2013. Obtención de una infusión aromática a partir de la cascarilla de cacao de fino aroma. Tesis Ing. Quito, Ecuador, UTE. 4 p.

Pound, F. 1933. Criteria and methods of selection in cacao. Imperial College of tropical Agriculture, p. 27 – 29.

Ramirez J. 2013. Actividad antioxidante in vitro, determinación de polifenoles totales de raíz de physalis angulata. Tesis ing. Ciudad de Tingo María, Perú, UNAS.

Ramli, N; Hassan, O; Said, M; Samsudin, W; Idris, N. 2006. Influencia de las condiciones de tostado en el sabor volátil de tostar los granos de cacao de Malasia. Diario de procesamiento y conservación de alimentos (30): 280-298.

Reyes, M; Azúara, N; Beristain, C; Cruz, S; Vernon, E. 2009. Propiedades antioxidantes del maguey morado (Rhoeo discolor) Purple maguey (Rhoeo discolor) antioxidant properties. Journal of Food 7(3): 209- 216.

Ribeiro, V; Sacra, R. 2007. Estudio de la composición polifenólica de vinos tintos gallegos.

Rigel, J. 2005. Procedimiento del cacao para la fabricación de chocolate y sus subproductos. Centro nacional de investigación agrícola, Maracay, Estado de Aragua (6):1 - 4.

Sánchez, C. 2007. Caracterización organoléptica del cacao *(Theobroma cacao* L.), para la selección de árboles con perfiles desabor de interés comercial. Tesis Ing. Ciudad de Quevedo, Ecuador, UTEQ. 93 p.

Sánchez-Mora, F; Medina-Jara, S; Díaz-Coronel, G; Ramos-Remache, R; Vera-Chang, J; Vásquez-morán, V; Troya-mera, F; Onofre-nodari, F. 2015 .Potencial Sanitario y Productivo de 12 clones de cacao en Ecuador - Sanitary and Productive Potencial of 12 clones of cocoa in Ecuador. Rev. Filotecnia Mex. p. 265 – 274.

Sangronis, E; Soto, M; Valero, Y; Buscema, I. 2014. Cascarilla de Cacao Venezolano Como Materia Prima de Infusiones. Arch. Latinoam. Nutr. p. 123 – 130.

Schiess Bahamonde, R; González Alcívar, I; Chan Blanco, B; Y. 2016. Desarrollo y estudio de una infusión a base de cascarilla de cacao orgánico con enfoque agro empresarial en Ecuador.

Soto Pereira, M. 2012. Desarrollo del proceso de producción de cascarilla de semilla de cacao en polvo destinada al consumo humano. Bolivia, Tesis Ing. Ciudad de Sartenejas, Venezuela, USB. 42 p. Consultado 10 jul. 2018. Disponible en http://159.90.80.55/tesis/000155680.pdf.

Symonowicz, M; Sykula-Zajac, A; Lodyga-Chruścińska, E; Rumora, I; Straukas, M. 2012. Evaluation of polyphenols and anthocyanins contents in black chockeberry - Photiniamelanocarpa (Michx.) fruits extract. Acta Pol Pharm 69(3): 381 - 387.

Tapia, C. 2015. Aprovechamiento de residuos agroindustriales, cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) veriedad arriba y CCN-51 para la elaboración de infusión. Facultad de ciencia e ingeniería de Alimentos. Tesis Ing. Ciudad de Ambato, Ecuador, UTA. 55 p. Consultado 10 jul. 2018. Disponible en http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11981/1/AL%20574.pdf.

Tolentino, M. 2014. Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de la cascarilla de granos de cacao (Theobroma cacao L.) tostado y elaboración de un filtrante. Tesis Ing. Ciudad de Tingo María, Perú, UNAS. p. 44 – 48 Consultado 25 jul. 2018. Disponible en: http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1008/FIIA2015001.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Tovar del Rio, J. 2013. Determinación de la actividad antioxidante por dpph y abts de 30 plantas recolectadas en la ecoregion cafetera.

