

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**“OBTENCIÓN DE UN SUCEDÁNEO DE CAFÉ A PARTIR DE
UNA MEZCLA DE SOYA Y HABA”**

POR:

MOIRA LAILA MOLINA RUIZ

Modalidad de Graduación: (Investigación Aplicada), presentado a consideración de la
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO, como requisito para
optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química

GESTIÓN 2025

TARIJA-BOLIVIA

VºBº

.....
M. Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez
**DECANO FACULTAD DE CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA**

.....
M. Sc. Ing. Fernando Erick Cortez Michel
**VICEDECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....
M.Sc. Ing. Rene Emilio Michel Cortes
DIRECTOR DE LA CARRERA

**APROBADA POR:
TRIBUNALES**

.....
Ing. Miguel Vargas Coro
TRIBUNAL

.....
Ing. Elizabeth Aramayo
TRIBUNAL

.....
Ing. Nineth Llanos
TRIBUNAL

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esta únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, David y Zeila, quienes me dieron la vida y, a lo largo de mi camino, velaron por mi educación y bienestar, siendo mi apoyo en todo momento y depositando en mí su confianza en cada reto que enfrentaba, convirtiéndose en los motores fundamentales en todo este transcurso de mi carrera.

A mi hermano Christian (+), quien siempre ha sido mi guía y mi inspiración; tu amor y tus enseñanzas viven en mi corazón y me acompañan en cada pasó de mi vida.

A mi hermano Sebastián por su apoyo, compañía que fueron fundamentales en esta etapa.

A mi abuela Delmira por su amor y fortaleza, que han sido un pilar constante en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la fortaleza para culminar esta etapa.

A mi querido hermano Christian (+), cuya memoria, guía e inspiración han acompañado en cada paso de este camino.

A mis padres y a mi hermano por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, a mi abuela por su cariño y ejemplo que me impulsaron a seguir con fe y perseverancia.

Finalmente, agradezco a mis docentes, amigos y a todas aquellas personas que de una u otra manera aportaron con su tiempo, conocimientos y palabras de aliento en este proceso académico.

ÍNDICE

ANTECEDENTES	1
JUSTIFICACIÓN	3
Justificación Tecnológica.....	3
Justificación Económica	3
Justificación Social.....	3
Justificación Ambiental	4
OBJETIVOS.....	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1. Definición de café	5
1.2. Etimología de café	5
1.3. Cafeína	7
1.4. Composición química del café.....	7
1.5. Tipos de Café	8
1.6. Proceso de torrefacción del café.....	9
1.7. Operaciones preliminares a la torrefacción del café.....	9
1.8. Limpieza.....	9
1.9. Mezclas de café	9
1.10. Medición del color de café	10
1.11. Proceso tecnológico para la obtención de café molido.....	11
1.12. Operaciones unitarias efectuadas en el proceso	13
1.12.1. Tostado	13
1.12.2. Control del tostado.....	14
1.13. Tipos de tostadores.....	14
1.13.1 Tostadores a fuego directo	14
1.13.2. Tostadores a fuego calorífico	15
1.13.3. Reacciones durante el tueste	15
1.13.4. Reacción de Maillard	15
1.14. Molienda	16

1.15. Tamizado.....	18
1.16. Tipos de Tamices	19
1.17. Sucedáneos de café	20
1.18. Variedades de sucedáneos del café	20
1.19. Sucedáneo de café de soya y haba.....	21
1.20. Análisis Sensorial	22
1.21. CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA	23
1.21.1. HABA	23
1.21.2. Origen.....	23
1.21.3. Descripción botánica.....	24
1.22. Taxonomía del haba	25
1.23 Composición nutricional.....	26
1.24. SOYA.....	27
1.24.1. Origen.....	27
1.25. Descripción Botánica	27
1.26. Taxonomía De la Soya	29
1.27 Composición nutricional.....	29
2. Proceso experimental	31
2.1. Equipos y Materiales de Laboratorio.....	31
2.1.1. Equipos e Instrumentos de Proceso.....	31
2.1.2. Material de Laboratorio	35
2.1.3. Instrumentos de Laboratorio	35
2.1.4. Materia Prima (soya y haba).....	36
2.1.5. Diagrama de Proceso de Obtención del sucedáneo de café de soya y haba.....	37
2.2. Descripción del Proceso	38
2.2.1. Recolección de la materia prima.....	38
2.2.1.1 Soya	38
2.2.1.2 Haba	38
2.2.2. Selección	39
2.2.3 Pesado.....	39
2.2.4 Limpieza.....	39

