

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AGROINDUSTRIAL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“Efecto del tiempo y temperatura en las características funcionales del
tostado de cacao (*Theobroma Cacao*)”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

AUTORES:

Bach. Ponce Carazas, Williams Fenix

Bach. Solorzano Paredes, Arantxa Kaissen

ASESOR:

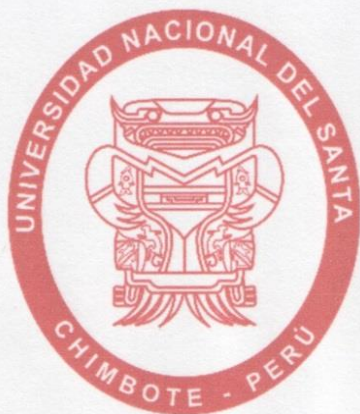
Dr. Moreno Rojo, Cesar

ORCID:0000-0002-7143-4450

Nuevo Chimbote – Perú

2023 – Julio – 04

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

CARTA DE CONFORMIDAD DE ASESOR

La presente Tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando encuadrado dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al reglamento general para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa de acuerdo a la denominación siguiente:

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

**Efecto del tiempo y temperatura en las características funcionales del tostado de cacao
(*Theobroma cacao*)**

AUTORES:

Bach. Ponce Carazas Williams Fenix

Bach. Solorzano Paredes Arantxa Kaissen

Dr. Moreno Rojo, César

DNI: 32907242

ORCID: 0000-0002-7143-4450

ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

HOJA AVAL DEL JURADO EVALUADOR

El presente trabajo de tesis titulado: **“Efecto del tiempo y temperatura en las características funcionales del tostado de cacao (*Theobroma cacao*)”**, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por los bachilleres, **Solorzano Paredes, Arantxa Kaisseni y Ponce Carazas, Williams Fenix**, que tiene como asesor al **Dr. César Moreno Rojo** designado por resolución N°095-2022-UNS-FI. Ha sido revisado y aprobado el día 04 de julio del 2023, por el siguiente jurado evaluador designado mediante resolución N°164-2022-UNS-CFI.

Dra. Paucar Menacho, Luz Maria
DNI: 08099817
ORCID: 0000-0001-5349-6167
PRESIDENTE

Dra. Aguirre Vargas, Elza Berta
DNI: 19096335
ORCID: 0000-0003-1659-9874
SECRETARIO

Dr. Moreno Rojo, César
DNI: 32907242
ORCID: 0000-0002-7143-4450
INTEGRANTE

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 09:00 horas del día cuatro de julio del dos mil veintitres, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 258-2023-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dra. Luz Maria Paucar Menacho** (Presidente)
- **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** (Secretaria)
- **Dr. César Moreno Rojo** (Integrante)
- **Dr. José Joaquín Álvares Carrillo** (Accesitario)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis:

"EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA EN LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL TOSTADO DE CACAO (THEOBROMA CACAO)", elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- ... **SOLORZANO PAREDES ARANTXA KAISSENI**
- ... **PONCE CARAZAS WILLIAMS FENIX**

Asimismo, tiene como Asesor al docente: **Dr. César Moreno Rojo**.

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
PONCE CARAZAS WILLIAMS FENIX	18.0	BUENO

Siendo las 10:15 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 04 de julio del 2023.

Dra. Luz María Paucar Menacho
PRESIDENTE

DNI: 08099817
ORCID: 0000-0001-5349-6167

Dra. Elza Berta Aguirre Vargas
SECRETARIA

DNI: 19096335
ORCID: 0000-0003-1659-9874

Dr. Cesar Moreno Rojo
INTEGRANTE

DNI: 32907242
ORCID: 0000-0002-7143-4450

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 09:00 horas del día cuatro de julio del dos mil veintitres, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N° 258-2023-UNS-CFI integrado por los docentes:

- .. **Dra. Luz María Paucar Menacho** (Presidente)
- .. **Dra. Elza Berta Aguirre Vargas** (Secretaria)
- .. **Dr. César Moreno Rojo** (Integrante)
- .. **Dr. José Joaquín Álvares Carrillo** (Accesitario)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis:

“EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA EN LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL TOSTADO DE CACAO (THEOBROMA CACAO)”, elaborado por los bachilleres en Ingeniería Agroindustrial.

- ... **SOLORZANO PAREDES ARANTXA KAISSENI**
- ... **PONCE CARAZAS WILLIAMS FENIX**

Asimismo, tiene como Asesor al docente: **Dr. César Moreno Rojo**.

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador.

El Jurado después de deliberar sobre aspecto relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
SOLORZANO PAREDES ARANTXA KAISSENI	18.0	BUENO

Siendo las 10:15 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 04 de julio del 2023.

Dra. Luz María Paucar Menacho

PRESIDENTE

DNI: 08099817
ORCID: 0000-0001-5349-6167

Dra. Elza Berta Aguirre Vargas

SECRETARIA

DNI: 19096335
ORCID: 0000-0003-1659-9874

Dr. Cesar Moreno Rojo

INTEGRANTE

DNI: 32907242
ORCID: 0000-0002-7143-4450



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Arantxa
Título del ejercicio: Informe
Título de la entrega: CACAO 2
Nombre del archivo: INFORME_FINAL-_NIBS_DE_CACAO_ORGANICO_02.07.2023.do...
Tamaño del archivo: 2.4M
Total páginas: 119
Total de palabras: 27,400
Total de caracteres: 144,396
Fecha de entrega: 05-jul.-2023 12:22p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2126877412



DEDICATORIA

Principalmente a Dios, quien fue, es y será la gran motivación e inspiración en la vida, por darme la sabiduría de emprender este gran camino de superación.

A mis padres Teresa y Rodolfo, por su apoyo incondicional y enseñanzas que me formaron para ser una persona perseverante y con valores.

A mis queridos hermanos María Teresa y Fabricio por ser mi mayor inspiración para seguir adelante en mis metas.

A mis docentes por compartir conmigo sus experiencias y conocimiento a lo largo de mi carrera profesional.

Bach. Arantxa Kaissen Solórzano Paredes

A Dios, porque sin el nada es posible, por haber dado salud y sabiduría para lograr mis objetivos, además de infinita bondad y amor.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus buenos consejos, su paciencia por la motivación constante que me ha brindado, permitiéndome ser una persona de bien, por su amor y comprensión.

A todos aquellos que estuvieron pendientes de mi educación, que siempre estuvieron apoyándome en cada etapa de mi formación universitaria y por las nuevas responsabilidades que me hacen salir adelante.

Bach. Williams Fenix Ponce Carazas

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a dios por brindarnos la vida y guiarnos a lo largo de nuestra carrera profesional.

A nuestra Alma Mater, la Universidad Nacional del Santa que nos acogió para brindarnos los conocimientos necesarios y así poder ser buenos profesionales.

A nuestro asesor Dr. Cesar Moreno Rojo, por su apoyo incondicional y alto grado de profesionalismo expresado como orientador durante el desarrollo del presente informe y a todas las personas que contribuyeron a la realización del mismo.

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCION	18
II. MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.2. Marco Conceptual	24
2.2.1. Cacao (Theobroma Cacao)	24
2.2.2. Variedades De Cacao	26
2.2.3. Cacao Orgánico	27
2.2.4. Composicion Quimica Y Nutricional Del Cacao Y Beneficios Para La Salud	29
2.2.5. Componentes Del Cacao Y Su Influencia En El Desarrollo De Atributos Sensoriales	30
2.2.6. Produccion Y Comercio De Los Granos De Cacao	32
2.2.7. Nibs De Cacao Orgánico	33
2.2.8. Capacidad Antioxidante	37
2.2.9. Metodologia De Superficie Respuesta	38
III. MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1. Materia Prima.....	42
3.2. Materiales	42
3.3. Proceso Experimental.....	44
3.3.1. Procedimiento De Elaboracion De Nibs De Cacao.....	44
3.4. Tecnicas E Instrumentacion De Recoleccion Y Analisis De Datos.....	46
3.4.1. Analisis Fisicoquimico De La Materia Prima.....	46
3.4.2. Analisis De Composicion Proximal	47
3.4.3. Contenido Total De Polifenoles (Ctp).....	47
3.4.4. Determinacion Del Contenido De Acidos Grasos	48
3.4.5. Determinacion De La Capacidad Antioxidante	49
3.4.6. Analisis De Postratamiento De La Materia Prima	49
3.4.7. Diseño Experimental	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	54
4.1. Evaluacion Del Contenido Total De Polifenoles (Ctp).....	54
4.1.1. Analisis De Varianza Del Contenido Total De Polifenoles En Nibs De Cacao	57

4.1.2. Efecto De La Temperatura (°C) y Tiempo (Min) De Tostado En El Contenido Total De Polifenoles En Nibs De Cacao	58
4.1.3. Analisis De Regresion Del Contenido Total De Polifenoles En Nibs De Cacao	62
4.1.4. Optimizacion Del Contenido Total De Polifenoles En Nibs De Cacao ..	65
4.2. Evaluacion De La Capacidad Antioxidante.....	66
4.2.1. Analisis De Varianza De La Capacidad Antioxidante En Nibs De Cacao	70
4.2.2. Efecto De La Temperatura (°C) y Tiempo (Min) De Tostado En La Capacidad Antioxidante En Nibs De Cacao	71
4.2.3. Analisis De Regresion De La Capacidad Antioxidante En Nibs De Cacao	75
4.2.4. Optimizacion De La Capacidad Antioxidante En Nibs De Cacao	79
4.3. Evaluacion Del % De Acidos Grasos Insaturados	80
4.3.1. Analisis De Varianza Del % De Acidos Grasos Insaturados En Nibs De Cacao	84
4.3.2. Efecto De La Temperatura (°C) Y Tiempo (Min) De Tostado Del % De Acidos Grasos Insaturados en Nibs De Cacao.....	85
4.3.3. Analisis De Regresion Del % De Acidos Grasos Insaturados En Nibs De Cacao	89
4.4. Evaluacion De Los Acidos Grasos Saturados.....	93
4.4.1. Analisis De Varianza Del % De Acidos Grasos Saturados En Nibs De Cacao	98
4.4.2. Efecto De La Temperatura (°C) y Tiempo (Min) De Tostado Del % De Acidos Grasos Saturados En Nibs De Cacao	99
4.4.3. Analisis De Regresion Del % De Acidos Grasos Saturados En Nibs De Cacao	103
4.5. Elección Del Tratamiento Óptimo	106
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
VII. ANEXOS	121

INDICE DE TABLA

Tabla 1: Taxonomía del cacao.....	25
Tabla 2: Composición química de los granos de cacao.	26
Tabla 3: Ficha Técnica del Cacao Orgánico.	28
Tabla 4: Composición Nutricional del cacao orgánico.	28
Tabla 5: Valor nutricional del Cacao.	29
Tabla 6: Compuestos polifenólicos que se encuentran en las almendras de cacao.	32
Tabla 7: Zonas de mayor producción en el Perú durante el 2012.	32
Tabla 8: Principales destinos de las exportaciones de cacao en grano	33
Tabla 9: Valores de actividad antioxidante medida por los métodos de FRAP y ABTS.	36
Tabla 10: Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante del grano de cacao.	38
Tabla 11: Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2 ² , incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central.....	51
Tabla 12: Matriz Experimental del Diseño Central Compuesto Rotacional (DCCR) 2 ²	51
Tabla 13: Variables de estudio	53
Tabla 14: Contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.....	54
Tabla 15: Análisis de varianza para el contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado	58
Tabla 16: Coeficientes de Regresión para el Contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.	62
Tabla 17: Niveles bajo, alto y óptimo de la Temperatura y Tiempo de tostado en Nibs de Cacao para el Contenido Total de Polifenoles (CTP).....	66
Tabla 18: Capacidad Antioxidante de los Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.	68
Tabla 19: Análisis de varianza para la Capacidad Antioxidante de los Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado	71
Tabla 20: Coeficientes de Regresión para la Capacidad Antioxidante en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.	75
Tabla 21: Niveles bajo, alto y óptimo de la Temperatura y Tiempo de tostado en Nibs de Cacao para la Capacidad Antioxidante	79

Tabla 22: % de ácidos grasos insaturados en Nibs de Cacao Orgánico a diferentes Temperaturas y tiempos de tostado.	82
Tabla 23: Análisis de varianza para el contenido de Ácidos Grasos Insaturados (%) en Nibs de Cacao Orgánico.	85
Tabla 24: Coeficientes de Regresión de Ácidos grasos Insaturados en Nibs de Cacao.	89
Tabla 25: % de ácidos grasos saturados en Nibs de Cacao Orgánico a diferentes Temperaturas y tiempos.	95
Tabla 26: Análisis de varianza para el contenido de Ácidos grasos Saturados (%) en Nibs de Cacao Orgánico.	98
Tabla 27: Coeficientes de Regresión para el contenido de Ácidos grasos Saturados (%).	103
Tabla 28: Deseabilidad baja, alta y Criterios de optimización de múltiple respuesta para la elección del tratamiento óptimo de los nibs de cacao orgánico	106
Tabla 29: Deseabilidad Prevista y Observada para cada tratamiento de acuerdo a los criterios de optimización del contenido total de Polifenoles y Capacidad Antioxidante	107
Tabla 30: Niveles bajo, alto y óptimo de la temperatura y tiempo de tostado de los nibs de cacao orgánico para la optimización de la función deseabilidad.	108
Tabla 31: Valores óptimos de Polifenoles y Capacidad Antioxidante de los nibs de cacao orgánico de acuerdo la optimización de múltiples respuestas.	108

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Partes del grano Teobroma cacao.....	25
Figura 2: Variedades de cacao	26
Figura 3: Nibs de temperatura y tiempo de tostado en los Nibs de cacao cacao orgánico	33
Figura 4: Empaque Tradicional Nibs de Cacao Orgánico.	34
Figura 5: Reacción del radical DPPH.....	37
Figura 6: Diagrama de flujo para la obtención de Nibs de cacao.....	45
Figura 7: Contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.....	55
Figura 8: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes (Temperatura y tiempo de tostado) en el Contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao.	57
Figura 9: Gráfica de Efectos Principales para el Contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao.	59
Figura 10: Gráfica de Interacción para el Contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao.....	61
Figura 11: Grafico de Superficie Respuesta para el contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.....	64
Figura 12: Grafico de Contornos de Superficie Respuesta para el contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.....	64
Figura 13: Capacidad Antioxidante de los Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.	68
Figura 14: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes (Temperatura y tiempo de tostado) en la Capacidad Antioxidante de los Nibs de Cacao.....	70
Figura 15: Gráfica de Efectos Principales para la Capacidad Antioxidante en Nibs de Cacao.....	73
Figura 16: Gráfica de Interacción para la Capacidad Antioxidante en Nibs de Cacao.	74
Figura 17: Grafico de Superficie Respuesta para la Capacidad Antioxidante en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.	78
Figura 18: Grafico de Contornos de Superficie Respuesta para la Capacidad Antioxidante en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.....	78

Figura 19: % de ácidos grasos insaturados en Nibs De Cacao Orgánico a diferentes Temperaturas y tiempos.....	82
Figura 20: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en el contenido de Ácidos Grasos Insaturados (%) en Nibs De Cacao Orgánico.....	84
Figura 21: Grafica de Efectos Principales para Ácidos grasos Insaturados (%) en Nibs de Cacao.....	87
Figura 22: Grafica de Interacción para Ácidos grasos Insaturados (%) en Nibs de Cacao.....	89
Figura 23: Gráfico de Superficie de Respuesta del contenido de Ácidos grasos Insaturados en Nibs de Cacao orgánico (%).	92
Figura 24: Gráfico de contornos de Superficie Respuesta del contenido de Ácidos grasos Insaturados en Nibs de Cacao orgánico (%).	92
Figura 25: % de ácidos grasos saturados en Nibs de Cacao Orgánico a diferentes Temperaturas y tiempos.	96
Figura 26: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en el contenido de Ácidos Grasos saturados (%) en Nibs de Cacao Orgánico.	97
Figura 27: Grafica de Efectos Principales para Ácidos grasos Saturados (%) en Nibs de Cacao orgánico.	101
Figura 28: Grafica de Interacción para Ácidos grasos Saturados (%) en Nibs de Cacao orgánico.....	102
Figura 29: Gráfico de Superficie de Respuesta del contenido de Ácidos grasos saturados en Nibs de Cacao orgánico (%).	105
Figura 30: Gráfico de contornos de Superficie Respuesta del contenido de Ácidos grasos saturados en Nibs de Cacao orgánico (%).	105

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Curva estándar de solución madre de ácido gálico para la determinación del contenido total de polifenoles en los nibs de cacao orgánico	121
Anexo 2. Curva estándar de solución para la determinación de la capacidad antioxidante en los nibs de cacao orgánico.	122
Anexo 3. Fotos diversas para determinar polifenoles y capacidad antioxidante en Nibs de cacao.	123
Anexo 4. Fotos diversas de cosecha y secado para la elaboración de nibs de cacao.	124

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de la temperatura y tiempo de tostado en las características funcionales de Nibs de cacao orgánico. Se utilizó un diseño de Superficie Respuesta de tipo DCCR 2², con niveles de temperatura de tostado de 100°C - 130°C y tiempo de tostado de 20min-50min. El contenido total de polifenoles resultó significativo ($p<0.05$), el mayor valor lo obtuvo el tratamiento T4 con 20.46mgAGE/g de nibs de cacao, además de ello la capacidad antioxidante también resultó significativa ($p<0.05$), el mayor valor lo obtuvo el tratamiento T4 con 481.62 μ Mol ET/g, por otro lado, se determinó que no existe efecto significativo en el % de ácidos grasos saturado e insaturados. La optimización de múltiples respuestas determinó que el tratamiento óptimo está dado por 116.8°C de y 29.5min de temperatura y tiempo de tostado respectivamente.

PALABRAS CLAVES: Nibs, Cacao, Polifenoles, Capacidad Antioxidante, Ácido graso saturado y ácido graso insaturado.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of roasting temperature and time on the functional characteristics of organic cocoa nibs. A DCCR 2² type Response Surface design was used, with roasting temperature levels of 100°C - 130°C and roasting time of 20min-50min. The total polyphenol content was significant ($p<0.05$), the highest value was obtained by treatment T4 with 20.46mgAGE/g of cocoa nibs, in addition to this, the antioxidant capacity was also significant ($p<0.05$), the highest value was obtained by treatment T4 with 481.62 μ Mol ET/g, on the other hand, it was determined that there is no significant effect on the % of saturated and unsaturated fatty acids. Multiple response optimization determined that the optimal treatment is given by 116.8°C of and 29.5min of roasting temperature and time, respectively.

KEY WORDS: Nibs, Cocoa, Polyphenols, Antioxidant Capacity, Saturated Fatty Acid and Unsaturated Fatty Acid.

I. INTRODUCCION

El chocolate se consideraba principalmente como un postre con mucha azúcar y grasa, pero ha ganado popularidad como un alimento nutricionalmente denso. Los estudios han demostrado que el cacao en polvo tiene más antioxidantes que el vino tinto o el té verde (Lee, Keem, Lee, y Lee 2003). Los frijoles de cacao contienen compuestos polifenólicos (flavonoides) que son importantes porque ofrecen potencial beneficio para la salud cardiovascular, protección antioxidante y ayuda a equilibrar el colesterol en el cuerpo. También se ha descubierto que los flavonoides contienen antialérgicos, propiedades antivirales, antiinflamatorias y anticancerígenas (Othman et al., 2007; Yao et al., 2004).

La producción nacional de cacao en grano viene incrementándose sostenidamente desde hace 10 años, creciendo a una tasa de 12,6% en promedio anual. En nuestro país el 75% del cacao exportado es cacao fino de aroma, diferenciándose notablemente del cacao africano o el cacao asiático (MIDAGRI, 2020).

En ese contexto: El 60% de la biodiversidad de cacao existente en el mundo (material genético) se encuentra en nuestro país, y se producen variedades de grupos genéticos de cacao: Trinitario 53,3% (Junín), Forastero amazónico 37,3% (Cusco y Ayacucho) y Criollo 9,4% (zona norte de San Martín, Amazonas y Cajamarca). En el Perú, el consumo de chocolate per cápita para el año 2018, alcanzó alrededor de 500 gr, al año, lo que representa el 5.5% del consumo promedio de países como Alemania y Suiza donde su consumo alcanza al 7,9 y 9 kg., por persona al año, respectivamente. (MIDAGRI, 2020, p. 2)

El tostado es la operación tecnológica que ostenta mayor importancia en el procesamiento de los granos de cacao, y la magnitud de cambios químicos depende de la temperatura que se aplique a lo largo del proceso. Propiedades de granos tostados, como la formación de un color marrón característico, textura de granos tostados, concentración de compuestos volátiles del sabor, acidez total y contenido de grasa, dependen del tueste donde se condiciona principalmente la temperatura y el tiempo de procesamiento (Ramli et al., 2006; Krysiak et al., 2013; Owusu et al., 2013). La selección de parámetros del proceso tiene una influencia decisiva en la naturaleza de los cambios químicos y físicos que ocurren en los granos de cacao, el cual determina la calidad de los productos finales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de

la temperatura y tiempo de tostado de los granos de cacao sobre las características funcionales, utilizando un diseño compuesto central rotacional.

Por ello, vale preguntarse ¿Cuál será el tiempo y la temperatura adecuada para el tostado de los granos de cacao que afecte positivamente en sus características funcionales?

Esta propuesta busca evaluar las propiedades funcionales del tostado de cacao, granos tostados y pelados conocido como Nibs, dando a conocer a la población sus beneficios saludables. Con ello, se busca impulsar el consumo saludable de estos productos, ya que no cuentan con grasas perjudiciales, ni azúcar, siendo su sabor y aroma muy parecido al del chocolate.

Los nibs son esencia pura de cacao ya que estas semillas pasan por un proceso de fermentación, secado, tostado y triturado siendo así un producto natural lo cual puede ser incorporado en algunas comidas como los cereales, yogurt, batidos, avena y algunos postres, o simplemente consumirlas como snack.

Este producto previene y reduce la progresión de la diabetes, el cáncer y las enfermedades neurodegenerativas y cardiovasculares, por su gran contenido en polifenoles totales. También proporciona energía ya que posee efecto estimulante para el sistema nervioso por su gran aporte en teobromina, y por ser un producto orgánico, preserva los nutrientes como el magnesio, el hierro y el potasio.

Finalmente, las propiedades antioxidantes de los flavonoides, ayudan a combatir la obstrucción de las arterias, reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades coronarias.

Para desarrollar el trabajo de investigación se planteó como :

- Objetivo general: Conocer el efecto de tiempo y temperatura de tostado en las características funcionales de los granos de cacao.
- Objetivos específicos fueron:
 - a) Determinar el contenido total de polifenoles de los Nibs de cacao orgánico.
 - b) Determinar la actividad antioxidante de los Nibs de cacao orgánico.
 - c) Determinar el contenido (%) de ácidos grasos saturados e insaturados de los Nibs de cacao orgánico.
 - d) Evaluar el mejor tratamiento térmico de tostado de los granos de cacao orgánico.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Aldave (2016), en el trabajo de investigación “Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en las propiedades químicas de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) procedente de Uchiza, San Martín – Perú para la obtención de NIBS”, efectuaron el tratamiento térmico de tostado de granos de cacao de las variedades CCN-51 e ICS-6, procedentes de Uchiza, a las temperaturas de 120 y 130 °C por 40 y 50 minutos. A raíz de la prueba de Friedman se obtuvo como resultado que el procedimiento de tostado ideal sería a 130 °C por 50 minutos, aplicable para ambas variedades. Asimismo, el autor argumenta que:

Las variedades CCN-51 e ICS-6 reportaron el contenido de polifenoles totales (método Folin-Ciocalteu) de 18,50 y 13,20 mg de ácido gálico/g de granos de cacao, respectivamente; mostrando una reducción de 52,66 y 59,66%, en el tratamiento térmico. (Aldave, 2016, p. xiii)

Valle, (2021) en el trabajo de investigación “efecto del tiempo y temperatura del proceso de tostado de cacao criollo (*theobroma cacao* l.) sobre el contenido de compuestos volátiles” evaluó en los distritos amazónicos de Nieva, Cajaruro, Copallín y La Peca los compuestos aromáticos del cacao criollo; en ese marco, el autor afirmó que realizó su investigación utilizando la “cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas” (p. xv), en aras de reconocer y analizar los compuestos volátiles durante el proceso de tostado. El investigador logró identificar: 96 compuestos volátiles, de los cuales los ésteres tuvieron una mayor presencia en la huella volátil del cacao, (...) la percepción sensorial principal del cacao es la fruta, y esto disminuye a medida que aumenta la intensidad del tostado (Valle, 2021).

Sandoval (2020) en el artículo de revisión “cambios fisicoquímicos durante el tostado artesanal del cacao: una contribución teórica para la transferencia social de conocimiento en la vereda de alto guapaya, meta”, diagnosticó, a raíz del análisis conjunto de 15 artículos científicos sobre el tópico, que: Para obtener las características deseadas del grano de cacao tostado (color, textura, humedad, concentración de aminas biogénicas y compuestos fenólicos), la temperatura de

tostado por método convencional debe oscilar entre 110 y 145 °C. (p. xiii)

Zapata, Tamayo y Rojano (2015) en el artículo de investigación “Efecto del Tostado Sobre los Metabolitos Secundarios y la Actividad Antioxidante de Clones de Cacao Colombiano” se agenciaron de 5 clones de cacao secos y fermentados, originarios de la granja colombiana de Tierradura, localizada en el departamento del Cauca, municipio de Miranda. Los valores de metabolitos fenólicos en los granos de cacao crudos sometidos al proceso de tostado, variaron en un intervalo de 21,69 a 38,64 mg/g en granos sin tratar, y de 20,60 a 42,79 mg/g, en granos tostados. Con respecto a la cantidad de taninos condensados, los autores concluyeron que: Estos estuvieron en un rango entre 32,09 a 77,24 mg/g para granos sin tratar, y de 20,79 a 58,31 mg/g en granos tostados. (...) La actividad antioxidante del radical ABTS \cdot^+ arrojó valores de 384,36 y 686,29 $\mu\text{mol Tx/g}$ en los granos sin tratar, y 225,40 y 802,58 $\mu\text{mol Tx/g}$ en los granos tostados. (Zapata, Tamayo y Rojano, 2015, pp. 7501, 7503)

Quispe (2021) en el artículo científico “Efecto de la temperatura y tiempo del tostado sobre las características sensoriales del cacao (*Theobroma cacao* L.) procedente del sector San Lorenzo-Cusco” sometió al cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado utilizándose un tostador convencional; las temperaturas de tostado fueron 130°C, 150°C y 180°C) y los tiempos de prueba fueron 12, 15 y 30 minutos. Posteriormente, los productos obtenidos se sometieron a una evaluación sensorial donde se determinó que la temperatura óptima de tostado es de 130°C en un tiempo de 12 minutos.

Criollo, Sandoval y Méndez (2020) en el artículo de investigación “Efecto de la dinámica de tostado sobre las propiedades del licor de copoazú (*Theobroma grandiflorum* Willd. ex Spreng. Schum)” evaluaron el efecto de dos tiempos (20 y 25 minutos) y tres temperaturas (115°, 120° y 130°C) respecto a las propiedades químicas y sensoriales del licor de copoazú, etiquetado como “fino”, y su aroma, toda vez que denota olores frutales en su perfil sensorial. Los investigadores llegaron a la siguiente conclusión: El mejor tratamiento para almendras de copoazú fue de 115 °C por 25 minutos, logrando con él la mejor expresión sensorial y las menores pérdidas de macronutrientes de la pasta, sin efecto negativo sobre la calidad de la grasa. (Criollo, Sandoval y Méndez, 2020, p. 285)

Lares, Pérez, Álvarez, Perez, y Elkhori (2013) en el artículo “Cambios de las propiedades físico-químicas y perfil de ácidos grasos en cacao de Chuao, durante el beneficio” caracterizaron las propiedades fisicoquímicas y el perfil de ácidos grasos de los granos de cacao, encontrando que los ácidos grasos saturados de los granos del cacao fermentado, secado al sol y tostado fue 52,43%. Además, indicaron que el perfil de ácidos grasos se vio afectado por el proceso de secado y tostado; disminuyendo las concentraciones de ácido palmítico, esteárico y oleico con respecto al cacao fresco. El proceso de tostado se realizó a 150 °C sobre el producto fermentado y seco; obteniéndose un valor promedio de 2,96% en humedad.

Domínguez y otros (2020) en el artículo “Caracterización vibracional de grupos funcionales en granos de cacao durante el tostado usando espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier” desarrollaron pruebas de tostado de granos de cacao a temperaturas de 100 °C, 140 °C y 180 °C, realizándose el muestreo a los 0, 21 y 50 min de tostado. El tiempo y temperatura de tostado de los granos de cacao sirvieron de base para el estudio de las variantes en las características espectrales. Los investigadores concluyen que: la técnica de espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier (FT-IR) permitió identificar una gran cantidad de compuestos durante el tostado de granos de cacao que evidenciaron más cambios cuantitativos que cualitativos, (...) el porcentaje de transmitancia están asociadas a grupos de ésteres, aldehídos, ácidos carboxílicos y aminas, las cuales evidencian cambios que se generan por reacciones tipo Maillard a partir de la interacción entre aminoácidos libres, azúcares reductores y polifenoles. (Domínguez y otros, 2020, pp. 1, 4)

Siccha (2020) en el trabajo de investigación “Tipos de Aromas y compuestos bioactivos en la calidad de productos de Cacao-Cuzco, 2018” estudiaron como las variables, tipo de proceso, fermentación y secado afectan en los valores de polifenoles totales (PT) en el proceso de obtención de pasta de cacao. En base a ello, se obtuvieron los mayores valores de PT (PT: 3.975 ± 2.921) en el proceso sometido a 110°C y 25 min, en el de fermentación a 3.5 días y en el secado con exposición completa al sol. Se concluye, también, que, a mayor tiempo de tostado los promedios de PT van disminuyendo.

Chacón, Mori y Chávez (2021) en el artículo de investigación “Antioxidantes y polifenoles totales de chocolate negro con incorporación de cacao (*Theobroma cacao* L.) crudo” elaboraron “chocolates oscuros (70%) con la incorporación de pasta de cacao crudo (10, 20 y 30% p/p) en la etapa final del conchado. A todos los tratamientos se le determinaron la capacidad antioxidante (...) y contenido fenólico total” (p. 266). Los investigadores concluyeron que el incorporar cacao en estado crudo incrementa considerablemente la cantidad de antioxidantes y polifenoles totales presentes en el chocolate. Indican, además, que con la incorporación de grano de cacao sin tostar de hasta 30%, la capacidad antioxidante de los chocolates se incrementó desde 58,81 hasta 95,39 mmol TE /g ms y el contenido de polifenoles totales de 16,36 hasta 34,35 mg AGE/g ms.

Santos, Radomille, Soares, y Bispo, (2017) en el artículo de investigación “Effect of the roasting temperature and time of cocoa beans on the sensory characteristics and acceptability of chocolate” estudiaron el impacto de la temperatura (80, 120 y 160 °C) y el tiempo (20, 40 y 60 min) de tostado de granos de cacao en la aceptabilidad sensorial del chocolate utilizando la metodología de superficie de respuesta. Se concluye que los gráficos de superficie de respuesta mostraron que se obtuvieron puntajes más altos de atributos sensoriales a partir de una temperatura de tostado de 90-110 °C, independientemente del tiempo de tostado (dentro de los niveles estudiados), es decir son óptimas para puntajes de aceptabilidad más altos por parte del consumidor (aspecto, aroma, sabor, textura y atributos de calidad en general).