Vera, J; Vallejo, C; Párraga, D; Morales, W; Macías, J; Ramos, R. 2014. Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (Theobroma cacao L.) en el Ecuador. Artículo Científico Ciencia y Tecnología 7(2): 21-34. Consultado 16 may. 2018.Disponible en file:///C:/Users/Xavier/Downloads/DialnetAtributosFisicosquimicosYSensorialesDeLasAlmendras.pdf.

Villanueva-Tiburcio, J; Condezo, L; Asquieri, E. 2010. Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu- camu (Myrciariadubia (H.B.K) Mc Vaugh). Cienc. Tecnol. Aliment. Campinas, Brasil. 30(Supl.1):151-160.

Wang, L; Kim, D; Lee, Y. 2000. Effects of heat processing and storage on flavonols and sensory qualities of Green tea Beverage. Journal of Agricultural and Food Chemistry 48 (9): 4227-4232.

Wollgast, J; Anklam, E. 2000. Revisión de los polifenoles en Theobroma cacao: Cambios en la composición durante la fabricación del chocolate y metodología para la identificación y cuantificación. Food Research International. Universidad de Antioquia. Colombia.

Wood, G. 1991. A history of early cocoa introductions. Cocoa Growers Bulletin, p.13 -17.

Zahouli, G; Guehi, S; Fae, A; Ban-Koffi, L; Nemlin, J. 2010. Effect of drying methods on the chemical quality traits of cocoa raw material. *Adv J Food Sci Technol* 2(4):184 - 190.

Zhong, F; Nsor-Atindana. 2012. Quantification of Total Polyphenolic Content and Antimicrobial Activity of Cocoa (Theobroma cacao L.) Bean Shells. Pakistan Journal of Nutrition 11(7): 574–579.

VIII. ANEXO.

Anexo 1. Cuadros de análisis de varianza y prueba de polinomios ortogonales.

A. Análisis de varianza y prueba de polinomios ortogonales para las variables de la cascarilla de cacao.

Tabla 13. Análisis de varianza de la variable humedad de cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Tratamientos	2	0.58	**
Error	9	0.02	
Total	11		

Tabla 14. Prueba de polinomios ortogonales para la variable humedad de la cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Lineal	1	0.79	**
Cuadrática	1	0.38	**

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable pH de la cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Tratamientos	2	0.057	**
Error	9	0.0001	
Total	11		

Tabla 16. Prueba de polinomios ortogonales para la variable pH de la cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Lineal	1	0.097	**
Cuadrática	1	0.018	**

Tabla 17. Análisis de varianza para la variable acidez titulable de cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Tratamientos	2	0.42	*
Error	9	0.04	
Total	11		

Tabla 18. Prueba de polinomios ortogonales para la variable acidez titulable de la cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Lineal	1	0.95	**
Cuadrática	1	0.002	NS

Tabla 19. Análisis de varianza para la variable capacidad antioxidante de la cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Tratamientos	2	0.07	**
Error	9	0.0002	
Total	11		

Tabla 20. Prueba de polinomios ortogonales para la variable capacidad antioxidante de la cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Lineal	1	0.14	**
Cuadrática	1	0.002	*

Tabla 21. Análisis de varianza para la variable polifenoles totales de la cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Tratamientos	2	0.039	**
Error	9	0.001	
Total	11		

Tabla 22. Análisis de varianza para la variable polifenoles totales de la cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Lineal	1	O.07	**
Cuadrática	1	0.003	NS

Tabla 23. Análisis de varianza para la variable antocianinas de la cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Tratamientos	2	780.1	**
Error	9	3.7	
Total	11		

Tabla 24. Prueba de polinomios ortogonales para la variable antocianinas de la cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Lineal	1	1496.05	**
Cuadrática	1	64.16	**