2.2.4.1 Haba	39
2.2.4.2 Soya	39
2.2.5 Secado.....	40
2.2.5.1 Haba	40
2.2.6. Tostado	40
2.2.7. Molienda	41
2.2.8. Tamizado.....	42
2.2.9 Envasado	43
2.3 Análisis Organolépticos	43
2.3.1 Evaluación sensorial para el atributo color	43
2.3.2 Evaluación sensorial para el atributo olor.....	44
2.3.3 Evaluación sensorial para el atributo sabor	44
2.4. Diseño experimental.....	44
2.4.1. Diseño experimental en la etapa del tostado.....	44
2.4.2. Diseño experimental en la etapa del mezclado	47
2.4.2.1 Determinación de las proporciones de mezcla de soya y haba para la obtención del sucedáneo de café	48
3. Resultados y discusión de la parte experimental.....	49
3.1. Resultados de la caracterización de la materia prima	59
3.1.1 Análisis fisicoquímicos de la materia prima	49
3.2. Análisis Estadístico del tostado de los granos.....	50
3.2.1 Análisis de Varianza Univariante	50
3.2.1.2 Análisis de Varianza Univariante para el grano de Soya.....	50
3.2.2. Análisis de Varianza Univariante para los granos de haba	57
3.3. Evaluación sensorial del sucedáneo de café de soya y haba	63
3.3.1 Evaluación sensorial del atributo AROMA del sucedáneo de café	64
3.3.2 Evaluación sensorial del atributo SABOR del sucedáneo de café	65
3.3.3 Evaluación sensorial del atributo COLOR del sucedáneo de café	66
3.4. Resultado final del análisis sensorial del sucedáneo de café de soya y haba	68
3.5. Caracterización del producto final	68
3.5.1. Análisis fisicoquímico del producto final	68

3.6. Balance de materia y energía para el proceso de obtención del sucedáneo de café de soya y haba.....	69
3.6.1. Balance de materia en el café de soya.....	69
3.6.2. Balance de materia en la selección de los granos de soya.....	69
3.6.3. Balance de materia en el tostado del grano de soya	70
3.6.4. Balance de materia en la molienda del grano de soya	71
3.6.5. Balance de materia en el tamizado del grano de soya	71
3.6.6. Balance de materia en el café de haba.....	72
3.6.7. Balance de materia en el pelado de la vaina de haba.....	72
3.6.8. Balance de materia en la selección del grano de haba	73
3.6.9. Balance de materia en el secado del grano de haba	73
3.6.10. Balance de materia en el tostado del grano de haba	74
3.6.11. Balance de materia en la molienda del grano de haba	75
3.6.12. Balance de materia en el tamizado del grano de haba.....	75
3.6.13. Balance de materia en el envasado de café de soya y haba	76
3.7. Cálculo de rendimiento de producto final	77
3.8. Balance de energía del sucedáneo de café de soya y haba.....	79
3.8.1. Balance de energía en la etapa del tostado de la soya.....	79
3.8.1.1. Cálculo de calor requerido para calentar la superficie del tostador manual.....	80
3.8.1.2. Cálculo de calor requerido en el tostador de los granos de soya	80
3.8.1.3. Cálculo de flujo de calor de los granos de soya	81
3.8.1.4. Cálculo de calor requerido para el tostado del grano de soya	83
3.8.2. Balance de energía en la etapa del secado del haba	83
3.8.3. Balance de energía en la etapa del tostado del haba	84
3.8.3.1. Cálculo de calor requerido para calentar la superficie del tostador manual	85
3.8.3.2. Cálculo de calor requerido para el tostado de los granos de haba	86
3.8.3.3. Cálculo de flujo de calor de los granos de haba	87
3.8.3.4. Cálculo de calor requerido para el tostado del grano de haba	88
4. Costos de elaboración del proyecto final.....	90