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. CACAO (THEOBROMA CACAO)

El cacao es un árbol nativo de América tropical, y su origen se le es atribuido a la cuenca del Amazonas perteneciente a Colombia, Ecuador y Perú en el continente sudamericano, con más exactitud en las estribaciones orientales de los Andes (Huamanchumo, 2017).

Genéticamente los cacaos cultivados se dividen en 3 grupos, los criollos supuestamente originarios de la cuenca superior del Amazonas y cuya dispersión se encuentra desde el sur de Colombia al sur de México, (...) Los forasteros Amazónicos se encuentran principalmente en la amazonia (...) Los Trinitarios, producto de hibridaciones entre el criollo Sudamericano y el forastero Amazónico.

Actualmente la mayoría del cacao cultivado corresponde a los tipos Forasteros Amazónicos y Trinitarios. El tipo de cacao criollo ha desaparecido debido a su susceptibilidad de plagas y enfermedades.

El cacao es una planta que llega alcanzar los 10 metros de altura, logrando su máximo desarrollo a la edad de 30 años. es un árbol que necesita de humedad y de calor. Es de hoja perenne y siempre se encuentra en floración, requiere sombra. El terreno debe ser rico en nitrógeno, magnesio y en potasio, y el clima húmedo, con una temperatura entre los 21 °C y los 30 °C. (Huamanchumo, 2017).

El cacao contiene pequeñas cantidades de cafeína. Los granos de cacao son sometidos a un proceso de secado y fermentación así poder develar su sabor y color. El contenido de cafeína en los gramos depende del tipo de granos y el grado de fermentación. (Huamanchumo, 2017).

Tabla 1: *Taxonomía del cacao.*

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
Division	Dicotiledónea
Clase	Dilleniidae
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Subfamilia	Byttnerioideae
Tribu	Theobromeae
Género	Theobroma
Especie	Theobroma cacao L.

Fuente: *Hoja botánica: Cacao.* (Doestert, Roque, Cano, La Torre, & Weigend, 2012)

a. Estructura del cacao

Las semillas del cacao se encuentran dentro de las cinco celdas del fruto (mazorca) están rodeadas de una pulpa mucilaginosa, una vez llegada a su madurez fisiológica son rojos, moradas o amarillas, dulces o amargas, pesar aproximadamente 450 g. y miden 15 a 30 cm de largo por 7 a 12 cm de ancho cuando está madura.



Figura 1: *Partes del grano Theobroma cacao.*

Fuente. *Lozano, 2020.*

b. Composición química de los granos de Cacao

Los granos de cacao proveen sustancias indispensables para la vida como, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales. Cada parte del grano posee una composición química y bioquímica diferente. En el caso del pericarpio es rico en minerales y carbohidratos. El endospermo tiene almidón y proteínas. El embrión está conformado por proteínas, vitaminas y grasas.

Tabla 2: *Composición química de los granos de cacao.*

-Elemento	-	Contenido en 100 g. de parte comestible
- Agua	-	5.8
- Proteínas	-	12.4
- Grasas	-	43.7
- Carbohidratos	-	30.0
- Fibra	-	4.3
- Cenizas	-	3.8

Fuente: *Tabla de composición de los alimentos colombianos. ICBF. Bogotá, 2018.*

2.2.2. VARIEDADES DE CACAO

Existen 3 variedades de cacao, cada uno con características muy específicas las cuales son: criollo, forastero y trinitario. La variedad del cacao influye directamente en el tiempo de fermentación del mismo, influyendo además en la calidad de los derivados (Beckett, 2009).

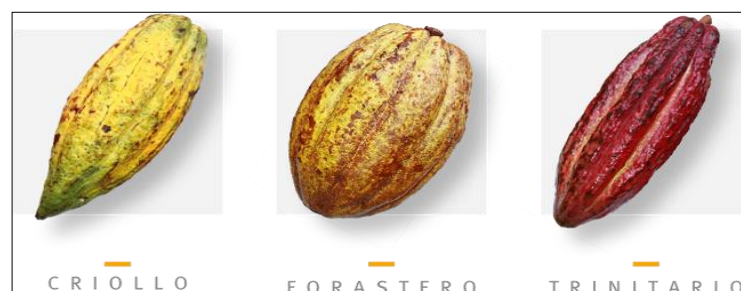


Figura 2: *Variedades de cacao*

a. Cacao Forastero

Aldave (2016) menciona que el cacao forastero “es originario de la alta Amazonía, se trata de un cacao con el porcentaje más elevado de taninos. Proviene normalmente de África, donde se han desarrollado muchos híbridos” (p. 29). Asimismo, posee cáscara gruesa, leñosa, es poco aromático y de sabor amargo, por lo que requiere de un tueste intenso para neutralizar dichas características, otorgándole un sabor agrio y un aroma “a quemado” (Adomako & Adu, 2008).

b. Cacao criollo

Se caracterizan por sus frutos de cáscara suave y semillas redondas, dulces y de sabor agradable, de una mazorca que varía de verde a rojo. Los lomos son prominentes, verrugosos e irregulares. Es un cacao reconocido como de gran calidad, de escaso contenido en taninos y reservado para la fabricación de los chocolates más finos.

c. Cacao trinitario

Es un híbrido obtenido de los últimos, su calidad es más próxima al cacao forastero. Como su nombre sugiere, es originario de Trinidad y Tobago. Así heredó la robustez del cacao forastero y el delicado sabor del cacao criollo, es de un tamaño irregular. En este cacao podemos identificar una parecida o mayor concentración de polifenoles a diferencia de las variedades anteriormente desarrolladas (Sukha, Butler, Amores, Jimenez, y Ramos, 2007)

2.2.3. CACAO ORGÁNICO

Un cultivo se certifica orgánico cuando ha cumplido los 3 años de transición para limpiar adecuadamente el suelo, solo cuando se utilicen insumos y técnicas permitidas por las normas orgánicas y cuando se evita cualquier tipo de contaminación del mismo.

Para ello, se deben construir zonas de amortiguación de 8 metros como mínimo para proteger los terrenos, y las semillas y los herbicidas deben ser naturales y no genéticamente modificados.

Tabla 3: *Ficha Técnica del Cacao Orgánico.*

Ficha Técnica	
Nombre Científico	- Theobroma cacao L.
Origen	- América del Sur
Variedad	- Forastero, Criollo, Trinitario
Zonas de producción en el Perú	- Piura, Cuzco, Huánuco, Junín, Ayacucho, Cajamarca, Amazonas,
Clima	- Temperatura media entre 25° y
Épocas de siembra	- Todo el año
Época de cosecha	- Febrero y Agosto

Tabla 4: *Composición Nutricional del cacao orgánico.*

Compuesto	%
Manteca de cacao	- 54.00
Proteínas	- 11.5
Celulosa	- 9.0
Almidón y pentosanos	- 7.5
Taninos	- 6.0
Agua	- 5.0
Olioelementos y sales	- 2.6
Ácidos orgánicos y esencias	- 2.0
Teobromina	- 1.2
Azucares	- 1.0
Cafeína	- 0.2

Fuente: *Epcó Tocache, 2011.*

2.2.4. COMPOSICION QUIMICA Y NUTRICIONAL DEL CACAO Y BENEFICIOS PARA LA SALUD

La composición química de los granos de cacao depende de factores como: tipo de cacao, grado de madurez, origen geográfico, calidad de la fermentación y secado. Los principales constituyentes químicos del cacao son: grasa, agua, compuestos fenólicos, materia nitrogenada (proteínas y purinas), almidón y otros carbohidratos (Quispe, 2013).

Tabla 5. *Valor nutricional del Cacao.*

Compuesto	-	Promedio
Energía	-	456 Kcal
Agua	-	3.6 g
Carbohidratos	-	34.7 g
Grasas	-	46.3 g
Proteínas	-	12 g
Fibra	-	8.6 g
Calcio	-	106 mg
Fósforo	-	537 mg
Hierro	-	3.6 mg
Vitamina B1 (Tiamina)	-	0.17 mg
Vitamina B2 (Riboflamina)	-	0.14 mg
Vitamina A (Retinol)	-	2 mg
Vitamina C (Ácido ascórbico)	-	3 mg

Fuente: *Tablas Peruanas de composición de alimentos, 2017*

La calidad en el cacao “se manifiesta a través de características físicas (tamaño, grosor de la cáscara, peso del grano), químicas (contenido de polifenoles, grasas, antioxidantes, etc.) y sensoriales vinculadas con el sabor y el aroma” (Reyes et al., 2004, p. 5), donde el perfil aromático depende de la composición bioquímica de las almendras, siendo las que se determinan por factores genéticos, ambientales, manejo después de la cosecha, etc.

El contenido de grasa cruda oscila entre 45,28 y 47,28%, dependiendo del tamaño del grano y el proceso de beneficio (Andrade, 2019). Además, “en el cacao tostado se reportan valores de grasa entre 48 y 52%” (Wakao, 2002, p. 91)).

En ese marco, Guerrero (2018) agrega:

La materia grasa del chocolate es la manteca de cacao, que está constituida por los ácidos grasos (esteárico, palmítico, oleico y en menor cantidad, otros como los poliinsaturados y los de cadena corta, cuya composición es típica de las diferentes almendras de cacao (p. 4).

El consumo de cacao genera una inmensa fuente de energía que aporta a mejorar las reservas de la misma, posee dentro de sus elementos más reconocidos los llamados aceites vegetales muy útiles para cuidar y proteger el sistema nervioso central (Gutiérrez, 2002).

En los últimos años numerosos estudios han avalado los efectos beneficiosos de la ingesta de polifenoles (catequinas, epicatequina y la quercetina) presentes en el cacao, sobre nuestra salud, especialmente sobre el sistema cardiovascular. Sus efectos saludables son fundamentalmente consecuencia de sus propiedades antioxidantes. Los polifenoles están intensamente relacionados con la actividad antioxidante y así mismo con las características organolépticas de los productos que se elaboran utilizando los granos (Bravo, 1998).

2.2.5. COMPONENTES DEL CACAO Y SU INFLUENCIA EN EL DESARROLLO DE ATRIBUTOS SENSORIALES

Los microorganismos presentes durante el proceso fermentación del cacao son responsables de la producción de metabolitos y precursores del aroma que afectan significativamente en la calidad del chocolate. En los últimos años se han realizado muchos estudios relacionados con la actividad microbial en la pulpa de cacao durante el proceso de fermentación, debido a que los diferentes compuestos volátiles como alcoholes, cetonas, oxácidos, ésteres, azúcares, pirazinas y aldehídos son producidos como

consecuencia del proceso. Estos dos últimos compuestos proporcionan el aroma a cacao y nuez. La actividad microbial durante la fermentación del cacao se ha determinado como una sucesión de etapas que en las primeras horas es afectada por levaduras, seguida de bacterias ácido lácticas, las cuales disminuyen de 48 horas después de iniciado el proceso, para dar espacio a las bacterias ácido acéticas (Gutiérrez, 2002).

Durante el proceso de fermentación, el ácido acético y el etanol se difunden dentro del grano, que, junto con el aumento de la temperatura, matan el embrión de la semilla y estructura interna del grano se descompone, liberando compuestos y pigmentos que interactúan bioquímicamente con hidrolasas endógenas activadas, para desarrollar así los precursores del aroma y color (Afoakwa, Paterson, Fowler y Ryan, 2008).

El contenido de ácidos orgánicos aporta a la acidez el perfil sensorial del cacao, que varía entre el 1,2 y 1,6%. Entre ellos el acético, oxálico y cítrico se forman durante la fermentación. En los cotiledones el pH desciende desde aproximadamente 6,5 en almendras frescas, hasta el rango de 5.0 a 5.5. en almendras ya fermentadas (INIAP, 2007).

Los polifenoles de la semilla del cacao (representan entre 12 y 18 % del peso seco de los granos), están almacenados en células que se encuentran distribuidas en grupos a través de los cotiledones, los cuales son considerados en gran parte responsable de la astringencia y amargor (Calderon, 2002)

La oxidación enzimática, provoca la disminución del contenido de polifenoles a través de la hidrólisis de las antocianinas y la polimerización de los monómeros y oligómeros de flavonoides, transformándolos en compuestos insolubles. Dando como resultado, la disminución de la astringencia y amargor influyendo positivamente sobre la calidad sensorial del cacao. Si la fermentación es bien llevada y adecuada, la concentración de polifenoles totales en los granos de cacao se reduce 40% o más (INIAP, 2007).

Tabla 6: *Compuestos polifenólicos que se encuentran en las almendras de cacao.*

Compuestos	- (%) de compuestos polifenolicos en las células de almacenadora	- (%) de compuestos polifenolicos en los cotiledones
Catequina	- 25.0	- 3.0
Proantocianidina	- 21.0	- 2.5
Polímeros de Proantocianidina	- 17.5	- 2.1
Antocianinas	- 3.0	- 0.4
Fenoles totales	- 66.5	- 8.0
Teobromina	- 14	- 1.7
Cafeína	- 0.5	- 0.1
Azucares libre	- 1.6	- -
Polisacáridos	- 3.0	- -
Otros	- 14.4	- -

Fuente: *Yader (2012).*

2.2.6. PRODUCCION Y COMERCIO DE LOS GRANOS DE CACAO

La producción del cacao se localiza entre 20° norte y 20° al sur y norte de la línea ecuatorial y es comercializada principalmente por los pequeños productores, un alrededor de 3,9 millones de toneladas métricas entre 2010 y 2011 (Rios, Ruiz, Lecaro, y Rehpani, 2017)

Las principales zonas de producción en el Perú fueron:

Tabla 7: *Zonas de mayor producción en el Perú durante el 2012.*

Ciudad	- TM
San Martin	- 21 000
Cusco	- 10 000
Ayacucho	- 6 000
Junín	- 8 000
Amazonas	- 4 000
Huánuco	- 2 000

Fuente: *García (2012)*

Durante el periodo 2010 y el 2011, en San Martín y Cusco se concentró el 60% del volumen de producción nacional; no obstante, los rendimientos más altos lo presentan las regiones de San Martín y Ucayali, García (2012).

Tabla 8: Principales destinos de las exportaciones de cacao en grano

País	-	%
Bélgica	-	23
Colombia	-	21
Italia	-	15
Holanda	-	15
EE.UU.	-	9

Fuente: *García (2012)*

2.2.7. NIBS DE CACAO ORGÁNICO

a. Generalidades

Los Nibs son pedacitos de semillas de cacao secadas, tostadas, separadas de su cascarilla, y luego partido en pequeñas piezas, obteniendo un aperitivo natural de la región amazónica del Perú.

Tienen un sabor a chocolate, pero no es un producto dulce como el chocolate convencional. Al igual que los granos de café, su sabor varía dependiendo de cuánto se tuestan. (Romero y Castrejon, 2022).



Figura 3: Nibs de cacao orgánico

b. Uso de Nibs de Cacao Orgánico

Los nibs de cacao pueden ser un excelente aperitivo o algo "rico" para picar entre horas. En la cocina, los nibs de cacao pueden ser utilizados igualmente para recetas dulces como para recetas saladas. Añaden su textura crujiente que bien puede sustituir a las nueces, ya que, al no ser dulces, pueden ser un ingrediente para carnes, salsas, postres, etc. Hay quienes los venden caramelizados, pero en su forma natural es como resultan más valiosos y sanos. Los pequeños trozos sabrosos o nibs de cacao también tienen gran valor nutricional (Delgado et al. 2018).



Figura 4: *Empaque Tradicional Nibs de Cacao Orgánico.*

La semilla de cacao natural es uno de los súper alimentos más fantásticos debido a su contenido mineral y propiedades que benefician plenamente la salud. Al contrario de lo que ocurre en la producción tradicional del cacao donde muchas de las unidades especiales de las semillas se destruyen o se pierden con la cocción mediante alta temperatura provocando la pérdida de antioxidantes y la producción de grasas trans, así mismo la refinación y la transformación efectuada en la industria, que no sigue procedimientos con miras a alcanzar total pureza del producto. Con la difusión del conocimiento sobre los procesos de producción orgánica y además el tratamiento de las semillas a bajas temperaturas, ahora estamos volviendo a un producto final muy saludable. (Delgado, 2018).

c. Componentes funcionales del cacao

Con el transcurrir de los años múltiples investigadores han demostrado que el cacao y sus productos: licor de cacao, chocolate amargo, polvo de cacao o cocoa, son alimentos ricos en estas sustancias, principalmente en catequinas (epicatequina, epigallocatequina, galocatequina y catequina), además de otros flavonoides como las procianidinas, antocianinas, flavononas y flavonol glicosídicos¹⁻⁶. La concentración de polifenoles en las semillas de cacao secas y libres de grasa oscila entre el 15-20% (p/p) y están constituidos por un 37% de catequinas, un 4% de antocianinas y un 58% de proantocianidinas. (Perea, Cadena y Herrera, 2009. p. 128)

El grano de cacao actúa como agente antioxidante, sin embargo, el tratamiento que recibe durante su transformación industrial puede repercutir en el contenido de polifenoles, de manera perjudicial, por lo que disminuiría su funcionalidad. En etapas como la fermentación y el secado, donde se desarrollan los precursores del aroma y sabor, y en el tostado y la alcalinización donde se definen las características organolépticas, se han identificado notables menguas de catequinas y procianidinas.

Perea, Cadena y Herrera (2009) argumentan que el chocolate amargo tiene una concentración de polifenoles tres veces superior ($33,98 \pm 3,13$ mg AGE/g muestra) a la determinada en el chocolate de mesa con azúcar ($12,56 \pm 1,99$ mg AGE/g muestra) y el chocolate de mesa clavos y canela ($11,70 \pm 0,75$ mg AGE/g muestra), y cuatro veces superior a la del sucedáneo de chocolate ($8,11 \pm 1,59$ mg AGE/g muestra). (p. 131)

Los alimentos y la cantidad de polifenoles totales se encuentran en relación inmediata en el caso de la actividad antioxidante. Su contenido varía según los métodos utilizados: FRAP, ABTS o DPPH.

En la Tabla 8 se resumen los resultados obtenidos por Perea, Cadena y Herrera (2009) para los productos derivados del cacao, además de los correspondientes a la actividad antioxidante medida en sustancias patrón como el ácido gálico y el ácido ascórbico.

Tabla 9: Valores de actividad antioxidante medida por los métodos de FRAP y ABTS.

	Muestra	FRAP (umol Fe(II)/g)	ABTS (mmol TROLOX/kg)
Proceso	MP	369.96 ± 54.25	361.45 ± 44.68
	T	261.15 ± 55.17	274.40 ± 37.61
	Mol	299.69 ± 33.25	283.51 ± 42.64
	Mad	260.29 ± 31.79	270.11 ± 82.40
	Mez	104.05 ± 11.33	129.70 ± 27.78
	ChA	260.29 ± 31.79	270.11 ± 82.40
Productos	Ch	104.05 ± 11.33	129.70 ± 27.78
	C	107.96 ± 7.30	93.41 ± 14.81
	P	76.15 ± 1.59	51.42 ± 16.57
Patrones	A. Gálico	16153.37 ± 110.69	3258.71 ± 7.3
	A. Ascórbico	8300.19 ± 258.23	6185.37 ± 15.2

Fuente: *Perea, Cadena y Herrera (2009)*

Los antioxidantes son moléculas capaces de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas y su papel principal es terminar con las reacciones de oxidación e inhibir otras reacciones de oxidación oxidándose ellos mismos. Algunas de las sustancias antioxidantes naturales más conocidas son el β caroteno (pro- vitamina A), la vitamina C (ácido ascórbico), la vitamina E (α tocoferol), el selenio, etc. (Cáceres, 2012).

Esto se produce debido a que los radicales libres son grupos de átomos que tienen un electrón desapareado con capacidad de aparearse, por lo que son muy reactivos, recorren nuestro organismo intentando robar un electrón de las moléculas estables con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica y lograr su función específica en la célula. La vida biológica del radical libre es de microsegundos, pero tiene la capacidad de reaccionar con todo lo que esté a su alrededor provocando un estrés

oxidativo que puede conducir a diversas enfermedades, tales como envejecimiento, problemas del sistema cardiovascular (arterosclerosis), problemas en el sistema nervioso, daño genético (Finkel y Holbrook, 2000) Según Urcia (2018), “entre los ensayos de captación de radicales libres, el método del DPPH es el método más rápido, simple y de menor costo en comparación con otros modelos” (p. 31).

2.2.8. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Ensayo químico para demostrar capacidad antioxidante: DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo)

En la figura que aparece debajo se observa:

Una molécula radical estable de color púrpura, que se prepara en solución metanólica o etanólica. En esta forma su pico de absorbancia está entre 515 – 520 nm. Cuando se coloca frente a una sustancia estabilizadora de radical libre, el radical DPPH pierde la coloración púrpura y se torna finalmente a una solución de color amarillo. (Urcia, 2018, p. 31)

Cabe precisar que el cambio de color es monitoreado espectrofotométricamente y “es utilizado para la determinación de los parámetros para las propiedades antioxidantes requerido para alcanzar el estado estacionario y completar la reacción redox.” (Vicente, y otros, 2009).

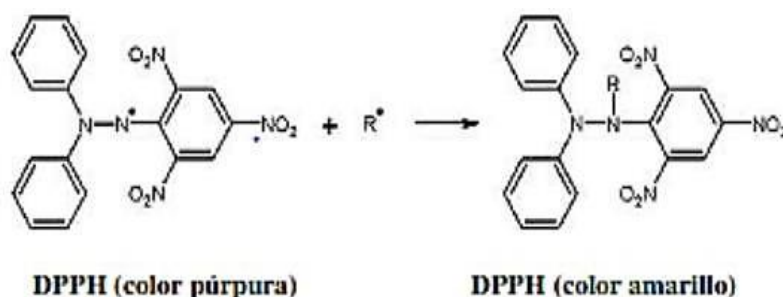


Figura 5: *Reacción del radical DPPH*

El método es sencillo, rápido y confiable, puede aplicarse a muestras de variada polaridad. Es uno de los métodos más reportados en los ensayos

in vitro de capacidad captadora de radicales expresado usualmente como capacidad antioxidante total. La metodología empleada se basó de acuerdo al AOAC, 2012.

Rosario *et al.* (2016), obtuvieron resultados de polifenoles y antioxidantes en cacao beneficiado y en cacao beneficiado desengrasante, según se indica en la Tabla 10.

Tabla 10: *Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante del grano de cacao.*

Muestras	Polifenoles (g. ác. Gálico/ 100g grano cacao)	Capacidad antioxidante FRAP (mM equivalente a TRILOX/ g ms)
Cacao beneficiado	5.39 ± 0.26 ^a	337.42 ± 19.27 ^a
Cacao beneficiado desengrasado	6.26 ± 0.26 ^b	411.15 ± 11.72 ^b

(a) y (b) diferencia significativa $p < 0.05$

2.2.9. METODOLOGIA DE SUPERFICIE RESPUESTA

La metodología de superficie de respuesta (MSR), según Montgomery (2011), es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas útiles para modelar y analizar problemas en los cuales una respuesta de interés es influenciada por diversas variables y donde el objetivo es optimizar esta respuesta. El propósito inicial de estas técnicas es diseñar un experimento que proporcione valores razonables de la variable respuesta y a continuación determinar el modelo matemático que mejor se ajuste a los datos obtenidos. El objetivo final es establecer los valores de los factores que optimizan el valor de la variable respuesta. (p. 427)

En base a lo expuesto podemos afirmar que la metodología de superficie de respuesta es una técnica estadística que faculta, una vez considerados la totalidad de los factores directamente influyentes, la óptima obtención de una determinada respuesta. No obstante, en la mayoría de los problemas de superficie de respuesta, la forma de la relación entre la respuesta y las variables independientes es desconocida, por lo que:

El primer paso en la metodología de superficie de respuesta (MSR) es encontrar una aproximación adecuada de la verdadera relación funcional entre “y” y el conjunto de variables independientes. Por lo general, se emplea un polinomio de orden inferior en alguna región de las variables independientes. (Montgomery, 2011, p. 428)

Si la respuesta está bien modelada por una función lineal de las variables independientes, entonces la función de aproximación es el modelo de primer orden (Montgomery, 2011):

$$Y = \beta_0 + \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \dots + \beta_kx_k + \epsilon$$

Los parámetros del modelo se estiman mediante el método de los mínimos cuadrados ordinarios. Una vez que se tienen los estimadores se sustituyen en la ecuación y se obtiene el modelo ajustado (Montgomery, 2011):

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k$$

Este modelo se utiliza cuando se quiere estudiar el comportamiento de la variable respuesta únicamente en la región y cuando no se conoce la forma de superficie.

En caso que el modelo de primer orden no sea adecuado, se puede utilizar el modelo de segundo orden:

$$\hat{y}_1 = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon$$

En este modelo los β_i son los coeficientes de regresión para los términos de primer orden, los β_{ii} son los coeficientes para los términos cuadráticos puros, los β_{ij} son los coeficientes para los términos de un producto cruz y ϵ es el término del error aleatorio. Los términos cuadráticos puros y los de producto cruz son de segundo orden. El número de términos en la ecuación está dado por $p = (k + 1)(k + 2) / 2$.

Los parámetros del modelo se estiman mediante el método de mínimos cuadrados. Una vez que se tienen los estimadores se sustituyen en la

ecuación anterior y se obtiene el modelo ajustado con el valor óptimo de la respuesta (Montgomery, 2011):

$$\hat{y}_1 = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \sum b_{ij} x_i x_j$$

La significancia de los coeficientes estimados y el ajuste del modelo se prueban con el estadístico F. Una vez que se ha verificado que el modelo tiene suficiencia de ajuste y que los coeficientes son significativos, se procede a localizar las coordenadas del punto estacionario y se lleva cabo un análisis más detallado del sistema de respuesta (Montgomery, 2011).

a. Diseño Central Compuesto

Empieza con un diseño factorial estándar a dos niveles y agrega dos corridas adicionales para cada factor. Las corridas adicionales, llamadas puntos estrella, son localizadas en distancias pequeñas abajo del nivel bajo de un factor y a la misma distancia arriba del nivel alto, esto permite la estimación de la curvatura con respecto a ese factor. Mientras cada factor se empieza variándose, los otros factores son fijados en sus valores centrales (STATPOINT, 2010).

Corrida	X1	X2	X3
1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1
3	-1	1	-1
4	1	1	-1
5	-1	-1	1
6	1	-1	1
7	-1	1	1
8	1	1	1

Por ejemplo, considere el diseño factorial 2^3 mostrado abajo:

Corrida	X1	X2	X3
9	$-\alpha$	0	0
10	α	0	0
11	0	$-\alpha$	0
12	0	α	0
13	0	0	$-\alpha$
14	0	0	1

Esta propiedad llamada rotabilidad se logra estableciendo $\alpha = (2k)^{1/4}$. Así, el valor de α para un diseño con dos factores es $\alpha = 1,414$ y para tres factores $\alpha = 1,682$.

Donde α , la distancia axial, es $\alpha \geq 1$.

Determinando α igual a valores específicos, las propiedades deseables pueden alcanzarse. Por lo menos un punto al centro también se debe agregar al diseño.

b. Características del Diseño:

Rotable: Coloca los puntos estrella en una distancia haciendo que la varianza de la respuesta predicha sea la misma para todos los puntos lo cual es la misma distancia del centro del diseño (en unidades estándar).

Esto es “intuitivamente razonable, puesto que el experimentador típicamente no conoce la cual es la dirección probable de la localización del punto óptimo” (StatPoint Inc., 2006, p. 7). La rotabilidad es alcanzada fijando la distancia axial en:

$$\alpha = \sqrt[4]{F}$$

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIA PRIMA

Granos de cacao de la variedad orgánico (*Theobroma cacao L.*) ubicadas en el Centro poblado de Bambamarca, distrito de Pólvora, Provincia de Tocache y Departamento de San Martín, requiriéndose 100 Kg. para cubrir toda la demanda.

3.2. MATERIALES

A. MATERIALES DE LABORATORIO

- Pera succionadora
- Pinzas de metal y de madera
- Crisoles de porcelana, marca Haldenwanger
- Balones de digestión para proteína marca Gerhardt.
- Pesa filtros, marca Witeg.
- Papel filtro Whatman #42, o Albet N° 150
- Mortero de porcelana con pistilo
- Campana desecadora conteniendo silica gel, marca Glaswerk
- Gradillas de acero inoxidable.
- Micropipetas digitales de 100 y 200 uL, marca Brand
- Espátula
- Jeringas desechables

B. REACTIVOS

Para determinar proteína cruda

- Ácido bórico al 4%
- Ácido Sulfúrico concentrado (Densidad: 1.83 g/cm³, pureza: 95 – 97%)
- Ácido clorhídrico 1N
- Rojo de metilo (Densidad: 791 kg/m³)
- Etanol 95%
- Naranja de metilo (Densidad: 1,28 g/cm³)
- Hidróxido de Sodio al 40%
- Sulfato de cobre pentahidratado (Densidad: 2.3 g/cm³)
- Sulfato de potasio anhidro (Pureza: 99%; Masa molar: PM: 174.25 g/mol)

Para determinar contenido total de polifenoles

- Metanol HPLC
- Etanol HPLC
- Ácido Gálico (Densidad: 1.7 g/cm³, Masa molar: 170.12 g/mol)
- Carbonato de Sodio (Densidad: 2.54 g/cm³, Masa molar: 105.98 g/mol)
- Folin Ciocalteu 2N

Para determinar capacidad antioxidante

- Reactivo DPPH (2,2 – Difenil–1–Picrilhidrazilo)
- Reactivo trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid)
- Etanol 95%
- Metanol grado HPLC
- Agua destilada

C. MATERIALES DE VIDRIOS

- Buretas de 25 ml
- Placas Petri, marca Pyrex.
- Matraces Erlenmeyer de 125, 250 y 500 mL, marca Pyrex.
- Beakers de 100, 250, 500, 1000 y 2000 mL, marca Pyrex.
- Fiolas de 5,10, 25 y 100 mL, marca Pyrex.
- Vaso de precipitación de 500ml.
- Tubos de ensayo de 10 y 15 mL, en vidrio, marca Pyrex
- Pipetas graduadas de Pipetas graduadas de 1,5 y 5 ml.
- Probeta graduada de 200 mL. marca Pyrex.
- Viales de vidrio con tapa de 2.5 mL

D. EQUIPOS

- Estufa Eléctrica: P-selecta 209
- Balanza Analítica: Prease Gravimetrics AG 221LX
- Mufla Thermolync Subsidiary of SIBRON – Type 1300 Furnace
- Cocina eléctrica (1 hornilla HP 1000-Imaco)
- Kjeldahl (Marca: Labconco; combinación digestión–destilacion)
- Aparato de Extracción Soxhlet con sus respectivos balones
- Baño Ultrasónico (marca: ECO-SONICS-Q-2850 TECNAL)

- Agitador Vortex (Marca: Unico; 2000 RPM)
- Lector Multi-Modal de Microplacas Synergy H1- BioTek
- Cromatógrafo de gases Shimadzu GC-2010
- Espectrofotómetro Jasco V670

3.3. PROCESO EXPERIMENTAL

3.3.1. PROCEDIMIENTO DE ELABORACION DE NIBS DE CACAO

a. Recepción de la materia prima

En este punto evaluamos el estado general del producto (cacao), si cumple con los requisitos de calidad, así como la validación de una entidad que certifique que es un producto orgánico.

b. Secado

El secado es un proceso que tiene como objetivo principal terminar de desarrollar el sabor a chocolate, dar el color característico marrón o pardo y eliminar el exceso de humedad de las almendras, bajando de 55 a 5-8%, para asegurar su posterior almacenamiento, comercialización o proceso. Para ello se debe estar moviendo constantemente y lograr un secado homogéneo.