B. Análisis de varianza y prueba de polinomios ortogonales para las variables del filtrante de cascarilla de cacao.

Tabla 25. Análisis de varianza para la variable capacidad antioxidante del filtrante de cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Tratamientos	2	1.07	**
Error	9	0.01	
Total	11		

Tabla 26. Análisis de varianza para la variable capacidad antioxidante del filtrante de cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Lineal	1	1.62	**
Cuadrática	1	0.53	**

Tabla 27. Análisis de varianza para la variable polifenoles totales del filtrante de cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Tratamientos	2	0.01	**
Error	9	0.0001	
Total	11		

Tabla 28. Prueba de polinomios ortogonales para la variable polifenoles totales del filtrante de cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Lineal	1	0.02	**
Cuadrática	1	0.001	*

Tabla 29. Análisis de varianza para la variable antocianinas del filtrante de cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Tratamientos	2	84.98	**
Error	9	1.82	
Total	11		

Tabla 30. Prueba de polinomios ortogonales para la variable antocianinas del filtrante de cascarilla de cacao.

FV	GL	CM	Sig.
Lineal	1	168.91	**
Cuadrática	1	1.05	NS

Anexo 2. Cuadros de evaluación sensorial con prueba de Friedman.

Tabla 31. Prueba de Friedman para el atributo del sabor.

N° de muestras	20
Chi-cuadrado	3.193
gl	2
Sig. asintótica	0.203

Tabla 32. Comparación de medianas del atributo del sabor.

Muestras	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
T1	20	4.0	0.64889	3	5
T2	20	3.5	0.68825	2	5
T3	20	3.8	0.85070	2	5

Tabla 33. Prueba de Friedman para el atributo del aroma.

N° de muestras	20
Chi-cuadrado	10.36
gl	2
Sig. asintótica	0.006

Tabla 34. Comparación de medianas del atributo del aroma.

Muestras	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
T1	20	4.4	0.58714	3	5
T2	20	3.7	0.67082	3	5
T3	20	4.2	0.74516	2	5

Tabla 35.Prueba de Friedman para el atributo del color.

N° de muestras	20
Chi-cuadrado	11.231
gl	2
Sig. asintótica	0.004

Tabla 36. Comparación de medianas del atributo del color.

Muestras	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
T1	20	3.9	0.58714	3	5
T2	20	3.5	0.60481	3	5
T3	20	4.2	0.48936	3	5

Tabla 37. Prueba de Friedman para el grado de aceptación.

N° de muestras	20
Chi-cuadrado	19.182
gl	2
Sig. asintótica	0.000

Tabla 38. Comparación de medianas del grado de aceptación.

Muestras	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
T1	20	4.0	0.75915	2	5
T2	20	2.9	0.67082	2	4
T3	20	4.0	0.88704	2	5

Tabla 39.Resultados promedios en la evaluación sensorial.

Muestras	Sabor	Aroma	Color	Grado de aceptación
T1	4.0	4.4	3.9	4.0
T2	3.5	3.7	3.5	2.9
T3	3.8	4.2	4.2	4.0

Anexo 3. Cartilla de evaluación sensorial del filtrante de cascarilla de cacao obtenido de diferentes temperaturas de tostado (T_1: 120 °C, T_2: 130 °C y T_3: 140 °C).

INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN "CARTILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL"

PRODUCTO: Filtrante de cascarilla de cacao
FECHA Y HORA:……/…….
LUGAR :……..

Por favor marque con una "X", el puntaje correspondiente a cada atributo, indicando de acuerdo a la escala que presentan las muestras. Recuerde limpiar su paladar entre cada muestra con un sorbo de agua y un mordisco de galleta.

Escala de valors	Muestra 01				Muestra 02				Muestra 03			
	Sabor	Aroma	Color	Grado de aceptación	Sabor	Aroma	Color	Grado de aceptación	Sabor	Aroma	Color	Grado de aceptación
1												
2												
3												
4												
5												

Leyenda de valores	
Muy agradable	5
Agradable	4
Indiferente	3
Desagradable	2
Muy desagradable	1

COMENTARIO: …….