5.1 Conclusiones	93
5.2. Recomendaciones	94
5.3. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	95
ANEXO A-1: Resultados del CEANID de los análisis fisicoquímicos de la materia prima soya.....	101
ANEXO A-2: Resultados del CEANID de los análisis fisicoquímicos de la materia prima haba.....	102
ANEXO A-3: Resultados del CEANID de los análisis fisicoquímicos del producto Sucedáneo de Café a partir de una mezcla de soya y haba	103
Fotografía C-1 Pruebas Preliminares de mezclado.....	106
Fotografía C-2 Degustación del café de soya y haba.....	106
Fotografía C-3. Muestra1 (50% soya - 50% haba) para el análisis organoléptico	107
Fotografía C-4. Muestra2 (40% soya - 60% Haba) para el análisis organoléptico	107
Fotografía C-5. Muestra3 (45% soya – 55% haba) para el análisis organoléptico	107
Fotografías C-6 Mejor tostado obtenido de los granos de soya y haba.....	108
Fotografías C-7 Galería de fotos.....	108
Tostado de los granos.....	108
Molienda de la soya.....	109
Molienda del haba.....	109

ÍNDICE DE TABLA

TABLA I-1 Principales productores de café en el mundo.....	6
TABLA I-2 Composición química porcentual (%) del café verde y tostado, en base seca.....	7
TABLA I-3 Cambios en el café durante el tostado.....	10
TABLA I-4 Taxonomía del haba.....	26
TABLA I-5 Composición nutricional por cada 100g de haba.....	26
TABLA I-6 Taxonomía de la soya.....	29
TABLA I-7 Composición nutricional por cada 100g de soya.....	29
TABLA II-1 Especificaciones técnicas de la balanza analítica.....	32
TABLA II-2 Especificaciones técnicas del secador de tiro forzado.....	33
TABLA II-3 Especificaciones técnicas del molino de discos.....	34
TABLA II-4 Especificaciones técnicas del tamiz vibratorio.....	35
TABLA II-5 Material utilizado en el proceso de obtención de sucedáneo de café de soya y haba.....	35
TABLA II-6 Especificación técnica del termómetro infrarrojo.....	36
TABLA II-7 Materia prima utilizada en el proceso de obtención del sucedáneo de café.....	36
TABLA II-8 Variables en la etapa del tostado.....	44
TABLA II-9 Variables independientes en el tostado.....	45
TABLA II-10 Niveles de variación de las variables en la operación del tostado del soya.....	46
TABLA II-11 Niveles de variación de las variables en la operación del tostado del haba.....	46
TABLA II-12 Matriz experimental para la elaboración de sucedáneo de café de soya y haba.....	46
TABLA II-13 Variables en la etapa de mezclado.....	47
TABLA II-14 Niveles de Variación de proporción de mezcla de soya y haba.....	48
TABLA III-1 Análisis fisicoquímico del grano de soya	49

TABLA III-2 Análisis fisicoquímico del grano de haba	49
TABLA III-3 Datos para el uso del programa IBM SPSS.....	50
TABLA III-4 factores inter-Sujetos.....	51
TABLA III-5 Pruebas Inter-Sujetos.....	51
TABLA III-6 Resumen del Modelo Matemático.....	52
TABLA III-7 Resultados del Análisis ANOVA.....	53
TABLA III-8 Coeficientes del Modelo Matemático.....	54
TABLA III--9 Comparación entre la humedad obtenida de forma experimental y la humedad corregida mediante el programa SPSS.....	56
TABLA III-10 Datos para el uso del programa IBM SPSS.....	57
TABLA III-11 Factores inter-sujetos.....	58
TABLA III-12 Pruebas Inter-Sujetos.....	58
TABLA III-13 Resumen del Modelo Matemático.....	59
TABLA III-14 Resultados del Análisis ANOVA.....	59
TABLA III-15 Coeficientes del Modelo Matemático.....	60
TABLA III-16 Comparación entre la humedad obtenida de forma experimental y la humedad corregida mediante el programa SPSS.....	62
TABLA III-17 Escala hedónica para la evaluación sensorial de los atributos del sucedáneo de café de soya y haba.....	63
TABLA III-18 evaluación sensorial del atributo aroma.....	64
TABLA III-19 evaluación sensorial del atributo sabor.....	65
TABLA III-20 evaluación sensorial del atributo color.....	66
TABLA III-21 Análisis fisicoquímico del sucedáneo de café.....	69
TABLA III-22 Composición del grano de soya.....	82
TABLA III-23 Composición del grano de haba.....	88
TABLA IV-1 Costo de materia prima.....	90
TABLA IV-2 Costos de equipos y materiales de laboratorio.....	90
TABLA IV-3 Costos de materiales de limpieza.....	91
TABLA IV-4 Costos de análisis de laboratorio para la materia prima.....	91
TABLA IV-5 Costos de análisis de laboratorio para el producto final.....	92