Este proceso se puede realizar de 2 maneras: un secado natural (proceso lento que permite eliminar acidez volátil y obtener los cambios óptimos de un buen sabor y aroma) y un secado artificial (proceso rápido, aplicable en lugares donde se obstaculiza el secado natural, además de una gran demanda de almendras).

c. Limpieza y selección de granos

Proceso el cual permite eliminar impurezas y almendras deterioradas presentes en los granos, logrando así en el proceso de selección una correcta homogenización de los granos para su posterior proceso.

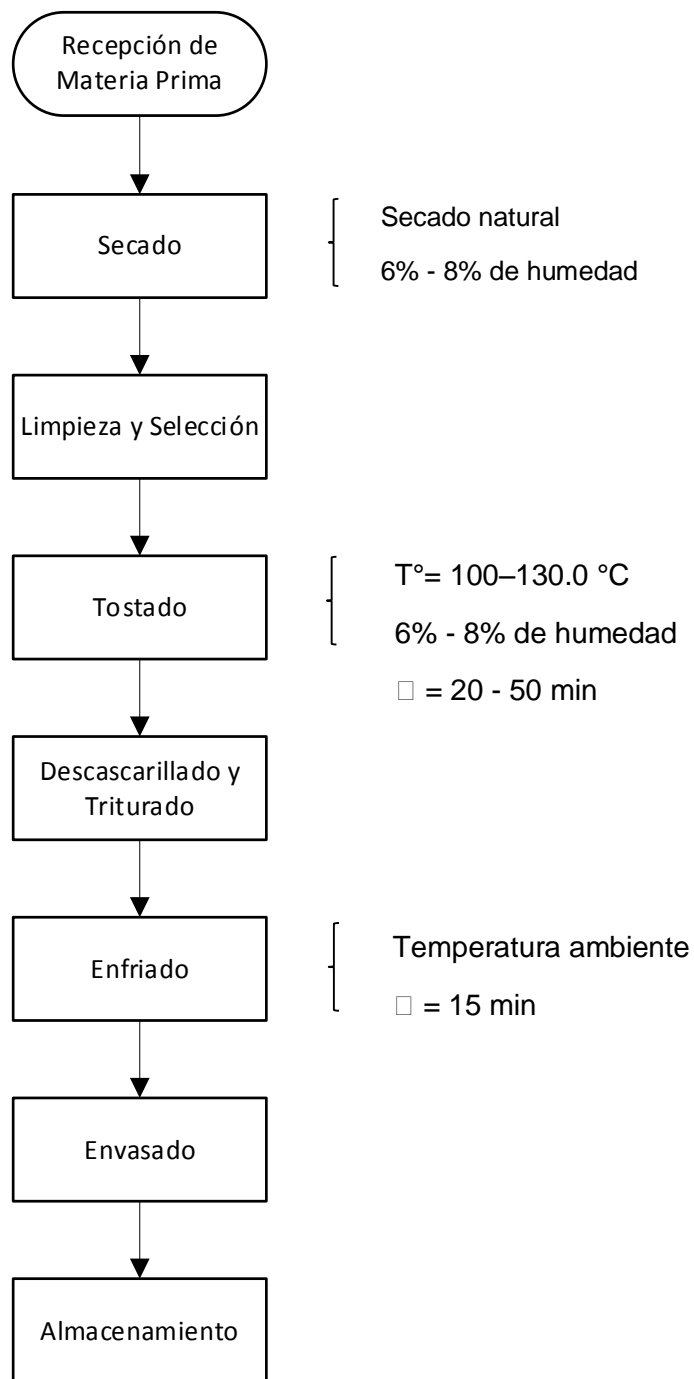


Figura 6: Diagrama de flujo para la obtención de Nibs de cacao

d. Tostado

Operación tecnológica más importantes en el procesamiento, que conduce a la formación de los productos de la reacción de Maillard (RM), cruciales para el desarrollo de la calidad organoléptica de los granos de cacao y sus productos asociados. El tostado se realiza a 100 °C y 130.0°C por 20 min y 50 min correspondientemente en una estufa de secado.

e. Descascarillado y triturado

Se puede realizar de forma mecánica o manualmente, el descascarillado es el proceso en el que se elimina la cáscara. En nuestro caso se realiza triturado mecánico automático, ya que le daremos un diámetro de partículas para el producto.

f. Enfriamiento

Después del proceso de descascarillado y triturado, se deja reposar unos minutos y posteriormente enfriar los granos por 10 – 20 min a temperatura ambiente.

g. Envasado

Este proceso se realizará luego de haber enfriado los granos, y estos serán envasados en bolsas de polipropileno de media intensidad entre 200 y 250 gr para su posterior almacenamiento y análisis.

h. Almacenamiento

Los empaques serán almacenados a temperatura ambiente en un área limpia y desinfectada.

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTACION DE RECOLECCION Y ANALISIS DE DATOS

La información bibliográfica va a ser tomada a partir de trabajos de tesis y/o publicaciones en artículos científicos.

3.4.1. ANALISIS FISICOQUIMICO DE LA MATERIA PRIMA

a. Determinación del grado de fermentación (NTPISO-1114:2006)

Se analizará con el método de la prueba de corte utilizando guillotina, con la que se practicará un corte longitudinal por la parte central de 100

granos de cacao. Luego del corte se evaluará visualmente las almendras de cacao según Indecopi (2006). El porcentaje de almendras de cacao fermentado será calculado de acuerdo con la siguiente fórmula:

- %F = Porcentaje de fermentación
- Nf = Número de granos bien fermentados

$$\%F = \frac{(Nf \times 100)}{100}$$

3.4.2. ANALISIS DE COMPOSICION PROXIMAL

Los análisis de composición proximal serán realizados según los procedimientos propuestos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Los análisis se realizarán por triplicado reportándose el promedio, expresados como porcentaje (100 g de muestra inicial):

a. **Humedad (AOAC 931.04 2012):**

Se determina por diferencia de peso, la muestra es sometida a 103 °C en estufa por espacio de 15 a 16 horas, hasta obtener peso constante.

b. **Ceniza (AOAC 923.03):**

Se obtendrá calcinando las muestras a 600 °C en mufla por espacio de 12 a 14 horas.

c. **Grasa cruda (AOAC 963.15 2012):**

Se emplea el método Soxhlet, en el cual la grasa será extraída utilizando éter dietílico como solvente orgánico durante 6 a 7 horas.

d. **Proteína total (Método AOAC 2001.11):**

Se determina por el método semi-micro Kjeldahl, determinando el porcentaje de nitrógeno total. El cual consta de tres etapas: Digestión, destilación y titulación.

3.4.3. CONTENIDO TOTAL DE POLIFENOLES (CTP)

Se pesa 0.25 gr de muestra, se agrega 10 ml de solución metanol/agua acidificada 80:20 v/v a pH 2, agitar 30 minutos en agitador vortex o 15 minutos en baño ultrasonico, centrifugar a 3500 rpm por 10 minutos, se separa el sobrenadante (A), al residuo nuevamente agregar 10 ml de solución metanol/agua acidificada 80:20 v/v a pH 2 agitar 30 minutos en agitador vortex o 15 minutos en baño ultrasonico, centrifugar a 3500 rpm

por 10 minutos, separar sobrenadante (B), combinar los sobrenadantes A y B y realizar la determinación de polifenoles totales.

Para hacer la curva estándar se utilizó ácido gálico. Para ello se debe realizar soluciones (Vol. 1250 ul) a partir de la solución madre de ácido gálico (450ug/ml). Primero se colocará el ácido gálico en viales, agregar Folin-Ciocalteu agitar y dejar reposar por 5 minutos, luego agregar el Na_2CO_3 y el agua destilada, dejar las muestras reposar en un ambiente oscuro durante 2 horas. Posteriormente se coloca 200 ul de cada solución en los pocillos de la microplaca y leer la absorbancia a 739 nm.

Para la determinación del contenido de fenólicos totales. De la muestra, se llevará 500 ul a un vial, agregar 50 ul de Folin-Ciocalteu agitar y dejar reposar por 5 minutos, luego agregar 100 ul de Na_2CO_3 y 800 ul de agua destilada, dejar las muestras en reposo en un ambiente oscuro por 1.5 horas. Posteriormente se colocará 200 ul de cada muestra en los pocillos de la microplaca y leer la absorbancia a 739 nm. Se hará por duplicado.

El contenido de polifenoles se expresó como mg de ácido gálico en 100 g de muestra de cacao.

3.4.4. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE ACIDOS GRASOS

Se determina moliendo los granos de cacao orgánico y extrayendo la grasa con éter de petróleo. La grasa (fosfolípidos y triglicéridos) se saponifica y metila con NaOH 2N y HCl 2N en metanol, respectivamente. Los ácidos grasos metilados son inyectados al cromatógrafo de gases donde se separa por arrastre del hidrógeno, el gas de arrastre a través de la fase estacionaria de la columna. Los resultados se reportaron como porcentaje relativo del total de contenido de ácidos grasos (Referencia de la norma Prevot y Modret, Revue Francaise des cops gras, 23 anne, n° 7-8, 1976).

3.4.5. DETERMINACION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Para la determinación del coeficiente de inhibición (IC50) del radical DPPH, se preparará 0.5 g de muestra y se adicionará 10 ml metanol/agua acidificado 75:25 v/v, llevar a baño ultrasónico por 2 horas a 75 °C, luego centrifugar a 3500 rpm por 10 min y separar el sobrenadante en un vial (A), al residuo nuevamente agregar 10 ml de solución metanol/agua acidificada 75:25 v/v llevar a baño ultrasónico por 1 hora a 37 °C, luego centrifugar a 3500 rpm por 10 min y separar el sobrenadante (B), combinar los sobrenadantes A y B y realizar la determinación de fenoles totales.

Para hacer la curva estándar se utilizó reactivo DPPH. Primero se colocará el reactivo trolox en distintas concentraciones y agregar a cada una DPPH, reposar por 1 hora a 37 °C en el baño ultrasónico y luego leer la absorbancia a 517 nm.

Para la determinación del contenido de fenoles totales. De la muestra, se llevará 100 ul a un vial, agregar 6 ml de reactivo DPPH y dejar reposar por 1 hora a 37°C en baño ultrasónico y leer la absorbancia a 517 nm

Se determinó el porcentaje de inhibición con la siguiente ecuación:

$$- Q = \left(1 - \frac{A_{muestra}}{A_{control}}\right) \times 100$$

Donde:

A muestra = absorción de la muestra

A control = absorción del reactivo DPPH

3.4.6. ANALISIS DE POSTRATAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

Los procedimientos para los análisis postratamiento son los mismo detalladas líneas arriba:

- Humedad
- Ceniza
- Grasa cruda
- Proteína
- Contenido de ácido graso

- Contenido total de polifenoles
- Determinación de capacidad antioxidante

3.4.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

El tostado será evaluado entre 100 °C y 130 °C, 20 y 50 minutos en el Diseño de la Investigación.

Las funciones objetivo definidas para esta etapa es polifenoles (Y1) antioxidantes (Y2) y ácidos grasos (Y3). Así mismo, las variables de estudio son temperatura (X1) y tiempo (X2). Estas variables fueron elegidas de acuerdo a lo afirmado por (Plúa, 2008), (Nebesny y Rutkowski, 1998). quienes indican que la temperatura y el tiempo, en la etapa de tostado, son las principales variables que influyen sobre el pardeamiento no enzimático, juegan un papel importante en la formación de los pigmentos marrones, el aroma y sabor del cacao.

Los niveles de las variables X1, X2 se establecieron de acuerdo a bibliografía revisada.

a. Diseño central compuesto rotacional (DCCR)

El análisis de superficie de respuesta de segundo orden para las respuestas polifenoles (Y1), antioxidantes (Y2) y ácidos grasos (Y3) se realizará mediante un diseño central compuesto rotacional (DCCR) que, según Montgomery (2011), para $k = 2$ factores constan de 4 puntos factoriales (2^k), 4 puntos axiales en los ejes coordenados (a una distancia α) y 1 repetición en el punto central, dando un total de 22 puntos experimentales.

Para determinar la ubicación de los puntos axiales se considera $\alpha = (nf)^{1/4} = 81^{1/4} = 1,414$, esto garantiza un diseño central compuesto rotacional.

La Tabla 11 muestra los valores de cada nivel de las variables codificadas.

La Tabla 12 presenta el diseño central compuesto rotacional (DCCR) utilizando el programa Statgraphics Centurion XVI.I.

Tabla 11: Niveles de las variables independientes del diseño experimental (DCCR) 2², incluyendo 4 ensayos en condiciones axiales y 3 repeticiones en el punto central.

Variable	Unidad	Símbolo Codificada	Niveles de las variables codificadas				
			- α	-1	0	+1	+ α
Temperatura	°C	X ₁	100	104.4	115	125.6	130
Tiempo	minutos	X ₂	20	24.4	35	45.6	50

Fuente: $\alpha = (F)^{1/4}$, donde F es el número de puntos en la parte factorial, $\alpha = 1.4142$.
Gutiérrez y De la Vara, 2012.

Tabla 12: Matriz Experimental del Diseño Central Compuesto Rotacional (DCCR) 2².

Experimento	Valores codificados		Valores reales	
	X ₁	X ₂	Temperatura tostado (°C)	Tiempo tostado (minutos)
1	-1	-1	115	35
2	+1	-1	104	24
3	-1	+1	126	24
4	+1	+1	104	46
5	- α	0	126	46
6	+ α	0	115	35
7	0	- α	100	35
8	0	+ α	130	35
9	0	0	115	20
10	0	0	115	50
11	0	0	115	35

b. Estimación de los modelos matemáticos de segundo orden.

- Polifenoles, Antioxidantes y Ácidos Grasos

Los valores promedio de polifenoles, antioxidantes y ácidos grasos observados serán sometidos a un análisis de regresión múltiple (método de mínimos cuadrados) y ajustados a un modelo de segundo orden, que incluya la curvatura de la superficie y que describa la

dependencia de dicha respuesta en función de las variables de estudio. Dicho polinomio corresponde a la siguiente ecuación de segundo grado:

$$\hat{y}_1 = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j$$

Donde:

\hat{y}_1 : polifenoles, antioxidantes y ácidos grasos (mg de ácido gálico/100g de muestra, ug/mg equivalente a ácido ascórbico y % total de muestra)

β_0 : término independiente

β_i : coeficientes de regresión lineal

β_{ii}, β_{ij} : coeficientes de regresión cuadráticos

x_1, x_2 : temperatura (°C) y tiempo (minutos)

Posteriormente, se realizará el análisis de varianza y la prueba de significancia de los coeficientes del modelo estimado (nivel de significación $\alpha = 0,05$).

De acuerdo a Montgomery (2011) y Gutiérrez y Vara (2012), el análisis de varianza consiste en establecer la significancia estadística del modelo y coeficientes del mismo, además de una falta de ajuste no significativa. La significancia estadística del modelo y de los coeficientes se establecerán mediante la prueba F de Fisher, debiéndose registrar un valor de probabilidad p (prob > F) menor a 0,05. Por otro lado, la falta de ajuste del modelo también será establecida mediante esta prueba, debiendo ser su valor de probabilidad p (prob > F) mayor a 0,05. Así mismo, la calidad del ajuste del modelo a los datos observados será establecida mediante el coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}), debiendo ser el valor de cada uno cercano a 1.

c. Verificación de los niveles óptimos de las variables

Considerando los niveles óptimos de las variables se realiza el proceso del tostado del cacao correspondiente. Los valores observados de cada respuesta en los granos de cacao tostado obtenidos serán determinados y comparados con los respectivos valores estimados por el modelo.

d. Formulación de hipótesis

La temperatura y tiempo de tostado de granos de cacao estarán entre 100 y 130°C, y entre 20 y 50 min, respectivamente, obteniéndose un contenido de polifenoles totales de 18.5 mg de ácido gálico/g de cacao y capacidad antioxidante entre 0.172 a 0.245 mmol Trolox/ Kg de cacao, manteniendo las características sensoriales adecuadas y aceptables para su consumo.

Las variables de estudio son:

Tabla 13: *Variables de estudio*

Variables	X1: Temperatura (°C)
Independientes	X2: Tiempo (minutos)
Variable dependiente	Perfil de ácidos grasos(AGS y AGI) Polifenoles totales (mg AGE/g) Actividad antioxidante (mmol Trolox/g)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. EVALUACION DEL CONTENIDO TOTAL DE POLIFENOLES (CTP)

El contenido de Total Polifenoles para los nibs de cacao tostados a diferentes temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) y tiempos (min) se muestran en la Tabla 14 y en la Figura 7, de acuerdo al diseño experimental DCCR 2², se obtuvieron un total de 11 experimentos.

Tabla 14: *Contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.*

Tratamiento (T)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) X_1	Tiempo (min) X_2	Polifenoles (mg AGE/g de nibs de cacao)
1	100	35	10.98 ± 0.10
2	104	24	12.07 ± 0.12
3	104	46	13.10 ± 0.11
4	115	20	20.46 ± 0.08
5	115	35	19.69 ± 0.82
6	115	35	19.80 ± 0.08
7	115	35	19.75 ± 0.08
8	115	50	19.15 ± 0.07
9	126	24	17.77 ± 0.08
10	126	46	12.47 ± 0.56
11	130	35	16.84 ± 0.09

Nota. *Media de tres repeticiones + DS

En la gráfica se visualiza que el tratamiento 4, Nibs de cacao tostados a 115°C por 20 min obtuvo el mayor contenido de Polifenoles con 20.46 ± 0.08 mg AGE/g de nibs de cacao, mientras que el T1 registró el menor valor en CTP con 10.98 ± 0.11 mg AGE/g de nibs de cacao, para Nibs de cacao tostados a 100°C por 35 min. Asimismo, los puntos centrales (T5, T6 y T7), Nibs tostados a 115°C por 35 min, presentaron valores similares de 19.69 ± 0.83 , 19.80 ± 0.08 y 19.75 ± 0.08 mg AGE/g de nibs de cacao respectivamente, indicando la presencia de curvatura que será comprobada más adelante por el análisis estadístico.

El tostado de los granos de cacao es sin duda la operación que más repercute en los cambios tanto químicos como físicos del grano tostado, influyendo directamente en la calidad del producto final (nibs de cacao). Por tanto, resulta imprescindible tener un control de temperatura y tiempo de tostado que otorgue las características idóneas a los nibs de cacao como lo son un color marrón característico, textura de granos tostados, concentración de compuestos volátiles del sabor, así como la preservación de sus compuestos funcionales, polifenoles y grasas poliinsaturadas.

Como se visualiza en la gráfica los mayores valores de polifenoles las obtuvieron los T7, T8, T9, T10 y T11, en donde los granos de cacao fueron tostados a una temperatura de 115°C independientemente del tiempo de tostado, lo cual podría dar una idea que para preservar el contenido de compuestos fenólicos en los nibs de cacao es recomendable tostarlos a 115°C, no obstante aún no se podría llegar a esa conclusión ya que para ello antes es necesario realizar un análisis estadístico que determine la significancia tanto de la temperatura y el tiempo de tostado con respecto al contenido total de polifenoles en los nibs de cacao.

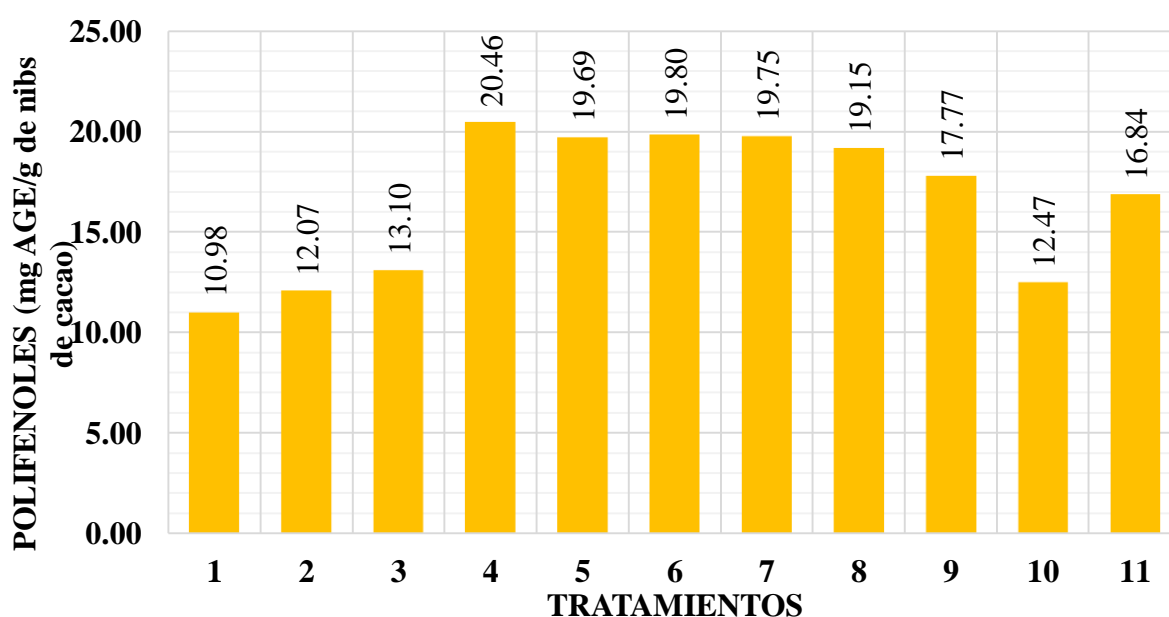


Figura 7: *Contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.*

El diagrama de Pareto de efectos estandarizados permite determinar si la temperatura y tiempo de tostado en sus efectos lineales, cuadráticos y/o interacción son responsables de la variabilidad del contenido total de polifenoles en los nibs de cacao, para ello ordena cada efecto de forma decreciente de acuerdo a la significancia, la cual es comprobada al pasar la línea de referencia para un nivel de significancia de $\alpha = 5\%$, si en caso ningún efecto llegara a pasar la línea de referencia se aprobaría la hipótesis nula, que indica que no existe relación entre la temperatura y tiempo de tostado de los granos de cacao con respecto al CTP.

De acuerdo al diagrama de Pareto, la temperatura de tostado en su término cuadrático es estadísticamente significativa en el nivel de 0.05, con un efecto estimado negativo en el contenido de polifenoles, dicho comportamiento se podrá apreciar con mayor claridad en la gráfica de efectos principales. Por otro lado, la temperatura en su término lineal fue el único que presenta un efecto positivo en cuanto al CTP, aunque este no resulto significativo al no pasar la línea de margen de error.

Resulta importante mencionar que en la investigación sobre el contenido de Antioxidantes y polifenoles totales de chocolate negro con incorporación de cacao (*Theobroma cacao* L.) crudo, realizada por Chacón, Mori y Chávez (2021), encontraron una influencia positiva en el contenido de ambas propiedades funcionales al adicionar al chocolate oscuro 10, 20 y 30% de pasta de cacao crudo, cuando la incorporación es de 30% se obtuvo un incremento desde 16,36 hasta 34,35 mg AGE/g ms de polifenoles totales y desde 58,81 hasta 95,39 mmol TE /g ms para la capacidad antioxidante, con ello se puede demostrar que el tostado de los granos de cacao disminuye el contenido en polifenoles y por ende la capacidad antioxidante.

Del mismo modo, Condori (2015), manifiesta que el tratamiento de tostado en los granos de cacao ocasionó pérdidas en el contenido de polifenoles para las variedades CCN-51 e ICS-6 de 52,66 y 59,66% respectivamente.

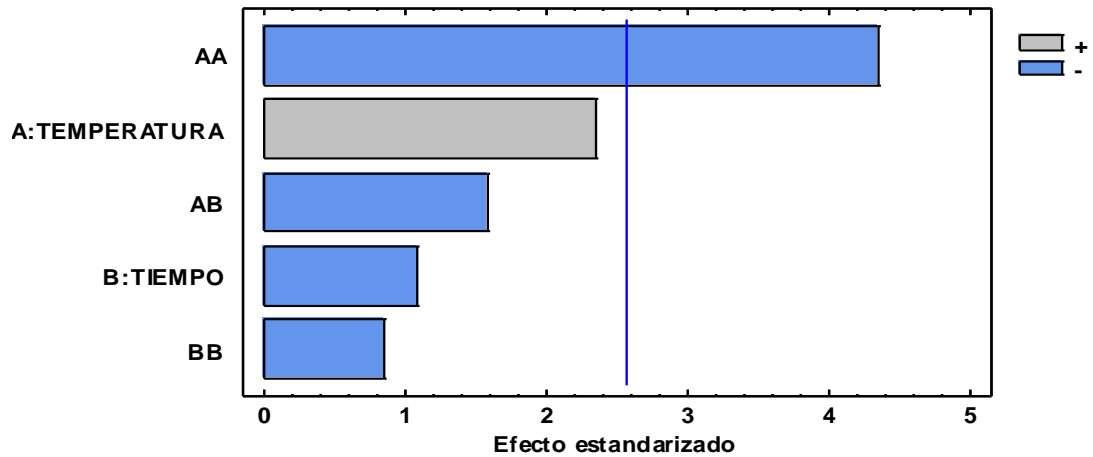


Figura 8: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes (Temperatura y tiempo de tostado) en el Contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao.

4.1.1. ANALISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO TOTAL DE POLIFENOLES EN NIBS DE CACAO

La Tabla ANOVA permite corroborar si existe o no una relación estadísticamente significativa entre el contenido de polifenoles totales (CTP) de los nibs de cacao con respecto a la temperatura y el tiempo de tostado. El análisis de varianza determinó que solo la temperatura en su efecto cuadrático AA es estadísticamente significativa al tener un valor-P menor que 0.05.

Este análisis es respaldado por los coeficientes de determinación R^2 y R^2_{aj} , los cuales permiten determinar la calidad de ajuste del modelo cuadrático con los valores de CTP, para este caso se obtuvo un $R^2 = 84.9832\%$, indicando que el 84.9832% de la variación del contenido de polifenoles totales en los nibs de cacao es explicada por el modelo cuadrático. Con respecto al $R^2_{aj} = 70\%$, al ser inferior al R^2 nos indica que existen términos que no contribuyen de forma significativa en el modelo. En general se puede decir que la calidad de ajuste es satisfactorio, puesto ambos coeficientes de determinación son iguales o superiores al 70%, por tanto, si es factible realizar una optimización ya que su calidad de predicción es buena (Gutiérrez y De la Vara, 2012).

Tabla 15: Análisis de varianza para el contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:TEMPERATURA	22.2432	1	22.2432	5.53	0.0654
B:TIEMPO	4.68048	1	4.68048	1.16	0.3299
AA	76.0765	1	76.0765	18.92	0.0074
AB	9.99508	1	9.99508	2.49	0.1757
BB	2.95145	1	2.95145	0.73	0.4307
Error total	20.1048	5	4.02096		
Total (corr.)	133.884	10			

Nota: valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$)

4.1.2. EFECTO DE LA TEMPERATURA (°C) Y TIEMPO (MIN) DE TOSTADO EN EL CONTENIDO TOTAL DE POLIFENOLES EN NIBS DE CACAO

En la gráfica de efectos principales podemos observar el comportamiento individual de la temperatura y tiempo de tostado con respecto al contenido de polifenoles totales en los nibs de cacao.

La temperatura (°C) de tostado presenta un comportamiento cuadrático, conforme los granos de cacao son tostados a temperaturas superiores a los 104 °C el contenido de polifenoles comienza a incrementarse, hasta llegar a su valor máximo valor de polifenoles (20.46 ± 0.09 mg AGE/g de nibs de cacao) para una temperatura de tostado a 115°C, asimismo se observa una tendencia negativa cuando la temperatura es superior a los 115 °C.

En concordancia a ello, Ioannone et al. (2015), señala que el empleo de una menor temperatura en el tostado de los granos origina la mayor cantidad de polifenoles, debido a la hidrólisis de polifenoles a unidades monoméricas más simples y a la formación de reductores y melanoidinas como resultado de reacciones de pardeamiento no enzimáticas.

Cabe señalar, que durante el proceso de tostado de los granos de cacao el contenido en polifenoles totales se ve reducido notablemente conforme la temperatura se incrementa, a causa de reacciones de oxidación en los compuestos fenólicos, se polimerizan y forman compuestos insolubles de alto peso molecular (Torres, 2021).

Resulta interesante mencionar el estudio realizado por Zapata, Tamayo y Rojano (2015), quienes evaluaron el contenido de compuestos fenólicos en granos de cacao sin tratar y tostados, determinando un ligero incremento de polifenoles en los nibs de cacao tostados con 20,60 – 42,79 mg AGE/g de nibs de cacao, mientras que los nibs de cacao sin tratar obtuvieron 21,69 – 38,64 mg AGE/g de nibs de cacao. Este incremento es producto de compuestos intermediarios y melanoidinas que se generan por la reacción de Maillard entre azúcares reductores y aminoácidos, los cuales originan una sobreestimación del contenido de polifenoles totales al poder ser detectados por el método Folin-Ciocalteu, asimismo dichos compuestos favorecen a la actividad antioxidante, el sabor y color de los nibs de cacao.

Con respecto al tiempo de tostado se aprecia que a medida que los granos de cacao son tostados por tiempos superiores a los 35 min el contenido de polifenoles en los nibs de cacao comienza a descender considerablemente.

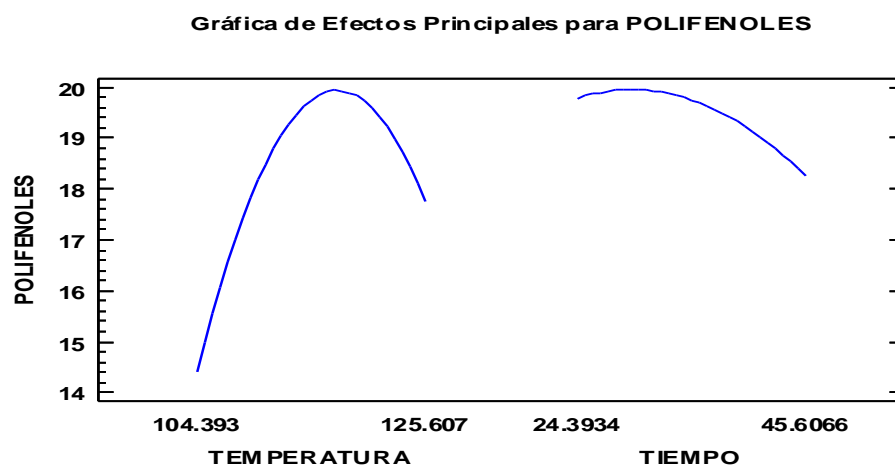


Figura 9: *Gráfica de Efectos Principales para el Contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao.*

Con respecto a la gráfica de interacción se aprecia un cruce cuando la temperatura de tostado es de 110°C para tiempos entre 24 y 45 min de tostado obteniendo un contenido de polifenoles aproximadamente de 17 mg AGE/g de nibs de cacao. Asimismo se observa que se obtienen valores de polifenoles más altos cuando el tiempo de tostado es de 24 min al cambiar la temperatura de tostado de un nivel bajo (104 °C) a un nivel alto (125 °C), con un máximo superior a los 20 mg AGE/g de nibs de cacao, mientras que para un tiempo de 45 min, si bien se evidencia mayor curvatura, su máximo es alrededor de los 18 mg AGE/g de nibs de cacao, asimismo se observa que los valores de polifenoles descienden a un valor cercano a 14 mg AGE/g de nibs de cacao, cuando la temperatura de tostado es de 125 °C.