Anexo 4. Proceso de obtención de la cascarilla de cacao.



Figura 14. Pesado materia prima.



Figura 15. Recepción de granos secos de cacao.



Figura 16. Impurezas.



Figura 17. Selección de granos.



Figura 18. Tostado de cacao en diferentes temperaturas.



Figura 19. Tostador industrial.



Figura 20. Muestras de cascarilla de cacao.

Anexo 5. Análisis fisicoquímico de la cascarilla de cacao.

a. Determinación de pH.



Figura 21. Muestras de cascarilla de cacao.



Figura 22. Determinación pH de cascarilla de cacao.

b. Determinación de acidez titulable.

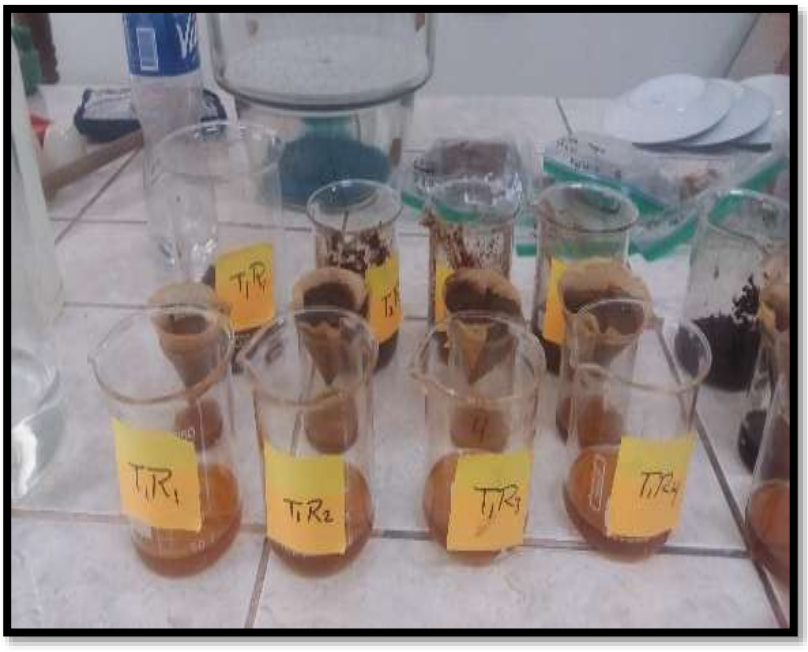


Figura 23. Extractos de cascarilla de cacao.



Figura 24. Determinación Acidez titulable de la cascarilla de cacao.

c. Determinación de humedad.



Figura 25. Determinación de humedad de la cascarilla de cacao.



Figura 26. Enfriamiento de muestras en campana de desecación.

Anexo 6. Análisis de elaboración de filtrantes de cascarilla de cacao.



Figura 27. Recepción de materia prima.



Figura 28. Cascarilla de cacao molida.



Figura 29. Tamizado de la cascarilla de cacao.



Figura 30. Pesado de la cascarilla de cacao para el filtrante.



Figura 31. Envasado de cascarilla en bolsas filtro termosellable.



Figura 32. Sellado de los filtrantes.

Anexo 7. Análisis de capacidad antioxidante, polifenoles totales y antocianinas.



Figura 33. Muestras de extracto hidroalcoholico de cascarilla.



Figura 34. Muestras de infusión de cascarilla de cacao.



Figura 35. Microtubos con muestras.



Figura 36. Centrifugación de muestras.



Figura 37. Diluciones de muestras con el reactivo.



Figura 38. Lectura de absorbancias en el espectrofotómetro.

Anexo 8. Análisis sensorial de los filtrantes de cascarilla de cacao.



Figura 39. Acondicionamiento para el análisis sensorial.



Figura 40. Panel de jueces no entrenados.



Figura 41. Filtrantes de cascarilla de cacao.