TABLA IV-6 Costos extras.....92
TABLA IV-7 Costo total del proyecto.....92

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA I-1 Escala Agtron “Diferentes grados de tueste”	11
FIGURA I-2 Proceso húmedo para la elaboración de café	12
FIGURA I-3 Proceso seco para la elaboración de café	13
FIGURA II-1 Balanza Analítica	31
FIGURA II-2 Secador de Tiro Forzado	32
FIGURA II-3 Tostador Manual	33
FIGURA II-4 Molino de discos	33
FIGURA II-5 Tamiz Vibratorio	34
FIGURA II-6 Termómetro Infrarrojo	36
FIGURA II-7 Recolección de la soya	38
FIGURA II-8 Recolección del haba	38
FIGURA II-9 Limpieza de la soya	39
FIGURA II-10 Secado del haba	40
FIGURA II-11 Tostado de soya	41
FIGURA II-12 Tostado del haba	41
FIGURA II-13 Molienda de la soya	42
FIGURA II-14 Molienda del Haba	42
FIGURA II-15 Envasado del café	43
FIGURA III-1 Modelo Lineal	55
FIGURA III-2 Concentración experimental vs Concentración del modelo vs Error	56
FIGURA III-3 Modelo Lineal	61
FIGURA III-4 Concentración experimental vs Concentración del modelo vs Error	62
FIGURA III-5 Evaluación sensorial del atributo aroma	65
FIGURA III-6 Evaluación sensorial del atributo sabor	66
FIGURA III-7 Evaluación sensorial del atributo color	67
FIGURA III-8 Resultado del análisis sensorial	68

**FIGURA III-9 Resumen general del balance de materia en el proceso de
obtención de café de soya y haba.....78**

ÍNDICE DE DIAGRAMA

Diagrama II-1. Obtención de sucedáneo de café a partir de soya y haba.....	37
---	-----------

GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS, SIGLAS Y ABREVIATURAS

T= Temperatura

t= tiempo

s= segundo

g= Gramo

kg= Kilogramo

kJ= Kilo Julios

K= Grado kelvin

Kcal= Kilocaloría

PGS= Peso del grano de soya

PGSM= Peso del grano de soya en mal estado

PGSS= Peso del grano de soya seleccionado

PGST= Peso del grano de soya tostada

PGSM= Peso del grano de soya molida

PPSM= Pérdida de peso del grano de soya

PGSTZ= Peso del grano de soya tamizado

PPGST= Pérdida de peso del grano de soya tamizado

PVH= Peso de la vaina de haba

PR= Peso residuo de haba (cascara)

PGP= Peso grano pelado

PGHM= Peso de grano de haba en mal estado

PGHS= Peso de grano de haba seleccionado

PGHSE= Peso del grano de haba seco

PA= Pérdida de agua del grano de haba en el secado

PGHT= Peso grano de haba tostada

PA2= Pérdida de agua del grano de haba

PGHM= Peso de grano de haba molida

PPHM= Pérdida de peso del grano de haba molida

PPGHT= Pérdida de peso del grano de haba tamizado

PGHTZ= Peso del grano de haba tamizado

SCSH= Sucedáneo de café de soya y haba

CSTM= Calor de la superficie del tostador manual

CRT= Calor requerido del tostador

CTGH= Calor para el tostado de los granos de haba

CTGS= Calor para el tostado de los granos de soya

CP= Calor perdido

Q= flujo de calor del quemador

q= Poder calorífico de gas

m= Consumo de gas

k= Conductividad térmica del acero inoxidable

L= Longitud

T₁ y **T₂**= Temperaturas superficiales del tostador

r_o y r_1 = radios de la olla

C_p = calor específico

M_a = Masa humedad

M_p = Masa proteína

M_g = Masa de grasa

M_c = Masa de carbohidratos

M_m = Masa de cenizas

cm = Centímetros

ρ = Densidad