Por otro lado, es importante mencionar que, si bien la temperatura y tiempo de tostado son los principales responsables de variabilidad del contenido de polifenoles en los nibs de cacao, existen otras etapas como la fermentación y el secado del grano que también pueden influir en los compuestos fenólicos.

Las pérdidas de los polifenoles en los nibs de cacao ocurren también durante la fermentación de los granos por reacciones enzimáticas catalizadas por el polifenol oxidasa, (Arlorio et. al., 2008, citado por Delgado, 2016); asimismo los compuestos fenólicos pueden acomplejarse con proteínas, polisacáridos y alcaloides del cacao durante el proceso de fermentación (Zapata, Tamayo y Alberto, 2013).

Es importante mencionar que los polifenoles representan entre el 12 y 18% del peso seco de los granos de cacao, los cuales originan la astringencia y sabor amargo del grano, siendo reducida por la oxidación enzimática que sufren los polifenoles, lo cual mejora la calidad sensorial del cacao. Asimismo, una pérdida del 40% o más de los polifenoles totales ocurre luego de la fermentación de los granos (Calderón, 2002; INIAP, 2007).

A la vez, el proceso de secado influye también en el aumento de los polifenoles totales en los granos de cacao, ello es a causa de una mayor concentración por la reducción de humedad del grano, así como por el resultado de la hidrólisis que sufren los compuestos fenólicos polimerizados (Fabani et al., 2017; Peinado et al., 2013).

En concordancia, los granos de cacao secos y libres de grasa contienen entre 15 – 20% (p/p) de polifenoles, compuestas por un 37% de catequinas, un 4% de antocianinas y un 58% de proantocianidinas (Perea, Cadena y Herrera, 2009). Estos compuestos polifenólicos se ven notablemente reducidos durante las etapas de fermentación, secado, tostado y alcalinización, siendo estas etapas importantes para que el cacao desarrolle su aroma y sabor característico, por tanto, es necesario tener un control en cada etapa a fin de evitar las menores pérdidas posibles.

Gráfica de Interacción para POLIFENOLES

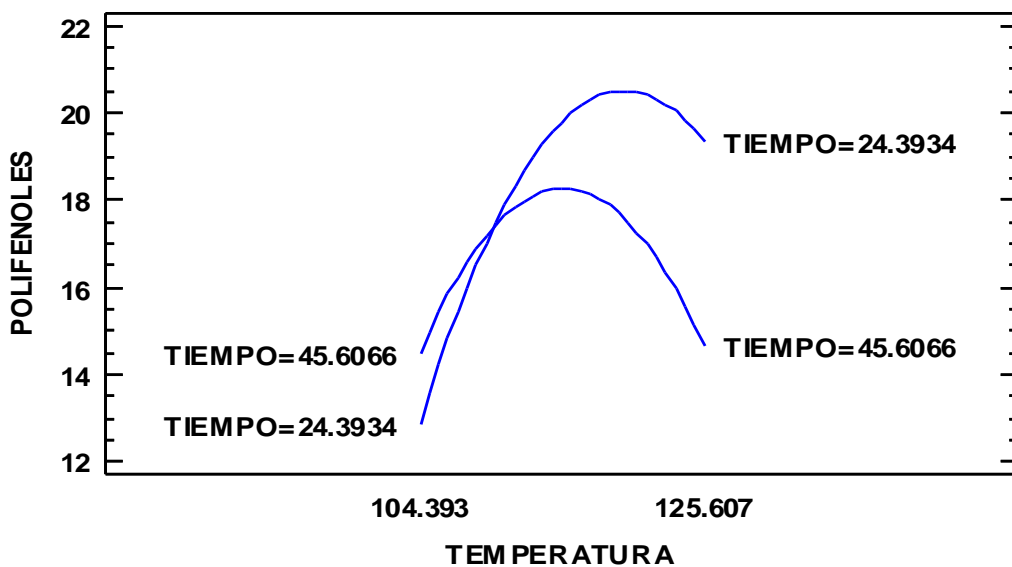


Figura 10: *Gráfica de Interacción para el Contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao.*

4.1.3. ANALISIS DE REGRESION DEL CONTENIDO TOTAL DE POLIFENOLES EN NIBS DE CACAO

Los coeficientes de regresión estimados de la temperatura y tiempo de tostado en su forma lineal, cuadrática o de interacción, se muestran en la Tabla 16, permitiendo así obtener la ecuación de regresión que predice el comportamiento del contenido de polifenoles totales en los nibs de cacao.

Tabla 16: *Coefficientes de Regresión para el Contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.*

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
constante	-491.666
A:TEMPERATURA	8.15217
B:TIEMPO	1.99354
AA	-0.0326226
AB	-0.0140506
BB	-0.00642622

La ecuación del modelo ajustado es:

$$- \text{POLIFENOLES} = -491.666 + 8.15217*A + 1.99354*B - 0.0326226*A^2 - 0.0140506*A*B - 0.00642622*B^2$$

Dónde:

A= Temperatura (°C)

B= Tiempo (min)

La ecuación de regresión hallada en conjunto a un R^2 y R^2_{Aj} superior a 0.7, permite obtener las gráficas de superficie de respuesta y de contorno, para una interpretación más clara del contenido de polifenoles totales en los nibs de cacao.

Se visualiza en la gráfica de superficie respuesta una curva abierta hacia abajo, en donde la altura es representada por los valores predichos (obtenidos a partir de la ecuación de regresión) para el contenido de polifenoles totales en nibs de cacao con respecto a la temperatura y tiempo

de tostado, en donde la zona de color rojo evidencia los mayores valores de polifenoles con un máximo de 21 mg AGE/g de nibs de cacao, cuando la temperatura de tostado oscila entre 115 °C y con tiempos de tostado entre 20 a 50 min, mientras que los menores valores de polifenoles se localizan en la zona azul, ello ocurre cuando mayor es la temperatura y tiempo de tostado.

La grafica de contornos permite observar mejor la región óptima (color rojo), en donde se comprueba que la temperatura es la que mayor influencia tiene en el contenido de polifenoles a diferencia del tiempo de tostado, puesto que en la zona óptima la temperatura se encuentra solo en un rango de 109 a 135 °C, mientras que para el tiempo de tostado la región optima sobrepasa los tiempos de estudio que son de 20 a 50 min, lo cual corrobora que el tiempo de tostado no resultó significativo con respecto al CTP.

Resulta relevante mencionar que las altas temperaturas a las que son sometidos los granos de cacao durante el proceso de tostado afectan negativamente en el contenido total de polifenoles, puesto que se reduce el contenido de epicatequina, epigallocatequina, prociadininas, tetrámero de cinamtanina, compuestos fenólicos presentes en el grano sin tostar (Żyżelewicz et al., 2016).

La Catequina el principal tipo de polifenol presente en el grano de cacao, se ve ampliamente reducida al someter a los granos a un proceso de pretostado (100°C) y tostado (130°C), registrando mermas de 32,6% a 54,7% respectivamente (Arlorio, et al., 2007, citado por Cadena y Herrera, 2008).

Sandoval (2020), estima que la temperatura de tostado por método convencional debe oscilar entre 110 y 145 °C, con ello los nibs de cacao conseguirán el color, la textura y humedad deseada, así como una buena concentración de aminos biogénicos y compuestos fenólicos.

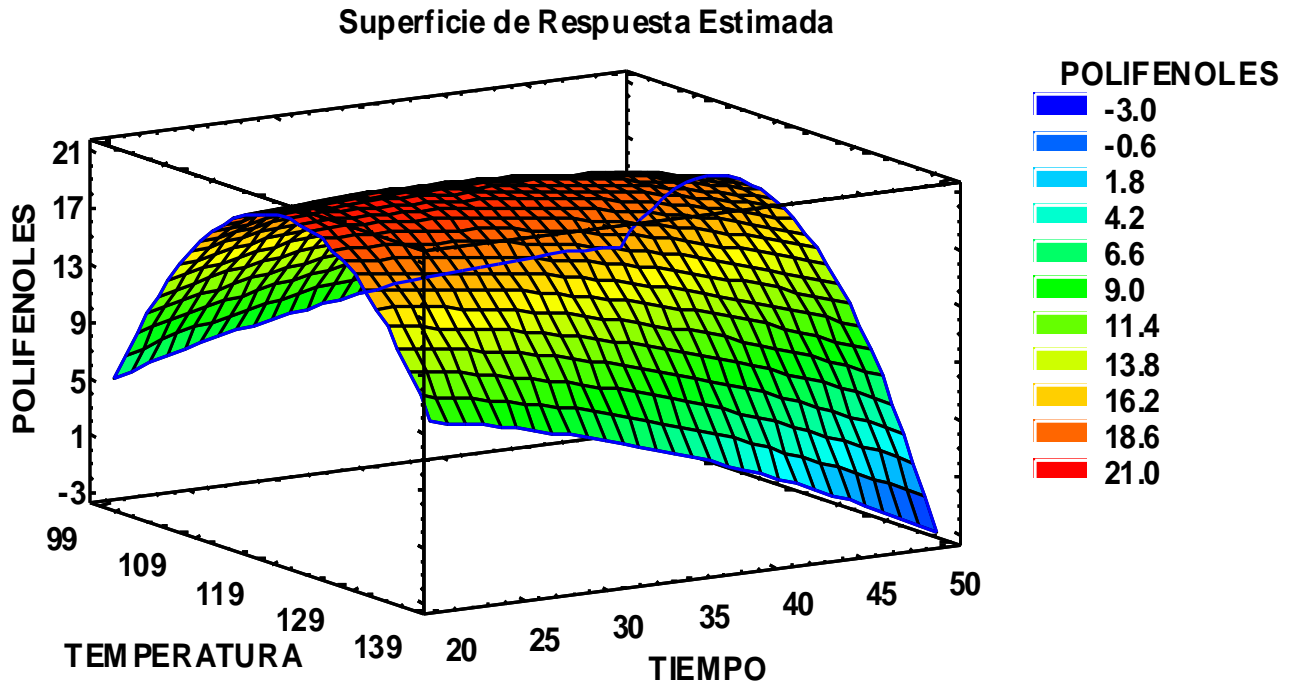


Figura 11: *Grafico de Superficie Respuesta para el contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado*

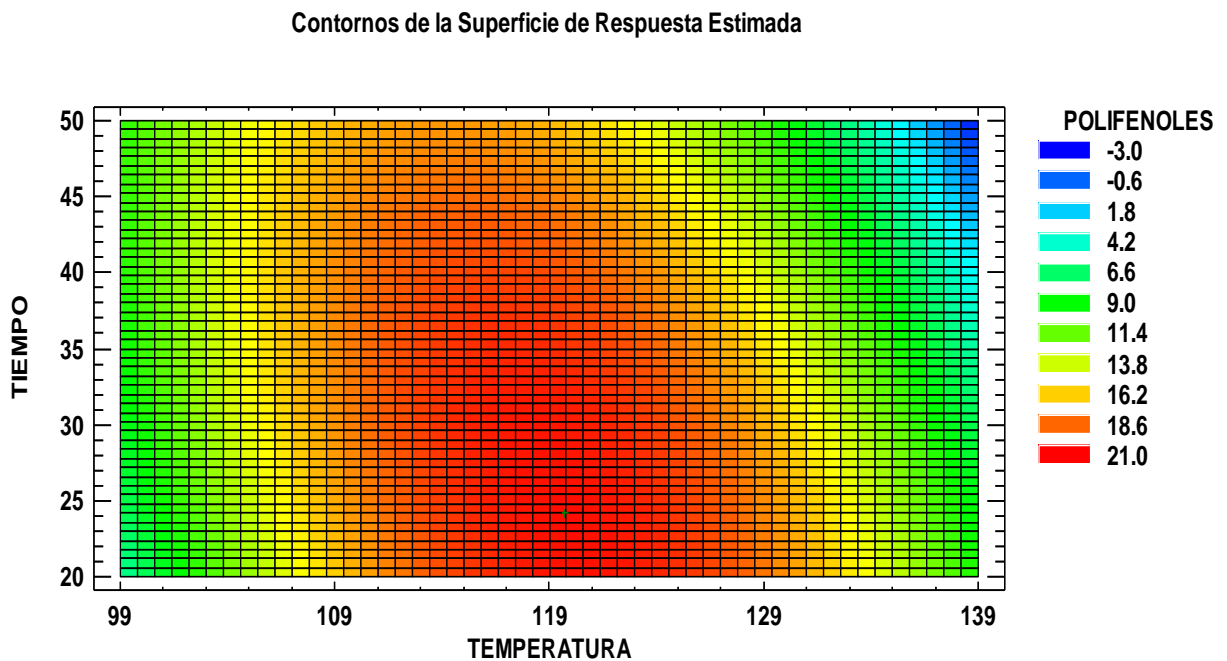


Figura 12: *Grafico de Contornos de Superficie Respuesta para el contenido Total de Polifenoles (CTP) en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.*

4.1.4. OPTIMIZACION DEL CONTENIDO TOTAL DE POLIFENOLES EN NIBS DE CACAO

De acuerdo a que el análisis estadístico resulto significativo para el contenido de polifenoles y una calidad de ajuste satisfactoria, se pudo obtener los valores óptimos de temperatura y tiempo de tostado que maximizan el contenido de polifenoles totales en los nibs de cacao.

La importancia de consumir granos de cacao radica en los numerosos beneficios que trae para la salud cardiovascular, a la vez de ofrecer protección antioxidante y contribuir a equilibrar el colesterol en el cuerpo, ello debido a su composición rica en compuestos polifenólicos (flavonoides), por presentar propiedades antivirales, antiinflamatorias y anticancerígenas (Othman et al., 2007; Yao et al., 2004).

Por tanto, es imprescindible conocer la temperatura y tiempo óptimo de tostado de los granos de cacao que preserve los compuestos fenólicos, en este estudio el tratamiento óptimo de tostado de los granos de cacao es a 119.7 °C por 24.2 min, con ello se obtiene un valor óptimo de polifenoles en los nibs de cacao de 20.51 mg AGE/g de nibs de cacao.

Por otro lado, Aldave (2016), encontró que el proceso ideal de tostado en granos de cacao para las variedades CCN-51 e ICS-6, procedentes de Uchiza, es a 130°C por 50 min, obteniendo valores de polifenoles totales (método Folin-Ciocalteu) de 18,50 y 13,20 mg de ácido gálico/g de granos de cacao, respectivamente, con una reducción de 52,66 y 59,66% al someter a los granos al tratamiento térmico.

Zambrano et al. (2010), determinaron valores de polifenoles entre 33,97 y 44,56 mg de ácido gálico/g muestra en granos de cacao sin tostar de la variedad criollo merideño. Pueden encontrarse variaciones con respecto a los valores reportados por otros estudios lo cual se debe a la variedad de granos de cacao empleados, así como a las diferentes temperaturas y tiempos que se usan durante el proceso de tostado.

A diferencia de ello, Zapata, Tamayo y Rojano (2015), obtuvieron valores de polifenoles en granos de cacao tostados a 180°C por 10 min, para las variedades de CCN-51 de 20,60mg de ácido gálico/g de grano tostado y para ICS-6, un valor de 42,79mg de ácido gálico/g, de granos tostado.

Otros derivados del cacao que aportan un buen contenido en PT son el chocolate amargo que tiene 33,98±3,13mgAGE/g muestra, valores inferiores presenta el chocolate de mesa con azúcar y el chocolate de mesa clavos y canela con 12,56±1,99mgAGE/g muestra y 11,70±0,75 mgAGE/g muestra respectivamente, mientras que el sucedáneo del chocolate solo contiene 8,11±1,59mgAGE/g muestra, (Perea, Cadena y Herrera, 2009).

Tabla 17: Niveles bajo, alto y óptimo de la Temperatura y Tiempo de tostado en Nibs de Cacao para el Contenido Total de Polifenoles (CTP)

FACTOR	BAJO	ALTO	ÓPTIMO
TEMPERATURA (°C)	100	130.0	119.7
TIEMPO (min)	20.0	50.0	24.2

4.2. EVALUACION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La determinación de la capacidad antioxidante en los nibs de cacao resulta muy interesante y necesaria, puesto que los antioxidantes naturales que se encuentran en muchos alimentos, como los granos de cacao, tienen numerosas propiedades benéficas para salud, ello debido a su capacidad de autooxidación que inhibe otras reacciones de oxidación causantes de diversas enfermedades. El β caroteno (pro-vitamina A), la vitamina C (ácido ascórbico), la vitamina E (α tocoferol), el selenio, entre otros, son los antioxidantes naturales más reconocidos (Cáceres, 2012).

En la Tabla 18 y en la Figura 13, se presenta la Capacidad Antioxidante de los nibs de cacao con diferentes temperaturas y tiempos de tostado, obteniéndose un total de 11 experimentos, de acuerdo al diseño experimental DCCR 2².

Gráficamente se aprecia que el T4, nibs de cacao orgánico tostados a 115°C por 20 min, obtuvo el mayor valor de capacidad antioxidante con 481.62 ± 20.00 $\mu\text{Mol ET/g}$, mientras que el tratamiento que registró la menor capacidad antioxidante fue el T1 con 261.07 ± 13.85 $\mu\text{Mol ET/g}$, para nibs de cacao tostados a 100°C por 35 min. Asimismo, se observa que los puntos centrales (T5, T6 y T7), nibs de cacao orgánico tostados a 115 °C por 35 min, obtuvieron valores cercanos, siendo de 460.89 ± 11.85 $\mu\text{Mol ET/g}$, 461.62 ± 25.33 $\mu\text{Mol ET}$ y 461.62 ± 27.34 $\mu\text{Mol ET/g}$ respectivamente, ello indica la presencia de curvatura que será verificada más adelante por el análisis estadístico.

Es necesario mencionar que existe una relación directa entre el contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante, ello concuerda con el valor máximo de polifenoles totales alcanzado por los nibs de cacao orgánico correspondiente también al T4 con 20.457 ± 0.09 mg AGE/g de nibs de cacao. Así mismo las variaciones que pueden presentarse en la capacidad antioxidante con respecto a otras investigaciones se deben a los tipos de métodos empleados, siendo los más comunes FRAP, ABTS o DPPH.

El método de DPPH, empleado para la captación de radicales libres en ensayos de laboratorio, es un método que ofrece muchas ventajas a comparación de otros métodos, puesto que es más rápido, simple y de menor costo (Urcia, 2018). Los antioxidantes en presencia del radical DPPH, actúan donando un átomo de hidrógeno, evitando la reacción de oxidación en cadena que causan los radicales libres (Padilla, Rincón, y Bou, 2008).

Tabla 18: Capacidad Antioxidante de los Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.

Tratamiento(T)	Temperatura (°C) X ₁	Tiempo (min) X ₂	Capacidad Antioxidante (μMol ET/g)
1	100	35	261.07 ± 13.85
2	104	24	271.57 ± 14.00
3	104	46	276.42 ± 11.56
4	115	20	481.62 ± 20.00
5	115	35	460.89 ± 11.85
6	115	35	461.62 ± 25.33
7	115	35	461.62 ± 27.34
8	115	50	450.62 ± 12.67
9	126	24	315.58 ± 13.33
10	126	46	270.29 ± 14.18
11	130	35	268.57 ± 12.57

Nota. *Media de tres repeticiones + DS

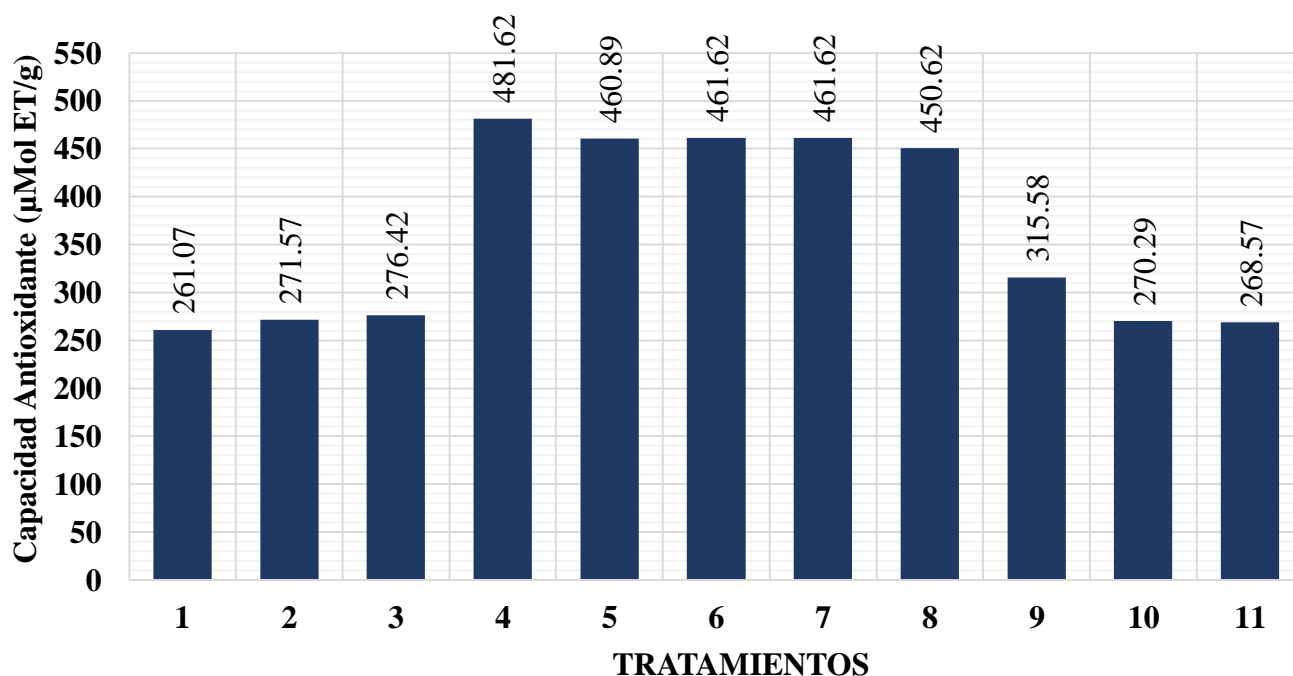


Figura 13: Capacidad Antioxidante de los Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.

El diagrama de Pareto de efectos estandarizados, nos permite determinar qué efecto de temperatura y tiempo de tostado en su forma lineal, cuadrática y/o de interacción resultan significativas a un nivel de confianza del 95%, es decir que variables independientes influyen significativamente en la variabilidad de la capacidad antioxidante de los nibs de cacao orgánico.

De acuerdo al diagrama de Pareto de efectos estandarizados, solo la temperatura de tostado en su forma cuadrática resultó estadísticamente significativa, puesto que como se visualiza sobrepasa la línea de referencia para un nivel de significancia del 5%, lo cual indica que la temperatura de tostado en su efecto cuadrático contribuye de forma significativa en la variabilidad de la capacidad antioxidante de los nibs de cacao.

Asimismo, se aprecia que el efecto cuadrático de la temperatura “AA”, presenta un efecto negativo, manifestando la presencia de un punto máximo que será explicado más adelante en la graficas de efectos principales.

Resulta conveniente mencionar que la capacidad antioxidante de los nibs de cacao, se le atribuye gracias a su composición en flavonoides como (-) epicatequina, (+) catequina, y proantocianidinas (Efraim, 2010, citado por Delgado, 2016).

Asimismo la capacidad antioxidante puede variar por diversos factores principalmente al estar directamente ligada con el contenido de polifenoles de los granos de cacao, se ve afectada por factores intrínsecos y extrínsecos, tales como la variedad del grano, etapa de madurez, variables ambientales durante el cultivo, método de extracción, procesamiento (fermentación, secado y tostado) y almacenamiento (Vallejo et al., 2003; Niemenak et al., 2006; Schinella et al., 2010; citado por Zapata, Tamayo y Rojano, 2015).

Diagrama de Pareto Estandarizada para CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

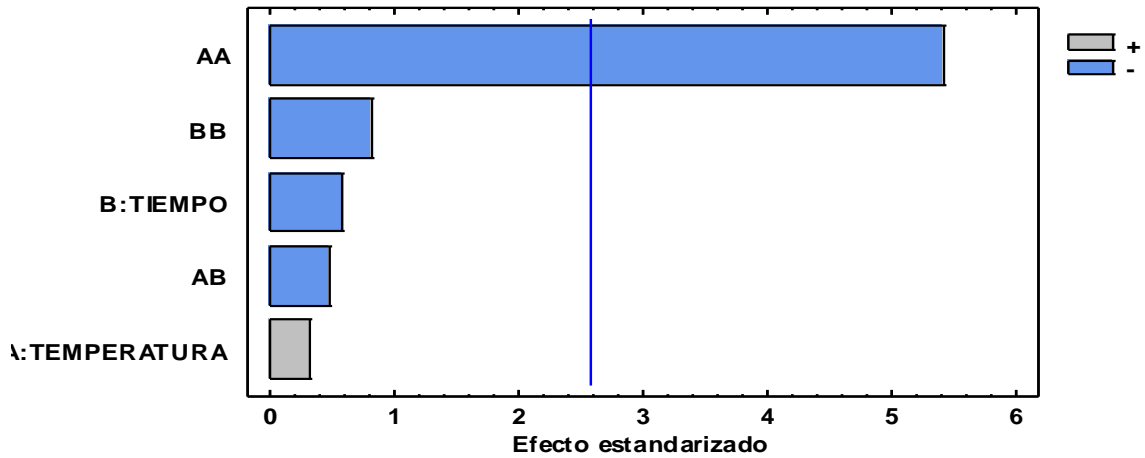


Figura 14: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes (Temperatura y tiempo de tostado) en la Capacidad Antioxidante de los Nibs de Cacao.

4.2.1. ANALISIS DE VARIANZA DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN NIBS DE CACAO

La Tabla ANOVA permite verificar si existe o no una asociación estadísticamente significativa entre la temperatura y el tiempo de tostado (variables independientes) con respecto a la capacidad antioxidante de los nibs de cacao orgánico.

De acuerdo al análisis de varianza solo la temperatura de tostado en su efecto AA es estadísticamente significativa, puesto que presenta el valor-P inferior a 0.05, lo cual indica que la temperatura de tostado en su efecto cuadrático influye significativamente en la capacidad antioxidante de los nibs de cacao.

De igual forma el coeficiente de determinación $R^2 = 86.0027\%$, indica que el modelo cuadrático explica el 86.0027% de la variabilidad presentada en la capacidad antioxidante de los nibs de cacao orgánico, asimismo junto al coeficiente de determinación ajustado $R^2_{Aj} = 72.0055\%$, evidencia que la calidad de ajuste o de predicción es satisfactoria al presentar ambos coeficientes de determinación valores superiores al 70% (Gutiérrez y De la Vara, 2012).

Tabla 19: Análisis de varianza para la Capacidad Antioxidante de los Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:TEMPERATURA	294.102	1	294.102	0.11	0.7551
B:TIEMPO	887.903	1	887.903	0.33	0.5918
AA	79671.0	1	79671.0	29.41	0.0029
AB	628.505	1	628.505	0.23	0.6504
BB	1856.21	1	1856.21	0.69	0.4455
Error total	13545.5	5	2709.1		
Total (corr.)	96772.6	10			

- *Nota.* *Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$)

4.2.2. EFECTO DE LA TEMPERATURA (°C) Y TIEMPO (MIN) DE TOSTADO EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN NIBS DE CACAO

En la gráfica de efectos principales se evidencia que tanto la temperatura como el tiempo de tostado tienen un comportamiento cuadrático siendo la curva más pronunciada en la temperatura.

El comportamiento individual de la temperatura se refleja mediante una parábola abierta hacia abajo, con un valor mínimo inicial alrededor de los 340 $\mu\text{Mol ET/g}$ para una temperatura de tostado a 104.4°C, con una fase inicial ascendente hasta alcanzar la máxima capacidad antioxidante aproximada de 460 $\mu\text{Mol ET/g}$ cuando los granos de cacao son tostados a 115 °C, mientras que para temperaturas de tostado superiores a los 115°C se nota un descenso notable en la capacidad antioxidante de los nibs de cacao orgánico con un valor mínimo cercano a los 350 $\mu\text{Mol ET/g}$ cuando la temperatura de tostado es de 125 °C. Con ello se puede decir que al aumentar la temperatura de tostado a partir de los 115°C la capacidad antioxidante disminuye.

Zapata, Tamayo y Rojano, (2015), mencionan que se produce un incremento en la actividad antioxidante durante el tostado de los granos de cacao, debido a la generación de productos intermediarios y melanoidinas a causa de la reacción de Maillard, puesto que se incrementa la actividad atrapadora de radicales libres por la presencia de las melanoidinas. De acuerdo a los promedios de capacidad antioxidante en los nibs de cacao orgánico obtenidos dicho incremento se puede evidenciar para temperaturas de tostado superiores a los 104.4°C hasta los 115°C, ya que a partir de esta temperatura la capacidad de antioxidante en los nibs de cacao se reduce, lo cual puede deberse por la formación durante la reacción de Maillard de otros compuestos que presentan menor actividad antioxidante, haciendo que la temperatura de tostado influya negativamente en la capacidad antioxidante de los nibs de cacao.

Cadena y Herrera (2008), registraron valores de capacidad antioxidante en granos de cacao crudos de 350 mmol Trolox/g muestra, mientras que se evidenció una disminución para granos de cacao tostados, con un valor de 129 mmol Trolox/g muestra. Asimismo, otros autores como Arlorio et al., (2007) y Perea, Cadena, Herrera, (2009), reportaron pérdidas de 32,6%, 54,7% y 23% en la capacidad antioxidante al someter a los granos de cacao a un tratamiento térmico.

Otros autores encontraron que la actividad antioxidante se incrementa al tostar los granos de cacao (Suazo, 2012; Coaquira, 2018). Mientras que Zapata, Tamayo y Rojano, (2015), determinaron un comportamiento variante con respecto a la capacidad antioxidante de clones de cacao, puesto que luego del proceso de tostado los granos de cacao presentaron cambios positivos como negativos en la capacidad antioxidante.

Mientras que para el tiempo de tostado si bien también presenta un comportamiento cuadrático, esta no es tan pronunciada como la de la temperatura lo cual indica la poca influencia que presenta sobre la capacidad antioxidante de los nibs de cacao orgánico, registrando un máximo alrededor de los 460 $\mu\text{Mol ET/g}$ para un tiempo de tostado proximado de 35 min.

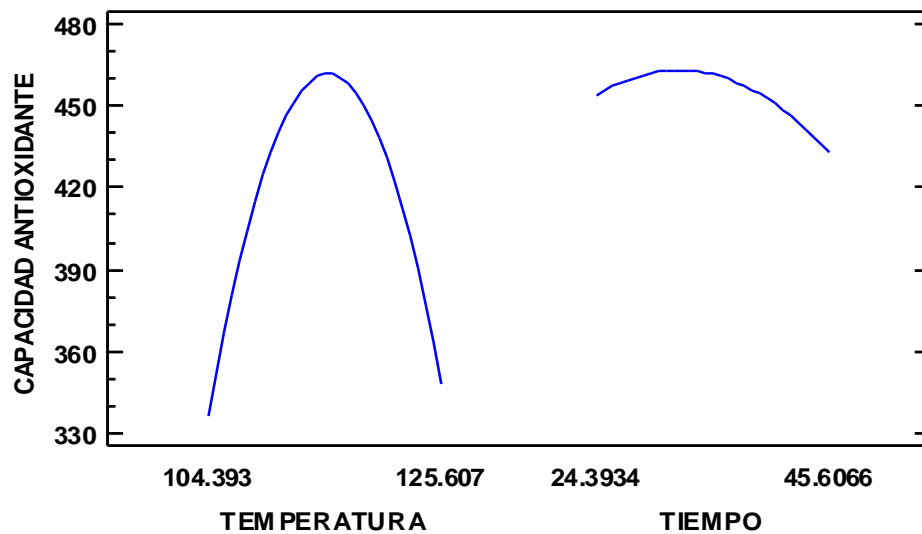


Figura 15: *Gráfica de Efectos Principales para la Capacidad Antioxidante en Nibs de Cacao.*

Figura 15, se observa el comportamiento individual de la temperatura y tiempo de tostado de los granos con respecto a la capacidad antioxidante de los nibs de cacao orgánico.

En cuanto al gráfico de interacción notamos que las curvas se juntan cuando la temperatura de tostado esta entre 104.4°C y aproximadamente 106°C para tiempos de tostado de 45.6 y 24.4 min, es decir se obtienen valores iguales de capacidad antioxidante en los nibs de cacao orgánico correspondiente a dichas temperaturas y tiempos de tostado.

Asimismo, al igual que en la gráfica de efectos principales se aprecia un comportamiento cuadrático en la gráfica de interacción para la capacidad antioxidante de los nibs de cacao orgánico, con puntos máximos para una temperatura de tostado de 115°C, siendo ligeramente inferior para la curva

con un tiempo de tostado de 45.6 min (aprox. 430 $\mu\text{Mol ET/g}$), mientras que el punto máximo para la curva con un tiempo de tostado de 24.4 min es alrededor de 460 $\mu\text{Mol ET/g}$. Se observa también que a medida que la temperatura de tostado se empieza a incrementar, a partir de aproximadamente 106 °C, las curvas tienden a separarse.

Cabe señalar, que los compuestos fenólicos presentes en los granos de cacao contribuyen significativamente en la capacidad antioxidante, numerosas investigaciones avalan esta idea, Gu et al. (2006), encontró una correlación entre la capacidad antioxidante (método ORAC) y el contenido de polifenoles (procianidinas), asimismo Othman et al. (2007), halló una correlación positiva entre el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante (método FRAP). De igual forma Schinella et al. (2010), evaluaron la capacidad antioxidante en extractos de cacao con diferentes concentraciones de polifenoles, determinando una relación directa entre el contenido de polifenoles y la capacidad inhibidora de radicales DPPH, ABTS+ y FRAP.

A la vez, Radojic et. al., (2009), encontraron una correlación de $R^2=0.9868$ entre la capacidad antioxidante (método DPPH) y el contenido de polifenoles.

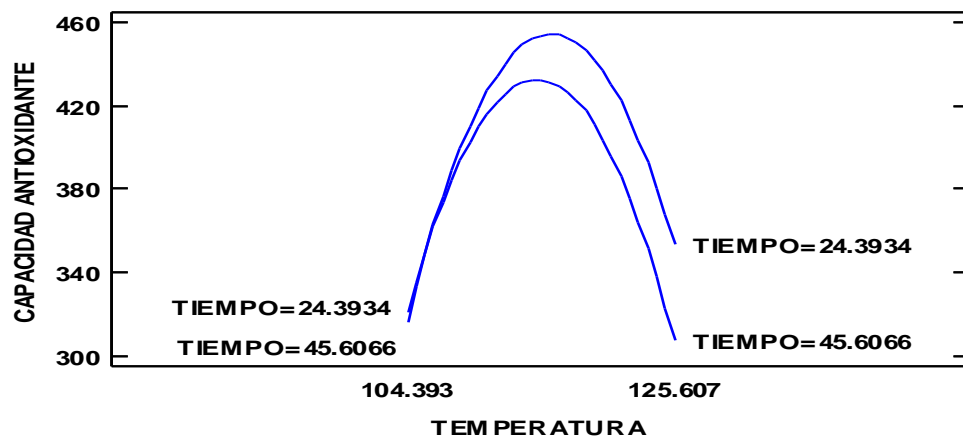


Figura 16: Gráfica de Interacción para la Capacidad Antioxidante en Nibs de Cacao.

4.2.3. ANALISIS DE REGRESION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN NIBS DE CACAO

Los coeficientes de regresión estimados de la temperatura y tiempo de tostado (lineal, cuadrática o de interacción), se presentan en la Tabla 20, la ecuación de regresión ajustada que se obtiene predice el 86.0027% (R^2) del comportamiento de la capacidad antioxidante en los nibs de cacao orgánico.

Tabla 20: *Coefficientes de Regresión para la Capacidad Antioxidante en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.*

<i>Coficiente</i>	<i>Estimado</i>
constante	-14177.2
A:TEMPERATURA	247.284
B:TIEMPO	23.1009
AA	-1.05571
AB	-0.111418
BB	-0.161158

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\text{CAPACIDAD ANTIOXIDANTE} = -14177.2 + 247.284*A + 23.1009*B - 1.05571*A^2 - 0.111418*A*B - 0.161158*B^2$$

Dónde:

A= Temperatura (°C)

B= Tiempo (min)

La ecuación de regresión estimada nos permite determinar y predecir la influencia de la temperatura y el tiempo de tostado de los granos en la capacidad antioxidante de los nibs de cacao, puesto que aunque algunos estudios aseveran una influencia positiva, otras investigaciones aseguran un efecto negativo, como el reportado por Arlorio et al. (2008), quien evaluó la capacidad antioxidante en los granos de cacao crudos y tostados por tres métodos, el light roast (menor T°C), médium roast y dark roast (mayor T°C), donde determinó que a mayor temperatura de tostado la capacidad antioxidante disminuía.

Asimismo, con la ecuación de regresión estimada y gracias a una buena calidad de ajuste ($R^2 > 70\%$), es posible obtener los gráficos de superficie de respuesta y de contorno y observar así el comportamiento de la capacidad antioxidante de los nibs de cacao orgánico influenciada por la temperatura y tiempo de tostado.

De acuerdo a la gráfica de superficie de respuesta para los rangos de temperaturas y tiempos de tostado estudiados, los cuales se encuentran entre 100- 130.001 °C y 20 – 50 min, se visualiza que la región óptima (color rojo) se localiza en la cima de la curva siendo el máximo valor reportado de 481.62 $\mu\text{Mol ET/g}$, a la vez se nota que la capacidad antioxidante empieza a descender para temperaturas de tostado superiores a los 115°C, igualmente los menores valores de capacidad antioxidante (color azul) se consiguen cuando los granos de cacao son tostados a temperaturas superiores a los 130°C independientemente del tiempo de tostado.

Siendo corroborado con la gráfica de contornos en donde se aprecia la zona naranja rojiza en la cual se obtienen los mayores valores de capacidad antioxidante en los nibs de cacao orgánico (valores entre los 420 y 500 $\mu\text{Mol ET/g}$) para un rango de temperatura de tostado entre 109°C y 120°C, indistintamente del tiempo de tostado que resulto ser no significativo.

De acuerdo a ambas graficas podemos comprobar la influencia significativa que tiene la temperatura de tostado sobre la capacidad antioxidante de los nibs de cacao, presentando un efecto cuadrático negativo, lo cual indica que tostar los granos de cacao con temperatura superiores a los 120°C ocasiona que la capacidad antioxidante de los nibs de cacao disminuye notablemente.

Summa et. al., (2006), encontraron que el pre tostado y tostado de los granos de cacao influyen en la capacidad antioxidante reduciéndose gradualmente; A diferencia de ello, Ioannone et al. (2015), encontraron que, si bien durante la primera etapa de tostado hubo disminución en la capacidad antioxidante, en la etapa final se evidencio un incremento a

causa de la generación de productos de la reacción de maillard.

Quiroz y Fogliano (2018), afirman que los granos de cacao tostados presentan menor capacidad antioxidante a comparación de los granos de cacao crudos, señalando que, aunque durante el tostado se generan compuestos pigmentados como las melanoidinas, no influyen significativamente en la capacidad antioxidante.

Cabe mencionar que la capacidad antioxidante está directamente relacionada con el contenido de polifenoles de los nibs de cacao, lo cual se corrobora según los valores obtenidos experimentalmente, puesto que el mayor valor de polifenoles (20.457 ± 0.09 mg AGE/g de nibs de cacao) fue cuando los granos de cacao se tostaron a 115°C por 20 min (T4), del mismo modo la mayor capacidad antioxidante se obtuvo con el T4 con un valor de 481.62 ± 20.00 $\mu\text{Mol ET/g}$.

A diferencia de ello el menor valor de capacidad antioxidante la obtuvo el T1 (100°C por 35 min) con 261.07 ± 13.85 $\mu\text{Mol ET/g}$, bajo las mismas condiciones de tostado, también se consiguió el menor contenido de polifenoles siendo de 10.98 ± 0.11 mg AGE/g de nibs de cacao, evidenciando que a partir de esta temperatura (100°C) se generan compuestos pigmentados (melanoidinas) productos de la reacción de maillard que contribuyen en el aumento de los compuestos polifenólicos totales y por ende de la capacidad antioxidante, no obstante cuando se someten a los granos de cacao a temperaturas superiores a los 120°C se pierden en gran proporción tanto el contenido de polifenoles como la capacidad antioxidante.

Es conveniente mencionar, que si bien la capacidad antioxidante es otorgada por el contenido de polifenoles de los nibs de cacao, existen también otros compuestos antioxidantes presentes en los granos, tales como teobromina, la cafeína (Katz et al., 2011, citado por Chacón, Mori y Chavez, 2021); asimismo los granos de cacao son ricos en ácidos grasos, los cuales tienen propiedad antioxidante (Oliva, et al., 2021).

En general podemos decir que la capacidad antioxidante de los nibs de cacao tostados en un rango de temperatura de 100 a 130.0 °C y de tiempo de 20 a 50 min, se obtienen valores entre 261.07 ± 13.85 a 481.62 ± 20.00 $\mu\text{Mol ET/g}$.

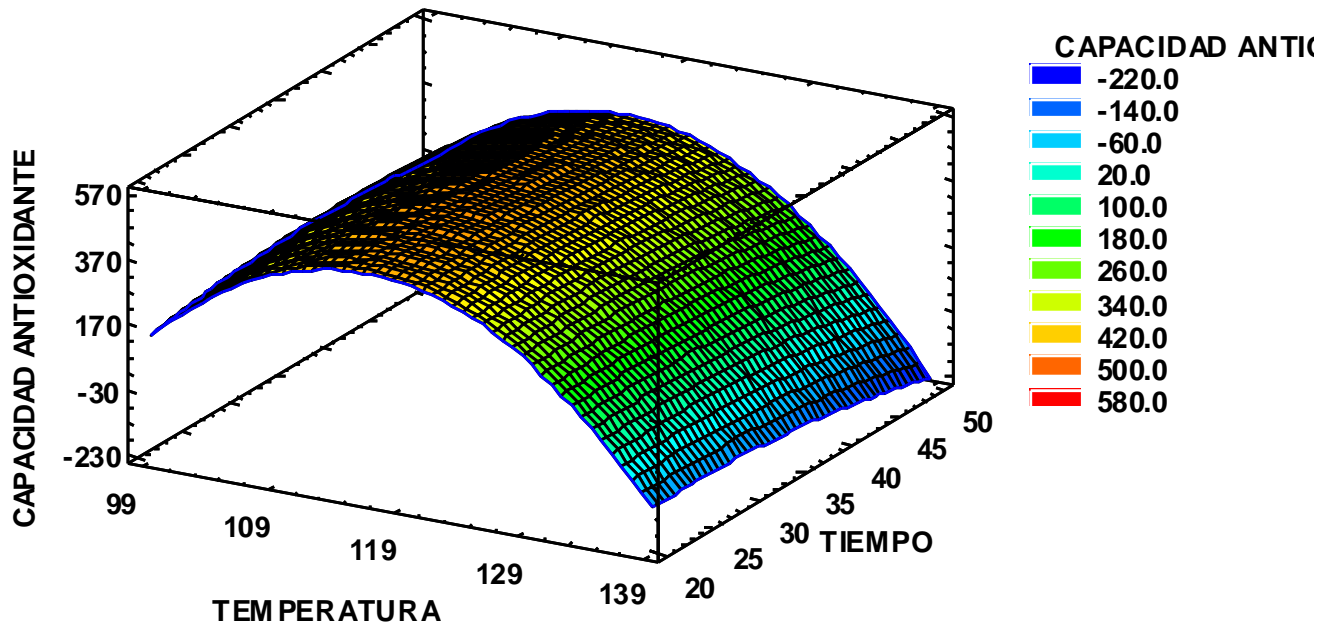


Figura 17: Grafico de Superficie Respuesta para la Capacidad Antioxidante en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.

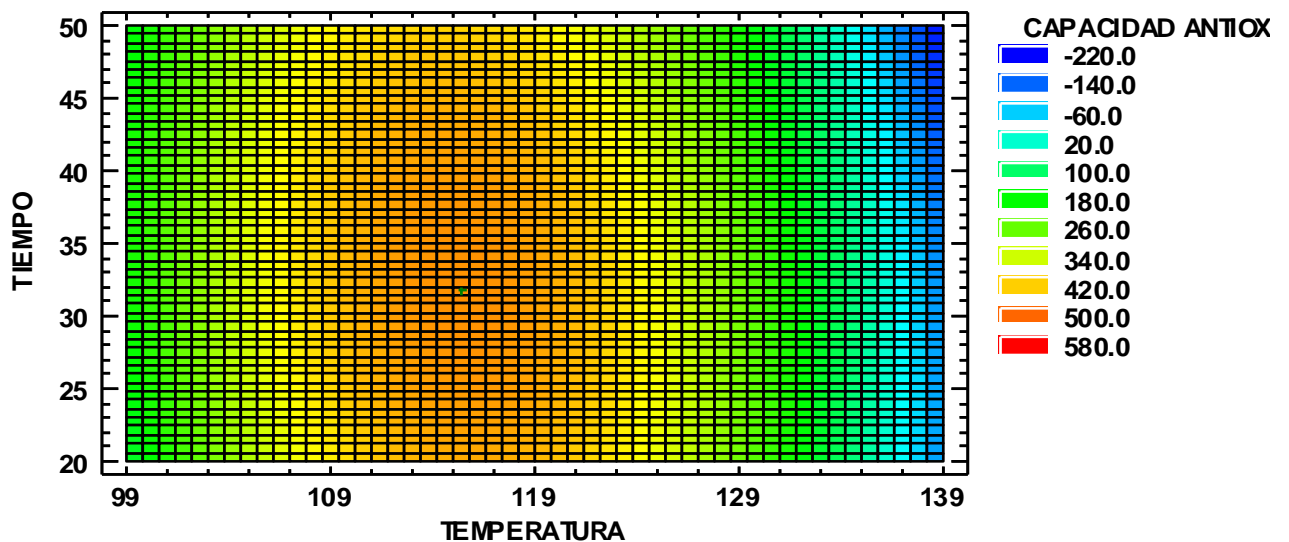


Figura 18: Grafico de Contornos de Superficie Respuesta para la Capacidad Antioxidante en Nibs de Cacao a diferentes temperaturas y tiempos de tostado.

4.2.4. OPTIMIZACION DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN NIBS DE CACAO

De acuerdo a que el análisis estadístico resulto significativo para la capacidad antioxidante en los nibs de cacao orgánico y una calidad de ajuste satisfactoria, se pudo obtener los valores óptimos de temperatura y tiempo de tostado que maximizan la capacidad antioxidante en los nibs de cacao hasta un valor de 463.108 $\mu\text{Mol ET/g}$.

Tabla 21: Niveles bajo, alto y óptimo de la Temperatura y Tiempo de tostado en Nibs de Cacao para la Capacidad Antioxidante

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
TEMPERATURA	100	130.001	115.4
TIEMPO	20.0	50.0	31.77

Resulta relevante mencionar la importancia de la capacidad antioxidante de los granos de cacao, la cual radica en su acción frente a radicales libres, reaccionando con ellos y así evitando que el radical libre oxide a otras células para alcanzar su estabilidad electroquímica, lo cual provocaría un estrés oxidativo, causantes del envejecimiento, padecimientos en el sistema cardiovascular (Galina, et al., 2018).

Un estudio realizado por Zapata, Tamayo y Rojano (2015), al determinar la actividad antioxidante en 5 clones de cacao secos y fermentados provenientes de una granja colombiana por el método ABTS+, obtuvieron valores de 384,36 y 686,29 $\mu\text{mol Tx/g}$ en los granos sin tratar, y 225,40 y 802,58 $\mu\text{mol Tx/g}$ en los granos tostados.

Del Rosario, et. al., (2016), determinaron valores de capacidad antioxidante por el método de FRAP en cacao beneficiado (fermentado y seco) y cacao beneficiado desgrasante, obteniendo 337.42 ± 19.27 mM equivalente a Trolox/g ms y 411.15 ± 11.72 mM equivalente a Trolox/g ms respectivamente.

4.3. EVALUACION DEL % DE ACIDOS GRASOS INSATURADOS

Los granos de cacao orgánico son la fuente o materia prima principal empleada en la elaboración de productos como chocolate, manteca, licor, etc. No obstante, también es posible obtener los Nibs de cacao orgánico, los cuales no requieren mucho proceso, además de resultar ser la mejor opción de consumo de los granos de cacao.

La composición química de las semillas de cacao depende de diversos factores, dentro de ellos el tipo de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de fermentación, secado, tiempo y temperatura de tostado, etc. Asimismo, dentro de los componentes principales de las semillas de cacao se encuentra el agua, ácidos grasos, compuestos fenólicos, materia nitrogenada, carbohidratos, etc (Wakao, 2002, como se citó en Erazo, 2019)

El contenido de grasa en los granos de cacao se ve influenciado por el tamaño del grano y el proceso de beneficio, siendo estos los más importantes e influyentes directos en la variación del contenido de ácidos grasos en granos de cacao (Cross, 1997, como se citó en Sánchez, 2022).

Los ácidos grasos son los principales componentes de las grasas, dentro de ellos los poliinsaturados son los mayoritarios, los cuales están compuestos por omega 3 y omega 6 principalmente, ambos resultan beneficiosos para la salud.

Las grasas no están relacionadas a ser elementos funcionales para nuestro organismo, dado que las personas lo relacionan más con índices elevados de colesterol, problemas cardiovasculares, etc. No obstante, esto no es así, pues también existen ácidos grasos que contribuyen favorablemente a la salud, como los ácidos grasos insaturados omega 3 y 6.

Las grasas están conformadas por ácidos grasos saturado e insaturados. El consumo elevado de algunos ácidos grasos saturados (AGS) como el palmítico, determina el aumento del colesterol que circula en la sangre. Los niveles de colesterol sanguíneos superiores a 200 mg/dl representan un factor de riesgo de enfermedades coronarias (Lázaro, 2018). Por ello, es recomendable el consumo de alimentos con ácidos grasos insaturados como el oleico y linoleico y ácidos

grasos saturados como el esteárico puesto que, éste si presenta beneficios a la salud.

Las grasas insaturadas se encuentran principalmente en los aceites vegetales y son líquidos a temperatura ambiente. Asimismo, los ácidos grasos esenciales son ácidos grasos insaturados que el organismo no puede sintetizar por sí mismo, por lo que debe recibirlo de los alimentos, como el ácido linoleico (omega 6) y el ácido alfa linolénico (omega 3) (Lázaro, 2018).

Resultaría fundamental determinar el perfil de ácidos grasos en los Nibs de cacao orgánico e identificar en qué cantidad se encuentran, a través de un análisis de cromatografía de gases.

Cómo se aprecia en la Tabla 22, el % de ácidos grasos insaturados es mayor en los Nibs de cacao cuando se usa una temperatura de tostado de 104.4°C en un tiempo de 24.39 min dado que con esos parámetros se obtiene 39.489% de AGI. Asimismo, se reportaron valores inferiores de %AGI tras el incremento de la temperatura, principalmente desde 104.4°C a 125.6°C. El incremento del tiempo de tostado no resultó con un efecto definido o establecido que prediga el comportamiento de la variable independiente (tiempo) en el contenido de %AGI.

La

Figura 19 describe el % de AGI obtenido de los 11 tratamientos y estos oscilan entre 34.458% y 39.489%. No se aprecia claramente una tendencia o comportamiento definido respecto a la temperatura o tiempo, dado que al aumentar la temperatura si bien existe en algunos tratamientos una disminución del %AGI hay también tratamientos que no siguen este patrón, del mismo modo lo es para el incremento del tiempo de tostado. Por otro lado, se obtuvo el valor más bajo del %AGI (34.158%) cuando se empleó 125.6°C y 24.39 min de tostado para la obtención de los Nibs de cacao orgánico. Mientras que el valor más alto se obtuvo con 104.4°C y 24.39min dado que se obtuvo 39,489% de AGI.

Determinar la temperatura y tiempo adecuados y óptimos de tostado, es necesario e importante dado que, permitirá identificar bajo que parámetros se obtendrán mayores valores de % de AGI, puesto que su contenido en los Nibs resulta

beneficioso para la salud al consumirlo.

Tabla 22: % de ácidos grasos insaturados en Nibs de Cacao Orgánico a diferentes Temperaturas y tiempos de tostado.

TRATAMIENTO	TEMPERATURA	TIEMPO	ACIDOS GRASOS INSATURADOS %*
1	100	35	35.59
2	104	24	39.49
3	104	46	38.99
4	115	20	35.12
5	115	35	37.57
6	115	35	35.16
7	115	35	35.68
8	115	50	34.99
9	126	24	34.16
10	126	46	34.55
11	130	35	36.01

Nota. *Media de tres repeticiones + DS

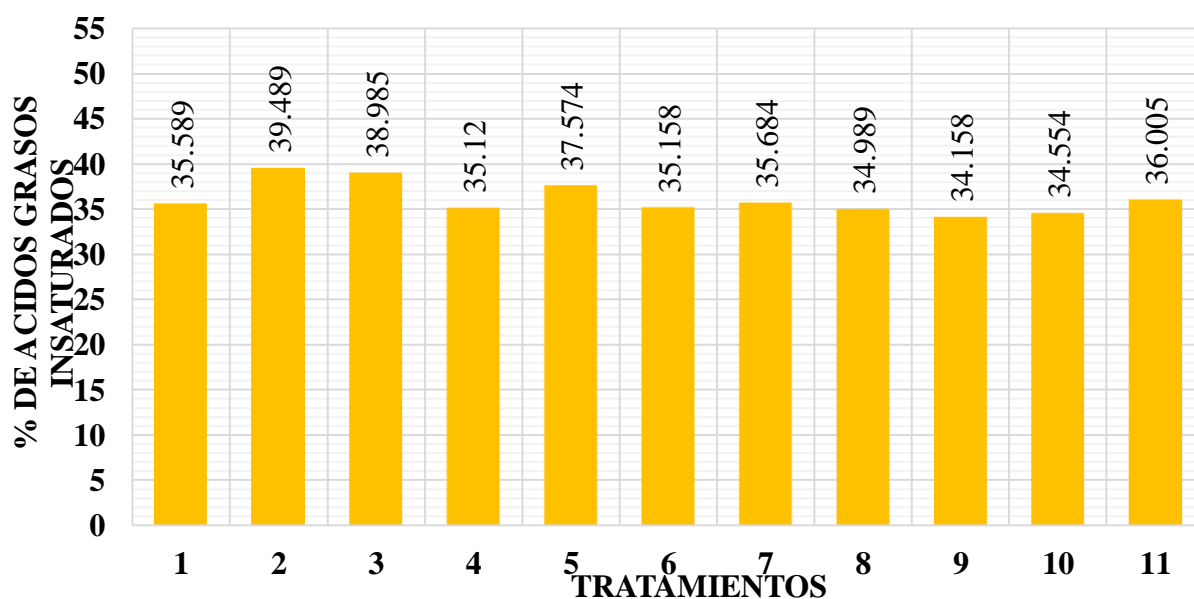


Figura 19: % de ácidos grasos insaturados en Nibs De Cacao Orgánico a diferentes Temperaturas y tiempos.

La grafica del diagrama de Pareto presentada en la Figura 20 muestra los efectos lineales, cuadráticos e interacciones de las variables independientes (temperatura y tiempo), de los cuales ninguno de ellos resultó significativo estadísticamente dado que nadie superó la línea de referencia, para un 95% de nivel de confianza. Este resultado indica que, tanto la temperatura como tiempo de tostado no influyen en el contenido de ácidos grasos insaturados (%), es decir no existe diferencia estadística entre cada tratamiento.

No obstante, dentro de los efectos se aprecia que la temperatura presenta un mayor efecto en la variable respuesta en comparación a los demás efectos, por lo que sería recomendable analizar el % de ácidos grasos insaturados en los Nibs de cacao orgánico tostados con un mayor intervalo o rango de temperatura, para verificar si también se presenta el mismo efecto. Además, el efecto que proporciona es negativo, es decir, se han presentado valores de ácidos grasos insaturados menores en temperaturas más altas (125°C) en comparación a temperaturas más bajas como 104°C.

Este efecto nos daría una idea o hipótesis de que el incremento de la temperatura en el tostado ocasiona una reducción en el contenido de ácidos grasos insaturados, no obstante, no es posible afirmarlo en la investigación dado que la temperatura no resultó estadísticamente significativa, pero abre un camino para futuras investigaciones donde se pueda considerar intervalos más amplios de temperatura para evaluar dicho efecto.

Otras investigaciones también determinaron que no existe efecto negativo significativo de la temperatura en el contenido de ácidos grasos insaturados en los Nibs de cacao, es así que Álava (2016) determinó en su trabajo de investigación que el % de ácidos grasos no es afectado significativamente por efecto de la temperatura y tiempo de tostado de los granos de cacao (%AGI evaluado tras la obtención de licor de cacao, es decir luego de la molienda de los granos de cacao), las temperaturas de tostado estuvieron comprendidas entre 115°C y 130°C por intervalos de tiempo de 35 y 50 minutos.

Este resultado se obtuvo también en las investigaciones de Hosseini (2017), Alvarez, Perez, y Lares 2007 citado por Chapa, 2022 y en la presente investigación, en donde no se detectó diferencia estadística de la temperatura y tiempo de tostado en los Nibs de cacao orgánico.

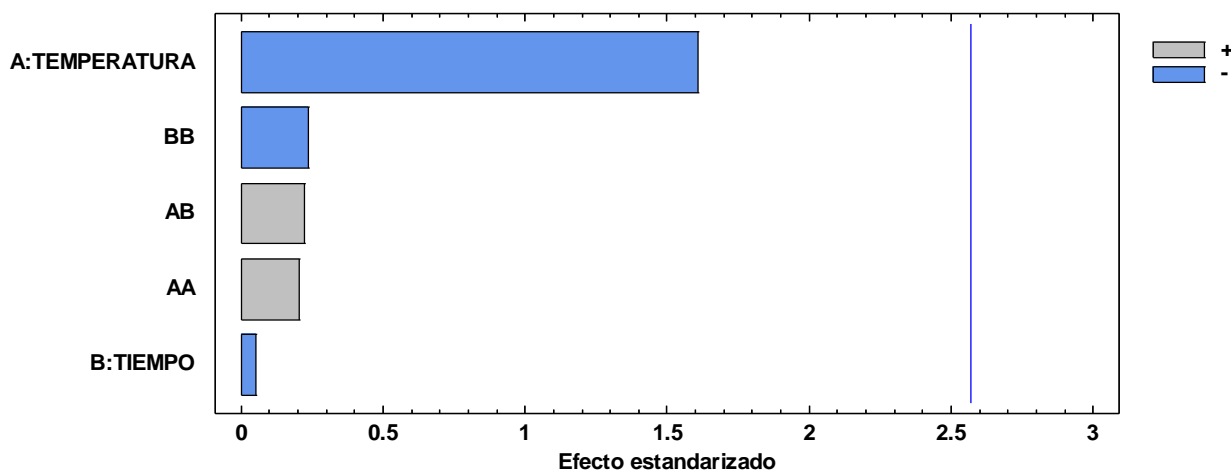


Figura 20: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en el contenido de Ácidos Grasos Insaturados (%) en Nibs De Cacao Orgánico.

4.3.1. ANALISIS DE VARIANZA DEL % DE ACIDOS GRASOS INSATURADOS EN NIBS DE CACAO

La tabla ANOVA que se presenta a continuación, refleja de manera estadística que no existe diferencia significativa de cada uno de los efectos (tiempo, temperatura e interacciones) en el contenido de Ácidos Grasos Insaturados (AGI) de los Nibs de cacao orgánico.

La tabla ANOVA contribuye a explicar estadísticamente la variabilidad del %AGI de los NIBS de cacao orgánico para cada uno de los efectos, en ella se aprecia que ninguno de los efectos es significativo, dado que ninguno presenta un valor-P menor que 0.05, a un nivel de confianza del 95.0%. Es decir, la variación del %AGI que existe entre un tratamiento y otro no es estadísticamente significativa.

Además de ello, se ha obtenido un $R^2 = 35.64\%$, es decir el modelo cuadrático obtenido solo expresa el 55.2123% de la variabilidad obtenida en los ácidos grasos insaturados de los nibs de cacao orgánico, siendo este valor insuficiente para confirmar la calidad de ajuste o de predicción del

modelo, es por ello que es recomendable utilizar un mayor número de tratamientos e intervalos mayores de temperatura y tiempo de tostado, de tal manera que permitan tener un mejor alcance del efecto de estas variables en el % de AGI.

Tabla 23: *Análisis de varianza para el contenido de Ácidos Grasos Insaturados (%) en Nibs de Cacao Orgánico.*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:TEMPERATURA	10.5195	1	10.5195	2.58	0.1691
B:TIEMPO	0.0107503	1	0.0107503	0.00	0.9610
AA	0.166832	1	0.166832	0.04	0.8476
AB	0.2025	1	0.2025	0.05	0.8324
BB	0.224509	1	0.224509	0.06	0.8237
Error total	20.3785	5	4.0757		
Total (corr.)	31.6642	10			

Nota. *Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$)

4.3.2. EFECTO DE LA TEMPERATURA (°C) Y TIEMPO (MIN) DE TOSTADO DEL % DE ACIDOS GRASOS INSATURADOS EN NIBS DE CACAO

En la

Figura 21 se observa la gráfica de efectos Principales respecto a la temperatura y tiempo de tostado de los Nibs de cacao orgánico en el contenido de AGI (%).

La grafica muestra el descenso acentuado del % de AGI, el cual va principalmente de 37.5% a 35%, al incrementar la temperatura de tostado de 104.4°C a 125.6°C, no obstante, el efecto de la temperatura no resultó significativo en los resultados estadísticos, es decir esta variación del %AGI producida por el incremento de temperatura no es estadísticamente significativo.

Con respecto al tiempo de tostado, de los Nibs de cacao, no se identificó

una diferencia significativa en la respuesta dado que mantiene un valor similar del % AGI aun cuando aumenta el tiempo de tostado, se aprecia además en la figura que presenta una ligera curvatura la cual no es muy pronunciada. Se obtienen valores más favorables (mayor %AGI) en tiempos medios de 24.4 min y 45.6 min.

La grasa de la semilla del cacao fresco procedente de cultivos venezolanos presenta alrededor de 37% de AGI (ácido graso insaturado) y 63% de AGS (ácido graso saturado), además de presentar 34.8% de AGI oleico y 2.2% de AGI linoleico (Liendo, Padilla, y Quintana, 1997 citado en Alvarez, Murillo, Murillo, Rojano, y Mendez, 2016). Al comparar este valor de % de AGI (37%) con el obtenido en los 11 tratamientos, podemos apreciar cierta similitud, por lo que se podría afirmar que luego del tostado no existe una pérdida importante de AGI en relación al grano de cacao fresco.

Luego de ser fermentado, tostado y secado el grano de cacao presenta 55% de grasa, y dentro de ella aproximadamente el 40% son ácidos grasos insaturados, rico en ácidos grasos oleico (35%), el cual favorece en la protección vascular al disminuir el colesterol y las LDL (Lipoproteínas de baja densidad) y aumentar las HDL (Lipoproteínas de Alta Densidad o colesterol bueno) (Lopez, 2011 citado en Asenjo, 2019).

Por otro lado, en la investigación realizada por Lares, Gutiérrez, Pérez, y Álvarez 2012 citado por Aldave 2016, determinaron que el contenido de ácidos grasos insaturados en granos de cacao tostados a 120°C durante 20 min. es de $36.10 \pm 0,15\%$ AGI, siendo este resultado muy cercano al tratamiento 4 en donde se empleó una temperatura de tostado de 115°C durante 20min obteniéndose 35.12% de AGI.

La estabilidad de los ácidos grasos durante el tostado, puede ser originado por la inactivación de las enzimas lipoxigenasas, estas enzimas son responsables de catalizar la oxidación lipídica principalmente de los ácidos grasos poliinsaturados y al estar inactivas ocasiona que el contenido de los ácidos grasos no disminuya o varíe significativamente (Santos, y otros, 2018).

Se han reportado investigaciones en otros granos como las nueces en donde se determinó que, el incremento de temperatura y tiempo de tostado no afectan significativamente en el contenido de ácidos grasos. Por ejemplo, Hosseini (2017) utilizó temperaturas de tostado entre 110°C y 150°C en tiempos de 5-20 min, y tras su análisis estadístico no se identificó diferencias significativas en el contenido de ácidos grasos (%).

Aldave (2016) por otro lado, realizó una investigación en la que utiliza temperaturas de tostado de los Nibs de cacao (variedad CCN-51 e ICS-6) de 120°C a 130°C por 40 y 50 min, la evaluación estadística determinó que no existe diferencia significativa del tratamiento térmico en el contenido de ácidos grasos saturados e insaturados, en donde se obtuvieron 64.70% de ácidos grasos saturados (esteárico y palmítico) y 35.23% de insaturados (oleico y linoleico), además su tratamiento óptimo está conformado por 130°C por 50 min, para las dos variedades de cacao, resulta importante señalar además que bajo esos parámetros se obtuvieron los mejores atributos sensoriales, lo cual es un factor determinante en los granos de cacao. Contrastando esta información con los resultados obtenidos podemos ver la semejanza que existe con los tratamientos 8 y 10 (34.989% y 34.554% de AGI respectivamente), por lo que es verificable confirmar el efecto no significativo de la temperatura y tiempo de tostado en el contenido de AGI.

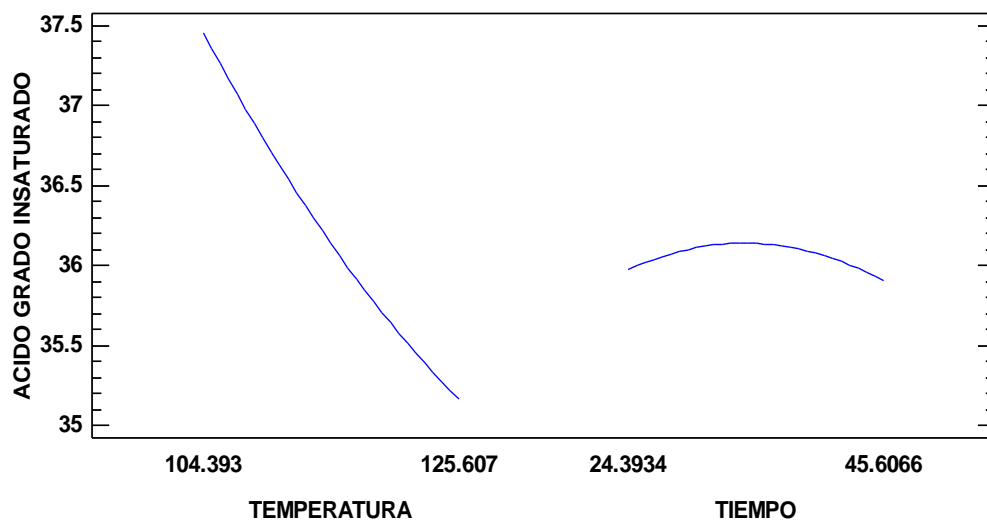


Figura 21: *Grafica de Efectos Principales para Ácidos grasos Insaturados (%) en Nibs de Cacao.*

En el gráfico de interacción de la

Figura 22 se muestra el contenido en AGI (%) con respecto a la variación de temperatura (de 104.4 °C a 125.6°C) para cada nivel de tiempo (24.39 y 45.61 min). Se detecta que no existe una variación considerable en la variable respuesta al cambiar el tiempo de tostado de un nivel bajo a un nivel alto, por lo contrario, esto si sucede al incrementar la temperatura, obteniendo valores más altos de %AGI cuando el proceso de tostado de los Nibs de cacao es a 104.4°C durante 24.39 min. Ambas líneas se cruzan entre sí, lo cual corroboraría que si existe interacción entre ambas variables o factores (tiempo y temperatura) no obstante, la tabla ANOVA determinó que este efecto es estadísticamente no significativo.

Alvarez, Perez, y Lares (2007) citado por Chapa, 2022 determinaron el contenido de % de AGI y AGS en granos de cacao proveniente de 5 genotipos diferentes, para ello utilizaron una temperatura de tostado de 150°C y un tiempo de 30 minutos, los resultados indicaron que no existe diferencia estadística significativa entre genotipo, además se obtuvo mayor contenido de %AGI (37.72%) en el genotipo CMR-5.

Aldave G. , 2016 mencionó como Plúa que, es importante tener en cuenta que la temperatura y tiempo de tostado dependen también de la humedad con la que ingrese el grano al tostador, esto se puede estimar por medio de una curva de tiempo de tostado, dado que allí indica el tiempo que se debe tostar con relación a la humedad inicial del cacao a una temperatura determinada, no obstante es fundamental tener en cuenta el papel importante que caracteriza a los Nibs de cacao, el cual es el aroma, por lo que es importante realizar el tostado bajo parámetros adecuados que permitan resaltar los diferentes aromas y sabores de los Nibs de cacao. Puesto que las elevadas temperaturas no solo originarían pérdidas en el % AGI sino también de compuestos volátiles importantes.

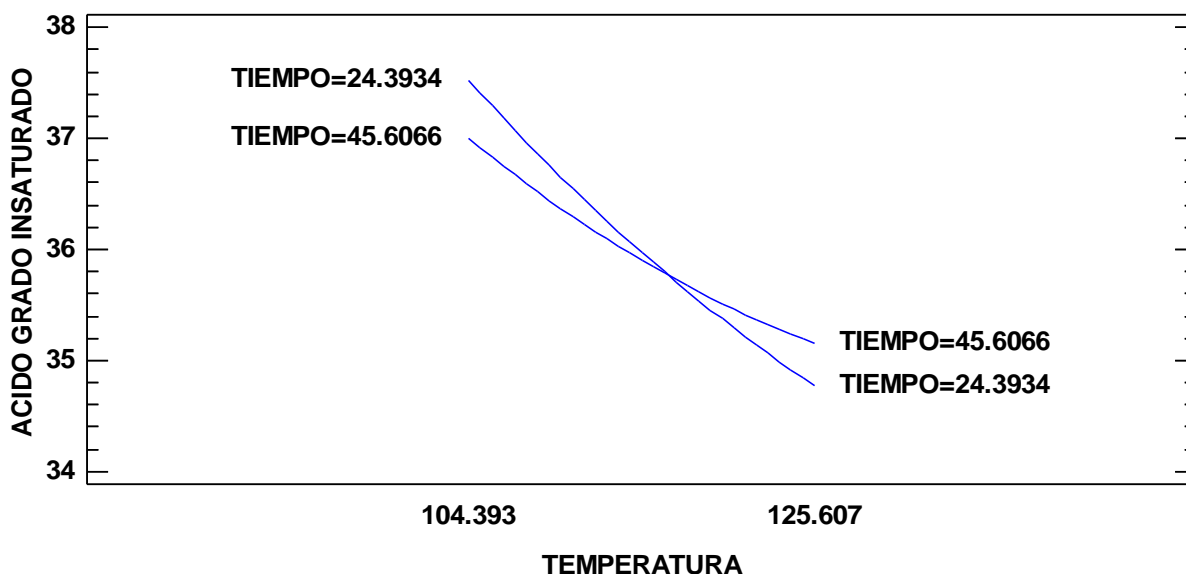


Figura 22: *Grafica de Interacción para Ácidos grasos Insaturados (%) en Nibs de Cacao.*

4.3.3. ANALISIS DE REGRESION DEL % DE ACIDOS GRASOS INSATURADOS EN NIBS DE CACAO

En la Tabla 24 se presentan los coeficientes de regresión estimados para cada factor lineal, cuadrático y de interacción, los cuales permiten obtener la ecuación predictiva de regresión cuadrática (con predicción del 35.64%) sobre el comportamiento en el contenido de Ácidos grasos insaturados de los Nibs de cacao orgánico.

Tabla 24: *Coefficientes de Regresión de Ácidos grasos Insaturados en Nibs de Cacao.*

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
Constante	74.7742
A: TEMPERATURA	-0.529472
B: TIEMPO	-0.109382
AA	0.00152768
AB	0.00199993
BB	-0.00177237

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\% \text{ACIDO GRADO INSATURADO} = 74.7742 - 0.529472 * A - 0.109382 * B + 0.00152768 * A^2 + 0.00199993 * A * B - 0.00177237 * B^2$$

Dónde:

A= Temperatura (°C)

B= Tiempo (min)

La ecuación obtenida representa el modelo matemático predictivo (al 35.64%) del contenido de AGI (%) en función a la temperatura y tiempo de tostado de los Nibs de cacao orgánico y con el cual se construyeron las gráficas de superficie respuesta y de contorno presentadas en la Figura 23 y Figura 24.

Es importante señalar que, al no resultar ninguno de los factores significativos en el % de AGI, esta ecuación predictiva no tendría mayor relevancia dado que no representa un factor que estadísticamente influya en el % AGI. No obstante, proporciona una base sobre el cual se pueda considerar para futuras investigaciones. Por otro lado, es necesario tener en cuenta que el coeficiente de correlación (R^2) no es lo suficientemente satisfactorio dado que es de 35,64%.

Como se ha descrito anteriormente, diferentes autores concluyeron que no existe diferencia estadística significativa en el contenido de %AGI por efecto de la variación de la temperatura y tiempo de tostado en los Nibs de cacao orgánico.

Resulta necesario realizar este mismo estudio con un mayor rango de temperatura y tiempo para evaluar su efecto en el contenido de %AGI, sin embargo, los resultados obtenidos son favorables ya que al no existir diferencia significativa, se podría utilizar los parámetros de temperatura y tiempo de tostado en base a otros componentes como el de polifenoles y principalmente en base al de aroma de los nibs de cacao, puesto que representa un factor muy importante y característico en los Nibs de cacao orgánico.

Una adecuado tostado, permitirá conservar o generar compuestos volátiles favorables sensorialmente a los Nibs de cacao. Las condiciones de tostado son de 15 a 30 minutos a una temperatura de 100 - 130 °C, aunque puede ser tostado de diferentes maneras usando el calor intenso o calor moderado por corto o largo tiempo respectivamente, con el fin de obtener diferentes aromas y sabores (Edoh y Lionelle, 2014)

Las condiciones de tostado deben ser las adecuadas a la variedad de cacao, ya que las altas temperaturas y tiempo prolongado de tostado eliminan las especificidades aromáticas de los cacaos finos de aroma (Cross, 2004 citado por Aldave, 2016).

Como podemos observar en ambas graficas (Figura 23 y Figura 24) los mayores valores de %AGI (región con tendencia al rojo) se encuentran en temperaturas que rodean los 104°C y tiempos entre 24-45min. Sin embargo, hay que tener en cuenta que no se evidenció diferencia estadística significativa de los factores (temperatura y tiempo de tostado) sobre el contenido de % AGI, por lo que no habría variación o diferencia estadística entre cada tratamiento, a pesar del incremento de la temperatura o tiempo de tostado.

En consecuencia, se debe elegir parámetros de tostado bajo otros criterios como por ejemplo el contenido de polifenoles (posee diferencia significativa) en los Nibs de cacao e incluso se podría considerar una evaluación de compuestos volátiles en los Nibs de cacao dada su importancia como atributo sensorial.

No obstante, es necesario determinar cuantitativamente el contenido de los ácidos grasos como el oleico, linolénico, etc que están presentes en los Nibs de cacao puesto que son de importancia.

Tener en cuenta que, se obtuvo una baja calidad de ajuste del modelo cuadrático de los resultados, con un R^2 inferior al 70%, por debajo del límite, no obstante, la investigación representa un factor destacable como base para futuras investigaciones, en las que se pueda considerar mayor intervalo de temperatura y tiempo de tostado en los Nibs de cacao.

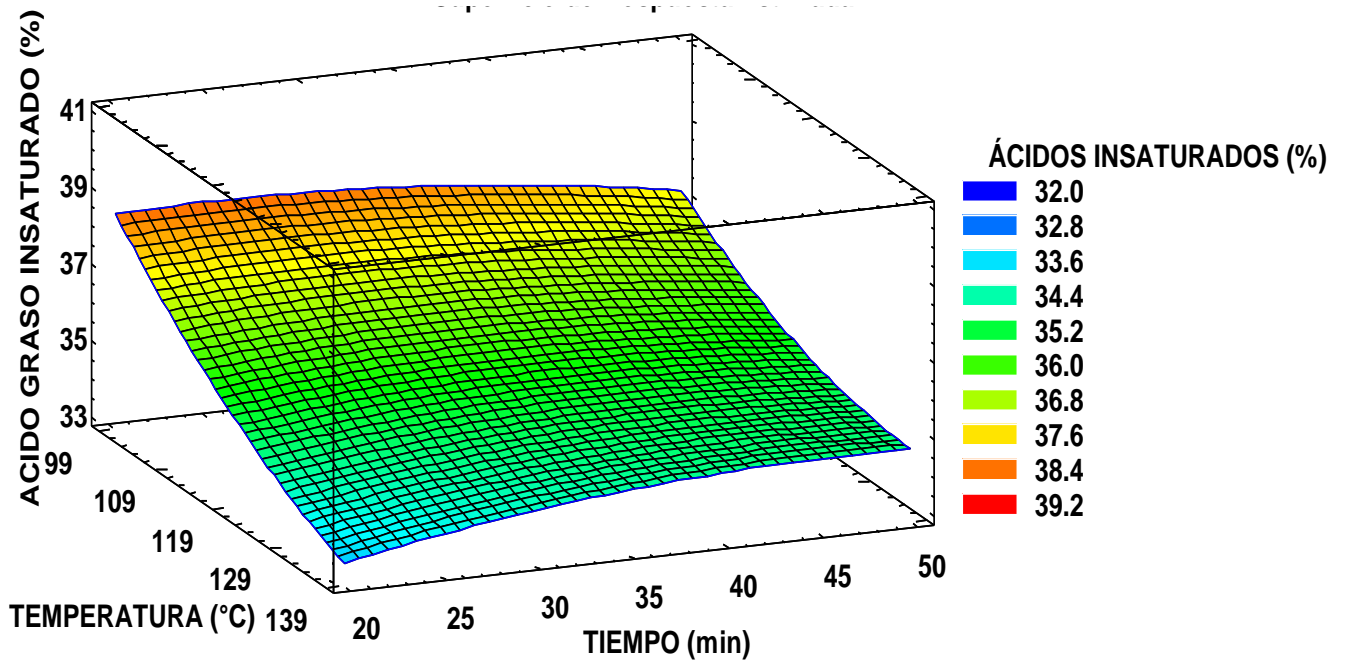


Figura 23: Gráfico de Superficie de Respuesta del contenido de Ácidos grasos Insaturados en Nibs de Cacao orgánico (%).

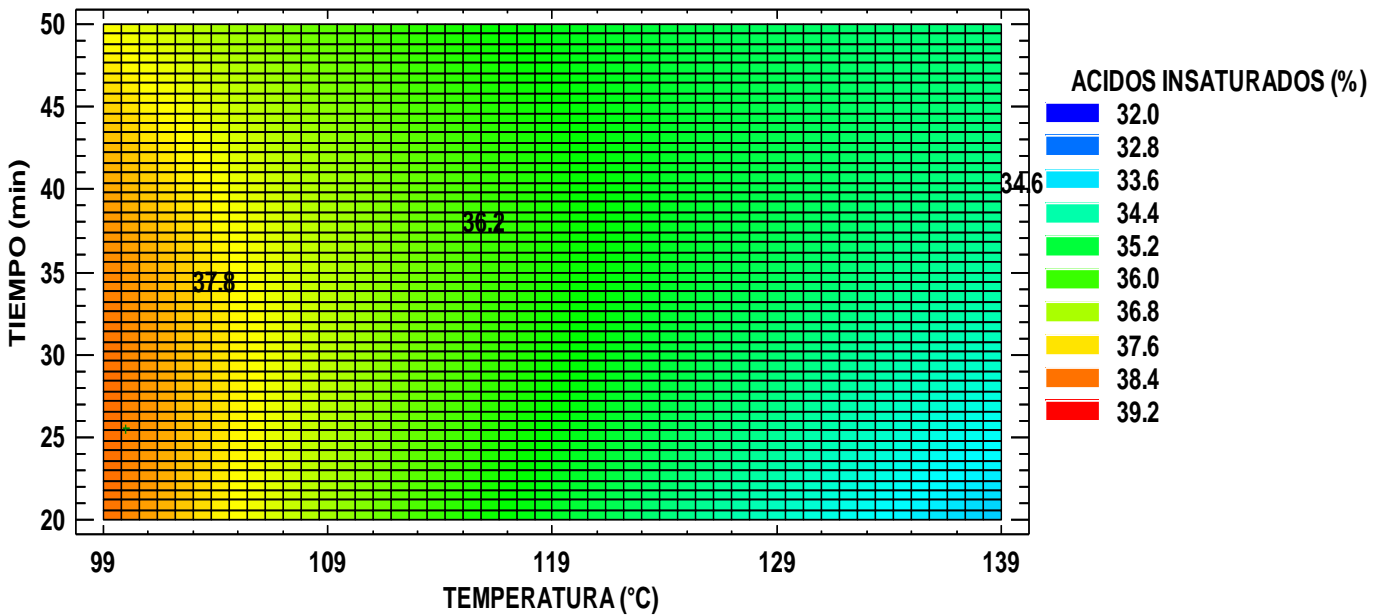


Figura 24: Gráfico de contornos de Superficie Respuesta del contenido de Ácidos grasos Insaturados en Nibs de Cacao orgánico (%).

4.4. EVALUACION DE LOS ACIDOS GRASOS SATURADOS

Los granos de cacao como Nibs resultan ser una importante opción de consumo, pues no contienen azúcar, además de que poseen componentes funcionales que lo convierten en una nueva alternativa de consumo, no obstante es importante verificar su contenido en ácidos grasos saturados, dado que la mayoría de sus componentes no resultan ser beneficiosos para la salud, como el AGS palmítico, por ello identificar los parámetros adecuados de tostado es necesario, a su vez de reconocer si estos presentan un efecto significativo en el contenido de ácidos grasos saturados (AGS).

Los Nibs de cacao orgánico son semillas o granos de cacao natural y de cultivo biológico, estos son obtenidos luego del tostado del grano fermentado y antes de la molienda. Los nibs de cacao contienen todo el aroma del cacao, pero no es un producto dulce, es decir no contiene azúcar añadida. Al comerlo, este se asemeja a un fruto seco tostado y deja al final en el paladar un exquisito e intenso sabor a chocolate puro (ligeramente amargo). Los nibs de cacao tienen más antioxidantes que los arándanos, vino tino y té verde, por ello resulta muy importante su estudio e investigación de los parámetros de tostado que permitan obtener Nibs de cacao con las cantidades adecuadas de componentes como polifenoles, %AGI, etc. (Herrera y Ospina, 2016 citado por Chapa, 2022).

Los Nibs de cacao brindan otro tipo de beneficios a la salud gracias a sus componentes, por ejemplo, por su alto contenido en teobromina brinda un impulso de energía saludable y por su alto contenido en triptófano ayuda a calmar la ansiedad y a mejorar el estado de ánimo. Además, también se ha determinado que ayuda con los síntomas del síndrome premenstrual, gracias a su contenido en magnesio. Los nibs de cacao orgánico poseen más nutrientes que el cacao en polvo, dado que el Nib es la semilla tostada molida completa, además de ello es un alimento considerado como macronutriente, puesto que, los nibs de cacao contienen todos los nutrientes del grano, ya que aún no han sido procesados ni refinados (Herrera y Ospina, 2016).

El tostado es una de las operaciones más importante en el proceso de obtención de los Nibs de cacao, ya que determinan su color, aroma, etc. Durante el tostado, por efecto del tiempo y temperatura, el cacao sufre de pardeamiento, en éste

participan múltiples reacciones, como oxidaciones y polimerizaciones de polifenoles, degradación de proteínas y reacciones de Maillard, además de que se presentan variaciones en el contenido de ácidos grasos (Ramli, Hassan, Said, Samsudin, y Idris, 2006 citado por Chapa, 2022).

El cacao presenta un alto contenido de grasa (55% después de fermentado, tostado y secado). Un 60% de la grasa del cacao es saturada, rica en ácidos grasos como el esteárico (32%) o el palmítico (29%) (Herrera y Ospina, 2016)

La ingesta de AGS no debe exceder el 10% del total energético, además es importante tener en cuenta que la sustitución de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) por AGS reduce la cantidad de colesterol de baja densidad y riesgos de la enfermedad coronaria. Asimismo, el AGS palmítico y mirístico incrementan el colesterol de baja densidad mientras que el esteárico no (FAO, 2012).

De acuerdo a lo señalado anteriormente, resulta importante determinar el perfil de ácidos grasos en los Nibs de cacao orgánico de acuerdo a cada tratamiento e identificar cuantitativamente el contenido de cada AGS.

La diversidad de los ácidos grasos tanto %AGS como % AGI, pueden ser identificada y cuantificada por Cromatografía de Gases acoplada a Espectrómetro de Masas (GC-MS), la cual permite la separación de los ácidos grasos de acuerdo al número de carbonos y el grado de insaturación.

En la Tabla 25, el % de ácidos grasos saturados es mayor en los Nibs de cacao cuando se usa una temperatura de tostado de 120.6°C en un tiempo de 45.61 min ya que se obtiene 60.145% de AGS. Además, se reportaron incrementos y descensos en el contenido de %AGS tras el incremento de la temperatura. Tanto la temperatura como el tiempo de tostado no mostraron un comportamiento marcado o establecido, que ayude a predecir el efecto en el contenido de %AGS.

Tabla 25: % de ácidos grasos saturados en Nibs de Cacao Orgánico a diferentes Temperaturas y tiempos.

TRATAMIENTO	TEMPERATURA	TIEMPO	ACIDOS GRASOS SATURADOS %
1	100	35	58.87
2	104	24	55.45
3	104	46	54.54
4	115	20	57.11
5	115	35	57.70
6	115	35	57.68
7	115	35	58.01
8	115	50	57.99
9	126	24	59.05
10	126	46	60.15
11	130	35	59.49

Nota. *Media de 3 repeticiones + DS

La Figura 25 representa el % de AGS obtenido de los 11 tratamientos, estos oscilan entre 54.54% y 60.15%. No se evidencia una tendencia definida del % AGS respecto a la temperatura o tiempo de tostado, es decir los resultados (%AGS) no siguen un patrón. Por otro lado, se obtuvo el valor más bajo del %AGS cuando se empleó 104.4°C y 45.6 minutos de tostado para la obtención de los Nibs de cacao orgánico. Mientras que el valor más alto se obtuvo con 125.6°C y 45.6 min dado que fue de 60.15% de AGS.

Es importante tener en cuenta que, el tostado del grano de cacao se realiza con la finalidad de disminuir la humedad de los granos de 7-8% a 2.5%, así como de eliminar compuestos volátiles no deseados como el ácido acético y por último generar nuevos compuestos volátiles. Las principales reacciones químicas que se desarrollan durante el tostado son las reacciones de Maillard, caramelización de azúcares, degradación de proteínas, etc. (Nebesny y Rutkowski, 1998 citado por Solarte, 2021).

Por ello es fundamental tener en cuenta estos criterios y determinar los parámetros de temperatura y tiempo de tostado adecuados que permitan obtener atributos sensoriales favorables y la menor cantidad de ácidos grasos saturados.

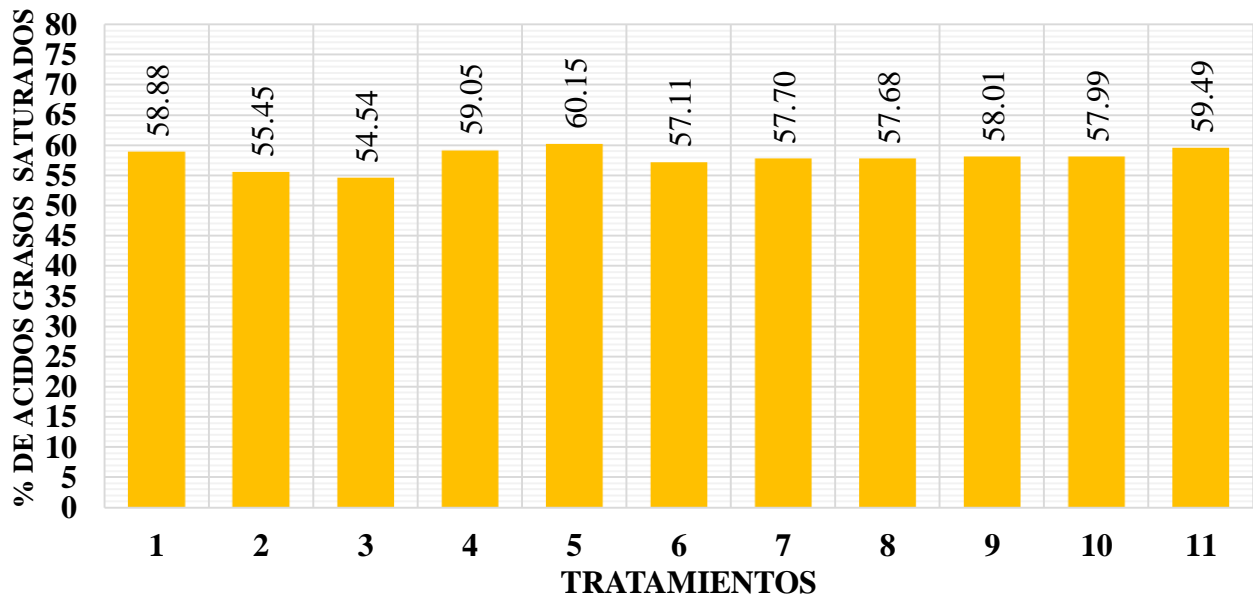


Figura 25: % de ácidos grasos saturados en Nibs de Cacao Orgánico a diferentes Temperaturas y tiempos.

El diagrama de Pareto que se grafica en la Figura 26 describe los efectos lineales, cuadráticos e interacciones de las variables independientes (temperatura y tiempo) en el contenido de %AGS, de los cuales ninguno de ellos resultó significativamente estadístico ya que ninguno superó la línea de referencia, para un 95% de confianza.

Lo mencionado anteriormente describiría que, la temperatura y tiempo de tostado e interacciones, no influyen en el contenido de ácidos grasos saturados (%), es decir, la variación que existe entre un tratamiento y otro no es lo suficientemente alto, por ello no resultó estadísticamente significativo, y por consiguiente no es posible determinar una formulación óptima en función de los AGS puesto que, estadísticamente todos los valores de %AGS de los tratamientos son similares.

Sin embargo, se puede observar en la Figura 26 que, dentro de los factores, la temperatura presenta un mayor efecto en la variable respuesta en comparación a los demás factores, ya que está más cerca de llegar a la línea de referencia, por

ello es recomendable analizar en futuras investigaciones el % de ácidos grasos saturados con un mayor intervalo o rango de temperatura y tiempos de tostado y evaluar si presenta este mismo comportamiento o no. Asimismo, el efecto que proporciona es positivo, es decir, se han presentado % de ácidos grasos saturados (AGS) más altos con el incremento de la temperatura.

Santos, y otros (2018) menciona en su investigación que, la estabilidad de los ácidos grasos durante el tostado, puede ser causado por la inactivación de las enzimas lipoxigenasas, dado que estas enzimas son responsables de catalizar la oxidación lipídica principalmente de los ácidos grasos poliinsaturados y al estar inactivas ocasiona que el contenido de los ácidos grasos no disminuya o varíe significativamente.

Este resultado se obtuvo también en la investigación realizada por Hosseini (2017) y por Alvarez, Perez, y Lares 2007 citado por Chapa, 2022 en donde no se detectó diferencia estadística de la temperatura y tiempo de tostado de Nibs de cacao.

En conclusión, el incremento de la temperatura en el tostado ocasiona un aumento en el contenido de ácidos grasos saturados, no obstante, este no es estadísticamente significativo, sin embargo, estos resultados permiten tener una referencia respecto a los parámetros de tostado (t y T°) de los Nibs de cacao Orgánico para nuevas investigaciones

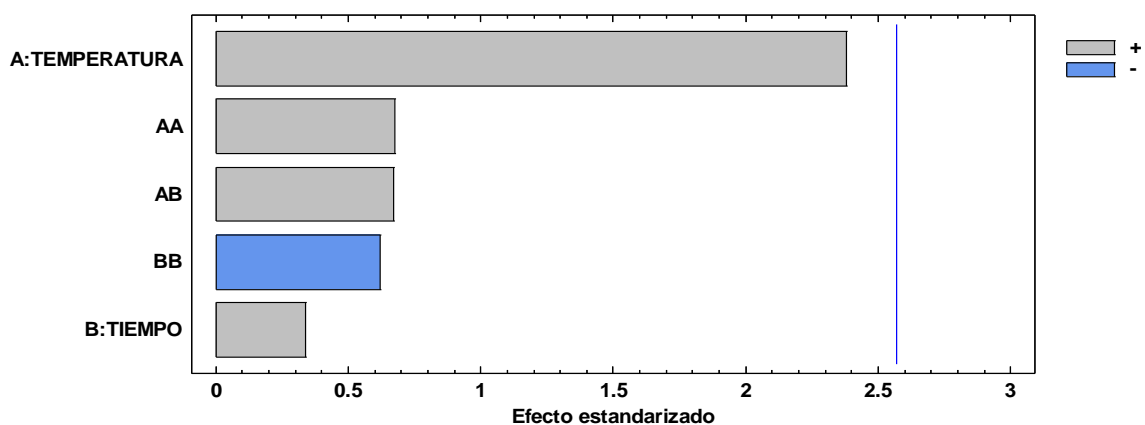


Figura 26: Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de las variables independientes en el contenido de Ácidos Grasos saturados (%) en Nibs de Cacao Orgánico.

4.4.1. ANALISIS DE VARIANZA DEL % DE ACIDOS GRASOS SATURADOS EN NIBS DE CACAO

La tabla ANOVA, detalla de manera estadística que no existe diferencia significativa de cada uno de los efectos en el contenido de los Ácidos Grasos Saturados (AGS) de los Nibs de cacao orgánico.

La tabla 26 ANOVA describe si la variabilidad del %AGS de los NIBS de cacao orgánico para cada uno de los efectos es significativa o no, y debido a que ninguno presenta un valor-P menor que 0.05, a un nivel de confianza del 95.0%, se puede afirmar que ninguno de los factores posee un efecto estadístico significativo en el contenido de los ácidos grasos saturados %.

Resulta importante señalar que, se ha obtenido un $R^2 = 59.735\%$, es decir, el modelo cuadrático determinado solo expresa el 59.735% de la variabilidad obtenida en los ácidos grasos saturados de los nibs de cacao orgánico, siendo este valor bajo (<70%) e insuficiente para confirmar la calidad de ajuste o de predicción del modelo, es por ello que sería adecuado, para próximas investigaciones, utilizar intervalos más amplios de temperatura y tiempo que permitan tener una mejor visión del efecto que producen estas variables en el contenido de los AGS.

Tabla 26: Análisis de varianza para el contenido de Ácidos grasos Saturados (%) en Nibs de Cacao Orgánico.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:TEMPERATURA	12.6569	1	12.6569	5.66	0.0632
B:TIEMPO	0.255289	1	0.255289	0.11	0.7492
AA	1.02298	1	1.02298	0.46	0.5288
AB	1.00802	1	1.00802	0.45	0.5317
BB	0.859365	1	0.859365	0.38	0.5624
Error total	11.1793	5	2.23585		
Total (corr.)	27.7641	10			

Nota. *Valores estadísticamente significativos al 5% de significancia ($p < 0.05$)

4.4.2. EFECTO DE LA TEMPERATURA (°C) Y TIEMPO (MIN) DE TOSTADO DEL % DE ACIDOS GRASOS SATURADOS EN NIBS DE CACAO

En la Figura 27 se observa la gráfica de efectos Principales respecto a la temperatura y tiempo de tostado en el contenido de AGS (%).

La grafica muestra el incremento marcado del % de AGS, el cual va principalmente de 57% a 59.6%, al incrementar la temperatura de tostado de 104.4°C a 125.6°C, no obstante, el efecto de la temperatura no resultó significativo en los resultados estadísticos.

Con respecto al tiempo de tostado, de los Nibs de cacao, se identificó que, presenta una ligera curvatura cóncava, la cual no es muy pronunciada. Se obtienen valores más favorables (menor %AGS) en tiempo de tostado de 24.4 min., en este caso tampoco existió diferencia estadística significativa.

Lares, Gutiérrez, Pérez, y Álvarez (2012) determinaron en su investigación que el contenido de ácidos grasos saturados en granos de cacao tostados a 120°C durante 20 min. es de $62.71 \pm 0,22\%$ AGS, siendo este resultado muy cercano al tratamiento 9, en donde se empleó una temperatura de tostado de 125.6°C durante 24.4min obteniéndose 59.048% de AGS.

La investigación realizada por Álava (2016) determinó que el % de ácidos grasos no son afectados significativamente por efecto de la temperatura (tratamiento térmico) y tiempo de tostado de los granos de cacao, las temperaturas de tostado estuvieron comprendidas entre 115°C y 130°C por intervalos de tiempo de 35min y 50 min. El contenido de los ácidos grasos fue en promedio de 53.1%, este valor incluye AGS y AGI.

Asimismo, Aldave (2016) utilizó en su investigación temperaturas de tostado entre 120°C y 130°C por intervalos de tiempo de 40min y 50min en las variedades de cacao CCN-51 y ICS-6, el tratamiento óptimo que obtuvo está dado por 130°C por 50min, obteniéndose 64.70% de AGS para la variedad CCN-51 y 63.81% de AGS para la variedad ICS-6, estos valores óptimos se determinaron en base a parámetros significativos como

el contenido de polifenoles y atributos sensoriales, puesto que los %AGS no resultaron significativos, no obstante de haber sido significativo lo más recomendable sería definir parámetros de temperatura y tiempo de tostado que generen menores valores de ácidos grasos saturados, puesto que, muchos de sus componentes como el AGS palmítico y el mirístico incrementan el colesterol de baja densidad en el organismo (FAO, 2012).

No obstante, a diferencia de otros, el ácido graso saturado esteárico no aumenta el nivel de colesterol en la sangre, no es aterógeno. Una propiedad que también contribuye a la mejora de la salud cardiovascular de las personas que consumen de manera frecuente cacao natural. El exceso de ácido esteárico es convertido en ácido oleico mediante una enzima desaturasa en el hígado, y luego recircula como lipoproteínas de ácido oleico, por lo que no tiene poder hipercolesterolemico, por esto no eleva los niveles de colesterol en el plasma en la fase post-hepática. Por otro lado, el ácido graso saturado palmítico es el ácido graso menos saludable pues es el que más aumenta los niveles de colesterol en la sangre (Herrera y Ospina, 2016).

Cabe señalar que se ha observado en esta investigación tratamientos con mayor contenido de AGS a temperaturas más altas de tostado, por lo que un tratamiento adecuado con menor contenido de AGS estaría comprendido por 104.4°C por 45min de tostado de los Nibs de cacao orgánico, no obstante, es importante considerar los atributos de olor, sabor, etc. dado que son los que más caracterizan a los Nibs.

Respecto a que los AGS no resultaran significativos, se podría atribuir a la estabilidad de los ácidos grasos durante el tostado, debido a la inactivación de las enzimas lipoxigenasas, estas enzimas son responsables de catalizar la oxidación lipídica principalmente de los ácidos grasos poliinsaturados (Santos, y otros, 2018).

Sánchez, 2013 mencionan en su trabajo de investigación que, la temperatura de tostado aparece como el factor más importante y más influyente sobre la oxidación de los lípidos de las semillas de grano como

el sacha inchi, las tasas de oxidación de las semillas oleaginosas aumentan considerablemente con la elevación de la temperatura de proceso. La duración del proceso tiene por el contrario una influencia menor sobre los niveles de oxidación y el tiempo de vida posterior, por lo cual la duración del proceso tostado largos asociados a temperaturas moderadas (130°C-150°C) son en general recomendadas para obtener una estabilidad oxidativa óptima.

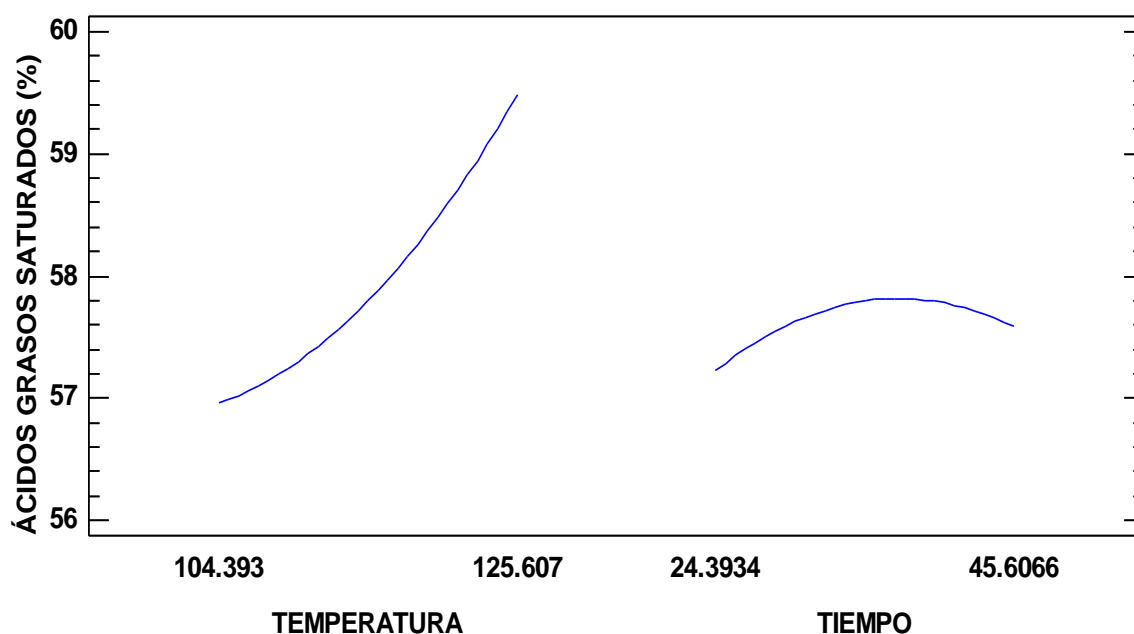


Figura 27: *Grafica de Efectos Principales para Ácidos grasos Saturados (%) en Nibs de Cacao orgánico.*

En el gráfico de interacción de la Figura 28 se muestra el contenido en AGS (%) con respecto a la variación de temperatura (de 104.4 °C a 125.6°C) para cada nivel de tiempo (24.4 y 45.6min). Se observa que, no existe una variación considerable en el contenido del %AGS al cambiar el tiempo de tostado de un nivel bajo a un nivel alto, por el contrario, esto si pasa al incrementar la temperatura, obteniendo valores más altos de %AGS, se obtiene el menor valor AGS cuando el proceso de tostado de los Nibs de cacao se da a 104.4°C durante 45.6 min.

Por otro lado, se aprecia en la gráfica que ambas líneas si se cruzan entre sí, es decir, existe una interacción entre ambos factores (tiempo y temperatura) sin embargo, el efecto que produce en los Nibs de cacao orgánico no es estadísticamente significativo.

En investigaciones, como la realizada por Alvarez, Perez, y Lares 2007) citado por Chapa, 2022; se evaluó el contenido de AGS en granos de cacao proveniente de 5 genotipos diferentes, se utilizó una temperatura de tostado de 150°C y un tiempo de 30 minutos, los resultados mostraron que no existió diferencia estadística significativa entre genotipo, además se obtuvo un menor contenido de %AGS (61.02%) en el genotipo CRP-2 y un mayor valor de %AGS (61.92%) en el genotipo MCP-1, estos valores resultan muy cercanos (59.486% AGS) a los obtenidos para temperaturas similares (130°C por 35min).

Este efecto se evidenció también en las investigaciones de Hosseini (2017), Alvarez, Perez, y Lares 2007 citado por Chapa, 2022 y en la presente investigación en donde no se detectó diferencia estadística de la temperatura y tiempo de tostado de los Nibs de cacao en el contenido de ácidos grasos saturados.

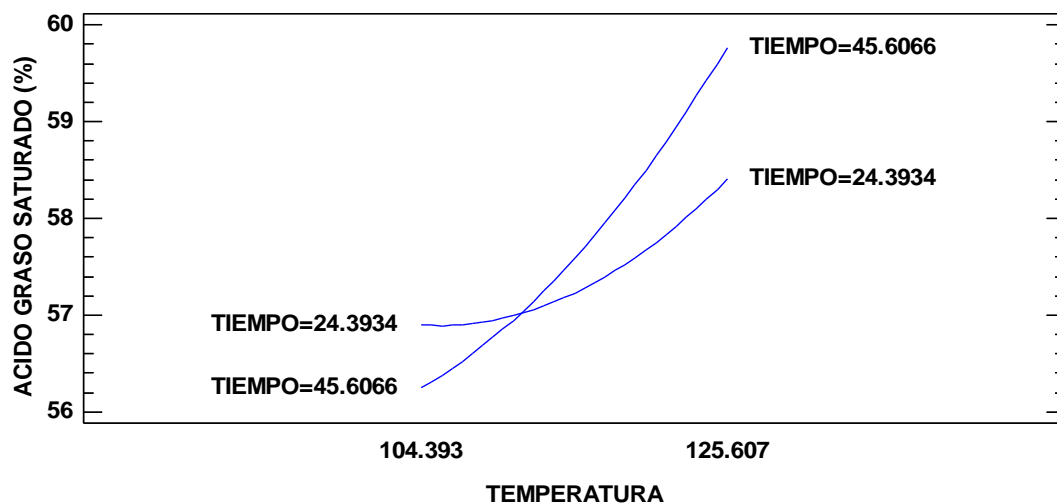


Figura 28: *Gráfica de Interacción para Ácidos grasos Saturados (%) en Nibs de Cacao orgánico.*

4.4.3. ANALISIS DE REGRESION DEL % DE ACIDOS GRASOS SATURADOS EN NIBS DE CACAO

La Tabla 27 presenta los coeficientes de regresión estimados para cada factor lineal, cuadrático y de interacción, y con los cuales se puede obtener la ecuación predictiva de regresión cuadrática (con predicción del 59.7348%) sobre el comportamiento del contenido de Ácidos grasos saturados en los Nibs de cacao orgánico.

Tabla 27: *Coeficientes de Regresión para el contenido de Ácidos grasos Saturados (%).*

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
constante	107.31
A: TEMPERATURA	-0.907662
B: TIEMPO	-0.253564
AA	0.00378292
AB	0.00446206
BB	-0.00346758

La ecuación del modelo ajustado es:

$$\%ACIDO\ GRADO\ SATURADO = 107.31 - 0.907662*A - 0.253564*B + 0.00378292*A^2 + 0.00446206*A*B - 0.00346758*B^2$$

Dónde:

A= Temperatura (°C)

B= Tiempo (min)

La ecuación obtenida describe el modelo matemático predictivo (al 59.7348%) del contenido de AGS (%) en función a la temperatura y tiempo de tostado de los Nibs de cacao orgánico y con el cual se construyen las gráficas de superficie respuesta y de contorno (Figura 29 y Figura 30).

Al no obtener diferencia estadística significativa en ninguno de los factores, la ecuación predictiva no tendría mayor importancia, dado que no representa un factor que estadísticamente influya en el % AGS. Por ello, el análisis de los parámetros óptimos de temperatura y tiempo de tostado

deben ser analizados en función a análisis en las que si se produzca un efecto significativo, como es el caso de polifenoles.

La investigación de diferentes autores citados concluyó en que no existe diferencia estadística significativa en el contenido de %AGS debido a la variación de la temperatura y tiempo de tostado en los Nibs de cacao orgánico, además también se pudo corroborar dicho efecto en los resultados de esta investigación.

Como podemos observar en ambas graficas (Figura 29 y Figura 30) los menores valores de %AGS (región con tendencia al azul) se encuentran en temperaturas que rodean los 100°C y tiempo alrededor de los 45min. Sin embargo, como no se evidenció diferencia estadística significativa de los factores (temperatura y tiempo de tostado) sobre el contenido de %AGS, se podría afirmar que los % de AGS de los tratamientos son similares entre sí, a pesar del incremento de la temperatura o tiempo de tostado.

Determinar cuantitativamente el contenido de los ácidos grasos saturados como el palmítico, mirístico, etc. que están presentes en los Nibs de cacao es importante puesto que su contenido señalar su efecto en el organismo tras su consumo y al determinarlos favorecería a seleccionar tratamientos que originen menores valores de ellos.

En los nibs de cacao, tostados a 130 °C por 50min, evaluados por Aldave (2016) se encontraron que los ácidos grasos saturados más representativo fueron el palmítico y esteárico; los valores fueron de 33.25% y 30.20% respectivamente, para la variedad CCN-51 y valores de 33.94% y 28.62% para la variedad ICS-6.

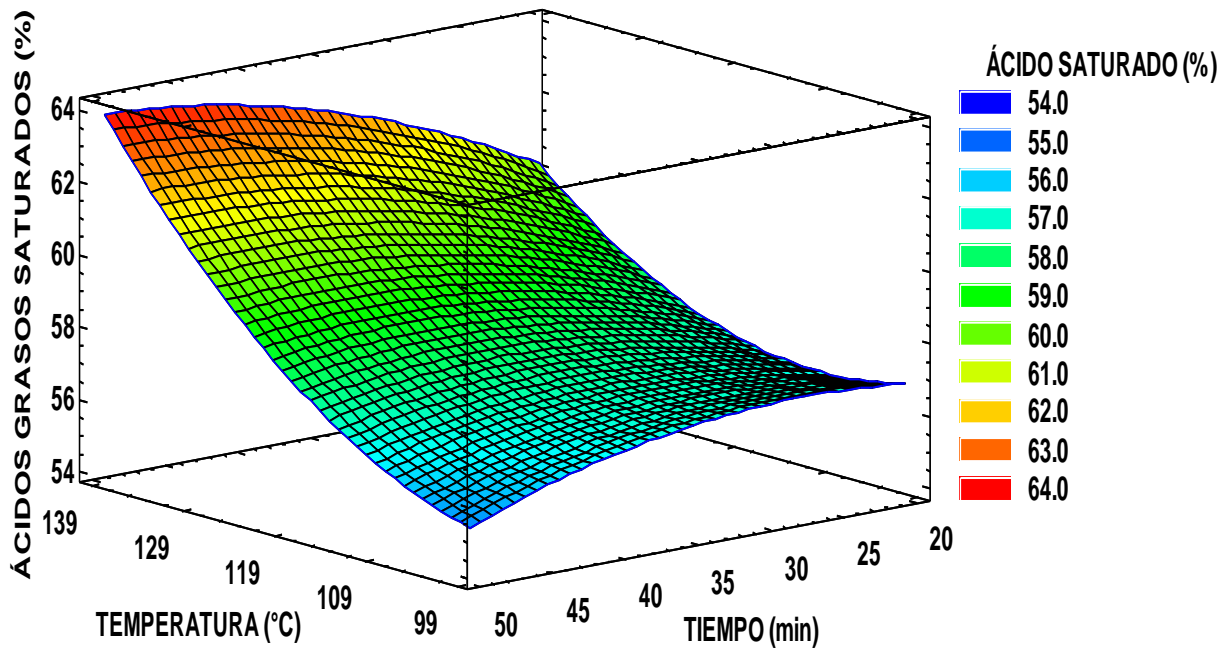


Figura 29: Gráfico de Superficie de Respuesta del contenido de Ácidos grasos saturados en Nibs de Cacao orgánico (%).

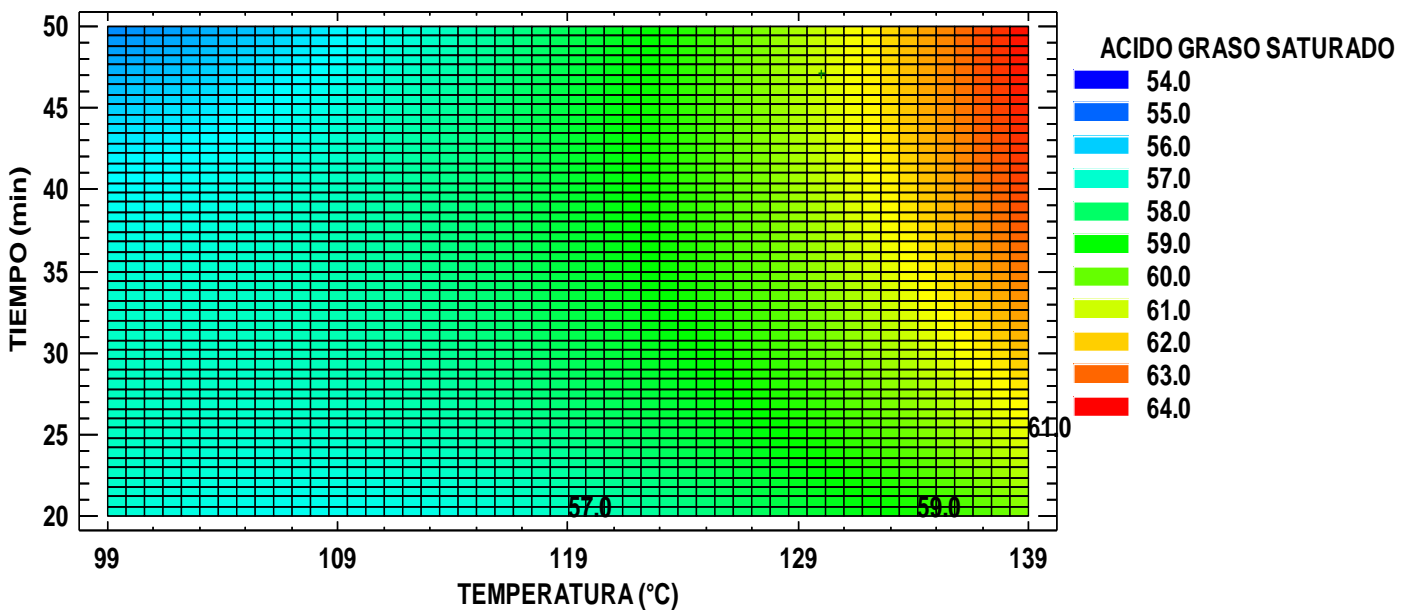


Figura 30: Gráfico de contornos de Superficie Respuesta del contenido de Ácidos grasos saturados en Nibs de Cacao orgánico (%).

4.5. ELECCIÓN DEL TRATAMIENTO ÓPTIMO

De acuerdo a los resultados estadísticos obtenidos, se ha determinado que existe diferencia estadística significativa para el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante en los Nibs de cacao orgánico, dado que su valor se ve influenciado específicamente por el efecto cuadrático de la temperatura de tostado a diferencia del % ácidos grasos insaturados y saturados, en donde no se aprecia dicho efecto.

En consecuencia, el tratamiento óptimo se determinó mediante una optimización de múltiples respuestas con el uso del software statgraphics por medio del método de la función de deseabilidad, con la finalidad de encontrar la temperatura y tiempo de tostado de los granos de cacao que generen la mayor deseabilidad global, para ello se tomaron solo las variables dependientes (Polifenoles y Capacidad Antioxidante) que resultaron estadísticamente significativas.

Cabe señalar que las variables de respuesta %Ácidos Grasos Insaturados y Saturados no se tomaron en consideración para la optimización de múltiples respuestas puesto que su análisis estadístico presento falta de ajuste y por tanto fue no significativo.

Tabla 28: *Deseabilidad baja, alta y Criterios de optimización de múltiple respuesta para la elección del tratamiento óptimo de los nibs de cacao orgánico*

<i>Respuesta</i>	<i>Deseabilidad Baja</i>	<i>Deseabilidad Alta</i>	<i>Meta</i>
Polifenoles	10.984	20.457	Maximizar
Capacidad Antioxidante	261.07	481.62	Maximizar

De acuerdo a la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.** se observa que el T5, nibs de cacao orgánico tostados a 115°C por 35 min, es el tratamiento que obtuvo la mayor deseabilidad prevista con 0.917, mientras que su deseabilidad observada fue de 0.913, no obstante el T4 (115°C por 20 min) consiguió la mayor deseabilidad observada con un valor de 1, ello se debe a que fue el tratamiento

que obtuvo los valores máximos tanto para el contenido total de polifenoles como para la capacidad antioxidante, a pesar de ello al evaluar cada tratamiento del diseño con respecto a la optimización de múltiples respuestas solo obtuvo una deseabilidad prevista de 0.848, por lo tanto el T5 al tener la mayor deseabilidad prevista es el tratamiento que alcanzó la deseabilidad máxima.

Es importante mencionar que valores próximos a 1 indica que la deseabilidad global es máxima, mientras que valores inferiores a 0.5 predice una deseabilidad inaceptable (Gutiérrez y De la Vara, 2012).

Para obtener la deseabilidad global optima, se tuvo que optimizar la deseabilidad, consiguiendo un valor óptimo de 0.9417 de deseabilidad, lo cual se logra con una temperatura y tiempo de tostado óptimos mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 29: *Deseabilidad Prevista y Observada para cada tratamiento de acuerdo a los criterios de optimización del contenido total de Polifenoles y Capacidad Antioxidante*

<i>T</i>	<i>Polifenoles</i>	<i>Capacidad Antioxidante</i>	<i>Deseabilidad Prevista</i>	<i>Deseabilidad Observada</i>
1	10.9844	261.07	0.000	0.000
2	12.0744	271.57	0.224	0.074
3	13.0978	276.42	0.316	0.125
4	20.4573	481.62	0.848	1.000
5	19.6948	460.89	0.917	0.913
6	19.7958	461.62	0.917	0.920
7	19.7528	461.62	0.917	0.917
8	19.1534	450.62	0.667	0.861
9	17.7672	315.58	0.609	0.421
10	12.4678	270.29	0.286	0.081
11	16.8358	268.57	0.000	0.145

Tabla 30: Niveles bajo, alto y óptimo de la temperatura y tiempo de tostado de los nibs de cacao orgánico para la optimización de la función deseabilidad.

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Temperatura	100.0	130.0	116.8
Tiempo	20.0	50.0	29.53

La temperatura y tiempo óptimos obtenidos para el tostado de los granos de cacao orgánicos generan valores óptimos en el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante en los nibs de cacao que son expresados en la siguiente tabla.

Tabla 31: Valores óptimos de Polifenoles y Capacidad Antioxidante de los nibs de cacao orgánico de acuerdo la optimización de múltiples respuestas.

<i>Respuesta</i>	<i>Óptimo</i>
Polifenoles	20.262 mg AGE/g Nibs de cacao
Capacidad Antioxidante	460.772 μ Mol ET/g

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se determinó que el contenido total de polifenoles y la capacidad antioxidante en los nibs de cacao orgánico son los únicos con diferencia estadística significativa a comparación del % ácidos grasos saturados e insaturados.
- El análisis estadístico evidencia una influencia significativa de la temperatura en su efecto cuadrático sobre el contenido total de polifenoles y la capacidad antioxidante en los nibs de cacao, a diferencia del tiempo de tostado que resulto ser no significativo.
- El valor óptimo de polifenoles en los Nibs de cacao orgánico fue de 20.5087 mg AGE/g Nibs de cacao, para una temperatura y tiempo de tostado de los granos de cacao orgánico a 119.7°C por 24.22 min.
- La temperatura y tiempo óptimo de tostado para maximizar la capacidad antioxidante en los nibs de cacao orgánico hasta un valor de 463.108 $\mu\text{Mol ET/g}$, es de 115.4 °C por 31.76 min.
- Tostar los granos de cacao orgánico con temperatura superiores a los 120°C ocasionan pérdidas considerables en la capacidad antioxidante de los nibs de cacao orgánico.
- El mayor contenido de ácidos grasos insaturados fue de 39.49%, obtenidos a una temperatura y tiempo de tostado de 104.4°C y 24.4 min respectivamente, no obstante, estos factores resultaron ser no significativos estadísticamente en el contenido de AGI en los nibs de cacao orgánico.
- El menor contenido de ácidos grasos saturados fue de 54.54%, obtenidos a una temperatura y tiempo de tostado de 104.4°C y 45.6 min respectivamente, sin embargo, estos parámetros no son significativos en el contenido de AGS en los nibs de cacao orgánico.
- El tratamiento óptimo
- de temperatura y tiempo de tostado de los Nibs de cacao orgánico está conformado por 116.8°C y 29.53 min con el cual se obtendría un valor óptimo de polifenoles en los Nibs de cacao orgánico de 20.26 mg AGE/g Nibs de cacao y una capacidad antioxidante optima de 460.77 $\mu\text{Mol ET/g}$.

5.2 RECOMENDACIONES

- Realizar nuevas investigaciones sobre el efecto de la temperatura y tiempo de tostado en el contenido de ácidos grasos saturados e insaturados en Nibs de cacao orgánico, pero con un mayor rango de temperatura (inferior a 99°C y mayor a 130°C), para evaluar si el efecto no significancia se mantiene.
- Realizar los análisis por el método de ABTS, ORAC o FRAP y determinar la diferencia cuantitativa que puede resultar con los análisis realizados por DPPH.
- Realizar un análisis cromatográfico de perfil de los ácidos grasos saturados e insaturados para identificar cuantitativamente su contenido en los Nibs de cacao (palmítico, oleico, linoleico, etc) y compararlos con otros granos o semillas.
- Se sugiere realizar estudios de comparación del cacao en las diferentes variedades y lugares de cultivos del Perú, con el fin de obtener los valores óptimos de acuerdo a sus características funcionales.
- Cuantificar el contenido de polifenoles (catequinas, proantocianinas, antocianinas y teobromina presentes en los nibs de cacao).

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adomako, B., y Adu, Y. (2008). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: a critical review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(9), 840-857.
- Afoakwa, E., Paterson, A., Fowler, M., y Ryan, A. (2008). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: a critical review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 48(9), 840-857.
- Alava, L. (2016). *Efecto tiempo-temperatura de tostado del cacao fino de aroma, en sus características fisicoquímicas y organolépticas*. Tesis de pregrado, Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta.
- Aldave, G. (2016). *Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en las propiedades químicas de granos de cacao (Theobroma cacao L.) procedente de Uchiza, San Martín – Perú para la obtención de NIBS*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.
- Alvarez, A., Murillo, A., Murillo, P., Rojano, B., y Mendez, A. (2016). Caracterización y extracción lipídica de las semillas del cacao amazónico [Theobroma grandiflorum]. *Ciencia En Desarrollo*, 7(1), 103-109.
- Alvarez, C., Perez, E., y Lares, M. (2007). Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. *Agronomía Trop*, 57(4), 249-256.
- Andrade, J., Rivera, J., Chire, G. y Ureña, M. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivos de cacao de Ecuador y Peru. *Enfoque UTE*, 10(4), 1-12.
- Arlorio, M. e. (2008). Roasting impact on the contents of clovamide (N-caffeoyl-L-DOPA) and the antioxidant activity of cocoa beans (Theobroma cacao L.). *Food Chemistry*, 106(3), 967 - 975.
- Asenjo, L. (2019). *Perfil Sensorial de seis Clones de Cacao (Theobroma cacao L) de Santa Cruz, Distrito de Bellavista, Jaén, Cajamarca*. Cajamarca.
- Beckett, S. (2009). *Industrial Chocolate. Manufacture and Use* (Cuarta ed.). Blackwell Publishing Ltd.

- Bravo, L. (1998). Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Reviews*, 56(11), 317-333.
- Cáceres, C. (2012). *Determinación del contenido de compuesto fenólicos totales y actividad antioxidante en fibra dietética extraída de cultivos ancestrales andinos para su utilización como suplemento alimenticio*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Cadena, T., y Herrera, Y. (2008). *Evaluación del Efecto del Procesamiento del Cacao sobre el Contenido de Polifenoles y su Actividad Antioxidante*. Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Calderon, L. (2002). *Evaluación de los compuestos fenólicos del cacao (Theobroma cacao L.) de tipo fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación en relación a la calidad*. Tesis de Licenciado en Química, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Calderón, L. (2002). *Evaluación de los compuestos fenólicos del cacao (Theobroma cacao L.) de tipo fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación en relación a la calidad*. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador.
- Chacón, C. M. (2021). Antioxidantes y polifenoles totales de chocolate negro con incorporación de cacao (*Theobroma cacao L.*) crudo. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(4), 266-273.
- Chacón, C., Mori, P., y Chavez, S. (2021). Antioxidantes y polifenoles totales de chocolate negro con incorporación de cacao (*Theobroma cacao L.*) crudo. *Revista de Investigaciones Altoandinas – Journal of High Andean Research*, 23(4), 266 - 273.
- Chapa, S. (2022). *Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas del cacao fino de aroma (Theobroma cacao L.) provenientes de la region Amazonas*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodriguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas.
- Coaquira, J. (2018). *Estudio de la cinética de degradación de la actividad antioxidante y fenoles en el tostado de cacao (Theobroma cacao L) variedad chuncho*. Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.

- 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 de maestría, Universidad Cayetano Heredia, Lima.
- Criollo, J., Sandoval, A., y Méndez, J. (2020). Efecto de la dinámica de tostado sobre las propiedades del licor de copoazú (*Theobroma grandiflorum* Willd. ex Spreng. Schum). *Acta Agronómica*, 69(4), 285-292.
- Cross, E. (1997). *Torréfaction In: Cacao et Chocolat - Production et caractéristiques Lavoisier (Paris), á paraitre*. Memorias del I congreso del Cacao y su industria, Maracay.
- Del Rosario, M. e. (2016). Efecto del Contenido de Grasa en la Concentración de Polifenoles y Capacidad Antioxidante de *Theobroma cacao* L. "Cacao". *Ciencia e Investigación*, 19(1), 19 - 23.
- Delgado, J. (2016). *Evaluación de Polifenoles Totales, Antiocianinas, Capacidad Antioxidante y Sensorial en Chocolate "Bitter" con "Nibs" Fermentados y No Fermentados*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú.
- Delgado, J., Mandujano, J., Reategui, D. & Ordoñez, E. (2018). Desarrollo de chocolate oscuro con nibs de cacao fermentado y no fermentado: polifenoles totales, antocianinas, capacidad antioxidante y evaluación sensorial. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 543-550.
- Doestert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., y Weigend, M. (2012). *Hoja botánica: Cacao (Theobroma cacao L.)*. Cooperación Alemana al Desarrollo – Agencia de la Giz, en el Perú, Lima.
- Dominguez, L., Lagunes, L., Barajas, J., Olán, M., Garcia, R., y Garcia, P. (2020). Caracterización vibracional de grupos funcionales en granos de cacao durante el tostado usando espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier. *Acta Universitaria*, 29(1), 1-17.
- Edoh, K., y Lionelle, E. (2014). Cocoa Production and Processing. *The Pro-Agro Collection*, 31-39.

- EPCO TOCACHE. (2011). *EPCO TOCACHE*. Obtenido de http://www.epcotocache.com/index.php?option=com_contentyview=articleid=47yItemid=37
- Erazo, C. (2019). *Diseño de un fermentador y secador solar piloto, para dos variedades de cacao (Theobroma cacao L), en el cantón el empalme provincia Guayas*. Tesis de pregrado, Universidad internacional SEK, Quito.
- Fabani, M. e. (2017). Changes in the phenolic profile of Argentinean fresh grapes during production of sundried raisins. *Journal of Food Composition and Analysis*, 58, 23 - 32.
- FAO. (2012). Fats and fatty acids in human nutrition: Report of an expert consultation. *Food and Nutrition Paper*(91).
- FAO. (2012). Fats and fatty acids in human nutrition: Report of an expert consultation. *Food and Nutrition Paper*(91).
- Finkel, T., y Holbrook, N. (2000). Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature*(408), 239-247.
- Frank, D., Pat, S., y Allen, V. (2005). *Agilent Column Selection for the Analysis of Fatty Acid Methyl Esters*. Agilent Technologies. .
- Galina, et al. (2018). Estres oxidativo y antioxidantes. *Avances en Investigacion Agropecuaria*, 31(2), 47 - 61.
- Garcia, L. (2012). *Catálogo de Cultivares de Cacao del Perú* (Primera ed.). Lima: Ministerio de Agricultura.
- Gu, L. e. (2006). Procyanidin and catechin contents and antioxidant capacity of cocoa and chocolate products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(11), 4057 - 4061.
- Guerrero L. (2018). Extracción de los aromas de cacao por fluidos supercríticos y su incorporación en una película para uso en alimentos. [Tesis Maestría, Universidad CIATEJ].
- Gutierrez, B. (2002). Chocolates, polifenoles y protección a la salud. *Acta Farmacéutica Bonaerense*, 21(2), 141-152.

- Gutiérrez, H., y De la Vara, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. Guanajuato, México: McGraw-Hill.
- Herrera, C., y Ospina, N. (2016). *Nibs de cacao orgánico para mercados verdes*. Universidad tecnológica de Pereira, Pereira.
- Hosseini, S., Darby, I., Nevenimo, T., Hannet, G., Hannet, D., y Poienou, M. (2017). Effects of roasting on kernel peroxide value, free fatty acid, fatty acid composition and crude protein content. *PLOS ONE*, 12(9).
- Huamanchumo, O. (2017). Producción, consumo y comercio. Del período prehispánico a la actualidad en América Latina. *Fronteras de la historia*, 237-242.
- ICBF. (2018). *Tabla de composición de alimentos colombianos* (Primera ed.). Obtenido de https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac_web.pdf
- INIAP. (2007). *Beneficio del cacao*. Quito, Ecuador.
- INS. (2017). *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición* (Decima ed.). Obtenido de <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Ioannone, F. e. (2015). Flavvanols, proanthocyanidins and antioxidant activity changes during cocoa (*Theobroma cacao* L.) roasting as affected by temperature and time of processing. *Food Chemistry*, 174, 256-262.
- Krysiak, W., Adamski, R., y Zyzelewicz, D. (2013).). Relationship of sensory and instrumental aroma measurements of dark chocolate as influenced by fermentation method, roasting and conching conditions. *Journal of Food Quality*, 36(1), 21-31. doi:<http://dx.doi.org/10.1111/jfq.12009>
- Lares, M., Gutiérrez, R., Perez, E., y Álvarez, C. (2012). Efecto del tostado sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas, composición proximal y perfil de. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(2), 439-446.
- Lares, M., Pérez, E., Álvarez, C., Perez, J., y Elkhori, S. (2013). Cambios de las propiedades físico-químicas y perfil de ácidos grasos en cacao de Chuao, durante el beneficio. *Agronomía Tropical*, 63(2), 37-47.

- Lázaro, M. (2018). *Alteraciones de los aceites vegetales durante la fritura*. Tesis de pregrado, Universidad de Sevilla, Sevilla. Recuperado el 1 de Marzo de 2023, de <https://www.fao.org/3/am401s/am401s03.pdf>
- Lee, K., Keem, Y., Lee, H., y Lee, C. (2003). Cocoa has more phenolic phitochemicals and higher antioxidant capacity than teas and reed wine. *J Agr Food Chem*, 51(25), 7292-7295. doi:<https://doi.org/10.1021/jf0344385>
- Liendo, R., Padilla, F., y Quintana , A. (1997). Characterization of cocoa butter extracted from criollo cultivars of Theobroma cacao L. *Food Research International* 3, 30(9), 727-731.
- Lopez, A. (2011). El Chocolate: un arsenal de sustancias químicas. *Revista digital universitaria*, 12(4), 3-10.
- Lozano, M. (2020). *Utilización de los subproductos del beneficio del cacao: Una revisión*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- MIDAGRI. (2020). *Producción nacional de cacao en grano creció en la última década a un promedio de 12.6% al año*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/305143-produccion-nacional-de-cacao-en-grano-crecio-en-la-ultima-decada-a-un-promedio-de-12-6-al-ano>
- Montgomery, D. (2011). *Diseño y análisis de experimentos* (Segunda ed.). Mexico DF: Limusa.
- Nebesny, E., y Rutkowski, J. (1998). Effect of cocoa bean enrichment and chocolate mass conching on the composition and properties of chocolates. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 7(4), 673-681.
- Oliva, M. e. (2021). Total Fat Content and Fatty Acid Profile of Fine-Aroma Cocoa From Northeastern Peru. *Frontiers in Nutrition*, 8, 1 - 9.
- Othman, A. e. (2007). Antioxidant capacity and phenolic content of cocoa beans. *Food Chemistry, United States*, 100, 1523 - 1530.
- Othman, A., Ismail, A., Ghani, N., y Adenan, I. (2007). Antioxidant capacity and phenolic content of cocoa beans. *Food Chem*, 100(4), 1523 - 1530.

- Owusu, M., Petersen, M., y Heimdal, H. (2013). Relationship of sensory and instrumental aroma measurements of dark chocolate as influenced by fermentation method, roasting and conching conditions. *Journal of Food Science and Technology*, 50(5), 909-917. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s13197-011-0420-2>
- Padilla, F., Rincón, A., y Bou, L. (2008). Contenido de polifenoles y antioxidante de varias semillas y nueces. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(3), 303 - 308.
- Peinado, J. e. (2013). Sunlight exposure increases the phenolic content in postharvested white grapes. An evaluation of their antioxidant activity in *Saccharomyces cerevisiae*. *Journal of Functional Foods*, 5, 1566 - 1575.
- Perea, J., Cadena, T., y Herrera, J. (2009). El cacao y sus productos como fuente de antioxidantes: Efecto del procesamiento. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, 41, 128 - 134.
- Perea, J., Cadena, T., y Herrera, J. (2009). El cacao y sus productos como fuente de antioxidantes: Efecto del procesamiento. *Salud UIS*, 41(2), 128-134.
- Perren, R., y Escher, F. (2007). Nut roasting technology and product quality. *Manufacturing Confectionary*, 6(87), 65-75.
- Quiroz, C., y Fogliano, V. (2018). Design cocoa processing towards healthy cocoa products: The role of phenolics and melanoidins. *Journal of Functional Foods*, 45, 480 – 490.
- Quispe, M. (2021). Efecto de la temperatura y tiempo del tostado sobre las características sensoriales del cacao (*Theobroma cacao* L.) procedente del sector San Lorenzo-Cusco. *Revista Científica I+D Aswan Science*, 1(2), 1-5. Obtenido de <https://doi.org/10.51892/rcidas.v1i2.6>.
- Quispe L. (2013). Teobromina, cafeína y catequinas, en granos de cacao de Pucacaca y Huingoyacu e influencia del cacao CCN-51 y del beneficio. [Tesis Ingeniero, Universidad Nacional Agraria de la Selva].
- Radojcic, I. (2009). Polyphenolic content and composition and antioxidative activity of different cocoa liquors. *Czech Journal of Food Sciences, Croatia*, 27(5), 330 - 337.

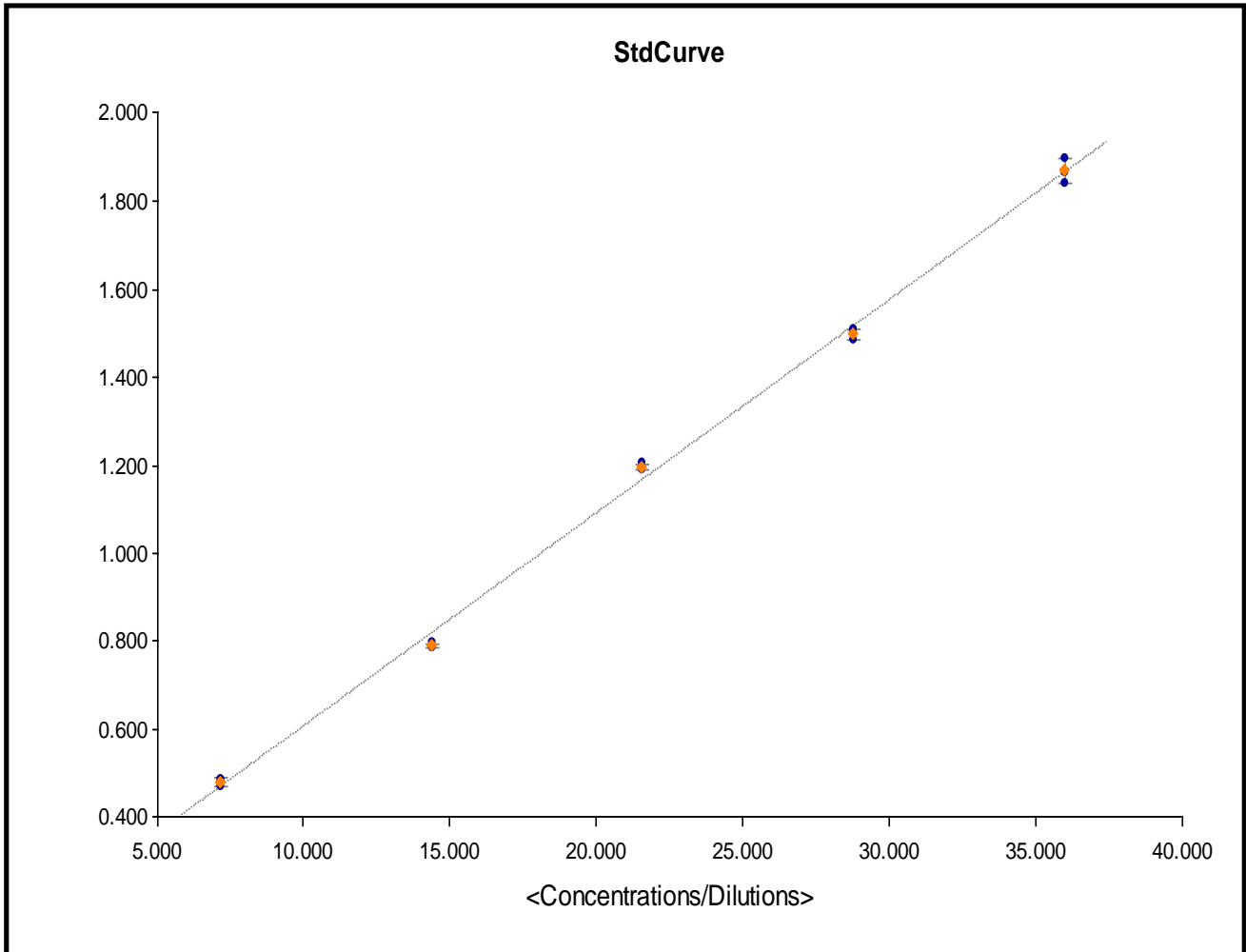
- Ramli, N., Hassan, O., Said, M., Samsudin, W., y Idris, N. (2006). Influencia de las condiciones de tostado en el sabor volátil de tostar los granos de cacao de Malasia. *Diario de procesamiento y conservación de alimentos*, 30, 280-298.
- Rios, F., Ruiz, A., Lecaro, J., y Rehpani, C. (2017). *Estrategias país para la oferta de cacao especiales - Políticas e iniciativas privadas exitosas en el Perú, Ecuador, Colombia y República Dominicana*. Fundación Swisscontact Colombia, Bogotá.
- Romero, A. y Castrejon P. (2022). ¿Qué son los nibs de cacao? *SaberMas*, Año 11(62), 60-64
- Sánchez, J. (2022). *Influencia de sombra, sobre el rendimiento productivo en cacao (Theobroma cacao L.) clon EETP 801, Estación Experimental el Padmi, provincia de Zamora Chinchipe*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador.
- Sanchez, S. (2013). *Influencia de la temperatura y el tiempo de secado-tostado sobre la calidad fisicoquímica de las semillas de sacha inchi (Plukenetia volubilis L.)*. Tesis de pregrado, Universidad Jorge Basadre Grohmann, Tacna.
- Sandoval, A. (2020). *Cambios fisicoquímicos durante el tostado artesanal del cacao: una contribución teórica para la transferencia social de conocimiento en la vereda de alto guapaya, meta*. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana.
- Santos, I., Radomille, L., Soares, S., y Bispo, E. (2017). Effect of the roasting temperature and time of cocoa beans on the sensory characteristics and acceptability of chocolate. *Food Science and Technology*, 37(4), 522-530.
- Santos, J., Alvarez, M., Sena, E., Rabadán, A., Pardo, j., y Beatriz, M. (2018). Effect of roasting conditions on the composition and antioxidant properties of defatted walnut flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(5), 1813-1820.
- Schinella, G. e. (2010). Antioxidant properties of polyphenol-rich cocoa products industrially processed. *Food Research International*, 43(6), 1614 - 1623.
- Siccha, A. (2020). *Tipos de Aromas y compuestos bioactivos en la calidad de productos de Cacao-Cuzco*. Informe final, Universidad Nacional del Callao.

- Solarte, M. (2021). *Caracterización de algunos compuestos de interés en los procesos de fermentación y tostado de dos especies de cacao Amazónico*. Tesis de pregrado, Medellín.
- STATPOINT. (2010). *Diseño de Experimentos – Diseño de Superficie de Respuesta*. Obtenido de <https://www.statgraphics.net/wp-content/uploads/2011/12/tutoriales/DDE%20-%20Diseno%20de%20Superficies%20de%20Respuesta.pdf>
- Suazo, Y. (2012). *Efecto de la fermentación y el tostado sobre la concentración polifenólica y actividad antioxidante de cacao Nicaragüense*. Tesis de pregrado, Universidad Pública de Navarra, Pamplona, España.
- Suazo, Y., Davidov, G., y Arozarena, I. (2014). Effect of fermentation and roasting on the phenolic concentration and antioxidant activity of cocoa from Nicaragua. *Journal of Food Quality*, 37(1), 50 - 56.
- Sukha, D., Butler, D., Amores, F., Jimenez, J., y Ramos, G. (2007). *Proyect to determine the physical, chemical and organoleptic parameters differentiate between fine and bulk cocoa*.
- Summa, C. e. (2006). Effect of roasting on the radical scavenging activity of cocoa beans. *European Food Research and Technology*, 222(3 - 4), 368 - 375.
- Torres, D. (2021). *Evaluación del contenido de antioxidantes de cacao (Theobroma cacao L.) durante su procesamiento en tres épocas del año*. Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Urcia, S. (2018). *Formulación de una bebida funcional a base de pulpa de aguaymanto (Phisalis peruviana) y camu camu (Myrciaria dubia) edulcorado con Stevia*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.
- Valle, M. (2021). *Efecto del tiempo y temperatura del proceso de tostado de cacao criollo (theobroma cacao l.) sobre el contenido de compuestos volátiles*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Obtenido de <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/2344>

- Vicente, A., Manganaris, G., Sozzi, G., Crisosto, C., Wojciech, J., y Robert, L. (2009). In Postharvest Handling. San Diego: Cornell University. *Nutritional Quality of Fruits and Vegetables*, 2, 35-78.
- Yader, M. (2012). *Efectos de la fermentación y el tostado sobre la concentración polifenólica y actividad antioxidante de cacao nicaragüense*. Tesis para Maestría, Universidad Pública de Navarra, Pamplona.
- Yao, L. e. (2004). Flavonoids in food and their health benefits. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 59(1), 113 - 122.
- Zambrano, e. a. (2010). Evaluación química de precursores de aroma y sabor del cacao criollo merideño durante la fermentación en dos condiciones edafoclimáticas. *Agronomía Trop*, 60(2), 211 - 219.
- Zapata, S., Tamayo, A., y Alberto, B. (2013). Efecto de la fermentación sobre la actividad antioxidante de diferentes clones de cacao colombiano. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18(3), 391 - 404.
- Zapata, Tamayo, y Rojano. (2015). Efecto del Tostado Sobre los Metabolitos Secundarios y la Actividad Antioxidante de Clones de Cacao Colombiano. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 68(1), 7497 - 7507.
- Żyżelewicz, D. e. (2016). The influence of the roasting process conditions on the polyphenol content in cocoa beans, nibs and chocolates. *Food Research International*, 89, 918 – 929.

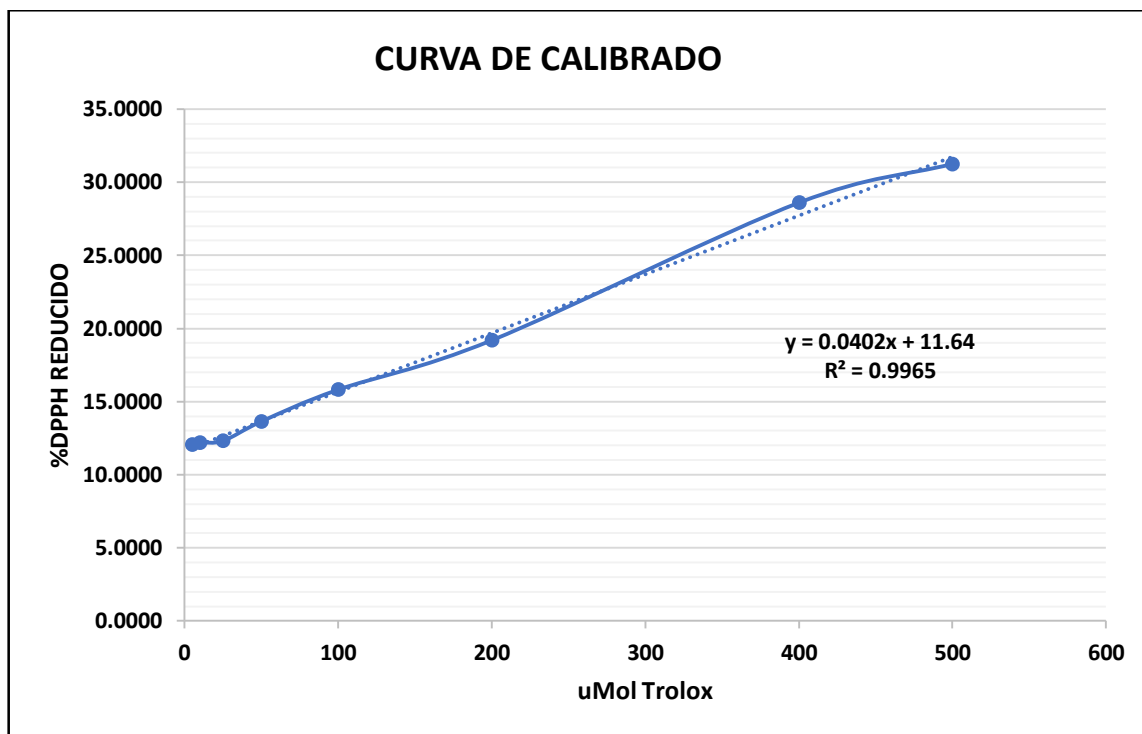
VII. ANEXOS

Anexo 1. Curva estándar de solución madre de ácido gálico para la determinación del contenido total de polifenoles en los nibs de cacao orgánico



Formula	A	B	R ²
Y=A*X+B	0.0484	0.122	0.998

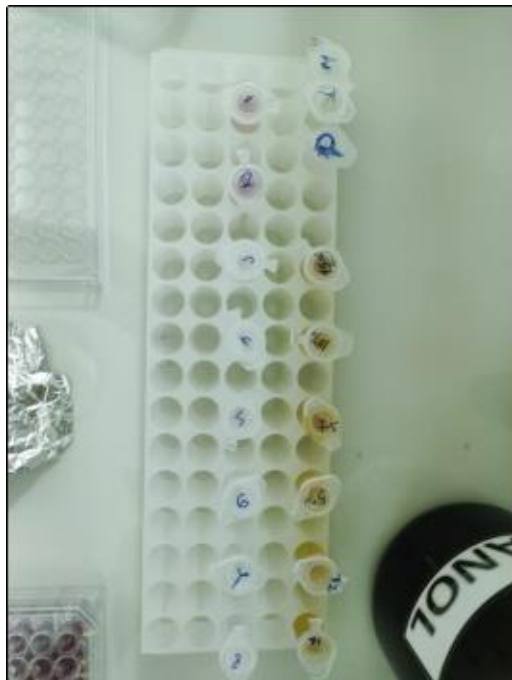
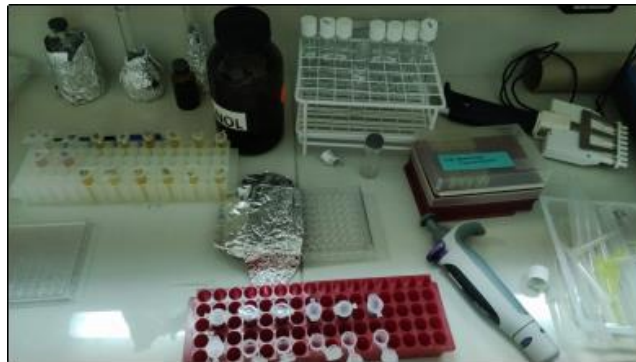
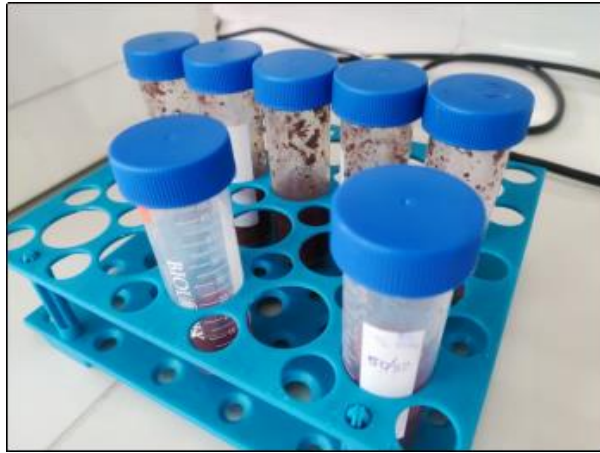
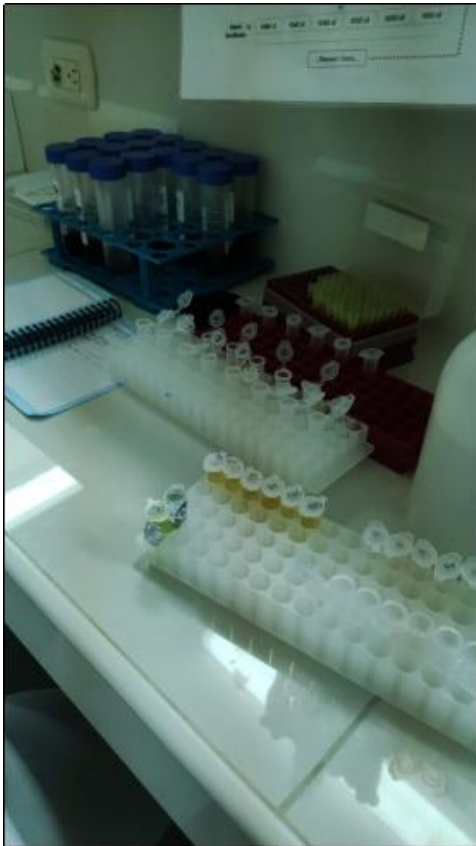
Anexo 2. Curva estándar de solución para la determinación de la capacidad antioxidante en los nibs de cacao orgánico.



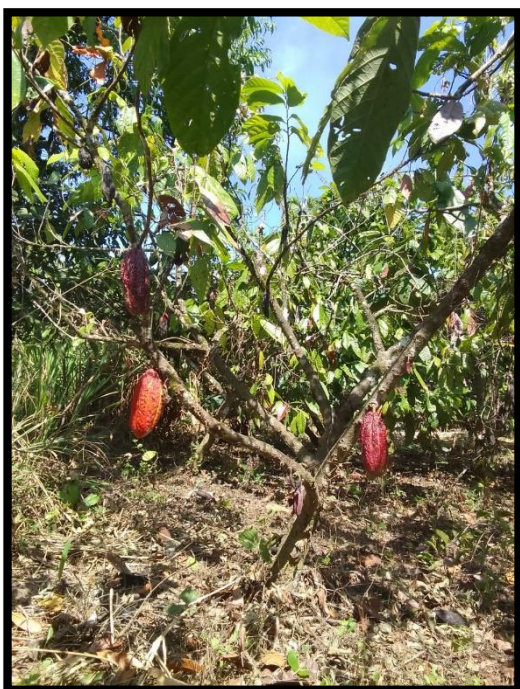
Formula	A	B	R2
$Y=A*X+B$	0.0402	11.64	0.9965

uMol Trolox	%DPPH REDUCIDO
5	12.0627
10	12.1834
25	12.3040
50	13.6309
100	15.8022
200	19.1797
400	28.5887
500	31.2425

Anexo 3. Fotos diversas para determinar polifenoles y capacidad antioxidante en Nibs de cacao.



Anexo 4. Fotos diversas de cosecha y secado para la elaboración de nibs de cacao.





ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, César Moreno Rojo docente adscrito a la

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Departamento académico		Agroindustria				
Escuela de Posgrado		Maestría			Doctorado	

Programa: Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

De la Universidad Nacional del Santa. Asesor del proyecto de investigación intitulado:

“EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA EN LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL TOSTADO DE CACAO (THEOBROMA CACAO)”

De los bachilleres: Arantxa Kaissení Solorzano Paredes y Williams Fenix Ponce Carazas de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

Constato que la investigaciónn presentada tiene un porcentaje de similitud del 16% el cual se verifica con el reporte de la aplicación turnitin adjunto.

Quién suscribe la presente, declaro el haber analizado dicha tesis y concluyo que lo presentado a la Escuela de Ingeniería Agroindustrial no se conforma como plagio. A mi claro saber y entender, la investigación cumple con las normas de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 04 de julio del 2023

Firma:

Nombres y Apellidos del docente asesor: César Moreno Rojo

DNI N° : 32907242



DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Yo, Williams Fenix Ponce Carazas. égresado de la

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Departamento académico		Ingeniería Agroindustrial y Agrónoma				
Escuela de Posgrado		Maestría			Doctorado	
Programa: Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial						

De la Universidad Nacional del Santa, declaro que el trabajo de investigación intitulado:

“EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA EN LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL TOSTADO DE CACAO (THEOBROMA CACAO)”

presentado en 130 folios, para la obtención del:

Grado académico		()
Título profesional (X)	Investigación Anual	()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 04 de julio del 2023

Firma:

Nombres y Apellidos: Williams Fenix Ponce Carazas

DNI N° 71538136



DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA

Yo, Arantxa Kaissení Solorzano Paredes egresado de la

Facultad	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
----------	----------	--	-----------	--	------------	---

Departamento académico Ingeniería Agroindustrial y Agrónoma

Escuela de Posgrado	Maestría		Doctorado	
---------------------	----------	--	-----------	--

Programa: Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

De la Universidad Nacional del Santa, declaro que el trabajo de investigación intitulado:

“EFECTO DEL TIEMPO Y TEMPERATURA EN LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DEL TOSTADO DE CACAO (THEOBROMA CACAO)”

presentado en 130 folios, para la obtención del:

Grado académico	()
-----------------	-----

Título profesional (X)	Investigación Anual	()
--------------------------	---------------------	-----

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 04 de julio de 2023

Firma:

Nombres y Apellidos: Arantxa Kaissení Solorzano Paredes

DNI N° 73908994

CACAO

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

repositorio.lamolina.edu.pe

Fuente de Internet

3%

3

core.ac.uk

Fuente de Internet

3%

4

www.rsc.org

Fuente de Internet

1%

5

es.scribd.com

Fuente de Internet

1%

6

repositorio.unal.edu.co

Fuente de Internet

1%

7

vsip.info

Fuente de Internet

1%

8

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

1%

9

www.virtualpro.co

Fuente de Internet

1%

10

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo