

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA DE ALIMENTOS**



PROYECTO DE GRADO

**“DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FAVORABLES PARA EL
DESAMARGADO DEL TARWI Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE UNA
PLANTA PARA LA OBTENCION DE HARINA DE ESTA LEGUMINOSA”**

Presentado por:

Fabiana Saida Espada Choque

Para optar al título de:

INGENIERO EN ALIMENTOS

Tutora:

Ing. Virginia Judith Rojas Mercado

La Paz – Bolivia

2019



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

*A mi Dios creador en cuyas
manos encomiendo mis pasos, a
mis Padres por el incansable y
amoroso apoyo a lo largo no
solo de mis estudios sino de mi
vida.*

AGRADECIMIENTOS

Cuando vemos una edificación, solo vemos las construcciones, pero no así los cimientos que la sostienen las cuales son importantes e igual pienso que es en la vida.

A Dios por darme su amor inagotable demostrado halla en la cruz del Calvario, la vida por su resurrección y la fortaleza por su fe.

A mis queridos y amados Padres Felix y Aurelia por su amor, incasable apoyo, sacrificio, concejos, paciencia, por motivarme y animarme a no rendirme, a resistir cuando las cosas no iban bien, por ser un ejemplo de vida a seguir.

A mi querida hermana Meyer, mi cuñado Mario y mis sobrinos por su apoyo y ánimo.

Mi más sincero agradecimiento a mi tutora Ing, Virginia J. Rojas Mercado por la idea del proyecto, por guiarme, apoyarme, por su valiosa colaboración, por su amistad y la confianza brindada hasta el final, y por darme la oportunidad de mejorar en el ámbito profesional. Que Dios la bendiga y la guarde siempre.

A los miembros del tribunal revisor, Ing. Rafael Garcia Padilla Aguilar e Ing. Luis Chavez Rios, por las sugerencias, correcciones realizadas, por toda la ayuda prestada en la revisión del trabajo final.

Al Instituto de Investigación y Desarrollo de Procesos Químicos – Centro Tecnológico Boliviano de la Leche.

A La Ing. María Conde por su generosidad y amistad brindada.

A todos los docentes de la Carrera de Ingeniería Química, Ambiental y Alimentos de la Universidad Mayor de San Andrés, por la formación académica recibida durante estos años.

A mis queridas amigas y amigos Delia, María G, Zulma, Alejandra M, Miriam V, María C, Yaninne A, Yhazmine, Mercedes, Ruszena, Ester, Verónica, Vidal, Grover y muchas amistades con las cuales compartimos momentos maravillosos como amigos y compañeros, los que llevo en el corazón, gracias por brindarme esa amistad incondicional y que de una u otra manera aportaron su granito de arena para que este trabajo fuera posible.

A todos Dios les bendiga de manera especial y guarde sus vidas.

RESUMEN

El presente trabajo tiene el objetivo de determinar los parámetros favorables para el desamargado del tarwi y propuesta de una planta elaboradora de harina de esta leguminosa, con el fin de incentivar el consumo y producción de esta leguminosa ya que en nuestro medio su consumo se ha visto disminuido debido a la presencia de amargor (alcaloides) en los granos.

Para tal efecto se realizaron ensayos preliminares para la selección del patrón con el que se cuantificaría los alcaloides existentes en el tarwi, determinar el tiempo de hidratación, el tiempo de cocción y el tiempo de cambio de agua; Como resultado de estos ensayos se determinaron a la Cinchonine como patrón para la cuantificación de alcaloides, el tiempo de hidratación de 6 a 8 horas, el tiempo de cocción 2 horas y para la etapa de lavado los tiempos de cambios de agua son: 8 horas (primer cambio de agua) , 6 horas (segundo cambio de agua) y 4 horas (subsiguientes 4 cambios de agua).

Una vez determinado el patrón para la cuantificación de alcaloides se procedió a la caracterización de la materia prima dando como resultado; 7.33% de humedad, 39.00% de proteínas, 19.98% de materia grasa, 6.16% de fibra, 15.36% de carbohidratos, 3.94% de cenizas, 3.59% de alcaloides, 30.92% de extracto libre de nitrógeno, 199 gramos de peso de 1000 granos, 70.5 kg/HL y 73% capacidad de hidratación.

Posteriormente se determinaron los parámetros favorables para desamargar los granos de tarwi, realizando el diseño experimental en cada uno de los tres subprocesos del desamargado, aplicando el software estadístico (Desing Expert 7.0.0 modo general factorial). En el primer subproceso que es la etapa de hidratación, las variables manipulables son; la relación tarwi – agua (1 – 5, 1 – 6.5 y 1 – 8) y la velocidad de agitación (60RPM, 110RPM y 160RPM), la variable controlada es el porcentaje de alcaloides extraídos, teniendo como resultado favorable: relación tarwi – agua 1 – 8 y velocidad de agitación de 60 RPM. En el segundo subproceso que es la etapa de cocción, las variables manipulables son; la relación tarwi - agua (1 – 3, 1 – 5 y 1 – 7) y los números de cambios de agua (1,2 y 3) la variable controlada fue el porcentaje de alcaloides extraídos, teniendo como resultado favorable de operación; relación de tarwi – agua 1 – 5 y con números de cambios de agua 1. Finalmente, en el tercer subproceso que es la etapa de lavado las variables manipulables son; relación agua – tarwi (1 – 4 y 1 – 10), velocidad de agitación (120 RPM y 160 RPM) y los números de cambios de agua (4 y 6), teniendo como resultado efectivo de operación; relación tarwi – agua 1 – 4, velocidad de agitación 160 RPM y 6 cambios de agua.

Seguidamente se realizó la caracterización de los granos de tarwi desamargado seco, dando como resultado; 7.6% de humedad, 48.08 % de proteínas, 13.37 % de materia grasa, 19.42 % de fibra, 14.73 % de carbohidratos, 2.23 % de cenizas, 16.9 de extracto libre de nitrógeno, 5493.7cal/g de energía y 0.1 % de alcaloides.

Por último, se hizo la propuesta de la planta para la obtención de harina de tarwi dando los lineamientos de localización, descripción del proceso, requerimiento de equipos, organización de la empresa y la distribución de la planta.

ABSTRACT

This work aims to determine the favorable parameters to remove the bitterness of Tarwi grains and proposal of a flour processing plant of this legume, in order to encourage the consumption and production of this legume since in our midst its consumption has been diminished due to the presence of bitterness (alkaloids) in its grains.

For this purpose, preliminary tests were carried out for the selection of the pattern with which the alkaloids existing in the TARWI would be quantified, determine the time of hydration, the cooking time and the time of change of water; As a result of these trials, Cinchonine was determined as a pattern for the quantification of alkaloids, the hydration time from 6 to 8 hours, the cooking time as 2 hours and for the washing stage the times of water changes are: 8 hours (first change of water), 6 hours (second water change) and 4 hours (subsequent water changes).

Once the pattern for the quantification of alkaloids was determined, the characterization of the raw material was given as a result; 7.33% moisture, 39.00% protein, 19.98% fat, 6.16% fiber, 15.36% carbohydrate, 3.94% ash, 3.59% alkaloid, 30.92% free nitrogen extract, 199 weight per 1000 grains, 70.5 kg/HL and 73% hydration capacity.

Subsequently, the favorable parameters were determined to remove bitterness from the grains of Tarwi, making the experimental design in each of the three sub-processes of the debittering, applying the statistical software (desingExpert 7.0.0 general mode factorial). At the first sub-process that is the hydration stage, the manipulated-variables are; The Tarwi-water ratio (1 – 5, 1 – 6.5 and 1 – 8) and the stirring speed (60 RPM, 110 RPM and 160RPM), the controlled variable is the percentage of alkaloids extracted, having as favorable result: Relation Tarwi – Water 1 – 8 and stirring speed of 60 RPM. In the second sub-process that is cooking stage, the manipulated-variables are; The ratio tarwi-water (1 – 3, 1 – 5 and 1 – 7) and number of water changes (1.2 and 3) the controlled variable was the percentage of alkaloids extracted, having as a favorable result of operation; Tarwi – Water ratio 1 – 5 and number of water changes 1. Finally, in the third sub-process that is the washing stage the manipulated-variables are; Water-Tarwi ratio (1 – 4 and 1 – 10), stirring speed (120 RPM and 160 RPM) and number of water changes (4 and 6), resulting an ineffective operation; Tarwi ratio – Water 1 – 4, stirring speed 160 RPM and number of water changes 6.

Next, the characterization Tarwi grains was determined, giving as a result; 7.6% moisture, 48.08% protein, 13.37% fat, 19.42% fiber, 14.73% carbohydrate, 2.23% ash, 16.9 free nitrogen extract, 5493.7 cal/G Energy and 0.1% alkaloids.

Finally, we made the proposal of the plant to obtain Tarwi flour giving the guidelines in location, description of the process, equipment requirements, company organization and plant arrangement.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xv
ÍNDICE DE CUADROS	xvi
CAPÍTULO 1 GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCION.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 DIAGNOSTICO	3
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.5 LOCALIZACION	4
1.6 OBJETIVOS	4
1.6.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.7 JUSTIFICACIÓN	5
1.7.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	5
1.7.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	5
1.7.3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	5
CAPÍTULO 2 MARCO CONCEPTUAL.....	7
2.1 GENERALIDADES DEL TARWI.....	7
2.2 TAXONOMIA DEL TARWI.....	7
2.3 DESCRIPCION BOTANICA.....	7
2.4 VARIEDADES DE TARWI	8
2.4.1 VARIABILIDAD DE TARWI SEGÚN SU MORFOLOGIA Y ADAPTACION ECOLOGICA EN LOS ANDES	8

2.4.2	VARIABILIDAD DE LAS SEMILLAS DE TARWI EN BOLIVIA	8
2.4.3	VARIETADES DE TARWI SEGÚN EL COLOR.....	9
2.5	COMPOSICION QUIMICA.....	9
2.5.1	COMPOSICION QUIMICA DEL TARWI AMARGO.....	9
2.5.2	COMPOSICION QUIMICA DEL TARWI DESAMARGADO.....	10
2.6	PRODUCCION DE TARWI EN BOLIVIA	10
2.7	PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL TARWI.....	13
2.8	USOS DEL TARWI	14
2.8.1	Usos medicinales	14
2.8.2	Usos en la gastronomía.....	14
2.9	ALCALOIDES.....	15
2.9.1	DEFINICION DE LOS ALCALOIDES DEL GENERO LUPINUS	15
2.9.2	ALCALOIDES EN EL TARWI	16
2.9.3	TOXICIDAD	16
2.9.4	APLICACIONES.....	17
2.10	METODOS DE CUANTIFICACION DE ALCALOIDES	17
2.11	OTRAS SUSTANCIAS ANTINUTRITIVAS	20
2.12	METODOS DE DESAMARGADO.....	20
2.12.1	EXTRACCION MEDIANTE AGUA.....	20
2.12.2	EXTRACCION MEDIANTE ALCOHOL.....	21
2.13	DISEÑO EXPERIMENTAL	21
2.13.1	DISEÑO FACTORIAL.....	22
2.13.1.1	FACTORES CON DOS NIVELES.....	23
2.13.1.2	FACTORES CON TRES NIVELES.....	23
CAPÍTULO 3 METODOLOGIA		24
3.1	MATERIA PRIMA	24
3.2	EQUIPOS.....	24
3.3	PRUEBAS PRELIMINARES	25
3.3.1	ELECCION DE PATRON PARA LA CUANTIFICACION DE ALCALOIDES.....	25
3.3.1.1	PATRON 1 CODEÍNA	26

3.3.1.2	PATRON 2 CAFEÍNA	26
3.3.1.3	PATRON 3 CINCHONINE	26
3.3.2	PROCESO DE DESAMARGADO	26
3.3.2.1	DETERMINACION DE TIEMPO DE HIDRATACION	27
3.3.2.2	DETERMINACION DEL TIEMPO DE COCION	27
3.3.2.3	DETERMINACION DE TIEMPO DE CAMBIO DE AGUA EN LA ETAPA DE LAVADO	28
3.3.3	SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO MÁS APROPIADO.....	28
3.4	CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA	28
3.5	DESCRIPCION DEL PROCESO PARA LA DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FAVORABLES PARA EL DESAMARGADO DE TARWI.....	30
3.5.1	PRIMER SUBPROCESO.....	31
3.5.1.1	VARIABLES DEL PRIMER SUBPROCESO	31
3.5.2	SEGUNDO SUBPROCESO	32
3.5.2.1	VARIABLES DEL SEGUNDO SUBPROCESO	33
3.5.3	TERCER SUBPROCESO.....	33
3.5.3.1	VARIABLES DEL TERCER SUBPROCESO	34
3.6	METODO DE CUANTIFICACION DE ALCALOIDES.....	35
3.7	CARACTERIZACION DEL TARWI DESAMARGADO	36
CAPÍTULO 4 RESULTADOS.....		39
4.1	MATERIA PRIMA	39
4.2	PRUEBAS PRELIMINARES	39
4.2.1	ELECCION DE PATRON PARA LA CUANTIFICACION DE ALCALOIDES.....	39
4.2.1.1	PATRON 1 CODEINA	39
4.2.1.2	PATRON 2 CAFEINA	43
4.2.1.3	PATRON 3 CINCHONINE	46
4.2.2	PROCESO DE DESAMARGADO.....	48
4.2.2.1	DETERMINACION DEL TIEMPO DE HIDRATACION	49
4.2.2.2	DETERMINACION DEL TIEMPO DE COCCION.....	52

4.2.2.3	DETERMINACION DEL TIEMPO DE CAMBIO DE AGUA EN LA ETAPA DE LAVADO.....	53
4.2.3	SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO MAS ADECUADO.....	56
4.2.3.1	ANÁLISIS Y CUANTIFICACION DE ALCALOIDES.....	56
4.2.3.2	ELECCION DE PROCESO PARA EL DESAMARGADO DE TARWI.....	57
4.3	CARACTERIZACION DE MATERIA PRIMA.....	58
4.4	DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FAVORABLES PARA EL DESAMARGADO DE TARWI.....	62
4.4.1	<i>PRIMER SUBPROCESO</i> ETAPA DE HIDRATACION.....	63
4.4.1.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS – VARIABLE RESPUESTA % DE ALCALOIDES.....	64
4.4.1.2	ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE LA VARIABLE RESPUESTA	65
4.4.1.3	ECUACIÓN QUE RIGE EL MODELO.....	66
4.4.1.4	VERIFICACION DE SUPUESTOS DEL MODELO	66
4.4.1.5	INTERACCIÓN ENTRE LAS VARIABLES SIGNIFICATIVAS.....	68
4.4.1.6	DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS FAVORABLES PARA LA HIDRATACIÓN	70
4.4.2	<i>SEGUNDO SUBPROCESO</i> ETAPA DE COCCION	71
4.4.2.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS – VARIABLE RESPUESTA % DE ALCALOIDES.....	73
4.4.2.2	ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE LA VARIABLE RESPUESTA	74
4.4.2.3	ECUACIÓN QUE RIGE EL MODELO.....	74
4.4.2.4	VERIFICACION DE SUPUESTOS DEL MODELO PARA EL PROCESO DE COCCION	75
4.4.2.5	INTERACCIÓN ENTRE LAS VARIABLES SIGNIFICATIVAS.....	78
4.4.2.6	DETERMINACION DE LOS PARÁMETROS FAVORABLES PARA LA COCCION	79
4.4.3	<i>TERCER SUBPROCESO</i> ETAPA DE LAVADO.....	80

4.4.3.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS – VARIABLE RESPUESTA % DE ALCALOIDES.....	81
4.4.3.2	ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE LA VARIABLE RESPUESTA	82
4.4.3.3	ECUACIÓN QUE RIGE EL MODELO.....	83
4.4.3.4	VERIFICACION DE SUPUESTOS DEL MODELO	83
4.4.3.5	INTERACCIÓN ENTRE LAS VARIABLES SIGNIFICATIVAS.....	85
4.4.3.6	DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS FAVORABLES PARA EL LAVADO	87
4.2	CARACTERIZACIÓN DEL TARWI DESAMARGADO	88
4.2.1	ANALISIS MICROBIOLÓGICO.....	90
CAPÍTULO 5 PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA PARA LA OBTENCION DE HARINA DE TARWI.....		92
5.1	INTRODUCCION.....	92
5.1.1	DESCRIPCION DEL PRODUCTO.....	92
5.1.2	NECESIDADES QUE CUBRE EL PRODUCTO	92
5.1.3	PRODUCTO COMPLEMENTARIO	93
5.1.4	MERCADO	93
5.2	TAMAÑO	93
5.2.1	FACTORES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO.....	93
5.3	LOCALIZACION	94
5.3.1	METODOLOGIA DE LOCALIZACION	94
5.3.1.1	METODOLOGIA DE LOCALIZACION POR PUNTOS.....	94
5.3.1.2	FACTORES A PONDERAR PARA LA LOCALIZACION.....	94
5.3.1.3	CALIFICACION DE LOS FACTORES	95
5.3.1.4	MICROLOCALIZACION	95
5.4	PROCESO PRODUCTIVO INDUSTRIAL	96
5.4.1	COMPONENTES DE LA HARINA DE TARWI.....	96
5.4.1.1	MATERIA PRIMA	96

5.4.2	PROCESO DE PRODUCCION INDUSTRIAL.....	96
5.4.2.1	RECEPCION	96
5.4.2.2	LIMPIEZA Y SELECCIÓN	96
5.4.2.3	HIDRATACION.....	96
5.4.2.4	COCCION	97
5.4.2.5	LAVADO.....	97
5.4.2.6	DESHIDRATADO	97
5.4.2.7	DESENGRASADO DEL TARWI DESAMARGADO	97
5.4.2.8	MOLIENDA.....	97
5.4.2.9	TAMIZADO	97
5.4.2.10	ENVASADO	97
5.4.2.11	ALMACENADO	97
5.4.3	DISEÑO DE LA PLANTA.....	98
5.4.3.1	PROGRAMACION DE PRODUCCION AGRICOLA.....	98
5.4.3.2	BALANCE MASICO.....	98
5.4.3.3	REQUERIMIENTO DE EQUIPOS, MAQUINARIA Y MATERIAL AUXILIAR PARA EL PROCESO INDUSTRIAL	100
5.4.3.4	ORGANIZACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	101
5.4.4	DISTRIBUCION DE LA PLANTA.....	102
5.4.4.1	LAYOUT	102
5.4.4.2	DIAGRAMA ANALITICO DEL PROCESO	103
5.4.4.3	DIAGRAMA DE RECORRIDO	106
CAPÍTULO 6.....		107
6.1	CONCLUSIONES	107
6.2	RECOMENDACIONES.....	110
BIBLIOGRAFÍA.....		111
ANEXO A: NORMA NB/NA 0094 LEGUMINOSAS – GRANOS AMARGO DE TARWI		113
ANEXO B: <i>CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DEL TARWI AMARGO</i>		123

ANEXO C: DISEÑO EXPERIMENTAL PRIMER SUBPROCESO HIDRATAACION.....	128
ANEXO D: DISEÑO EXPERIMENTAL SEGUNDO SUBPROCESO COCCION	130
ANEXOS E: DISEÑO EXPERIMENTAL TERCER SUBRPOCESO LAVADO.....	133
ANEXO F: NB/NA 0097 LEGUMINOSAS – GRANO DESAMARGADO DE TARWI – REQUISITOS Y METODOS DE ENSAYO	135
ANEXO G: RESULTADOS REPORTADOS POR EL SELADIS.....	142
ANEXO H: DATOS Y RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLOGICO PARA EL TARWI DESAMARGADO	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. TALLO DE TARWI	7
Figura 2. VARIETADES DE TARWI SEGÚN EL COLOR SECUNDARIO	9
Figura 3. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LOS PRINCIPALES ALCALOIDES EN EL TARWI	16
Figura 4. COMERCIALIZACION DEL GRANO DE TARWI EN LA FERIA DOMINICAL DEL MUNICIPIO DE ESCOMA	24
Figura 5. MONTAJE DEL SISTEMA PARA LA HIDRATACION	31
Figura 6. COCCION DE LOS GRANOS DE TARWI PREVIAMENTE HIDRATADOS	32
Figura 7. LAVADO DE LOS GRANOS DE TARWI PREVIAMENTE COCIDO	34
Figura 8. DIAGRAMA DE FLUJO PARA DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FAVORABLES PARA EL DESAMARGADO DE TARWI	35
Figura 9. EL REACTIVO DE WAGNER CONCENTRADO Y DILUIDO	36
Figura 10. GRANOS DE TARWI AMARGO Y SECO	39
Figura 11. DETERMINACION DE LA LONGITUD DE ONDA ANALITICA	47
Figura 12. GRANOS DE TARWI HIDRATADOS	54
Figura 13. COCCION DE LOS GRANOS DE TARWI	54
Figura 14. TOMA DE MUESTRA POR DUPLICADO	53
Figura 16. ELECCION DE PROCESO PARA EL DESAMARGADO DE TARWI	57
Figura 11. MOLIENDA DE TARWI AMARGO	62
Figura 17. GRANOS DE TARWI DESAMARGADO	89
Figura 18. TARWI DESAMARGADO Y SECO	89
Figura 20. TAMIZADO DE LA HARINA OBTENIDA DE TARWI DESAMARGADO	90
Figura 21. FLUJOGRAMA DE PROCESO DE PRODUCCION DE HARINA DE TARWI Y MAQUINARIA MAS IMPORTANTE	98
Figura 22. FLUJOGRAMA DE BALANCE MASICO PARA LA PRODUCCION DE HARINA DE TARWI	99
Figura 23. ORGANIZACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. TAXONOMÍA DEL TARWI	7
Tabla 2.2. REQUISITOS FISICO QUIMICO DEL GRANO DE TARWI AMARGO	9
Tabla 2.3. REQUISITOS FISICO QUIMICO DEL GRANO DE TARWI DESAMARGADO	10
Tabla 2.4. PRODUCCION DE TARWI EN BOLIVIA	11
Tabla 3.1. LISTA DE EQUIPOS UTILIZADOS	25
Tabla 3.2. METODOS UTILIZADOS PARA LA CARACTERIZACION DE TARWI AMARGO	28
Tabla 3.3. EQUIPOS UTILIZADOS	30
Tabla 3.4. VARIABLES PARA EL PRIMER SUBPROCESO	32
Tabla 3.5. VARIABLES PARA EL SEGUNDO SUBPROCESO	33
Tabla 3.6. VARIABLES PARA EL TERCER SUBPROCESO	34
Tabla 3.7. METODOS PARA LA CARACTERIZACION DEL TARWI DESAMARGADO	37
Tabla 4.1. LECTURA DE ABS λ ANALITICA PATRON CODEINA	41
Tabla 4.2. LECTURA DE ABS λ ANALITICA PATRON CODEINA	41
Tabla 4.3. LECTURA DE ABS CURVA DE CALIBRACION PATRON CODEINA	42
Tabla 4.4. CALCULO DEL PORCENTAJE DE ALCALOIDES	42
Tabla 4.5. LECTURA DE ABS λ ANALITICA PATRON CAFEINA	44
Tabla 4.6. LECTURA DE ABS CURVA DE CALIBRACION PATRON CAFEINA	45
Tabla 4.7. CALCULO DE LA CANTIDAD DE ALCALOIDES	45
Tabla 4.8. LECTURA DE ABS CON LA CINCHONINE COMO PATRON	47
Tabla 4.9 DETALLE DE LOS DATOS Y EL CALCULO DE LOS ALCALOIDES TOTALES	48
Tabla 4.10 DATOS PRIMER ENSAYO HIDRATACION	50
Tabla 4.11 DATOS SEGUNDO ENSAYO HIDRATACION	50
Tabla 4.12 DATOS TERCER ENSAYO HIDRATACION	51
Tabla 4.13 DATOS CUARTO ENSAYO HIDRATACION	52
Tabla 4.14 DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO DE COCCION	53
Tabla 4.15 DATOS Y RESULTADOS DEL PRIMER LAVADO	54
Tabla 4.16 DATOS Y RESULTADOS DEL SEGUNDO LAVADO	55
Tabla 4.17 DATOS Y RESULTADOS DEL TERCER LAVADO	55
Tabla 4.18. CALIDAD DEL GRANO DE TARWI	61
Tabla 4.19. ANALISIS FISICOQUIMICO DE LA MATERIA PRIMA	62
Tabla 4.20 VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA PARA EL PROCESO DE HIDRATACIÓN	63

Tabla 4.21 MATRIZ EXPERIMENTAL DE DISEÑO PARA LA HIDRATACION	63
Tabla 4.22 RESUMEN DE DATOS DE ENTRADA EN EL SOFTWARE DESING EXPERT 7.0.0 PARA LA HIDRATACION	64
Tabla 4.23 ANOVA % DE ALCALOIDES EXTRAIDOS VARIABLE RESPUESTA EN EL PROCESO DE HIDRATACION	65
Tabla 4.24 COEFICIENTES DE CORRELACION	66
Tabla 4.25 PARAMETROS FAVORABLES PARA LA HIDRATACION	71
Tabla 4.26 VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA PARA EL PROCESO DE COCCIÓN	71
Tabla 4.27 MATRIZ EXPERIMENTAL DE DISEÑO PARA LA COCCION	72
Tabla 4.28 RESUMEN DE DATOS DE ENTRADA EN EL SOFTWARE DESING EXPERT 7.0.0 PARA LA COCCION	72
Tabla 4.29 ANOVA % DE ALCALOIDES EXTRAIDOS VARIABLE RESPUESTA PARA EL PROCESO DE COCCION	73
Tabla 4.30 COEFICIENTES DE CORRELACION	74
Tabla 4.31 PARAMETROS FAVORABLES PARA LA COCCION	79
Tabla 4.32 VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA PARA EL PROCESO DE LAVADO	80
Tabla 4.33 MATRIZ EXPERIMENTAL DE DISEÑO PARA EL LAVADO	80
Tabla 4.34 RESUMEN DE DATOS DE ENTRADA EN EL SOFTWARE DESING EXPERT 7.0.0 PARA EL LAVADO	81
Tabla 4.35 ANOVA % DE ALCALOIDES EXTRAIDOS VARIABLE RESPUESTA EN EL PROCESO EL LAVADO	82
Tabla 4.36 COEFICIENTES DE CORRELACION	82
Tabla 4.37 PARAMETROS FAVORABLES PARA EL LAVADO	88
Tabla 4.38. CARACTERIZACION DEL TARWI DESAMARGADO	90
Tabla 4.39. ANALISIS MICROBIOLOGICO DEL TARWI DESAMARGADO	91
Tabla 5.1. TABLA DE PONDERACION PARA LA LOCALIZACION	95
Tabla 5.2. REQUERIMIENTO DE EQUIPOS, MAQUINARIA Y MATERIAL AUXILIAR	100
Tabla 5.3. PERSONAL REQUERIDO POR AREAS	101
Tabla 5.4. PERSONAL EN EL AREA DE PRODUCCION	102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. SUPERFICIE CULTIVADA POR DEPARTAMENTO	11
Gráfico 2. CONSUMO DEL TARWI	12
Gráfico 6. Λ (nm) vs. ABSORBANCIA	41
Gráfico 7. Λ (nm) vs. ABSORBANCIA	41
Gráfico 8. CURVA PATRON CODEINA	42
Gráfico 9. λ (nm) vs. ABSORBANCIA	44
Gráfico 10. CURVA PATRON CAFEINA	45
Gráfico 11. CURVA PATRON CINCHONINE	47
Gráfico 12. HIDRATACION PRIMER ENSAYO	50
Gráfico 13. HIDRATACION SEGUNDO ENSAYO	50
Gráfico 14. HIDRATACION TERCER ENSAYO	51
Gráfico 15. HIDRATACION CUARTO ENSAYO	52
Gráfico 16. PRIMER LAVADO	54
Gráfico 17. SEGUNDO LAVADO	55
Gráfico 18. TERCER LAVADO	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. VERIFICACIÓN DE LA NORMALIDAD	67
Cuadro 2. VERIFICACIÓN DE VARIANZA CONSTANTE	67
Cuadro 3. VERIFICACIÓN DE INDEPENDENCIA	68
Cuadro 4. GRAFICA DE CONTORNOS DE LA INTERACCION DE LOS FACTORES AGITACION Y RELACION TARWI - AGUA	69
Cuadro 5. GRAFICA EN 3D DE LA INTERACCION DE LOS FACTORES AGITACION Y RELACION TARWI - AGUA	69
Cuadro 6. PARÁMETROS FAVORABLES DE OPERACIÓN PARA LA HIDRATACION	70
Cuadro 7. PREDICCIÓN DE LOS ALCALOIDES EXTRAÍDOS CON LOS PARÁMETROS FAVORABLES PARA LA OPERACIÓN DE HIDRATACIÓN	70
Cuadro 8. VERIFICACIÓN DE LA NORMALIDAD	76
Cuadro 9. VERIFICACIÓN DE VARIANZA CONSTANTE	77
Cuadro 10. VERIFICACIÓN DE INDEPENDENCIA	77
Cuadro 11. GRAFICA DE INTERACCION DE LOS FACTORES RELACION TARWI - AGUA y N° DE CAMBIOS DE AGUA	78
Cuadro 12. PARÁMETROS FAVORABLES DE OPERACIÓN PARA LA COCCION	79
Cuadro 13. PREDICCIÓN DE LOS ALCALOIDES EXTRAÍDOS CON LOS PARÁMETROS FAVORABLES PARA LA OPERACIÓN DE COCCIÓN	79
Cuadro 14 VERIFICACIÓN DE LA NORMALIDAD	84
Cuadro 15 VERIFICACIÓN DE LA VARIANZA CONSTANTE	84
Cuadro 16 VERIFICACIÓN DE INDEPENDENCIA	85
Cuadro 17. GRAFICA DE INTERACCION DE LOS FACTORES RELACION TARWI - AGUA, N° DE CAMBIOS DE AGUA Y VELOCIDAD DE AGITACION	86
Cuadro 18. GRAFICA DE CONTORNOS DE INTERACCION ENTRE LOS FACTORES RELACION TARWI - AGUA, N° DE CAMBIOS DE AGUA Y VELOCIDAD DE AGITACION	86
Cuadro 19. GRAFICA DE SUPERFICIE EN 3D DE INTERACCION ENTRE LOS FACTORES RELACION TARWI - AGUA, N° DE CAMBIOS DE AGUA Y VELOCIDAD DE AGITACION	87
Cuadro 20. PARÁMETROS FAVORABLES DE OPERACIÓN PARA EL LAVADO	87
Cuadro 21. PREDICCIÓN DE LOS ALCALOIDES EXTRAÍDOS CON LOS PARÁMETROS FAVORABLES PARA LA OPERACIÓN DE LAVADO	88

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES

CAPÍTULO 1**GENERALIDADES****1.1 INTRODUCCION**

A lo largo del tiempo se ha aplicado tecnologías para la transformación de los alimentos combinándolos, adecuándolos de manera que sean benéficos para la alimentación del ser humano, que cada año va aumentando de población.

Al aumento de la población así también va incrementando la desnutrición, pero con programas de organizaciones competentes se han dado la tarea de frenar y disminuir dando más importancia a alimentos cuyas propiedades benéficas ayuden a disminuir esta problemática.

Uno de los requerimientos que se hace necesario para una alimentación balanceada son las proteínas que rotundamente cualquiera podría pensar que para satisfacer ese requerimiento se consume carne y sus derivados, pero esta fuente de proteínas y también sus derivados son altamente consumidos lo cual origina una sobrealimentación que no beneficia a la salud del ser humano.

En este sentido se ha tomado más interés por productos más sanos que tengan los nutrimentos necesarios para la alimentación y así también para salud del ser humano.

En la variedad de alimentos están las leguminosas las cuales poseen importantes porcentajes de aceites generalmente insaturados los cuales son benéficos y saludables, a la par también tienen altos porcentajes de proteínas y otros elementos que son necesarios para una buena dieta.

La leguminosa más conocida en el ámbito es la soya, pero existe otra la cual sobrepasa los porcentajes de aceite, proteína y elementos, esta es el tarwi. El tarwi se encuentra en zonas andinas que están a buena distancia sobre el nivel del mar, por ejemplo, en Bolivia el tarwi se lo encuentra en alrededores del lago Titicaca el cual está a 4000 m.s.n.m., aparte de encontrarlo en nuestra nación también se halla en mayor proporción Ecuador y Perú.

Para el consumo del tarwi se necesita una previa adecuación debido a que contiene sustancias antinutritivas que les dan un sabor amargo que imposibilita su consumo, a la par se han desarrollado procedimientos tradicionales en los cuales se utiliza agua y también hay procedimientos químicos donde se utilizan alcohol, éter y Hexano para desamargar el tarwi.

1.2 ANTECEDENTES

Desde años anteriores hasta la actualidad el interés por los alimentos andinos se ha incrementado y aún más en nuestro país por ser una de las áreas de mayor diversidad, entre estos alimentos andinos está el tarwi.

El tarwi es una especie leguminosa rica en proteínas y grasas, alrededor del 41% a 51% y 14% a 24% respectivamente, colocándose a la par de la soya con la ventaja respecto a esta última de ser apta para su cultivo en las zonas altas de los países andinos y se adapta fácilmente a cambios climáticos, se lo cultiva tradicionalmente en el área andina, extendiéndose desde Venezuela hasta Bolivia [1].

El tarwi tiene su relevancia en el mundo andino, pero hoy en día está notabilidad es en el aspecto nutricional por su alto valor proteico. A nivel general el consumo de proteínas Según Ávila Gonzalo se conoce que “En otras naciones del contexto latinoamericano, el consumo diario per-cápita oscila entre 48 y 49 gramos de proteínas, mientras que en Bolivia solo asciende a 17 gramos diarios” [2]. En vista de estos reportes se recomienda mejorar la alimentación proponiendo nuevas alternativas de fuentes de proteínas y una de estas opciones podría ser el tarwi.

Esta leguminosa es considerada como un alimento excepcional, ha sido objeto de estudios y analizado por la FAO entre otros organismos internacionales especializados, de estas investigaciones se han podido confirmar que este producto se constituye en un bien alimentario con muchas ventajas para el consumo humano debido a su alto contenido en proteínas y grasa principalmente [3].

Actualmente en nuestro país el tarwi es consumido en su mayoría como “chuchusmote”, siendo una mínima parte que consume productos elaborados con harina de tarwi como ser, galletas, saladitos pan, tortas, palillos, harinas compuestas, refrescos, etc [4]. esto debido a que el tarwi presenta en su composición sustancias antinutritivas las cuales le proporcionan un sabor amargo y tiene que recibir un pretatamiento largo para realizar productos derivados.

Las sustancias antinutritivas existentes en el tarwi son alcaloides y están en una proporción de 0.163 a 4.46 % según la especie, siendo la lupanina y la esparteína los compuestos alcalinos quinolizidinicos de mayor presencia en el grano de tarwi [5].

Estudios realizados han demostrado que la lupanina es el alcaloide más tóxico, oscilando la dosis letal de 22 a 25 mg/ kg de peso corporal es decir para una persona que pesa 50Kg, 1.25 g de lupanina representa una dosis letal [6].

Existen métodos de desamargado en los cuales se hace uso de: óxido de etileno, alcohol, éter – cloroformo, etc. Estos procedimientos requieren uso de equipos no convencionales si se pretendiera aplicar a la industria. En otros tratamientos donde mayormente se utiliza agua, demandan mucho tiempo y consumo de este líquido.

Después de liberar a los granos de tarwi de los alcaloides, se puede seguir procesando para la obtención de derivados y así proporcionarle un valor agregado.

Uno de los posibles valores agregados que se contempla en el presente proyecto es destinar el tarwi desamargado a la elaboración de harina para lo cual se propondrá con directrices elementales la implementación de una planta.

1.3 DIAGNOSTICO

Aunque se ha tomado mayor interés por los alimentos andinos, el tarwi ha quedado relegado ya que actualmente el procesamiento para el desamargado y sus formas de uso no están muy definidas, y por ello la población no lo consume de forma generalizada. Además, la oferta de tarwi desamargado en los mercados solo se circunscribe a las zonas productoras (Potosí, La Paz, Cochabamba y Chuquisaca) y es de carácter temporal.

Se necesita el mejoramiento de los métodos de desamargado a través de propuestas que tengan en cuenta el disminuir el tiempo y los recursos que se utiliza para tal efecto y de esta forma aprovechar sus bondades nutricionales, introduciéndola a la dieta boliviana como alimento alternativo procesándola para proporcionarle un valor agregado.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar del interés que se tiene por el tarwi debido a su riqueza nutricional, su cultivo y especialmente su consumo está disminuyendo, el problema principal en cuanto a lo último es el amargor que tiene esta leguminosa debido a que dentro de su composición contiene sustancias antinutritivas como la lupanina y esparteína la principalmente, estas son alcaloides del tipo quinozilidínicos, y son altamente tóxicos en concentraciones altas, tanto en animales como en seres humanos, las dosis comprendidas es entre 11 – 25 mg/kg de peso corporal en niños y para adultos es de 25 – 45 mg/kg del peso corporal, de modo que para que los granos

de tarwi sean consumibles o procesados para algún derivado alimenticio es necesario desamargar, en consecuencia se han desarrollado métodos de desamargado. Entre estos métodos se utiliza reactivos químicos que son permisibles en el campo alimenticio pero su factibilidad en costos a la hora de aplicarlos a la industria no son muy recomendables, también existen otros métodos que son los tradicionales donde se hace uso de agua como solvente para la extracción de estos alcaloides, el obstáculo en estos métodos es que exigen mucho tiempo y grandes cantidades de agua, básicamente se trata de 3 pasos; el primero es la hidratación de los granos de tarwi que tarda 24 horas aproximadamente, el segundo paso es la cocción de los granos de tarwi previamente hidratados, el tercer y último paso se trata del lavado de los granos, el cual demanda un tiempo de 5 a 7 días aproximadamente en agua con un flujo de corriente continua, en las comunidades este paso se lo lleva a cabo en los ríos.

Con el presente proyecto se pretende determinar los parámetros más favorables para el proceso de desamargado en sus tres etapas además de proponer el diseño de una planta procesadora de harina de tarwi con el propósito de proporcionarle un valor agregado.

1.5 LOCALIZACION

Para desarrollar el proyecto en su parte experimental se lo realiza en los laboratorios del Centro Tecnológico Boliviano de la Leche (CTBL) que se encuentra en instalaciones del Instituto de Investigaciones de Procesos Químicos (IIDEPROQ) perteneciente a la Carrera de Ingeniería Química, Ambiental, Alimentos y Petroquímica ubicado en la zona sur en el campus Universitario en la ciudad de La Paz. Las pruebas fisicoquímicas tales como determinación de proteínas fibra y carbohidratos en el caso del tarwi amargo y proteínas, fibra, grasas y carbohidratos en el caso del tarwi desamargado, se los realizaron en el Instituto de servicios de Laboratorio de diagnóstico e investigación en Salud (SELADIS).

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Determinar los parámetros favorables para el desamargado del tarwi y propuesta de implementación de una planta para la obtención de harina de esta leguminosa.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar la caracterización de la materia prima.
- ✓ Establecer las mejores condiciones para el desamargado del tarwi usando el programa Desing Expert.
- ✓ Realizar el seguimiento al proceso de desamargado.
- ✓ Realizar la caracterización del tarwi desamargado.
- ✓ Establecer los lineamientos básicos para la propuesta de una planta elaboradora de harina de tarwi.

1.7 JUSTIFICACIÓN

1.7.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Actualmente en el país se usa el método tradicional de desamargado de tarwi esto mayormente por los productores de esta leguminosa en ocasiones para la venta en ferias. Técnicamente el proceso demanda mucho tiempo de acuerdo con los métodos tradicionales que se conocen, el presente proyecto tiene como objetivo determinar los parámetros favorables para disminuir el tiempo y el uso de agua, de esta forma contribuir con una referencia de técnicas adecuadas para el proceso de desamargado, así también de describir los procesos, maquinarias para la instalación de una planta procesadora de harina de tarwi y determinar el costo de inversión de la planta.

1.7.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

En cuanto a la oferta de tarwi para su consumo mayormente se lo puede encontrar en forma de chuchusmote que básicamente es el tarwi desamargado y se comercializa por raleo en la calles de nuestra ciudad, pero se podría diversificar esta forma de oferta dándole una aplicación tecnológica, para este propósito en el proyecto se realiza las investigaciones necesarias para la propuesta de una planta productora de harina de tarwi y así de esta manera proporcionarle un valor agregado el cual beneficiara directamente a los comercializadores e indirectamente a los productores y también a la población porque las condiciones ambientales de las zonas andinas de nuestro país son aptas para su crecimiento y por tanto se lo tendría en una mayor disponibilidad que repercutiría en un precio accesible para la población.

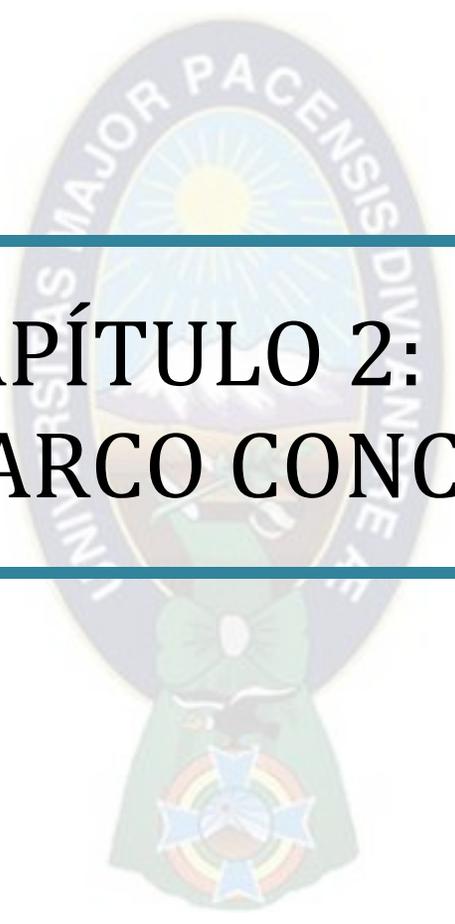
1.7.3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Hoy en día, la sociedad tiende a inclinarse en preferencia a alimentos que contengan alto contenido de nutrientes especialmente cuando este proviene de origen vegetal más cuando

se ofrece variedad elaborados con este tipo de alimentos, en el proyecto se insinúa elaborar harina de tarwi después de estudiar el proceso de desamargado proponiendo el diseño de una planta, en nuestro medio existe poca variedad de harinas debido a la poca producción de este producto.

La idea de este proyecto surge con la intención de aprovechar las facultades nutritivas que el tarwi ofrece, encontrar un producto accesible para la sociedad estudiando el costo de la maquinaria y equipo necesarios para la elaboración de harina de tarwi.





CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL

MARCO CONCEPTUAL

2.1 GENERALIDADES DEL TARWI

El tarwi es una leguminosa, la palabra leguminosa deriva del latín legere, que significa recoger. Tienen la propiedad de obtener nitrógeno combinado e incorporarlo a los demás elementos nutricios, tomándolo de la inagotable provisión de nitrógeno libre de la atmosfera. Esta característica hace a las leguminosas independientes de los abonos nitrogenados, y puede decirse que las convierte en una especie de fábrica de nitrógeno en la granja.

Las leguminosas son sensibles a los cambios climáticos debido a que la fijación activa del nitrógeno depende del coeficiente de asimilación de carbono el cual, a su vez, está regido por la temperatura y la duración de la intensidad de la luz.

El lupinus mutabilis o el altramuz, chocho, lupinu o tarwi (quechua) es una leguminosa. Su alto contenido de proteínas, mayor que el de la soja, lo hace una planta de interés para la nutrición humana y en general, animal.

2.2 TAXONOMIA DEL TARWI

Figura 1. TALLO DE TARWI



Tabla 2.1. TAXONOMÍA DEL TARWI

Taxonomía	
Orden:	Fabales
Suborden	Leguminosae
Familia:	Fabaceae
Subfamilia:	Faboideae
Tribu:	Genisteae
Genero:	Lupinus
Especie:	L. mutabilis Sweet

Fuente: El Tarwi Lupino Andino (Mario E. Tapia Julio 2015)

2.3 DESCRIPCION BOTANICA

El tarwi es una planta anual, de una altura media de 0.8 a 1 metro, con hojas digitadas de 5 o más folios y flores dispuestas en racimos terminales. Las flores de 1 a 1.5 metros de longitud son viscosas de color azul blanco o rosado blanco con una zona amarilla en la base del

estandarte. Las flores azul blancas son las más dominantes. Las legumbres tiernas, son muy subescentes y en la madurez casi no abren espontáneamente. Las semillas en número de 3 a 6, son aplastadas, biconvexas de 6 a 8 mm. De diámetro, blancas o negras puras o bien blancas con la parte que rodea al ombligo de color negro o pardo. Son raras las semillas de color negro entero y muy frecuentes las blancas y puras, aunque en menor proporción que las blancas con una estrecha zona negra o parda que rodea al hilum. El tarwi se cultiva entre los 2500 los 3600 metros de altura sobre el nivel del mar en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. Los ejemplares que hay en Rio Negro de Colombia, tenían las flores más purpura – liliacinas. Burkart indica que *Lupinus Albus* L. o “altramuz” europeo, cultivado también en la argentina, contiene de 28% a 34% de sustancias nitrogenados y varios alcaloides como la lupanina, la hidroxilupanina y la esparteína[7].

2.4 VARIEDADES DE TARWI

2.4.1 VARIABILIDAD DE TARWI SEGÚN SU MORFOLOGIA Y ADAPTACION ECOLOGICA EN LOS ANDES

Esta planta presenta una gran variabilidad morfológica y de adaptación ecológica en los Andes, por lo cual se ha sugerido que puede incluirse a tres subespecies:

- *Lupinus mutabilis*, chocho (norte de Perú y Ecuador), de mayor ramificación, muy tardío, mayor pilosidad en hojas y tallos, algunos ecotipos se comportan como bianuales, tolerantes a la antracnosis.
- *Lupinus mutabilis*, tarwi (centro y sur de Perú), de escasa ramificación, medianamente tardío, algo tolerante a la antracnosis.
- *Lupinus mutabilis*, tauri (altiplano de Perú y Bolivia), de menor tamaño (1-1,40 m) con un tallo principal desarrollado, muy precoz, susceptible a la antracnosis [7].

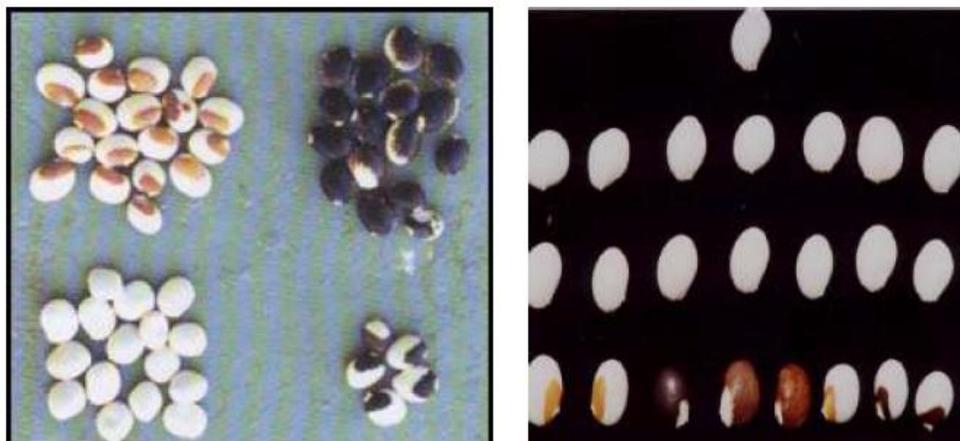
2.4.2 VARIABILIDAD DE LAS SEMILLAS DE TARWI EN BOLIVIA

Actualmente en Bolivia existen unas tres a cinco variedades seleccionadas provenientes del Cusco (K'ayra y SCG – 25) y de Huancayo, estación experimental del Mantaro (H1y H6) así como de La Libertad que han alcanzado rendimientos sobre los 3000 kg/ha. En la campaña 1980–81, se evaluó líneas que experimentalmente han sobrepasado las 4 ton/ha. En Bolivia se han seleccionado las variedades Pairumani, Toralapa (de Valle) y Carabuco (del Altiplano Norte) (Cordeco, 1979) [8].

2.4.3 VARIEDADES DE TARWI SEGÚN EL COLOR

Los colores del grano incluyen blanco, amarillo, gris, ocre, pardo, castaño, marrón y colores combinados como marmoleado, media luna, ceja y salpicado (Gross, 1982) [9]. La genética en la herencia del color de la semilla es bastante compleja y existen genes tanto para el color principal, como para cada una de las combinaciones (Blanco, 1980) [10].

Figura 2. VARIEDADES DE TARWI SEGÚN EL COLOR SECUNDARIO



Fuente: Procesamiento del Chocho para la obtención de leche y yogurt como alimentos de consumo humano

2.5 COMPOSICION QUIMICA

2.5.1 COMPOSICION QUIMICA DEL TARWI AMARGO

Tabla 2.2. REQUISITOS FISICO QUIMICO DEL GRANO DE TARWI AMARGO

PARAMETRO	UNIDADES	TARWI AMARGO
HUMEDAD	%	11 – 12
PROTEINA	%	35 – 48
GRASA	%	15 – 24
CARBOHIDRATOS TOTAL	%	18.75
FIBRA CRUDA	%	6 - 20
CENIZA	%	3.39
PESO DE 1000 GRANOS	%	250
PESO HECTOLITRO	Kg/hl	67
CAPACIDAD DE HIDRATACION	%	95

Fuente: Norma Boliviana NB/NA 0094 LEGUMINOSAS – GRANOS AMARGO DE TARWI REQUISITOS

2.5.2 COMPOSICION QUIMICA DEL TARWI DESAMARGADO**Tabla 2.3. REQUISITOS FISICO QUIMICO DEL GRANO DE TARWI DESAMARGADO**

PARAMETRO	UNIDADES	TARWI DESAMARGADO
HUMEDAD	%	11 – 12
PROTEINA	%	50 – 52
GRASA	%	19 – 24
CARBOHIDRATOS TOTAL	%	8
FIBRA CRUDA	%	7 – 9
CENIZA	%	1.9 – 3
ELN (Extracto Libre de Nitrógeno)	%	12 – 22
Energía	Cal/g	5369 – 6476
Alcaloides	%	0.02 – 0.07

Fuente: Norma Boliviana NB/NA 0097 LEGUMINOSAS – GRANOS DESAMARGADO DE TARWI REQUISITOS y METODOS DE ENSAYO

2.6 PRODUCCION DE TARWI EN BOLIVIA

En Bolivia se cultiva en el altiplano Norte como en los valles interandinos de La Paz, Cochabamba, Sucre y Potosí. Las áreas del cultivo en el país se encuentran en los departamentos de La Paz, cultivándose alrededor del Lago Titicaca, en Copacabana y Carabuco; en Cochabamba, en Colomi, Tiraque, Vacas y Melga; en Chuquisaca se cultiva en los valles de Oropeza, Yamparaes y Nor Cinti y finalmente en Potosí se cultiva en Ravelo y Cornelio Saavedra. Se estima que la extensión de cultivo es de aproximadamente 4000 hectáreas; se desarrolla en pequeñas parcelas de 400 a 800 metros cuadrados, constituyéndose en un cultivo importante en la vida de los campesinos como mejorador de suelo, gracias a la acción de las bacterias nitrificantes del orden de los Rhizobium, permitiendo el enriquecimiento natural del suelo fijando nitrógeno como también en el control biológico sobre los insectos depredadores del medio [11].

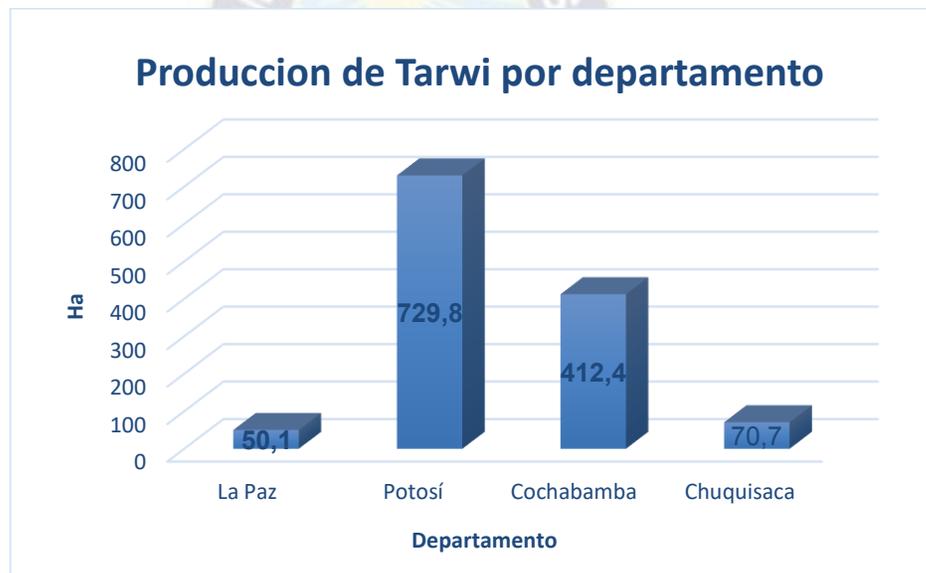
En los últimos años, las Corporaciones de Desarrollo Regional de Chuquisaca y de Cochabamba han prestado interés a esta leguminosa por constituirse en una planta que jugará un rol importante en el desarrollo de políticas y en el sistema de seguridad alimentaria

Tabla 2.4. PRODUCCION DE TARWI EN BOLIVIA

Departamento	Superficie (ha)	Producción (TM)
La Paz	50.1	37.3
Potosí	729.8	301.8
Cochabamba	412.4	163.7
Chuquisaca	70.7	31.4
Total	1263	534.2

Fuente: Censo Agropecuario 2013 (Publicado en diciembre del 2015 por el Instituto Nacional de Estadística INE)

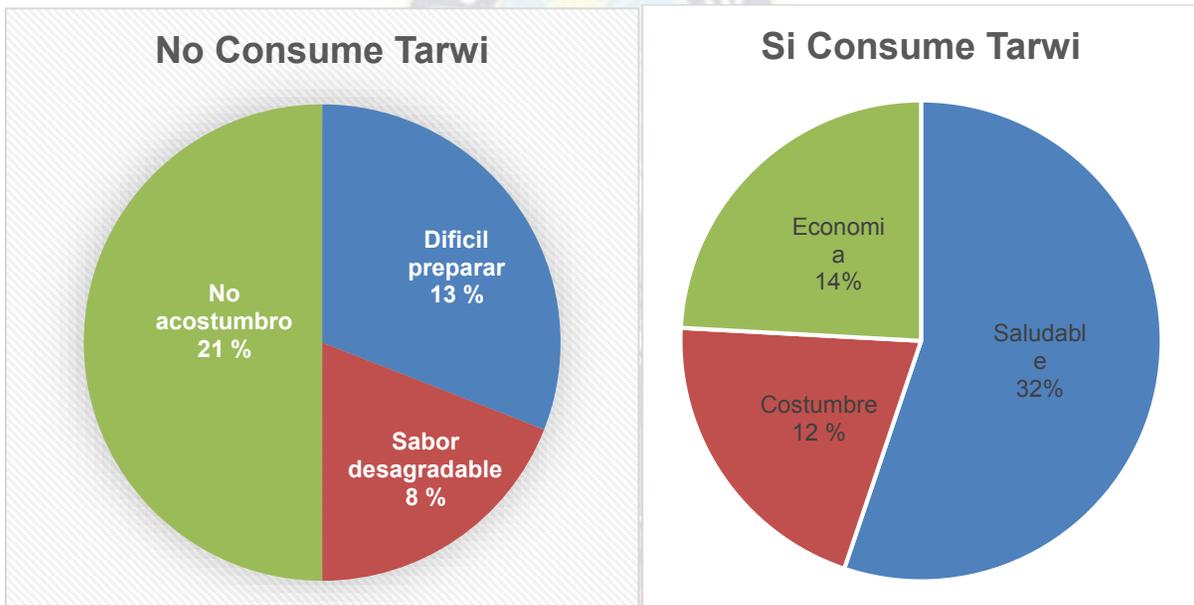
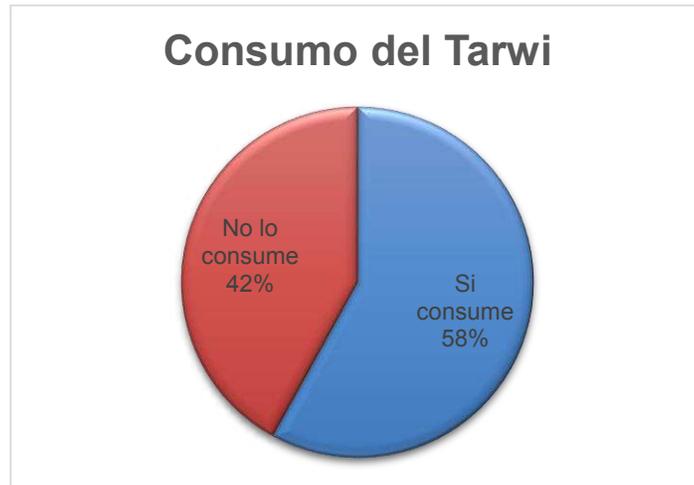
Gráfico 1. SUPERFICIE CULTIVADA POR DEPARTAMENTO



Fuente: Basado en el Censo Agropecuario 2013 (Publicado en diciembre del 2015 por el Instituto Nacional de Estadística INE)

En cuanto al consumo dentro del departamento de La Paz como por ejemplo en el Municipio de Puerto Carabuco se tiene:

Gráfico 2. CONSUMO DEL TARWI



Fuente: Universidad Mayor de San Andrés; Facultad de Agronomía – PROINPA; Proyecto; “Uso Competente de Cultivos Andinos de Alto Valor”; Compendio de Investigaciones 2010 – 2014.

El 58 % de los encuestados consumen el tarwi por costumbre, porque les parece saludable o porque les resulta más económico. Del 42 % de los encuestados no consumen el tarwi por su difícil preparación en el desamargado, sabor desagradable o porque no tienen la costumbre de consumirlo.

2.7 PROPIEDADES NUTRICIONALES DEL TARWI

a) El Tarwi posee alta cantidad de proteínas

Contiene mayor cantidad de proteínas que la soya lo que lo convierte en súper alimento que lamentablemente no es aprovechado.

Se ha propuesto enriquecer el pan que se produce con la harina de trigo con harina de tarwi para así combatir la desnutrición en la población infantil, lo cual sería una medida muy acertada no solo para los niños sino para toda la población de esas regiones en general.

b) Los Granos de tarwi son buenos para regular la glucosa

Una propiedad poco conocida del tarwi es que regula el contenido de azúcar en la sangre, esto debido a que posee menos cantidad de carbohidratos que las lentejas, arvejas secas y otras, es por eso que podría ser de ayuda para las personas diabéticas.

c) Contenido de grasa no saturada

El tarwi posee un alto contenido de grasa rica en omega 3 por lo cual inclusive se ha propuesto su industrialización para la producción de aceite en gran escala, lamentablemente el proceso por ahora resulta caro.

d) Sirve como laxante suave

Con las semillas de tarwi recién cosechadas se puede hacer un licuado y beberlo para realizar purga del aparato digestivo.

e) Alto contenido de Calcio

El contenido de calcio de tarwi es alto, un excelente complemento para aquellos que quieren tener sanos los huesos y dientes.

Una sana alternativa para los intolerantes a la lactosa, y las personas que no consumen alimentos de origen animal.

f) Posee Fibra para realizar una buena digestión

Posee fibra la cual es necesaria para que los procesos digestivos se realicen con normalidad y no haya estreñimiento.

Esto es bueno para mantener sano nuestro aparato digestivo y en especial como prevención del temido cáncer de colon.

Además, la fibra sirve para limpiar y eliminar de nuestro cuerpo del exceso de grasa que consumimos muchos de nosotros diariamente, lo cual nos favorece también para evitar la obesidad y enfermedades cardiovasculares [13].

2.8 USOS DEL TARWI

Tradicionalmente el tarwi se puede decir que tiene dos tipos de usos uno es en la medicina tradicional y otro en la gastronomía.

2.8.1 Usos medicinales

Según los conocimientos y saberes andinos de los agricultores que cultivan el tarwi en la cultura Aymara, señalan que esta leguminosa es medicinal y controla diferentes enfermedades: – Diabetes: Se hace hervir harina de tarwi crudo sin desamargar hasta formar una masa media aguada. Se cocina con una adecuada proporción de agua. De esta pasta, se toma con la punta de la cuchara una pequeña porción, en ayunas durante un mes. Su propiedad es hacer desaparecer los síntomas propios del diabético. – Males renales: Las personas que sufren males renales se cansan muy pronto, sufren fatigas permanentes en la planta de los pies, se quejan de dolores y calambres a nivel de la cintura. Para aliviar y curar dichos males, se utiliza el agua resultante del remojo del tarwi. A esta agua se le agrega sal de cocina calentada en tostadora, este líquido tibio se pone en la parte adolorida, remojando en un paño negro como fomento [14].

2.8.2 Usos en la gastronomía

Según referencias periodísticas a nutricionistas expresan que no existe un masivo consumo del tarwi por falta de conocimiento y promoción de sus beneficios para el organismo. Lastimosamente, en el exterior se dieron cuenta de estas propiedades y ahora están siendo exportadas al Japón, Inglaterra y Estados Unidos. Y en la actualidad su costo ha sido elevado si tan solo se consumieran estos alimentos de gran valor nutritivo no existiría desnutrición en nuestro país”, aseguró la nutricionista Reyes.

El tarwi por lo general se consume sin cáscara, previo al pelado, se debe lavar para quitarle la sustancia amarga, luego se procede a quitar la cáscara.

Se consume como puré, en ensaladas o con frutas, porque es un alimento que naturalmente ya está precocido. Si se prefiere se puede hacer cocer por unos 10 a 20 minutos para que no se pierdan sus propiedades [15].

También se encuentra propuestas como elaboración de pan enriquecidos con harina de tarwi, leche de tarwi y otros.

2.9 ALCALOIDES

Dentro de las leguminosas que tienen importancia desde el punto de vista alimenticio por su alto contenido en proteína, existen diferentes factores tóxicos o antinutritivos que las pueden hacer poco aptas para el consumo humano y animal.

2.9.1 DEFINICION DE LOS ALCALOIDES DEL GENERO LUPINUS

Los Alkaloides son compuestos termorresistentes que se encuentra principalmente en el género lupinus.

Las especies de Lupinus de mayor interés desde el punto de vista de la alimentación humana y animal son: *L. albus*, *L. angustifolus*, *L. consentinii*, *L. luteus*, *L. hispanicus* y *L. mutabilis*.

Los alcaloides de las especies del genero Lupinus son derivados de la quinolizidina de variable complejidad, aunque la mayoría son bicíclicas o tetracíclicas. Se encuentran como bases terciarias y como N- óxidos en concentraciones que varían desde niveles indetectables en variedades dulces (genéticamente obtenidas) hasta un 3.8% en algunas especies amargas de *Lupinus albus* y *Lupinus mutabilis* (Keeler, 1989; Muzquiz et al, 1989). Las bases terciarias son normalmente solubles en agua y fuertemente básicas. Las proporciones relativas de alcaloides en una especie determinada varían con el cultivar, la localidad y las condiciones climatológicas.

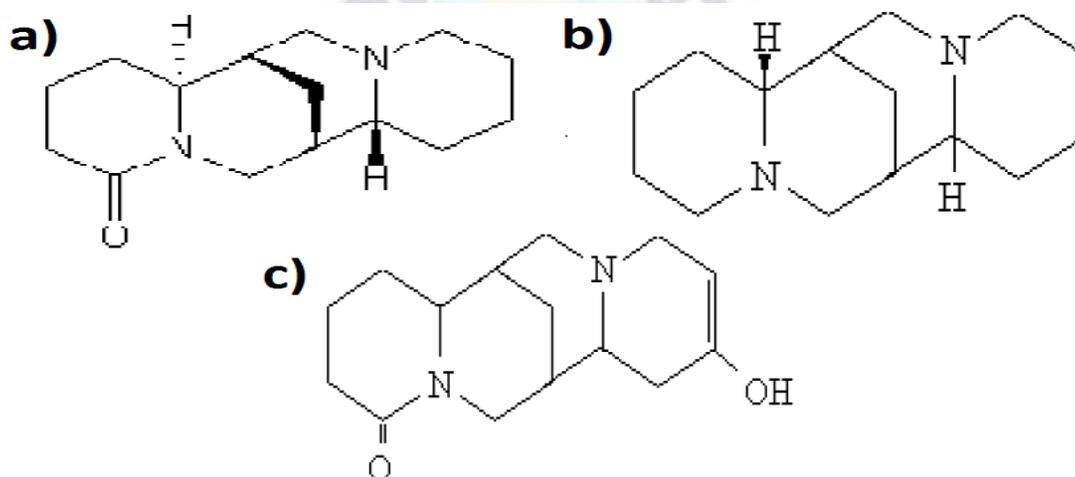
Uno de los mayores impedimentos para una amplia aceptación del lupino es, sin duda, la presencia de alcaloides. Los efectos tóxicos de los alcaloides del lupino no son acumulativos y los alcaloides son rápidamente excretados del cuerpo por el riñón. Por tanto, se pueden ingerir grandes cantidades de semillas de lupino siempre que la cantidad total de alcaloides presentes no exceda un determinado nivel. En dosis tóxicas, los alcaloides del lupino pueden causar daños en el sistema nervioso y el exceso puede producir también una serie de efectos que incluyen depresión respiratoria y fallo cardiaco (Culvnor et al, 1986). Es por tanto importante conocer la cantidad de alcaloides presentes y los niveles tóxicos de los alcaloides individuales [16].

2.9.2 ALCALOIDES EN EL TARWI

Los alcaloides son sintetizados en las hojas y en las flores de los lupinos y son trasladados desde allí a la semilla en desarrollo y al final de la florescencia se encuentran en mayor cantidad en ella.

Los principales alcaloides encontrados en el tarwi son: Lupanina (46%), esparteína (14%), 4 – hidroxilupanina (10%), isolupanina (3%), n - metilangustifolina (3%), 13 – hidroxilupanina (1%), los mismos que poseen propiedades alcalinas, debido a la presencia del nitrógeno básico formando por lo general núcleos heterocíclicos. Estos en forma libre son insolubles en agua, poco solubles en alcohol, éter y cloroformo. (Bruneton, 1991).

Figura 3. ESTRUCTURA MOLECULAR DE LOS PRINCIPALES ALCALOIDES EN EL TARWI



Estructura química de los principales alcaloides del tarwi

a) Lupanina

c) 4 – hidroxilupanina

b) Esparteína

Fuente: Determinación de los factores antinutritivos termorresistentes en leguminosas

2.9.3 TOXICIDAD

La toxicidad de los alcaloides ha sido demostrada a dosis muy altas tanto en animales como en seres humanos. Han ocurrido casos aislados de envenenamiento con semillas amargas de lupino. Producen graves intoxicaciones en bebés y niños con dosis de alcaloides que van desde 11 hasta 25 mg/Kg de peso corporal y en adultos corresponden dosis de 25 a 46 mg/Kg de peso corporal. Los síntomas de envenenamiento son: midriasis,

calambres, cianosis, parálisis respiratoria, violentos dolores estomacales, vómitos e incluso coma (Ortega, 1995).

Un consumo de 7 Kg de chocho conteniendo 0.01% de alcaloides residuales podría causar intoxicación, sin embargo, el peligro de toxicidad se ve disminuido debido a la pobre digestibilidad de los alcaloides que determina que el 95 % de ellos no sean absorbidos, al hecho de no tener efecto acumulativo en el organismo y su consumo se limita por el sabor amargo (Gross, 1992).

2.9.4 APLICACIONES

La esparteína es el único alcaloide que hasta el momento tuvo aplicación, el sulfato de esparteína se usó en medicina contra enfermedades del corazón, se prescribía en dosis de 50 a 200 mg/día, vía intramuscular o subcutánea, en el tratamiento cardiaco y taquicardias.

Tiene actividad occitóxica aumentando ligeramente el tono y la potencia de las contracciones uterinas. En el área industrial se utiliza en la elaboración de polímeros ópticamente activos, como catalizador de la polimerización del etileno, en la telomerización (Obtención de polímeros de bajo peso molecular) del etileno con otras olefinas (Guerrero, 1987).

La utilización potencial de los alcaloides como agentes fungicidas, insecticidas, bactericidas y nematocidas, se fundamenta en su actividad inhibidora de la síntesis de proteína, del RNA trasmisor, depresores del sistema nervioso central, oxiotocicos, antiarritmicos e hipoglicemiantes (Mc Cawley, 1985) [17].

2.10 METODOS DE CUANTIFICACION DE ALCALOIDES

Para la determinación de alcaloides existen muchos métodos, entre ellos se tiene:

a) Métodos polarográficos

La polarografía en la estimación cuantitativa de los compuestos alcaloidales, tienen una aplicación limitada, principalmente porque un gran número de factores ambientales tiene marcadas influencias en los análisis.

b) Métodos cromatográficos

La cromatografía en capa fina es una técnica importante para la determinación de alcaloides ya que permite proporcionar informaciones sobre la homogeneidad de los componentes químicos del producto y así garantizar que las sustancias responsables de la actividad farmacológica estén presentes en los niveles adecuados y también para, de esta manera, lograr la identificación de la planta (marcadores). Los marcadores constituyen químicos definidos que están presentes en la materia prima vegetal, de preferencia son los propios principios activos, los cuales son destinados al control de calidad de la materia prima vegetal, de las preparaciones fitoterapéuticas intermedias y de los productos fitoterapéuticos.

c) HPLC

El sistema de cromatografía líquida de alta eficiencia es una técnica cromatográfica que permite trabajar con diferentes modalidades de cromatografía: adsorción, reparto, intercambio iónico y filtración molecular, para esto sólo es necesario cambiar el tipo de fase estacionaria y la utilización de diluyentes adecuados. El gran avance de la cromatografía líquida de alta eficiencia consiste en la posibilidad de utilizar micropartículas, con lo cual se aumenta considerablemente la eficiencia de la separación.

Las principales ventajas que presenta la técnica de HPLC son:

- Capacidad de separación bastante elevada.
- Separaciones a temperatura ambiente.
- No está limitada a la volatilidad o a la estabilidad térmica de las sustancias.
- Rapidez y reproducibilidad de los análisis.
- Las muestras no son destruidas por el detector y pueden ser recogidas y utilizadas puras (separaciones en escala preparativa).

La instrumentación básica consiste en: recipiente para la fase móvil-bomba-inyectorcolumna-detector-registrador [18].

d) Métodos Cuantitativos por Extracción por solvente

19

Estos métodos consisten en las extracciones sucesivas por solvente, generalmente para la extracción se usa cloroformo y a veces empleando éter etílico para posteriormente cuantificar por medio de titulación o diferencia de pesos. Entre los métodos que usa la extracción por solvente están:

- **Método general de determinación cuantitativa de alcaloides (von Baer)** Descrita en la norma NB/NA 0097 LEGUMINOSAS – GRANO DESAMARGADO DE TARWI– REQUISITOS Y METODOS DE ENSAYO INCISO 8.2 revisar ANEXO A
- **Método de determinación de alcaloides por gravimetría**

Este método es reportado por Torres Tello El cual consiste en extracción con cloroformo en un sistema soxhlet por 48 hrs después de evaporar el cloroformo se hace una extracción cuatro veces con HCL al 10% y se neutraliza con NaOH. Después se extrae con éter etílico cinco veces finalmente en un balón previamente pesado se lo lleva a desecación a una temperatura de 60°C determinándose los alcaloides por diferencia de pesos.

e) Métodos espectrofotométricos**Análisis Cuantitativo de alcaloides de lupinus por turbidimetría**

Este método es reportado por Jiménez S. el método es de la siguiente manera.

Se pesa una cantidad de muestra que contenga entre 0.1 a 1 mg de alcaloides totales. Se homogenizan en un mortero y se transfiere a un vaso de 50 ml con no más de 20 ml de agua. Se añade 1 ml. de ácido tricloroacético al 50% calentando a ebullición por unos minutos y se centrifuga. Se separa el sobrenadante y se evapora casi a sequedad. Se añaden 10 ml de etanol, se calienta a ebullición y se filtra. El filtrado se evapora casi a sequedad. Se añaden 10 ml de etanol, se calienta a ebullición y se filtra. El filtrado se evapora casi a sequedad y se disuelve con 10 ml de agua y se filtra. Del filtrado se toma una alícuota de 1 ml a tubo colorimétrico y se añaden 9 ml de reactivo de Wagner diluido en agua 1:50 y se mezcla. Luego de 5 min de reposo se lee la absorbancia a 640 nm.

El reactivo de Wagner modificado se prepara en base a 23.2 g de KI; 19.2 g de KBr que previamente disueltas en poca agua se adicionan a 22 gramos de Iodo metálico. Se disuelve y se diluye a 200 ml con agua y finalmente se afora a 400ml con HCL 1 N

2.11 OTRAS SUSTANCIAS ANTINUTRITIVAS

Además de los alcaloides, en el tarwi, se encuentran otras sustancias toxicas llamados antinutritivos como son: los inhibidores de la tripsina, hemaglutininas y glucósidos cianogenéticos (Gros, 1992).

Los inhibidores de tripsina, disminuyen la digestibilidad de las proteínas y por lo tanto la disponibilidad de metionina, disminuyendo de esta forma el valor nutritivo del alimento.

Las hemaglutininas, son sustancias que existen en numerosas plantas y pueden disminuir considerablemente la digestibilidad del alimento. El nivel de actividad de hemaglutinina en la semilla cruda de *L. mutabilis* muestra niveles de 30 veces menores a los encontrados para la soya

La concentración de los glucósidos cianogenéticos, no tiene importancia desde el punto de vista toxicológico, las semillas de tarwi presenta valores entre 0.53 – 2.89 mg HCN/100 mg de materia seca, que está por debajo del valor permitido que es 20mg HCN/100g de leguminosas comestibles.

Sin embargo, a pesar de la presencia de estos antinutritivos en el grano, las cantidades encontradas no han sido significantes o son eliminadas durante el proceso de desamargado específicamente en la etapa de cocción. [19]

2.12 METODOS DE DESAMARGADO

Según Ortega (1995), la presencia de alcaloides en el chocho hace que este grano sea muy amargo y toxico impidiendo su consumo directo por lo que es necesario someterlo a un proceso de desamargado antes de su consumo, los procesos más estudiados para el desamargado de los granos de tarwi son:

2.12.1 EXTRACCION MEDIANTE AGUA

- Por siglos, los campesinos de los Andes, han eliminado el sabor amargo del grano, remojando por más de 18 horas, haciendo hervir durante 1 hora aproximadamente, colocando en bolsas de tela permeable y dejando en agua corriente hasta por 10 días. sin embargo, a pesar de la presencia de estos antinutritivos en el grano, las cantidades

encontradas no han sido significantes o son eliminadas durante el proceso de desamargado. El tratamiento tradicional ha servido de base para el desarrollo de dos procesos, de utilidad práctica inmediata, uno que lo llaman proceso tradicional mejorado y otro, proceso semi industrial (Guerrero1987).

- Proceso tradicional mejorado: consiste en la selección y limpieza de los granos mediante una malla. La hidratación de los granos se realiza en una poza de cemento, durante 18 horas, el cocimiento en recipientes cilíndricos de metal, por 1 hora, usando como fuente de energía, petróleo o leña y el lavado en pozas rectangulares, con flujo constante de agua, durante 72 horas.
- Proceso semi industrial: La cocción se realiza en un cilindro metálico, provisto de inyección de vapor, alimentado por un caldero, reduciendo el tiempo de inyección de vapor, alimentando por un caldero, reduciendo el tiempo de cocción a 45 minutos. Luego se descascarán las semillas de lupino, operación que acelera la extracción de alcaloides, aunque por otro lado se incrementa la pérdida de hidrosolubles. La semilla descascarada es desamargada durante 18 horas, en el mismo cilindro donde se realizó la cocción mediante corriente continua de agua.

2.12.2 EXTRACCION MEDIANTE ALCOHOL

La torta de lupino que se obtiene después de la extracción del aceite mediante hexano, puede ser sometida al desamargado con una mezcla de 3 partes de etanol y una parte de agua y se seca a 80°C en aire seco. Se obtiene una masa con aproximadamente del 70% de proteínas (Guerrero, 1987)

2.13 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño estadístico de experimentos es precisamente la forma más eficaz de hacer pruebas. El diseño de experimentos consiste en determinar cuáles pruebas se deben realizar y de qué manera, para obtener datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas, y de esa manera clarificar los aspectos inciertos de un proceso, resolver un problema o lograr mejoras. Algunos problemas típicos que pueden resolverse con el diseño y el análisis de experimentos son los siguientes:

1. Comparar a dos o más materiales con el fin de elegir al que mejor cumple los requerimientos.
2. Comparar varios instrumentos de medición para verificar si trabajan con la misma precisión y exactitud.

3. Determinar los factores (las x vitales) de un proceso que tienen impacto sobre una o más características del producto final.
4. Encontrar las condiciones de operación (temperatura, velocidad, humedad, por ejemplo) donde se reduzcan los defectos o se logre un mejor desempeño del proceso.
5. Reducir el tiempo de ciclo del proceso.
6. Hacer el proceso insensible o robusto a oscilaciones de variables ambientales.
7. Apoyar el diseño o rediseño de nuevos productos o procesos.
8. Ayudar a conocer y caracterizar nuevas sustancias, objetos, etc.

El diseño de experimentos consiste en planear y realizar un conjunto de pruebas con el objetivo de generar datos que, al ser analizados estadísticamente, proporcionen evidencias objetivas que permitan responder las interrogantes planteadas por el experimentador sobre determinada situación

Lo que se ha dicho hasta el momento también es válido para en el campo de la investigación científica o aplicada, ya que, a fin de cuentas, el objetivo es generar nuevas ideas y mejores respuestas a las interrogantes del investigador sobre el objeto de estudio.

El objetivo de los métodos estadísticos es lograr que el proceso de generar conocimiento y aprendizaje sea lo más eficiente posible.

2.13.1 DISEÑO FACTORIAL

El objetivo del diseño factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores. Por ejemplo, uno de los objetivos particulares más importantes que en ocasiones tiene un diseño factorial es determinar una combinación de niveles de los factores en la que el desempeño del proceso sea mejor.

Los factores pueden ser de tipo cualitativo (maquinas, tipos de material, operador, la presencia de una operación previa, etc.), o de tipo cuantitativo (temperatura, humedad, velocidad, presión, etc.). Para estudiar la manera en que influye cada factor sobre la variable de respuesta es necesario elegir al menos dos niveles de prueba para cada uno de ellos. Con el diseño factorial completo se corren aleatoriamente todas las posibles combinaciones que pueden formarse con los niveles de los factores a investigar.

2.13.1.1 FACTORES CON DOS NIVELES

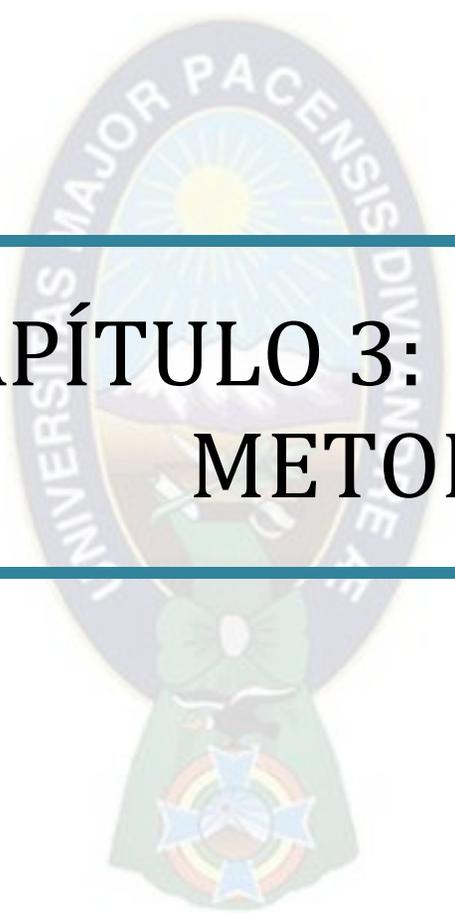
La familia de los diseños factoriales completos 2^k (k factores con dos niveles de prueba cada uno), que es una de las familias de diseño de mayor impacto en la industria y en la investigación, debido a la eficacia y versatilidad. Los factoriales 2^k completos son útiles principalmente cuando los números de factores a estudiar está entre dos y cinco ($2 \leq k \leq 5$), rango en el cual su tamaño se encuentra entre cuatro y 32 tratamientos; esta cantidad es manejable en muchas situaciones experimentales. Si el número de factores es mayor que cinco se recomienda utilizar un factorial fraccionado 2^{k-p} . En general, los factoriales en dos niveles, sean completos o fraccionados, constituyen el conjunto de diseños de mayor impacto en las aplicaciones.

2.13.1.2 FACTORES CON TRES NIVELES

El diseño factorial 3^k considera k factores con tres niveles cada uno y tiene 3^k tratamientos. La primera desventaja de los diseños 3^k es que al aplicarse requieren mayor cantidad de pruebas que el diseño 2^k . Cuando se tienen muchos factores, cuatro o más, prácticamente es prohibitivo pensar en correr un diseño 3^k . sin embargo, cuando se tienen pocos factores, tres como máximo, o en el peor de los casos cuatro, hay algunas situaciones prácticas en las que el diseño 3^k es una buena alternativa. De manera específica, hay dos razones que hacen viable el diseño 3^k .

- Se tienen factores de tipo continuo e interesa estudiar efectos cuadráticos como A^2 , B^2 , ..., A^2B , B^2A , A^2B^2 , (efectos de curvatura). Esto se hace cuando se cree que la variable de respuesta no es lineal, ni aproximadamente lineal en el rango de variación de los factores estudiados.
- Los factores son categóricos o discretos y de manera natural tienen tres niveles cada uno. Esto ocurre en factores como tipo de material, diferentes medios de cultivo, factor máquina, etc, los cuales pueden tener naturalmente tres niveles.

El diseño factorial 3^k es una de las alternativas experimentales que permite estudiar efectos de curvatura, además de efectos lineales y de interacción.



CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

METODOLOGIA**3.1 MATERIA PRIMA**

Para el desarrollo del presente trabajo, el tarwi fue obtenido de la feria del Municipio de Escoma ubicado en la Provincia Camacho, al Norte del Altiplano.

Figura 4. COMERCIALIZACION DEL GRANO DE TARWI EN LA FERIA DOMINICAL DEL MUNICIPIO DE ESCOMA



Fuente: La Producción de Tarwi en la Economía Campesina de la Provincia Camacho

3.2 EQUIPOS

Los equipos utilizados para los análisis fisicoquímicos, microbiológico y el proceso de elaboración, se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3.1. LISTA DE EQUIPOS UTILIZADOS

EQUIPOS PARA EL ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	EQUIPOS PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	EQUIPOS PARA EL PROCESO DE DESAMARGADO Y ANÁLISIS
Balanza analítica Baño María Equipo Soxhlet Espectrofotómetro UV/Visible Estufa de secado Mufia pH metro Estufa de secado regulada 105°C	Autoclave a gas Balanza portátil Campana de Flujo laminar Contador de Colonias Incubadora regulada a 25°C ± 2°C Incubadora regulada a 35°C ± 2°C Micropipeta 100µL Micropipeta 1000µL Vortex	Balanza de precisión Baño María regulada a 40°C Equipo de agitación completo Hornilla regulable Espectrofotómetro UV/Visible Vortex Micropipeta 1000µL

Fuente: Elaboración Propia

3.3 PRUEBAS PRELIMINARES

3.3.1 ELECCION DE PATRON PARA LA CUANTIFICACION DE ALCALOIDES

Como se vio en la parte teórica los alcaloides principales existentes en la composición del tarwi son: la lupanina, esparteína, y hidroxilupanina, estos tres compuestos se los busco como reactivos para su compra y ser empleados como patrón para la cuantificación. Se encontró la esparteína en forma de reactivo, pero el costo era elevado así que se optó por la alternativa de encontrar otro alcaloide disponible ya sea como un componente activo en algún medicamento o como sustancia pura disponible en el reactivero, que podrían cumplir la misma función de patrón para ayudar a cuantificar.

En cada caso se prepara una solución madre para luego formar una batería de tubos para la curva de calibración, lo que se usa como solución problema es el tarwi sin desamargar, ahora bien, según la norma NA/NB LEGUMINOSAS – GRANOS AMARGO DE TARWI – REQUISITOS inciso 3.2 los alcaloides contenidos en el tarwi tienen que estar entre 1 – 4%, lo que nos da los límites para poder escoger el patrón a usarse a lo largo de todo el trabajo.

Los alcaloides estándar a probar como patrones son: la codeína, cafeína y la esparteína

3.3.1.1 PATRON 1 CODEÍNA

La codeína es un alcaloide utilizada en medicamentos mayormente para tratar enfermedades de tipo pulmonar.

En la determinación de factores antinutritivos termorresistentes en leguminosas por métodos cromatográficos se utiliza como estándar interno la codeína. [20]

3.3.1.2 PATRON 2 CAFEÍNA

La cafeína es un alcaloide del grupo de xantinas, solido cristalino, blanco y de sabor amargo, que actúa como una droga psicoactiva, levemente disociativa y estimulante por su acción antagonista no selectiva de los receptores de adenosina.

En el trabajo denominado Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia realizado por Eduar Ortega, Aida Rodríguez; Arturo David; y Ángel Zamora utilizan la cafeína como patrón interno en la determinación por cromatografía.

3.3.1.3 PATRON 3 CINCHONINE

La Cinchonine es un alcaloide proveniente de la *Cinchona officinalis* es un árbol sudamericano de la familia rubiaceae. Es nativo de los bosques montañosos húmedos en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia.

La Cinchonine utilizada tiene una pureza del 100% para análisis disponible en el reactivero del IIDEPROQ.

3.3.2 PROCESO DE DESAMARGADO

En el presente trabajo se considera como factor de estudio la velocidad de agitación, haciendo uso de un agitador a motor con unas aspas de material metálico, ahora bien, los granos de tarwi a medida que granan humedad, su textura se torna más blanda y el constante contacto de los granos de tarwi con las aspas metálicas repercutiría en el quebrado y división de los granos de tarwi lo cual no es conveniente ya que habría pérdida de materia en el agua. Entonces se tuvo que pensar primeramente en un sistema que permita el flujo libre del agua pero que no haya contacto de las aspas del agitador con los granos de tarwi. Para tal efecto se pensó en usar un canastillo cuyas rejillas no permitan el contacto de las aspas con los granos de tarwi, pero al realizar las pruebas se observó que había una resistencia del flujo de agua a través de las rejillas del canastillo esto debido a que el tamaño de las rejillas era pequeño. De manera que se pensó cambiar las aspas por un material más blando el cual agite

el agua y los granos de tarwi pero que no cause daños a los mismos, esta idea resulto efectiva así que se usó en la etapa de hidratación y de lavado.

Para el desamargado de tarwi se tuvieron que hacer pruebas preliminares para determinar el tiempo de hidratación, el tiempo de cocción y el tiempo para realizar los cambios de agua para la etapa de lavado.

3.3.2.1 DETERMINACION DE TIEMPO DE HIDRATACION

A lo largo de todas pruebas para el diseño experimental se varia la velocidad de agitación y relación tarwi – agua, así que en las pruebas preliminares para determinar el tiempo de hidratación se ejecuta probando con los limites máximo y mínimo de las variables para el diseño experimental y así estimar el tiempo de hidratación.

Se ejecuta las pruebas pesando 100 gramos de granos de tarwi amargo y seco, colocándolos en contacto con agua atemperada a 40°C, usando un agitador de motor regulado a 60 y 160 rpm, también se prueba con una relación de Tarwi – Agua 1- 5 y 1 – 8, se determina el tiempo de hidratación realizando el seguimiento al peso ganado a cada hora hasta llegar a un peso constante.

3.3.2.2 DETERMINACION DEL TIEMPO DE COCION

Para la terminación del tiempo de cocción se aplica el método de la norma NB 320020:2012 Frejol en grano – Determinación del tiempo de cocción. La variante que se hace al usar este método es que los granos de tarwi a utilizarse para prueba son previamente hidratados.

La determinación se lo lleva a cabo por duplicado sobre la misma muestra preparada. En una olla, colocar 1500 cc de agua destilada y llevar a ebullición.

Cuando el agua está hirviendo se agrega 500g de granos de tarwi previamente hidratado y se continua el calentamiento hasta alcanzar nuevamente el punto de ebullición, momento que corresponderá al tiempo cero de la prueba de cocción durante un tiempo de 90 min.

Al mismo tiempo que la muestra permanece en ebullición, se mantendrá un recipiente con agua hirviendo, para sustituir el agua evaporada en la olla donde se está ejecutando la prueba de cocción de tal manera que el volumen del líquido en esta última no sea en ningún momento inferior a 1700 cc ni mayor a 2000 cc. Esta operación debe ser facilitada marcando la olla de aluminio en estos niveles.

Durante la cocción, la ebullición deberá ser continua y moderada.

Después de 90 min de cocción, sin desconectar de la fuente de calor, tomar al azar por lo menos 50 gramos, oprimir uno a uno entre los dedos índices y pulgar, ejerciendo presión moderada; si el porcentaje de granos de tarwi cocidos es inferior al 90% se continua la ebullición hasta obtener por lo menos el 90% de los granos de tarwi cocidos extrayendo muestras cada 20 minutos adicionales, es decir, a los 110, 130 y 150 min si fuere necesario.

El tiempo de cocción de cada muestra se expresa en minutos.

3.3.2.3 DETERMINACION DE TIEMPO DE CAMBIO DE AGUA EN LA ETAPA DE LAVADO

En esta etapa para el diseño experimental se ejecuta haciendo cambios de agua, la cual es una de las variables, así que se estima el tiempo para cambiar el agua lavando los granos de tarwi previamente cocidos durante un tiempo largo haciendo seguimiento a los granos de tarwi determinando la cantidad de alcaloides remanente en los granos de tarwi, se debe mantener el lavado en la misma agua hasta que el remanente de alcaloides en los granos de tarwi sea constante o tenga dicha tendencia.

3.3.3 SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO MÁS APROPIADO

Acorde con la decisión de los ensayos preliminares se selecciona el procedimiento más apropiado para el tratamiento de los granos de tarwi, así mismo para el método de cuantificación.

Para cada uno de los subprocesos se realiza el seguimiento cuantificando el porcentaje de los alcaloides extraídos de los granos de tarwi.

3.4 CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima es el tarwi amargo y para caracterizar se utilizaron normas bolivianas de IBNORCA y/o su adecuación.

Para la caracterización de la materia prima se utilizó los siguientes métodos:

Tabla 3.2. METODOS UTILIZADOS PARA LA CARACTERIZACION DE TARWI AMARGO

METODO	PRINCIPIO DEL METODO
NB /NA 0094 Leguminosas – Granos amargo de Tarwi– Requisitos	Esta norma establece los requisitos de calidad y los métodos de ensayo que debe cumplir el grano de tarwi para su comercialización.

<p>Nb 076:2000 Cereales – Determinación de proteínas totales – Método kjeldahl</p>	<p>El método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila recibiendo en:</p> <p>a) Ácido sulfúrico donde se forma sulfato de amonio y el exceso de ácido es valorado con hidróxido de sodio en presencia de rojo de metilo, o</p> <p>b) Ácido bórico formándose borato de amonio el que se valora con ácido clorhídrico.</p>	29
<p>NB 074 : 2000 Cereales – Método para determinar el contenido de Humedad</p>	<p>El método se basa en la determinación gravimétrica de la pérdida de masa, de la muestra desecada hasta masa constante en estufa de aire.</p>	
<p>NB 075:2000 Cereales – Método para determinar cenizas</p>	<p>El método se basa en la destrucción de la materia orgánica presente en la muestra por calcinación y determinación gravimétrica del residuo.</p>	
<p>NB 312005 Cereales Determinación de fibra cruda</p>	<p>Fibra cruda es la pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas.</p>	
<p>NB 312027 Cereales – Quinoa de grano – Determinación de materia grasa</p>	<p>Se pesa 3 a 5 gramos de la muestra en papel filtro, envolviendo en él la muestra. Se introduce el cartucho preparado con la muestra en el extractor Soxhlet y se adiciona al balón recolector de grasa (seco y</p>	

	previamente pesado) 200 ml de reactivo (Éter de petróleo, etílico o hexano).	30
NB 312031 Cereales - Quinoa en grano - Determinación de hidratos de carbono	Se basa en la clarificación de la muestra seguida de una hidrolisis intensa, la cual transforma la sacarosa en una mezcla equimolar de los monosacáridos, glucosa y fructosa los cuales reducen la sal cúprica (sales de Feheling) a oxido de cuproso rojo.	

3.5 DESCRIPCION DEL PROCESO PARA LA DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FAVORABLES PARA EL DESAMARGADO DE TARWI

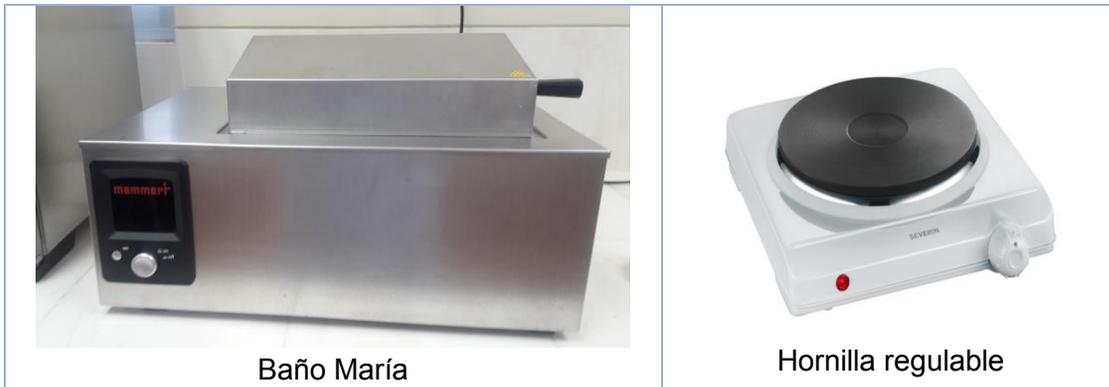
Los alcaloides existentes en el tarwi se encuentran en forma de sales que técnicamente es más recomendable y fácil de extraer con un solvente polar. En el presente trabajo se utiliza agua debido a sus propiedades de ser el solvente más polar y también por ser el más accesible en disponibilidad y costos.

El proceso de desamargado básicamente se trata de tres subprocesos los cuales consisten en la extracción mediante agua para disminuir la cantidad de alcaloides en el tarwi.

En este proceso se utilizó los siguientes equipos:

Tabla 3.3. EQUIPOS UTILIZADOS

 <p>Balanza de precisión</p>	 <p>Aspas para el Agitador de motor</p>	 <p>Agitador de motor regulable</p>
---	--	--

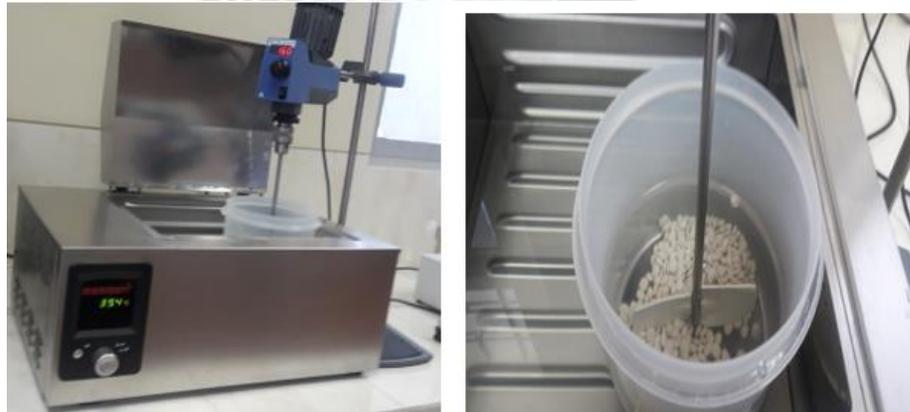


Fuente: Elaboración propia

3.5.1 PRIMER SUBPROCESO

Con la finalidad de aumentar la difusión de los alcaloides hacia el solvente se procede a la hidratación de los granos de tarwi, se lleva a cabo colocando a los granos en contacto con agua a una temperatura constante de 40°C por el tiempo hasta la hidratación completa haciendo uso del agitador de motor.

Figura 5. MONTAJE DEL SISTEMA PARA LA HIDRATACION



Fuente: Elaboración propia

3.5.1.1 VARIABLES DEL PRIMER SUBPROCESO

En el proceso de hidratación se estudiarán la interacción entre la velocidad de agitación expresada en rpm y la relación de tarwi – agua en tres niveles, la variable respuesta será el porcentaje de los alcaloides extraídos, esto con la cuantificación de alcaloides existentes en los granos de tarwi después del tratamiento, comparado con la cantidad de alcaloides al inicio del tratamiento. Se hizo uso del programa Desing Expert en la modalidad General factorial, las variables que se estudiaron se detallan a continuación:

Tabla 3.4. VARIABLES PARA EL PRIMER SUBPROCESO

PROCESO DE HIDRATACION				
Variables de Entrada				
#k	Factor	Bajo	Medio	Alto
1	Velocidad de Agitación (rpm)	60	110	160
2	Relación Tarwi - Agua (g)	1 - 5	1 - 6.5	1 - 8
Variables de Salida				
1	% de Alcaloides extraídos de los granos de tarwi			

Fuente: Elaboración propia

3.5.2 SEGUNDO SUBPROCESO

En esta parte del proceso teóricamente hablando es donde se extraen una importante cantidad de alcaloides por medio de la cocción de los granos de tarwi hidratados. Llevando a cabo este paso también se desactivan las enzimas como las lipasas que causan la descomposición de las grasas que se encuentran en una proporción importante en el tarwi además de la destrucción de los microorganismos perjudiciales, destrucción de las células de las semillas las cuales facilitan la extracción de los alcaloides y la coagulación de las proteínas en las semillas con lo que se reduce su pérdida durante el proceso de extracción.

Se lleva a cabo colocando los granos de tarwi en contacto con agua a temperatura de ebullición hasta que los granos de tarwi previamente hidratados estén cocidos.

Figura 6. COCCION DE LOS GRANOS DE TARWI PREVIAMENTE HIDRATADOS



Fuente: Elaboración propia

3.5.2.1 VARIABLES DEL SEGUNDO SUBPROCESO

Los parámetros a examinar son la relación de agua – tarwi y cambios de agua a determinados tiempos, la variable respuesta es el porcentaje de alcaloides extraídos después del tratamiento. En esta etapa para ver la relación de interacción entre los parámetros se hará uso del programa Desing Expert en la modalidad factorial en tres niveles.

Tabla 3.5. VARIABLES PARA EL SEGUNDO SUBPROCESO

PROCESO DE COCCION				
Variables de Entrada				
#k	Factor	Bajo	Medio	Alto
1	Relación Tarwi – Agua	1 - 3	1 - 5	1 - 7
2	N° de Cambios de Agua	1	2	3
Variables de Salida				
1	% de Alcaloides extraídos de los granos de tarwi			

Fuente: Elaboración propia

3.5.3 TERCER SUBPROCESO

Este paso es el más largo y complicado de todo el proceso de desamargado; tiene la finalidad de liberar hasta lo mínimo a los granos de tarwi de los alcaloides.

Se trata de un lavado continuo de los granos de tarwi cocidos, en un sistema de agitación constante a temperatura ambiente, para la inspección de este subproceso se realiza la cuantificación de los alcaloides en los granos de tarwi después del tratamiento.

Figura 7. LAVADO DE LOS GRANOS DE TARWI PREVIAMENTE COCIDO



Fuente: Elaboración propia

3.5.3.1 VARIABLES DEL TERCER SUBPROCESO

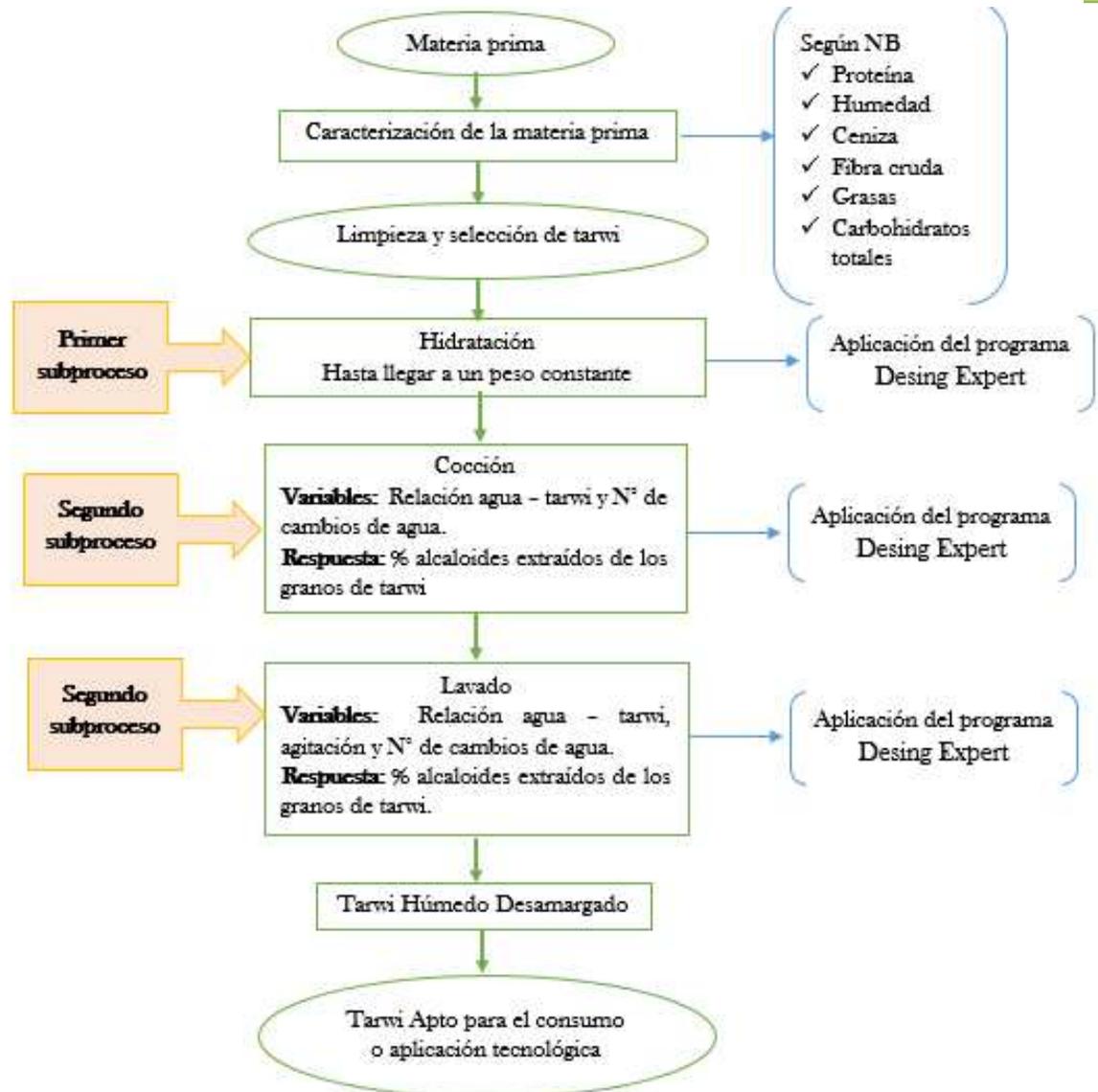
Las variables de estudio son: la velocidad de agitación expresada en rpm, la relación tarwi – agua y los números de cambios de agua y como variable respuesta el porcentaje de alcaloides extraídos de los granos de tarwi. Se realiza el estudio de interacción entre las variables antes dicha haciendo uso del programa Desing Expert en la modalidad factorial en dos niveles.

Tabla 3.6. VARIABLES PARA EL TERCER SUBPROCESO

PROCESO DE LAVADO			
Variables de Entrada			
#k	Factor	Bajo	Alto
1	Agitación (rpm)	120	160
2	Relación Tarwi – Agua (g)	1 - 4	1 - 10
3	N° de Cambios de agua	4	6
Variables de Salida			
1	% de Alcaloides extraídos de los granos de tarwi		

Fuente: Elaboración propia

Figura 8. DIAGRAMA DE FLUJO PARA DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FAVORABLES PARA EL DESAMARGADO DE TARWI



Fuente: Elaboración propia

3.6 METODO DE CUANTIFICACION DE ALCALOIDES

El método escogido para la cuantificación de alcaloides reportado en el capítulo dos en su forma más detallada consiste en:

Se toman 100 mg de muestra en un mortero con 5 a 10 ml de agua se disgrega la harina y se homogeniza cuidadosamente. Se transfiere a un matraz aforado de 25 ml, se adiciona 1 ml de solución de sulfato de amonio al 40% y se enrasa a 25 ml con agua. Se calienta sin llegar a ebullición para precipitar las proteínas, se enfría y se filtra. Se toma del filtrado una alícuota de

5 ml y se evapora a sequedad. El residuo se disuelve en alcohol caliente, se deja enfriar. Se afora a 10ml con alcohol y se filtra. Se toma del filtrado una alícuota de 5 ml y se evapora a sequedad. Se redisuelve en 10 ml de agua y se filtra (Para muestras desamargadas se disuelve en 5 ml o volúmenes menores). Del filtrado se toma una alícuota de 1ml en tubo y se adicionan 8 ml de reactivo de wagner diluido y despues de 5 minutos se mide la absorbancia a la longitud de onda analítica determinada previamente.

El reactivo de Wagner se prepara de acuerdo a lo reportado en el inciso 2.10 e) del capítulo dos. El Reactivo de Wagner diluido se prepara momentos antes de su utilización, mezclando una parte del reactivo concentrado en 50 partes de agua.

Figura 9. EL REACTIVO DE WAGNER CONCENTRADO Y DILUIDO



Fuente: Elaboración propia

3.7 CARACTERIZACION DEL TARWI DESAMARGADO

Despues del proceso de desamargado, los granos de tarwi se secan y se hace una molienda para la caracterización del producto obtenido.

Tabla 3.7. METODOS PARA LA CARACTERIZACION DEL TARWI DESAMARGADO

METODO	PRINCIPIO DEL METODO
NB /NA 0097 Leguminosas – granos amargo de tarwi – requisitos	Esta norma establece los requisitos de calidad y los métodos de ensayo que debe cumplir el grano de tarwi desamargado para su comercialización.
Nb 076:2000 Cereales – Determinación de proteínas totales – Método kjeldahl	El método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila recibiendo en: <ul style="list-style-type: none"> a) Ácido sulfúrico donde se forma sulfato de amonio y el exceso de ácido es valorado con hidróxido de sodio en presencia de rojo de metilo, o b) Ácido bórico formándose borato de amonio el que se valora con ácido clorhídrico.
NB 074 : 2000 Cereales – Método para determinar el contenido de Humedad	El método se basa en la determinación gravimétrica de la pérdida de masa, de la muestra desecada hasta masa constante en estufa de aire.
NB 075:2000 Cereales – Método para determinar cenizas	El método se basa en la destrucción de la materia orgánica presente en la muestra por calcinación y determinación gravimétrica del residuo.
NB 312005 Cereales Determinación de fibra cruda	Fibra cruda es la pérdida de masa que corresponde a la incineración del residuo orgánico que queda después de la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio en condiciones específicas.

NB 312027 Cereales – Quinua de grano – Determinación de materia grasa	Se pesa 3 a 5 gramos de la muestra en papel filtro, envolviendo en él la muestra. Se introduce el cartucho preparado con la muestra en el extractor Soxhlet y se adiciona al balón recolector de grasa (seco y previamente pesado) 200 ml de reactivo (Éter de petróleo, etílico o hexano).	38	
NB 312031 Cereales - Quinua en grano - Determinación de hidratos de carbono Método Munson y Walker	Se basa en la clarificación de la muestra seguida de una hidrolisis intensa, la cual transforma la sacarosa en una mezcla equimolar de los monosacáridos, glucosa y fructosa los cuales reducen la sal cúprica (sales de Feheling) a oxido de cuproso rojo.		
NB 32003 Ensayos microbiológicos – Recuento total de bacterias mesófilas aerobias viables	Esta norma describe el procedimiento para el recuento total de bacterias mesófilas aerobias viables		
NB 32005 Ensayos microbiológicos – recuento de bacterias coliformes	Esta norma describe los procedimientos para la detección y recuento de bacterias coliformes totales, fecales y Escherichia coli		
NB 32006 Ensayos microbiológicos – Recuento de mohos y levaduras	Esta norma describe el procedimiento para el recuento de mohos y levaduras en alimentos		

Fuente: ELABORACION PROPIA



CAPÍTULO 4:

RESULTADOS

CAPÍTULO 4

4.1 MATERIA PRIMA

La materia prima llamada por su nombre científico es *Lupinus Mutabilis Sweet*, fue utilizada en forma de granos secos y sin ningún material extraño como pajitas, piedritas, etc.

Figura 10. GRANOS DE TARWI AMARGO Y SECO



Fuente: Elaboración propia

4.2 PRUEBAS PRELIMINARES

Para el estudio de las variables y definir los niveles, se llevó a cabo pruebas preliminares. Así mismo también se realizó estas pruebas para elegir el mejor patrón para la cuantificación de alcaloides totales y junto a esto también la longitud de onda analítica.

4.2.1 ELECCION DE PATRON PARA LA CUANTIFICACION DE ALCALOIDES

La elección del patrón para la cuantificación de alcaloides totales se lo llevo a cabo ensayando en la materia prima la cual según norma y bibliografía referida a especies bolivianas esta alrededor de 1% a 4%.

4.2.1.1 PATRON 1 CODEINA

Se utilizó la codeína presente en un jarabe medicinal en forma de codeína fosfato hemihidratado ($\frac{1}{2}$ H₂O) 10mg_{CODEINA FOSFATO HEMIHDRATADO}/5ml.

Se preparó una solución madre realizando una dilución de 2:25 del jarabe en agua destilada, de la siguiente manera:

La fórmula molecular de la codeína fosfato hemihidratado es: C₁₈H₂₁NO₃•H₃PO₄• $\frac{1}{2}$ H₂O y su peso Molecular es 406.4 g/mol.

La fórmula molecular de la codeína es C₁₈H₂₁NO₃ y su peso molecular es 397.37 g/mol.

Se tomó 2 ml de jarabe para diluir en 25 ml de agua destilada.

Primeramente, calculamos la masa de la codeína fosfato hemihidratado:

$$\begin{aligned} Masa_{CODEINA\ FOSFATO\ HEMIHIDRATADO} &= 2\ ml_{JARABE} * \frac{10\ mg_{CODEINA\ FOSFATO\ HEMIHIDRATADO}}{5\ ml_{JARABE}} \\ &= 4\ mg_{CODEINA\ FOSFATO\ HEMIHIDRATADO} \end{aligned}$$

Ahora con el resultado anterior calculamos la masa de la codeína

$$\begin{aligned} Masa_{CODEINA} &= \frac{(PesoMolecular_{CODEINA}) * (Masa_{CODEINA\ FOSFATO\ HEMIHIDRATADO})}{(PesoMolecular_{CODEINA\ FOSFATO\ HEMIHIDRATADO})} \\ Masa_{CODEINA} &= \frac{\left(299.364\ \frac{g}{mol}\right)_{CODEINA} * (4\ mg_{CODEINA\ FOSFATO\ HEMIHIDRATADO})}{\left(406.37\ \frac{g}{mol}\right)_{CODEINA\ FOSFATO\ HEMIHIDRATADO}} \\ &= 2.9467\ mg_{CODEINA} \end{aligned}$$

Entonces la concentración inicial es:

$$\begin{aligned} C \left[\frac{mg_{CODEINA}}{ml} \right] &= \frac{2.9467\ mg_{CODEINA}}{25\ ml} \\ &= 0.1178\ \frac{mg_{CODEINA}}{ml} \end{aligned}$$

A partir de esta solución se realizó las demás diluciones descrita en la tabla de la curva de calibración

4.2.1.1.1 DETERMINACIÓN DE LA LONGITUD DE ONDA ANALÍTICA PARA LA CODEÍNA

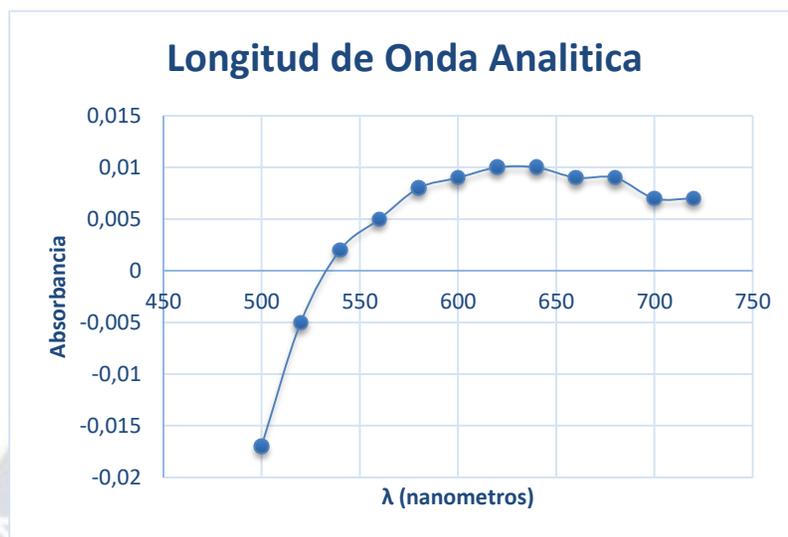
En primera instancia se determinó la longitud de onda, teóricamente la longitud de onda de la codeína es 400nm a 425nm, pero como se trata de un jarabe entonces se debe obtener la longitud de onda de manera experimental.

C = 0.04712 mg codeína/ml con esta concentración se realiza un barrido desde 400 nm a 720nm

Tabla 4.1. LECTURA DE ABS

λ (nm)	Absorbancia
400	-
450	-
480	-
500	-0,017
520	-0,005
540	0,002
560	0,005
580	0,008
600	0,009
620	0,01
640	0,01
660	0,009
680	0,009
700	0,007
720	0,007

Gráfico 3. λ (nm) vs. ABSORBANCIA



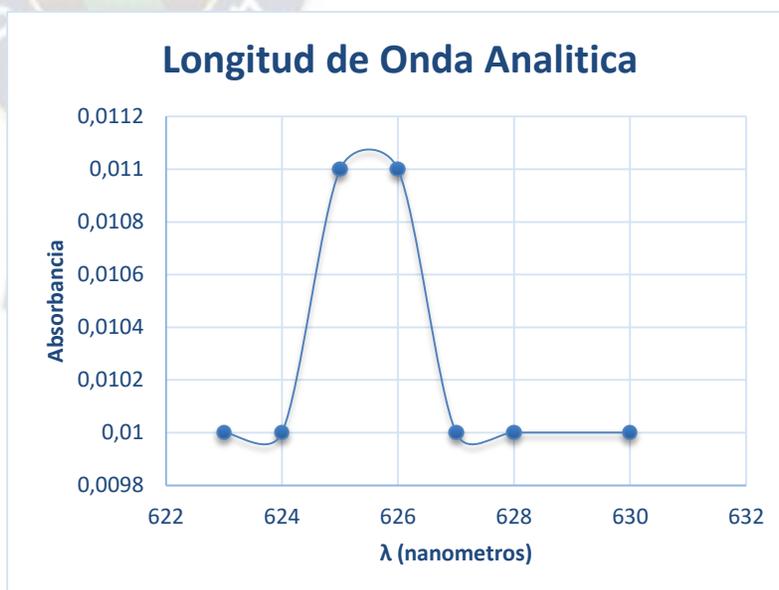
Fuente: Elaboración propia

Para obtener la longitud de onda analítica nuevamente se realiza el barrido de 625 nm a 630 nm

Tabla 4.2. LECTURA DE ABS

λ (nm)	Absorbancia
630	0,01
628	0,01
627	0,01
626	0,011
625	0,011
624	0,01
623	0,01

Gráfico 4. λ (nm) vs. ABSORBANCIA



Fuente: Elaboración propia

Se escoge como $\lambda_{ANALITICA} = 625$ nm ya que la absorbancia correspondiente a 626nm es muy inestable en la lectura.

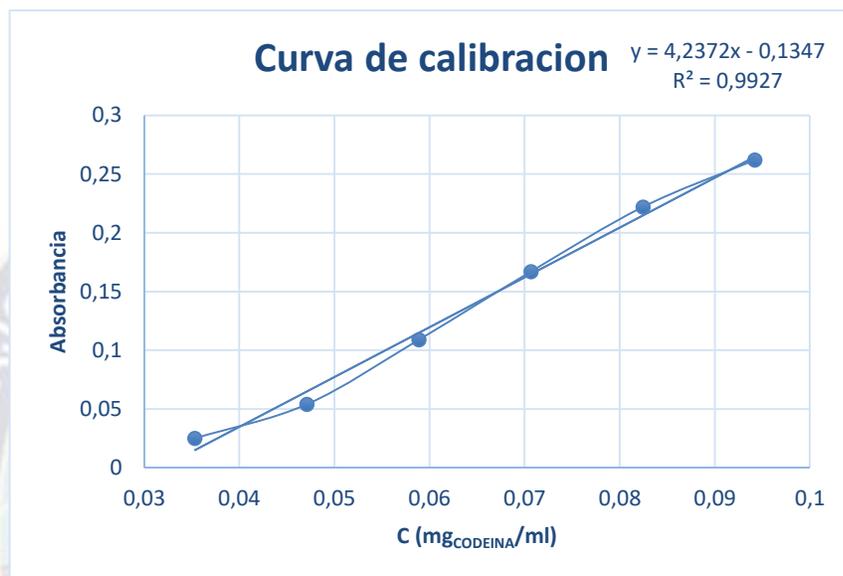
4.2.1.1.2 CURVA DE CALIBRACION PARA LA CODEINA

A la longitud de onda de 625 nm determinado en el inciso anterior se hizo la lectura de la curva de calibración.

Tabla 4.3. LECTURA DE ABS

C (mg/ml)	Absorbancia
0,01178	0,006
0,02356	0,011
0,03534	0,025
0,04712	0,054
0,0589	0,109
0,07068	0,167
0,08246	0,222
0,09424	0,262
0,10602	0,36
0,1178	0,335

Gráfico 5. CURVA PATRON CODEINA



Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta la parte lineal, 0.03534 mg/ml a 0.09424 mg/ml con sus correspondientes lecturas de absorbancia, de la curva de calibración se obtiene:

$$y = 4.2347x - 0.1347$$

$$R^2 = 0.993$$

4.2.1.1.3 CUANTIFICACION DEL PORCENTAJE DE ALCALOIDES EN LOS GRANOS DE TARWI AMARGO CON LA CODEINA COMO PATRON

Tabla 4.4. CALCULO DEL PORCENTAJE DE ALCALOIDES

Peso de la muestra (mg)	Dilución ^a	Absorbancia	Dilución ^b	Absorbancia	mg/ml ^c	mg (muestra) ^d	% Alcaloides ^e
100,3	1:100	0,53	01:25	0,023	0,03724	93,10	92,82
100,3	1:100	0,334	01:25	0,015	0,03535	88,38	88,11
						Promedio	90.46

Fuente: Elaboración propia

- Dilución de la muestra original hasta la determinación espectrofotométrica
- Segunda dilución para que la absorbancia entre en el rango de la curva de calibración
- Calculo en base a la curva de calibración.

$$\text{Formula: mg alcaloides/ml} = \frac{\text{Abs} + 0.1347}{4.2347}$$

- Miligramos de alcaloides existentes en la muestra de análisis
- Porcentaje de alcaloides en la muestra.

$$\text{Formula } \% \text{ alcaloides} = \frac{\text{mg(muestra)}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

El porcentaje calculado mostrado en la tabla 4.6 no corresponde a lo teórico esperado por tanto se excluye a la Cinchonine como patrón para la cuantificación.

4.2.1.2 PATRON 2 CAFEINA

La cafeína utilizada es de grado analítico con una pureza del 99%

Se preparó una solución madre de 50 mg/ml, pesando 1.263 gramos y diluyéndolo en 25 ml de agua destilada.

De la siguiente manera:

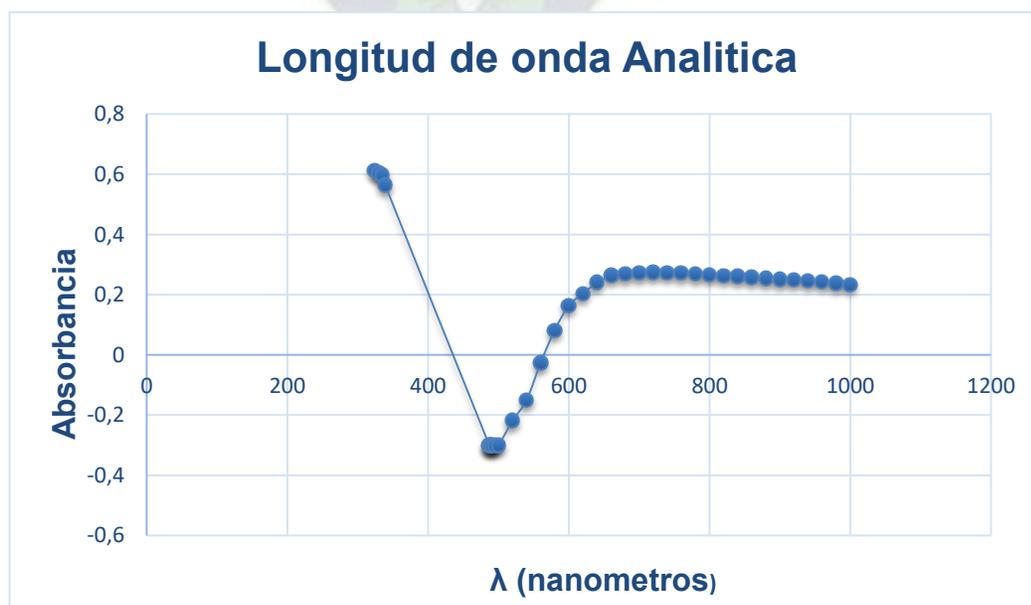
$$\begin{aligned} \text{Masa}_{\text{CAFEINA}} &= 50 \frac{\text{mg}_{\text{CAFEINA}}}{\text{ml}} * \frac{1 \text{g}_{\text{CAFEINA}}}{1000 \text{mg}_{\text{CAFEINA}}} * \frac{100 \text{g}_{\text{IMPURO}}}{99 \text{g}_{\text{PURO}}} * 25 \text{ml} \\ &= 1.263 \text{g}_{\text{CAFEINA IMPURA}} \end{aligned}$$

4.2.1.2.1 DETERMINACION DE LA LONGITUD DE ONDA ANALITICA PARA LA CAFEINA

Experimentalmente se determinó la longitud de onda analítica con la concentración 15 mg/ml y se realizó un barrido de 324 nm a 1000 nm los cuales los limites dados por el equipo.

Tabla 4.5. LECTURA DE ABS

λ (nm)	Absorbancia		
324	0,612	580	0,082
330	0,603	600	0,164
335	0,597	620	0,203
339	0,564	640	0,24
340	-	660	0,263
360	-	680	0,268
380	-	700	0,272
400	-	720	0,274
420	-	740	0,273
440	-	760	0,272
460	-	780	0,268
480	-	800	0,265
487	-0,301	820	0,262
488	-0,301	840	0,26
489	-0,301	860	0,257
490	-0,301	880	0,254
495	-0,301	900	0,251
500	-0,301	920	0,249
520	-0,219	940	0,246
540	-0,15	960	0,243
560	-0,026	980	0,238
		1000	0,233

Gráfico 6. λ (nm) vs. ABSORBANCIA

Fuente: Elaboración propia

Se escoge como $\lambda_{ANALITICA} = 324 \text{ nm}$

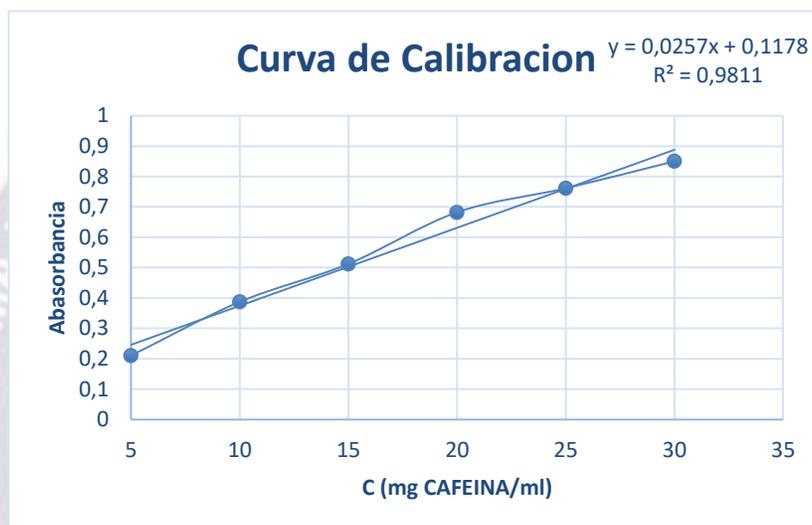
4.2.1.2.2 CURVA DE CALIBRACION PARA LA CAFEINA

Se trabajó con la longitud de onda de 324 nm para leer las absorbancias y realizar la curva de calibración

Tabla 4.6. LECTURA DE ABS

C(mg/ml)	Absorbancia
5	0,21
10	0,387
15	0,512
20	0,682
25	0,761
30	0,85
35	0,79
40	0,802
45	0,605
50	0,586

Gráfico 7. CURVA PATRON CAFEINA



Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta la parte lineal que corresponde desde la concentración de 5 mg/ml a 30mg/ml con sus respectivas lecturas de absorbancia, de la curva de calibración se obtiene:

$$y = 0.0257x - 0.1178$$

$$R^2 = 0.9811$$

4.2.1.2.3 CUANTIFICACION DEL PORCENTAJE DE ALCALOIDES EN LOS GRANOS DE TARWI AMARGO CON LA CAFEINA COMO PATRON

Tabla 4.7. CALCULO DE LA CANTIDAD DE ALCALOIDES

peso de la muestra (mg)	Dilución ^a	Absorbancia	mg/ml ^b	mg (muestra) ^c	% Alcaloides ^d
100,4	1:100	0.137	0,7471	74,71	74,41
102,9	1:100	0.164	1,7977	179,77	174,70
				Promedio	124.6

Fuente: Elaboración propia

- Dilución de la muestra original hasta la determinación espectrofotométrica
- Calculo en base a la curva de calibración.

$$\text{Formula: mg alcaloides/ml} = \frac{\text{Abs} + 0.1178}{0.0257}$$

- Miligramos de alcaloides existentes en la muestra de análisis
- Porcentaje de alcaloides en la muestra.

$$\text{Formula } \% \text{ alcaloides} = \frac{\text{mg(muestra)}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

El resultado mostrado en la tabla 4.9 no corresponde a lo teórico esperado por tanto se excluye a la cafeína como patrón para la cuantificación.

4.2.1.3 PATRON 3 CINCHONINE

Para la preparación de la solución madre se pesó 25 mg de Cinchonine se lo disolvió en 25 ml de agua destilada obteniéndose una solución de concentración:

$$C \left[\frac{\text{mg}_{\text{CINCHONINE}}}{\text{ml}} \right] = \frac{25 \text{ mg}_{\text{CINCHONINE}}}{25 \text{ ml}} \\ = 1 \frac{\text{mg}_{\text{CINCHONINE}}}{\text{ml}}$$

Para obtener una dilución de concentración $0.06 \text{ mg}_{\text{CINCHONINE}}/\text{ml}$;

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2 \\ V_1 = \frac{C_2 * V_2}{C_1}$$

Reemplazando datos:

$$V_1 = \frac{0.06 \frac{\text{mg}_{\text{CINCHONINE}}}{\text{ml}} * 25 \text{ ml}}{1 \frac{\text{mg}_{\text{CINCHONINE}}}{\text{ml}}}$$

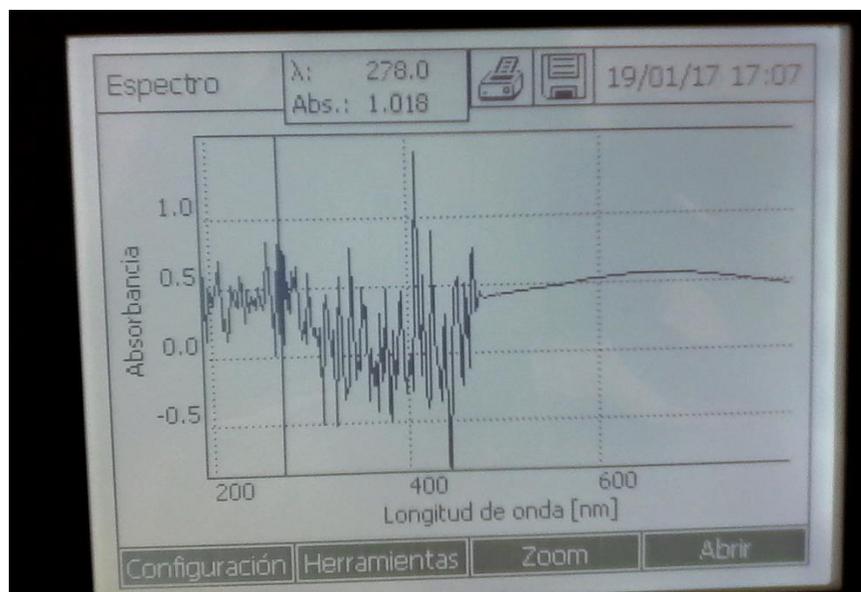
$$V_1 = 1.5 \text{ ml}$$

Este volumen se lo midió con la ayuda de una micropipeta regulable de 0.1 a 1000 μl y se diluyo en 25 ml de agua destilada para obtener la solución madre deseada.

4.2.1.3.1 DETERMINACION DE LA LONGITUD DE ONDA ANALITICA PARA LA CINCHONINE

El laboratorio adquirió un nuevo espectrofotómetro, en el cual después de que el equipo hace el barrido de las diferentes longitudes de onda, en el display reporta directamente la absorbancia más alta y la respectiva longitud de onda analítica.

Figura 11. DETERMINACION DE LA LONGITUD DE ONDA ANALITICA



Fuente: Elaboración propia

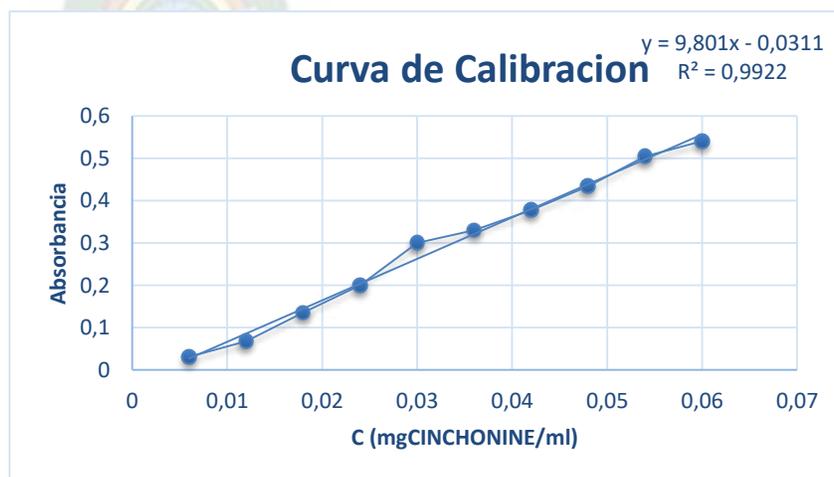
La longitud de onda analítica es 278 nm.

4.2.1.3.2 CURVA DE CALIBRACION PARA LA CINCHONINE

Tabla 4.8. LECTURA DE ABSORBANCIA CON LA CINCHONINE COMO PATRON

C (mg/ml)	A
0,006	0,031
0,012	0,068
0,018	0,136
0,024	0,2
0,03	0,3
0,036	0,33
0,042	0,378
0,048	0,434
0,054	0,505
0,06	0,541

Gráfico 8. CURVA PATRON CINCHONINE



Fuente: Elaboración propia

Tomando en cuenta la parte lineal que corresponde desde la concentración 0.006 mg/ml a 0.06 mg/ml con sus respectivas lecturas de absorbancia, de la curva de calibración se obtiene:

$$y = 9.80x - 0.0311$$

$$R^2 = 0.9922$$

4.2.1.3.3 CALCULO DEL PORCENTAJE DE ALCALOIDES TOTALES EN LA MATERIA PRIMA

Tabla 4.9 DETALLE DE LOS DATOS Y EL CALCULO DE LOS ALCALOIDES TOTALES

Peso de la muestra (mg)	Dilución ^a	Absorbancia	mg/ml ^b	mg (muestra) ^c	% alcaloides ^d
104.9	1:100	0,34	0,03787	3,7867	3.61
100.4	1:100	0,348	0,03868	3,8684	3,57
				Promedio	3.59

Fuente: Elaboración propia

- Dilución de la muestra original hasta la determinación espectrofotométrica
- Calculo en base a la curva de calibración.

$$\text{Formula: mg alcaloides/ml} = \frac{\text{Abs} + 0.0311}{9.80}$$

- Miligramos de alcaloides existentes en la muestra de análisis
- Porcentaje de alcaloides en la muestra.

$$\text{Formula } \% \text{ alcaloides} = \frac{\text{mg(muestra)}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

4.2.2 PROCESO DE DESAMARGADO

Para el desamargado de tarwi se tuvieron que hacer pruebas preliminares para determinar el tiempo de hidratación, el tiempo de cocción y el tiempo para realizar los cambios de agua para la etapa de lavado.

4.2.2.1 DETERMINACION DEL TIEMPO DE HIDRATACION

4.2.2.1.1 ELECCION DE LA VELOCIDAD DE AGITACION EN LA ETAPA DE HIDRATACION

En la etapa de hidratación se considera como variable de estudio la velocidad de agitación que se aplicara al sistema. Para definir en qué rango de velocidad de agitación en el que se trabajará se considera las especificaciones del equipo.

En el caso del límite inferior se considera la velocidad de agitación mínima que el equipo puede proporcionar, el cual es 60 rpm.

En el caso del límite superior se considera por observación que las aspas del agitador no ocasionen burbujas en el instante de aumentar la velocidad de agitación al sistema, el cual se lo determino en 160 rpm.

En el diseño experimental se aplica un diseño 3^2 , es decir un diseño de tres niveles de tal manera para la parte media se considera 110 rpm el cual corresponde al 60% de la suma del nivel bajo y alto.

4.2.2.1.2 DETERMINACION DEL TIEMPO PARA LA ETAPA DE HIDRATACION

La hidratación es una fase previa a la cocción para humedecer y ablandar la semilla y así abreviar el tiempo de cocción y reducir el contenido de toxinas. El hecho de usar temperatura en el remojo favorece la absorción del agua hacia la semilla. El tiempo necesario para la hidratación varia con la variedades y especies de la leguminosa.

Para estimar el tiempo de hidratación se controló el peso ganado hasta llegar a peso constante, esto se lo hizo a una temperatura constante de 40°C con 60 rpm y 120 rpm que son el nivel bajo y alto respectivamente, así también con la relación 1- 5 y 1 – 8 de tarwi – agua que también es el nivel bajo y alto respectivamente para el diseño experimental.

PRIMER ENSAYO

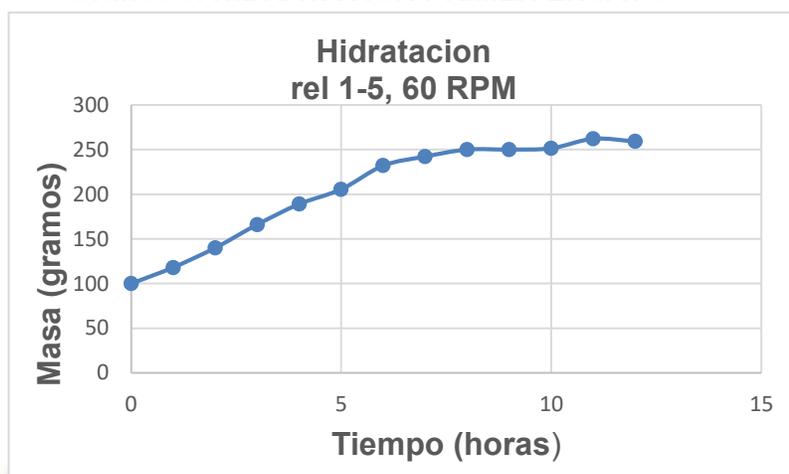
Relación Tarwi - Agua	1 - 5
Velocidad de agitación	60 RPM

Tabla 4.10 DATOS PRIMER ENSAYO

t (h)	Masa (g)
0	100
1	118,1
2	140
3	166,1
4	189,1
5	205,6
6	232,1
7	242,3
8	250,1
9	250,1
10	251,5
11	262,2
12	259,2

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9. HIDRATACION PRIMER ENSAYO



50

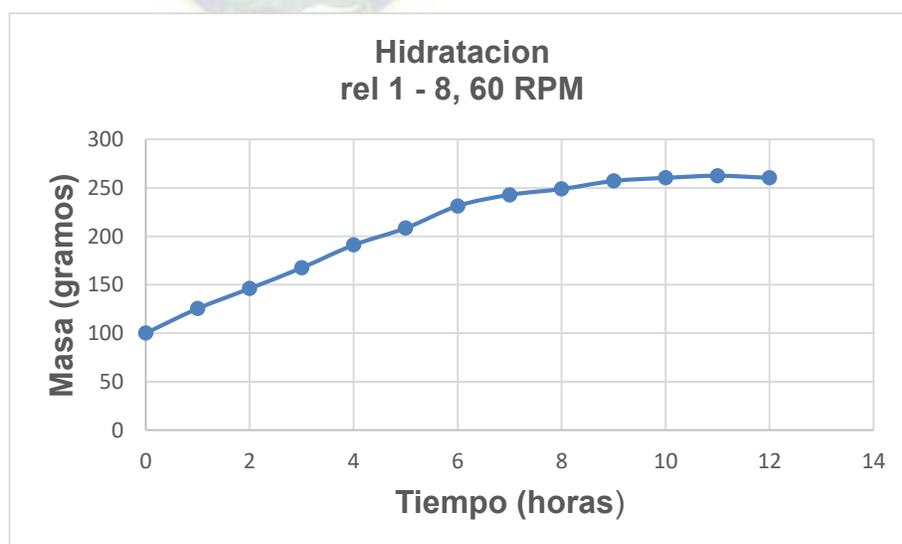
SEGUNDO ENSAYO

Relación Tarwi - Agua	1 - 8
Velocidad de Agitación	60 RPM

Tabla 4.11 DATOS COLECTADOS SEGUNDO ENSAYO

t (h)	Masa (g)
0	100
1	125,4
2	146,1
3	167,4
4	191
5	208,4
6	231,3
7	242,8
8	248,8
9	257,1
10	260,3
11	262,5
12	260,3

Gráfico 10. HIDRATACION SEGUNDO ENSAYO



Fuente: Elaboración propia

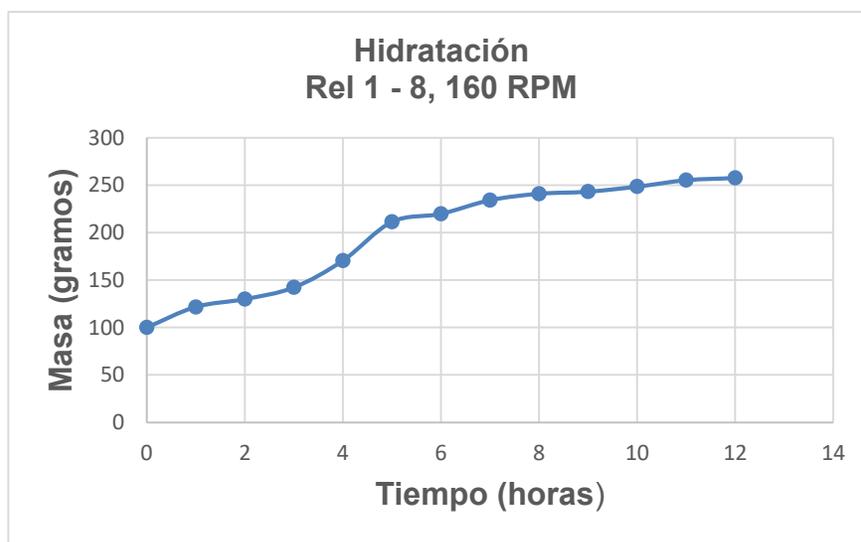
TERCER ENSAYO

Relación Tarwi - Agua	1 - 8
Velocidad de agitación	160 RPM

Tabla 4.12 DATOS
COLECTADOS
TERCER ENSAYO

t (h)	Masa (g)
0	100
1	121,8
2	130
3	142,3
4	170,6
5	211,5
6	220
7	234,4
8	241,2
9	243,4
10	248,7
11	255,5
12	257,8

Gráfico 11. HIDRATACION TERCER ENSAYO



Fuente: Elaboración propia

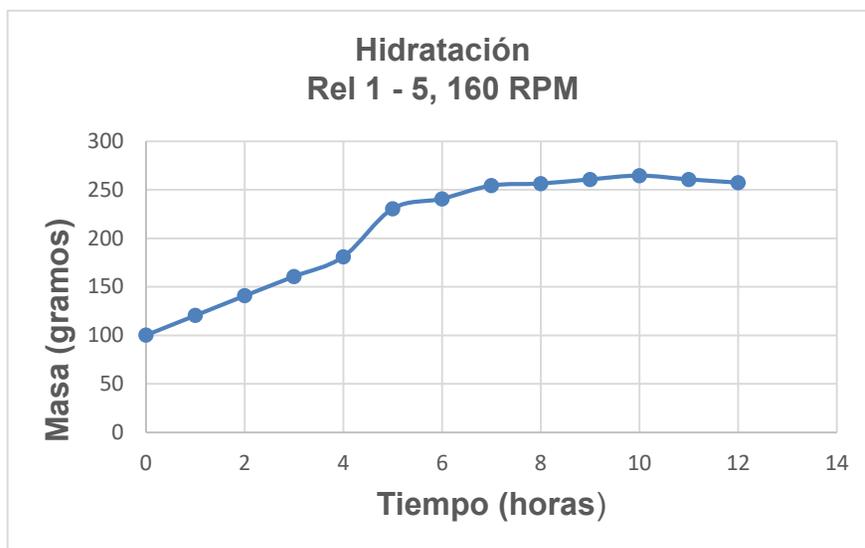
CUARTO ENSAYO

Relación Tarwi - Agua	1 - 5
Velocidad de agitación	160 RPM

**Tabla 4.13 DATOS
COLECTADOS
CUARTO ENSAYO**

t (h)	Masa (g)
0	100,2
1	120,5
2	140,8
3	160,7
4	181
5	230,5
6	240,7
7	254,3
8	256,4
9	260,7
10	264,6
11	260,7
12	257,4

Gráfico 12. HIDRATACION CUARTO ENSAYO



Se denota en las gráficas referentes a la relación tarwi – agua 1 – 5, relación tarwi – agua 1 – 8 y ambos a 60 rpm que el tiempo en el cual la absorción de agua en los granos de tarwi disminuye y tiende a ser constante a partir de las 8 horas.

En las gráficas pertenecientes a la relación tarwi – agua 1 -5, relación tarwi – agua 1 – 8 y ambos a 160 rpm que el tiempo en el cual la absorción de agua en los granos de tarwi disminuye y tiende a ser constante a partir de las 6 a 7 horas. Por tanto, el tiempo estimado de hidratación está en el rango de 6 a 8 horas, este tiempo se controla durante el diseño experimental.

4.2.2.2 DETERMINACION DEL TIEMPO DE COCCION

La cocción es una operación posterior a la hidratación, en el cual se extrae un buen porcentaje de los alcaloides de los granos de tarwi. Para determinar el tiempo de cocción se aplicó el procedimiento descrito en el capítulo anterior inciso 3.3.2.2.

La variante que se hizo en la aplicación del protocolo para la determinación del tiempo de cocción fue que se usó 100 gramos de tarwi seco previamente hidratado obteniéndose luego de la hidratación 228.6 gramos y para la cocción se utilizó 685.7 ml de agua y se tomaron aproximadamente 25 gramos de muestra lo cual corresponde a 10 granos de tarwi durante un tiempo de 20 minutos contando desde la ebullición del sistema.

Figura 12.
GRANOS DE TARWI
HIDRATADOS



Figura 13.
COCCION DE LOS
GRANOS DE TARWI



Figura 14.
TOMA DE MUESTRA
POR DUPLICADO



Fuente: Elaboración propia

A continuación, los resultados:

Tabla 4.14 DATOS Y RESULTADOS DEL ENSAYO DE COCCION

CANTIDAD DE GRANOS DE MUESTRA	TIEMPO (min)	GRANOS DE TARWI COCIDOS		PORCENTAJE DE GRANOS COCIDOS
10	20	0	0	0
10	40	0	0	0
10	60	2	3	25
10	80	5	3	40
10	100	6	7	65
10	120	10	8	90
10	140	10	10	100
10	160	10	10	100
10	180	10	10	100

Fuente: Elaboración propia

El tiempo determinado para la cocción de los granos de tarwi so de $t = 120$ min equivalente a 2 horas.

4.2.2.3 DETERMINACION DEL TIEMPO DE CAMBIO DE AGUA EN LA ETAPA DE LAVADO

La etapa de lavado es la operación más larga del proceso de desamargado, donde se reduce al mínimo el contenido de alcaloides, en las pruebas preliminares para estimar el tiempo en el que se debe hacer el cambio de agua se realizó el seguimiento al contenido de alcaloides en los granos de tarwi a lo largo de cada lavado, estos ensayos se los hizo en condiciones de

temperatura ambiente, a una velocidad de agitación de 160 rpm y la relación tarwi – agua es de 1 – 4 que son; el nivel alto de la velocidad de agitación y el nivel bajo de la relación tarwi agua respectivamente.

1ER LAVADO

Las determinaciones se los realizo por duplicado.

Tabla 4.15 DATOS Y RESULTADOS DEL PRIMER LAVADO

t (h)	Masa (mg)	A1	A2	C1 (mg/ml)	C2 (mg/ml)	% Alcaloides1	% Alcaloides2	Promedio
2	100,7	0,051	0,035	0,0110	0,0092	1,090	0,821	0,955
4	100,2	0,048	0,037	0,0106	0,0094	1,062	0,845	0,953
6	103,4	0,027	0,04	0,0083	0,0097	0,802	0,942	0,872
8	101,5	0,04	0,019	0,0097	0,0074	0,960	0,729	0,844
10	101,1	0,031	0,032	0,0087	0,0088	0,864	0,875	0,870
12	103,2	0,033	0,031	0,0090	0,0087	0,868	0,847	0,858

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13. PRIMER LAVADO



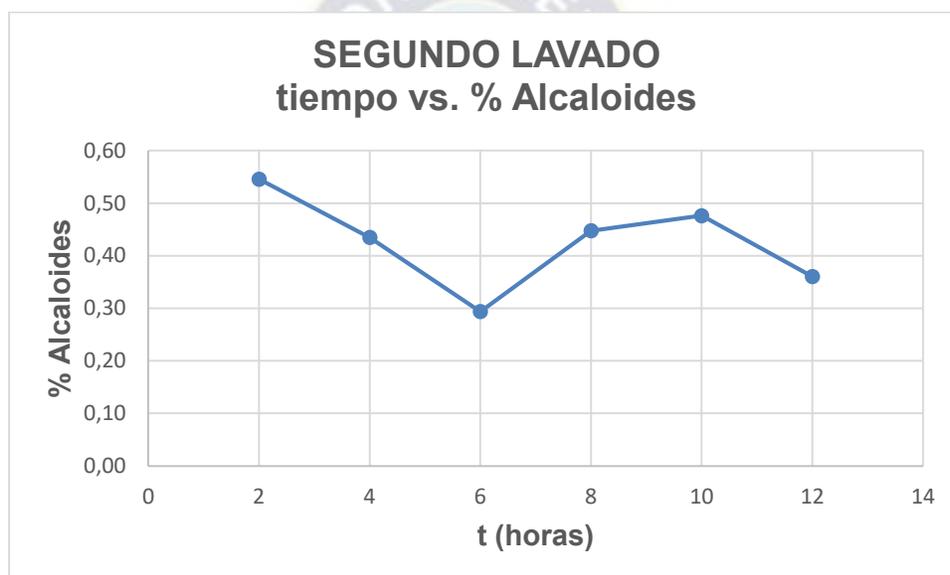
Fuente: Elaboración propia

En el análisis de esta operación se estima el cambio de agua en el primer lavado a las 8 horas.

2DO LAVADO**Tabla 4.16 DATOS Y RESULTADOS DEL SEGUNDO LAVADO**

t (h)	masa (mg)	A	C(mg/ml)	%
2	87,45	0,06	0,0119	0,55
4	106,90	0,057	0,0116	0,43
6	141,56	0,036	0,0094	0,29
8	95,55	0,048	0,0107	0,45
10	75,91	0,032	0,0090	0,48
12	70,49	0,006	0,0063	0,36

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14. SEGUNDO LAVADO

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de esta operación se estima el cambio de agua en el segundo lavado a las 6 horas.

3ER LAVADO

En la prueba preliminar del tercer lavado se le hizo el seguimiento considerando un tiempo más largo de los anteriores para ver el comportamiento del desamargado, estimar el tiempo para el cambio de agua y dar lugar al siguiente lavado.

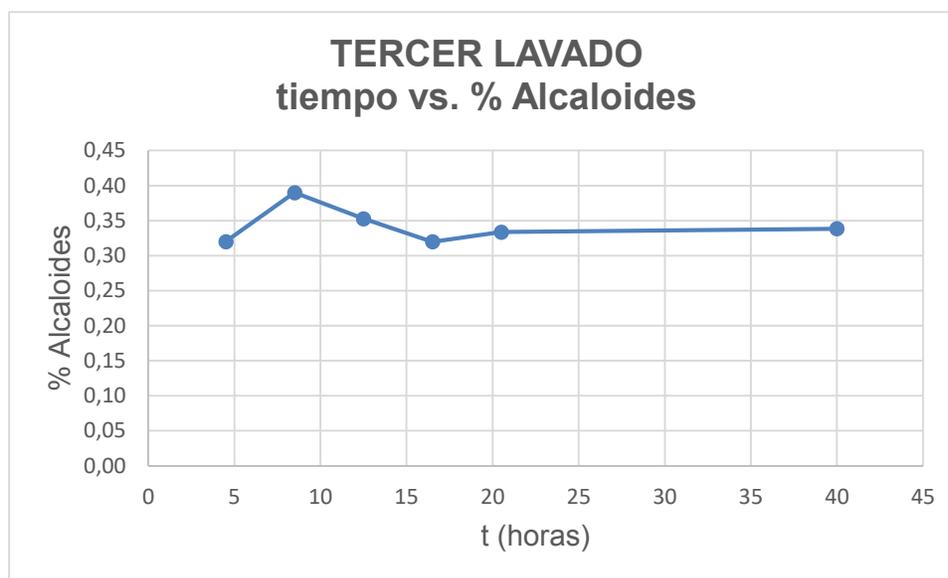
Tabla 4.17 DATOS Y RESULTADOS DEL TERCER LAVADO

t (h)	masa (mg)	A	C (mg/ml)	%
4,5	108,43	0,111	0,0173	0,32
8,5	132,00	0,203	0,0257	0,39

12,5	81,28	0,078	0,0143	0,35
16,5	95,33	0,088	0,0152	0,32
20,5	100,68	0,105	0,0168	0,33
40	92,26	0,092	0,0156	0,34

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15. TERCER LAVADO



Fuente: Elaboración propia

Se observa que el porcentaje de alcaloides a las 4.5 horas es considerablemente más baja de las correspondientes a 8.5 horas y 12.5 horas, no así de las correspondientes 16.5, 20.5 y 40 horas, pero el tiempo es muy largo y mantener los granos de tarwi en períodos prolongados en agua además de los otros lavados anteriores hacen que los granos de tarwi empiezan a desintegrarse debido al exceso de humidificación en sus componentes como carbohidratos y proteínas.

Con las consideraciones antes dichas los siguientes lavados se los lleva a cabo en 4 horas.

4.2.3 SELECCIÓN DEL PROCEDIMIENTO MAS ADECUADO

Con la decisión vista en los ensayos preliminares se tiene el siguiente procedimiento

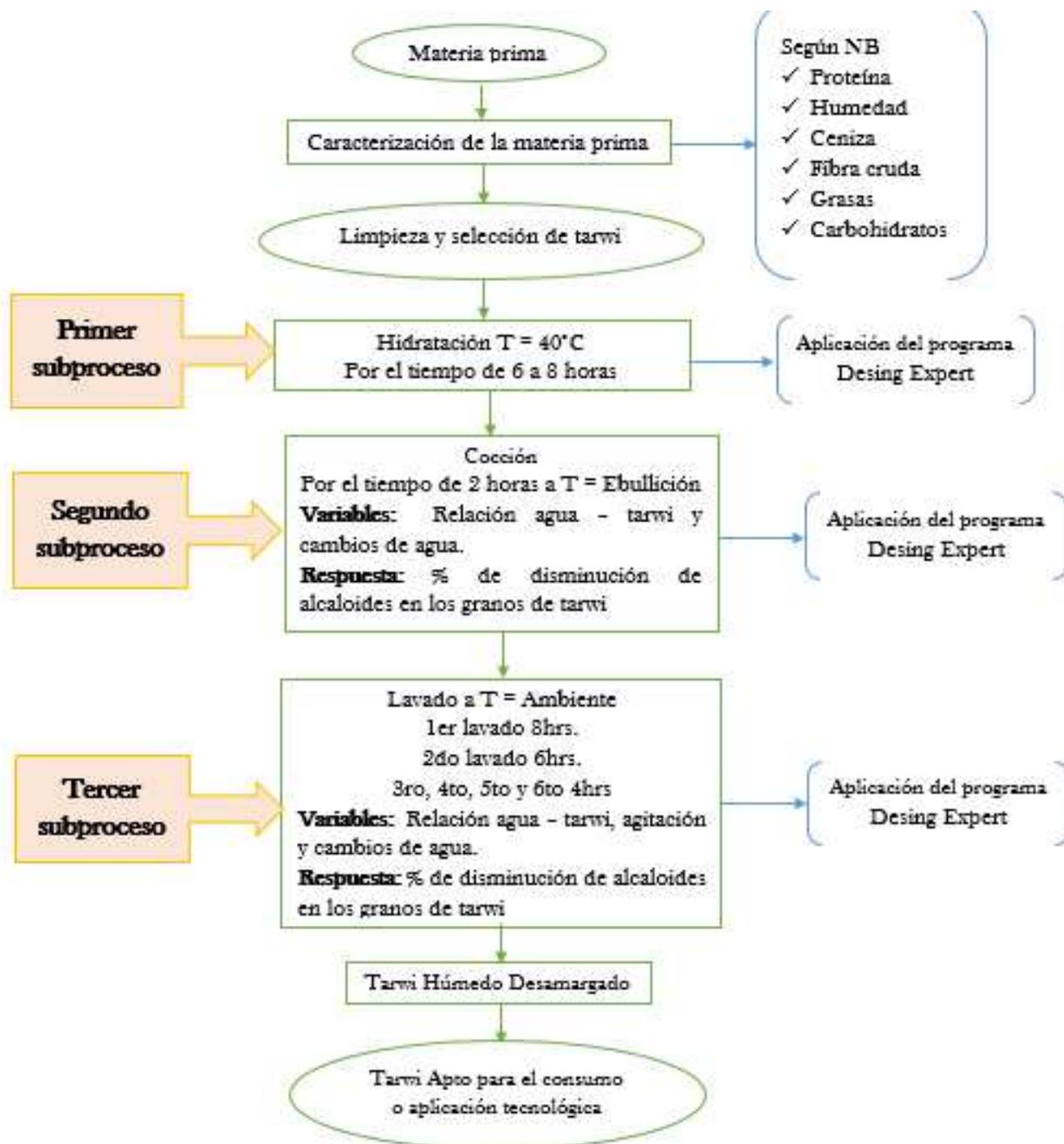
4.2.3.1 ANALISIS Y CUANTIFICACION DE ALCALOIDES

El patrón para la cuantificación de los alcaloides existentes en el tarwi es la Cinchonine a una longitud de 278 nm.

4.2.3.2 ELECCION DE PROCESO PARA EL DESAMARGADO DE TARWI

A continuación, se tiene un diagrama de flujo más detallado contando con los resultados de las pruebas preliminares, esto es el tiempo en el que se hidrata los granos de tarwi, el tiempo de cocción y los tiempos para los cambios de agua.

Figura 15. ELECCION DE PROCESO PARA EL DESAMARGADO DE TARWI



Fuente: Elaboración propia

4.3 CARACTERIZACION DE MATERIA PRIMA

De acuerdo con el inciso 3.2 de la norma **NB /NA 0094 LEGUMINOSAS – GRANOS AMARGO DE TARWI – REQUISITOS** revisar ANEXO A, establece los requisitos de calidad y fisicoquímicos para el tarwi amargo.

58

Para determinar la calidad de los granos de tarwi se pesó 1000 gramos, por cuarteo se separó y se procedió a inspeccionar toda la muestra.

CUARTEO DE LOS GRANOS DE TARWI



GRANOS DE TARWI PARTIDOS



Calculo de granos partidos:

$$GP = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

Donde:

GP = Contenido de granos partidos, en porcentaje de peso

P_1 =Peso de la muestra original, en g

P_2 = Peso de la muestra limpia, en g

$$GP = \frac{1000g - 985g}{1000g} * 100$$

$$GP = 1.5\%$$

Calculo de impurezas:

$$I = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

I = Impurezas, en porcentaje de peso

P_1 =Peso de la muestra original, en g

P_2 = Peso de la muestra limpia, en g

$$I = \frac{1000g - 983.3g}{1000g} * 100$$

$$I = 1.67\%$$

De acuerdo a las escalas dadas en la norma **NB /NA 0094 LEGUMINOSAS – GRANOS AMARGO DE TARWI – REQUISITOS** revisar ANEXO A. podemos determinar:

Color predominante. De acuerdo a la tabla 4 de la norma

Tabla 4 Color predominante

COLOR	VALORACIÓN
Blanco	1
Crema	2
Amarillo	3
Café claro	4

Negro	5
Marrón	6
Gris	7
Café oscuro	8
Otros	9

Se detecta por observación simple que el color predominante es Blanco y según la escala de la tabla anterior corresponde al número 1.

Color Secundario. De acuerdo a la tabla 5 de la norma

Tabla 5 Color secundario del grano

COLOR	VALORACIÓN
Ausente	0
Blanco	1
Amarillo	2
Crema	3
Café claro	4
Negro	5
Marrón	6
Gris	7
Café oscuro	8
Otros	9

Se detecta por observación simple que el color secundario es negro y según la escala de la tabla anterior corresponde al número 5.

Distribución de color secundario del grano (DCGS). De acuerdo a la tabla 6 de la norma

Tabla 6 Distribución del color secundario del grano

COLOR	VALORACIÓN
Ausente	0
Media luna	1
En ceja	2
En lomo	3
Salpicada	4
En bigote	5
Veteada	6
En media luna veteada	7
En ceja veteada	8
Manchada	9
En lomo manchada	10

Calculo de los granos cotiledones verdes:

$$GCV = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

GCV = Granos cotiledones verdes, en porcentaje en peso

P₁ = Peso de la muestra original, en g

P₂ = Peso de la muestra limpia, en g

$$GCV = \frac{1000g - 993.3g}{1000g} * 100$$

$$GCV = 0.67\%$$

En resumen se tiene la siguiente tabla

Tabla 4.18. CALIDAD DEL GRANO DE TARWI

ATRIBUTO DE CALIDAD		UNIDADES	RESULTADO
Grano Partido		%	1.5
Impurezas		%	1.67
Color Predominante		-	1
Color Secundario		-	5
Distribución de color secundario del grano (DCGS)		-	1
Granos de cotiledones verdes		%	0.67
Granos dañados max.	Por calor	%	0
	Por hongos	%	0
	Total	%	0

Fuente: Elaboración propia

Previo a la caracterización fisicoquímica, se realizó una molienda y tamizado obteniendo una harina ANEXO B

Figura 16. MOLIENDA DE TARWI AMARGO



Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.19. ANALISIS FISICOQUIMICO DE LA MATERIA PRIMA

ATRIBUTO	Unidades	Resultado
Humedad	%	7.33
Proteína	%	39.00
Grasa	%	19.98
Fibra	%	6.16
Carbohidratos	%	15.36
Ceniza	%	3.94
ELN (Extracto libre de nitrógeno)	%	30.92
Peso de 1000 granos	-	199
Peso Hectolitrico	Kg/hL	70.5
Capacidad de hidratación	%	73

Fuente: Elaboración propia

4.4 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FAVORABLES PARA EL DESAMARGADO DE TARWI

Se hizo un estudio de cada subproceso teniendo en cuenta los ensayos preliminares y la bibliografía relacionada con el tema.

4.4.1 PRIMER SUBPROCESO ETAPA DE HIDRATACION

En este subproceso se utilizó el diseño 3^k los parámetros influyentes a estudiar son la velocidad de agitación y relación de Tarwi – Agua en sus niveles alto medio y bajo véase ANEXO C.

Tabla 4.20 VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA PARA EL PROCESO DE HIDRATACIÓN

PROCESO DE HIDRATACION				
Variables de Entrada				
#k	Factor	Bajo	Medio	Alto
1	Velocidad de Agitación (rpm)	60	110	160
2	Relación Tarwi - Agua (g)	1 - 5	1 - 6.5	1 - 8
Variables de Salida				
1	%Alcaloides Extraídos de los granos de tarwi			

Fuente: Elaboración propia

Con los rangos determinados, el programa estableció 18 corridas las cuales se detallan a continuación:

Tabla 4.21 MATRIZ EXPERIMENTAL DE DISEÑO PARA LA HIDRATACION

Std	Run	Block	Factor 1 A: VEL. AGITACION RPM	Factor 2 B: REL T - A G - G	% Alcaloides Extraídos
18	1	Block 1	160	1 – 8	29.43
10	2	Block 1	110	1 – 6.5	39.39
13	3	Block 1	60	1 – 8	52.63
9	4	Block 1	110	1- 6.5	36.84
12	5	Block 1	160	1 – 6.5	47.37
8	6	Block 1	60	1 – 6.5	24.38
17	7	Block 1	160	1 – 8	21.45
6	8	Block 1	160	1 – 5	22.59
7	9	Block 1	60	1 – 6.5	27.62
5	10	Block 1	160	1 - 5	22.82
3	11	Block 1	110	1 – 5	25.88
11	12	Block 1	160	1 – 6.5	51.52
14	13	Block 1	60	1 – 8	63.99
16	14	Block 1	110	1 – 8	36.37
2	15	Block 1	60	1 – 5	30.75
1	16	Block 1	60	1 – 5	37.12

15	17	Block 1	110	1 – 8	37.95
4	18	Block 1	110	1 – 5	24.53

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

Las corridas se realizaron en forma aleatoria y después de completar la matriz de diseño con la columna de la variable respuesta se prosigue al análisis de resultados.

Tabla 4.22 RESUMEN DE DATOS DE ENTRADA EN EL SOFTWARE DESING EXPERT 7.0.0 PARA LA HIDRATACION

Desing Summary											
Study Type		Factorial			Run		18				
Initial Desing		Full Factorial			Blocks		No Blocks				
Center points		0									
Factor	Name	Units.	Type	Low Actual	High Actual						
A	Vel. Agitación	RPM	Categoic	60	160	Levels	3				
B	Rel. T–A	G - G	Categoic	1 - 5	1 - 8	Levels	3				
Response	Name	Units	Obs.	Analysis	Minimun	Maximum	Mean	Std Dev	Ratio	Trans.	Model
Y1	% Alcaloides Extraídos	%	18	Factorial	21.45	63.99	35.16	11.81	2.983	None	Rcubic

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

El cuadro de summary muestra el resumen de las variables, los niveles en los cuales se los está considerando, el número de observaciones, que tipo de análisis se está usando, además del máximo y el mínimo de la variable respuesta, la media, la desviación estándar, ratio, la Transformación y el modelo aplicado por el programa. Este cuadro nos sirve para verificar los datos que se ha ingresado al programa.

4.4.1.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS – VARIABLE RESPUESTA % DE ALCALOIDES

Las variables del proceso se pueden dividir en Continuo y Categórico.

Continuo: Se pueden variar libremente en un rango.

Categórico: Restringido a unos pocos valores distintos las variables categóricas a veces se dividen en Nominal y Ordinal.

Una variedad ordinal es una variable categórica en la que las categorías tienen un orden natural.

Una variable nominal es aquella en la que no hay un orden implícito.

El Software al hacer el análisis nos permite cambiar las variables de categórico a continuo de manera que el programa nos entrega el modelo del proceso.

En el siguiente cuadro se muestra el análisis de varianza de la variable respuesta.

Tabla 4.23 ANOVA % DE ALCALOIDES EXTRAIDOS VARIABLE RESPUESTA EN EL PROCESO DE HIDRATACION

Response 1		% Alcaloides Extraídos				
ANOVA for Select factorial model						
Analysis of variance table (classical sum of squares – Type II)						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F value	p-value	Prob >F
Model	2267.52	4	566.88	30.37	< 0.0001	
A – Velocidad de Agitación	549.67	1	549.67	29.45	0.0001	
B Relación Tarwi – Agua	511.30	1	511.30	27.40	0.0002	
AB	234.14	1	234.14	12.55	0.0036	
AB²	1379.86	1	1379.86	73.94	< 0.0001	
Residual	242.62	13	18.66			
Lack of Fit	106.96	4	26.74	1.77	0.2181	
Pure Error	135.65	13	15.07			
Cor Total	2510.13	17				

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

En el cuadro ANOVA se muestra el valor F modelo de 30.37 implica que el modelo es significativo. Solo hay una probabilidad del 0.01% de que un “valor F de modelo” así de grande pueda ocurrir debido al ruido.

Los valores de “Prob > F” inferiores a 0.0500 indican que los términos del modelo son significativos.

En este caso las dos variables consideradas y la interacción entre ellas son significativas.

4.4.1.2 ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE LA VARIABLE RESPUESTA

Tabla 4.24 COEFICIENTES DE CORRELACION

<i>Std. Dev</i>	4.32	<i>R – Squared</i>	0.9033
<i>Mean</i>	35.16	<i>Adj R – Squared</i>	0.8736
<i>C.V.%</i>	12.29	<i>Pred R – Squared</i>	0.7979
<i>PRESS</i>	507.38	<i>Adeq Precisión</i>	12.970

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

El “Pred R-Squared” de 0.7979 está en acuerdo razonable con el “Adj R-Squared” de 0.9033. “Adj R-Squared” mide la relación señal/ruido. Una relación mayor que 4 es deseable. La relación del diseño del proyecto es 12.970 indica una señal adecuada.

Según el libro “Análisis de diseño de Experimentos” de Humberto Gutiérrez Pulido y Román de la Vara Salazar, en el capítulo 6 y página 352 nos explica que un primer criterio para evaluar la calidad del ajuste es observar la forma en que el modelo se ajustó a los datos. También que R y Adj R squared miden la proporción o porcentaje de variabilidad en los datos experimentales que es explicada por el método considerado. En general, para fines de predicción se recomienda un coeficiente de determinación ajustado de al menos 0.7.

Considerando lo anterior vemos que R- Squared de 0.9033 y Adj R Squared 0.8736 obtenidos a partir de la ANOVA son aceptables.

4.4.1.3 ECUACIÓN QUE RIGE EL MODELO

Es útil ajustar los datos a un modelo que en este caso está ajustado a un modelo cubico, con la finalidad de predecir la influencia de los distintos factores. A continuación, se muestra el modelo para la variable respuesta % de alcaloides Extraídos.

En términos codificados:

$$\% \text{ Alcaloides Extraidos} = 35.16 + 11.72 * A + 6.53 * B - 5.41 * A * B - 22.75 * A * B^2 \text{ Ec. 4.1}$$

El modelo ajustado (Ec 4.1) se observa claramente que el efecto de la velocidad de agitación y la relación de tarwi – agua tienen significancia casi en la misma proporción así también como su interacción entre ambos factores tal como se corrobora en la tabla ANOVA (tabla 4.24).

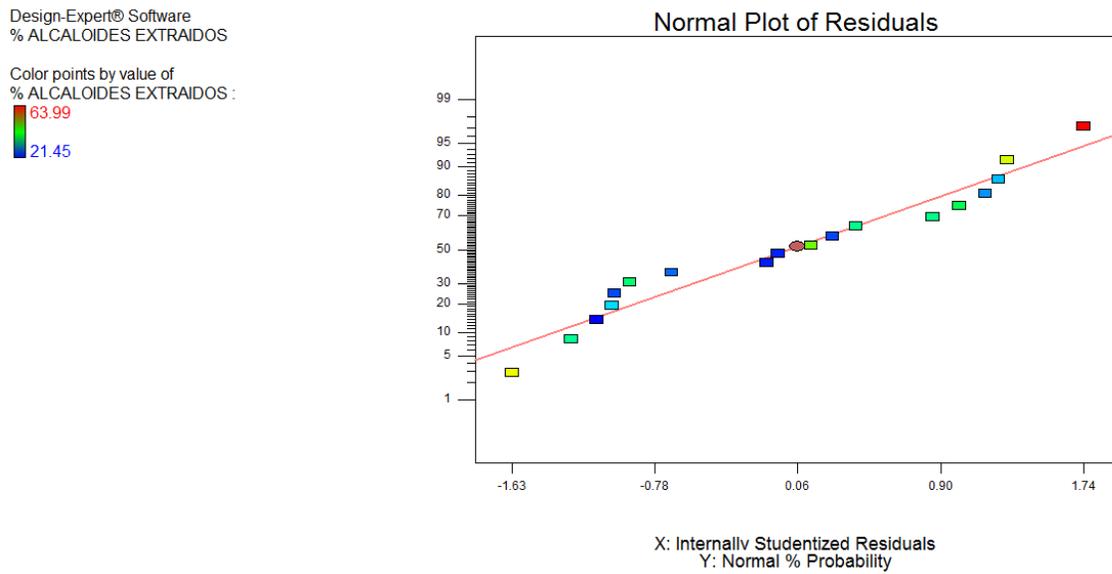
4.4.1.4 VERIFICACION DE SUPUESTOS DEL MODELO

La validez de los resultados obtenidos en el cualquier análisis de varianza queda supeditada a que los supuestos del modelo se cumplan. Esos supuestos del modelo de ANOVA son: Normalidad, varianza constante (igual a la varianza de los tratamientos) e independencia.

4.4.1.4.1 NORMALIDAD

En el grafico que se muestra a continuación se observa que los residuos siguen una distribución normal, puesto que tienden a estar alineados en una línea recta. Por lo tanto, se concluye que el supuesto de normalidad es correcto.

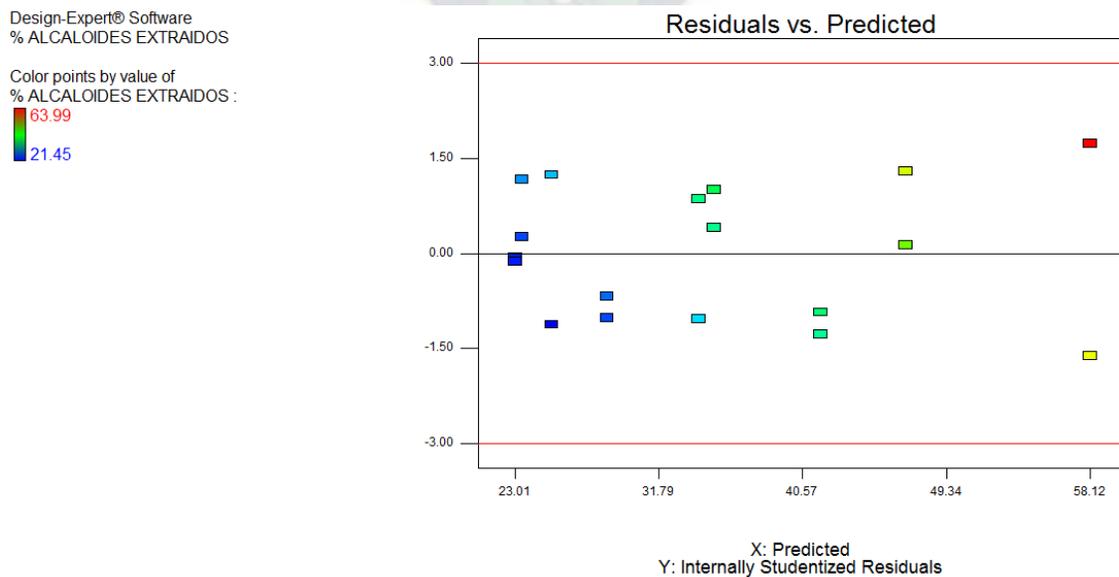
Cuadro 1. VERIFICACIÓN DE LA NORMALIDAD



Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

4.4.1.4.2 VARIANZA CONSTANTE

Cuadro 2. VERIFICACIÓN DE VARIANZA CONSTANTE



Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

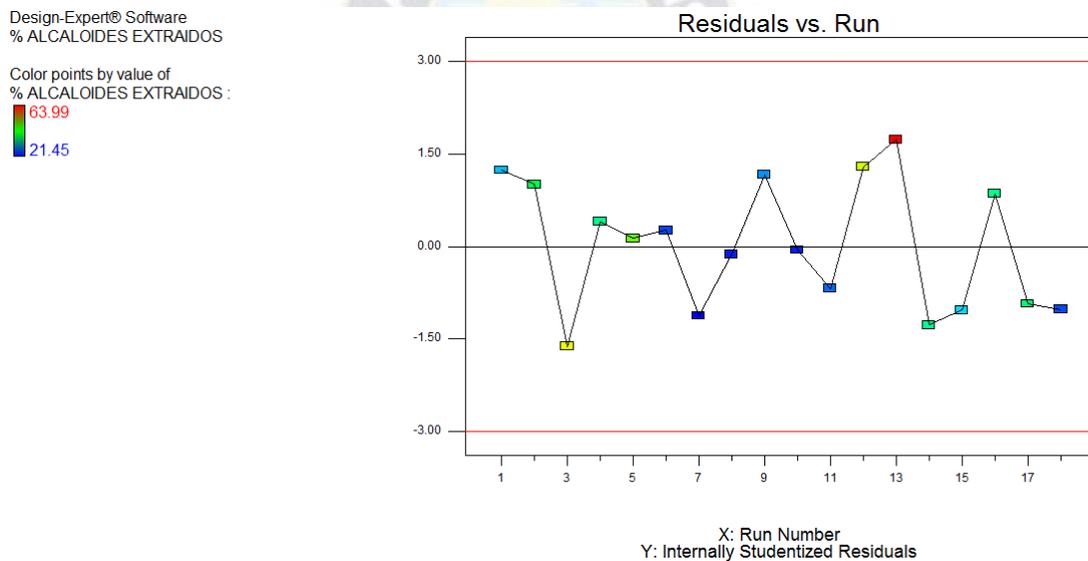
La figura que ayuda a verificar el supuesto de varianza constante es el de niveles de factor contra residuos.

Se puede observar que los residuos se ubican aleatoriamente dentro de una banda horizontal: su dispersión vertical no sigue ningún patrón, por lo tanto, se verifica el supuesto de varianza constante.

4.4.1.4.3 INDEPENDENCIA

La suposición de independencia en los residuos puede verificarse en la gráfica, el orden en que se colecto un dato contra el residuo correspondiente. El comportamiento en la mayoría de los puntos es aleatorio dentro de una zona horizontal, no se detecta una tendencia o patrón, por lo tanto, el supuesto de independencia se cumple

Cuadro 3. VERIFICACIÓN DE INDEPENDENCIA

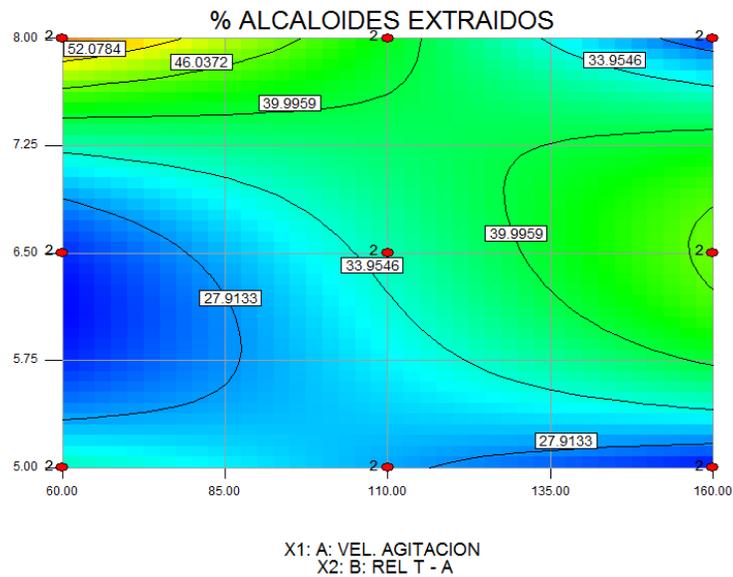


Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

4.4.1.5 INTERACCIÓN ENTRE LAS VARIABLES SIGNIFICATIVAS

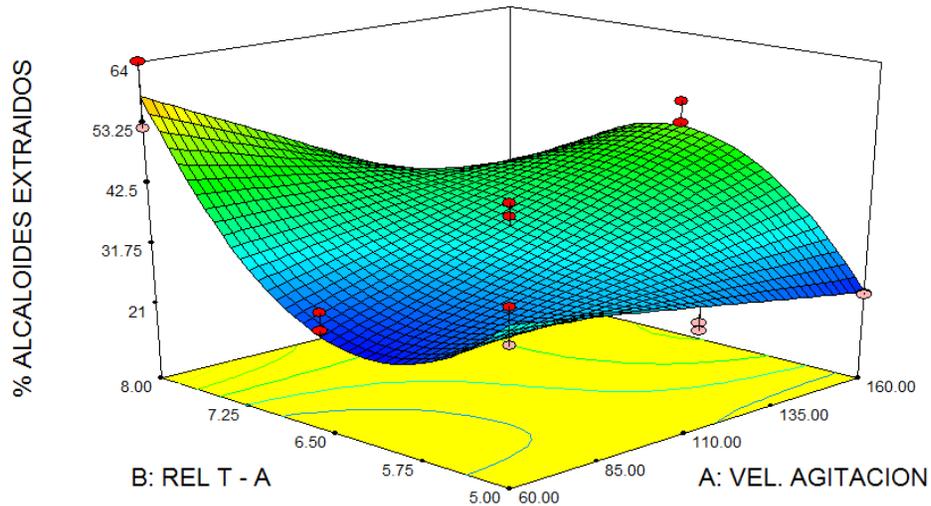
A continuación, se muestra en la figura la gráfica de contornos obtenida por las interacciones de los factores influyentes en el diseño experimental.

Cuadro 4. GRAFICA DE CONTORNOS DE LA INTERACCION DE LOS FACTORES AGITACION Y RELACION TARWI - AGUA



Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

Cuadro 5. GRAFICA EN 3D DE LA INTERACCION DE LOS FACTORES AGITACION Y RELACION TARWI - AGUA



Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

Como ya vio antes las variables significativas son A, B, AB y AB² es decir; la velocidad de agitación, la relación Tarwi – Agua y la interacción entre la velocidad de agitación se representan en el grafico “Iteration”.

En este cuando se observa que:

- Con una relación Tarwi – Agua de 1 – 5, a medida que se va aumentando la velocidad de agitación del sistema el porcentaje de alcaloides extraídos de los granos de tarwi disminuye.
- En cambio, con una relación Tarwi – Agua de 1 – 6.5, a medida que se aumenta la velocidad de agitación del sistema aumenta la cantidad de alcaloides extraídos de los granos de tarwi.
- Pero con una relación Tarwi – Agua de 1 – 8, a medida que se aumenta la velocidad de agitación la cantidad de alcaloides extraídos disminuye drásticamente.

4.4.1.6 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS FAVORABLES PARA LA HIDRATACIÓN

Mediante el programa Desing Expert 7.0 se determina los parámetros favorables en el proceso de hidratación de acuerdo a la ecuación de ajuste Ec. 4.1.

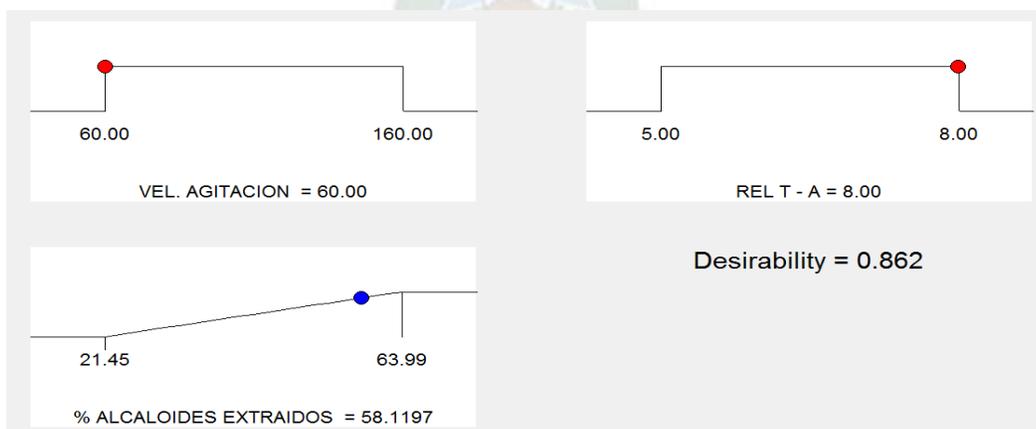
Cuadro 6. PARÁMETROS FAVORABLES DE OPERACIÓN PARA LA HIDRATACION

Factor	Name	Level	Low Level	High Level	Std. Dev.	Coding
A	VEL. AGITACION	60.00	60.00	160.00	0.000	Actual
B	REL T - A	8.00	5.00	8.00	0.000	Actual

Response	Prediction	SE Mean	95% CI low	95% CI high	SE Pred	95% PI low	95% PI high
% ALCALOIDES	58.1197	2.69	52.30	63.94	5.09	47.12	69.12

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

Cuadro 7. PREDICCIÓN DE LOS ALCALOIDES EXTRAÍDOS CON LOS PARÁMETROS FAVORABLES PARA LA OPERACIÓN DE HIDRATACIÓN



Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

De acuerdo con los cuadros anteriores se denota que la velocidad de agitación da como resultado un número decimal y para modos prácticos se lo eleva a su número entero superior de la misma manera con la relación tarwi – agua.

Lo antes mencionado se lo expresa en la siguiente tabla.

Tabla 4.25 PARAMETROS FAVORABLES PARA LA HIDRATACION

Parámetro	Valor	Unidad
Velocidad de Agitación	60	RPM
Relación Tarwi – Agua	1 - 8	G - G

Fuente: Elaboración propia

4.4.2 SEGUNDO SUBPROCESO ETAPA DE COCCION

En este subproceso se utilizó el diseño 3^k los parámetros influyentes a estudiar son la Relación Tarwi – Agua y números de cambios de agua, en sus niveles alto medio y bajo véase ANEXO D, descritos en la siguiente tabla.

Tabla 4.26 VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA PARA EL PROCESO DE COCCIÓN

PROCESO DE COCCION				
Variables de Entrada				
#k	Factor	Bajo	Medio	Alto
1	Relación Tarwi - Agua (g - g)	1 - 3	1 - 5	1 - 7
2	N° de cambios de Agua	1	2	3
Variables de Salida				
1	% de Alcaloides Extraídos de los granos de tarwi			

Fuente: Elaboración propia

Con los rangos determinados, el programa estableció 18 corridas las cuales se detallan a continuación:

Tabla 4.27 MATRIZ EXPERIMENTAL DE DISEÑO PARA LA COCCION

Std	Run	Block	Factor 1 A: Rel T – A (g – g)	Factor 2 B: N° Cambios de Agua	% Alcaloides Extraídos
2	1	Block 1	1 – 3	1	48.3
12	2	Block 1	1 – 7	2	19.1
11	3	Block 1	1 – 7	2	20.3
4	4	Block 1	1 – 5	1	62.4
3	5	Block 1	1 – 5	1	62.7
16	6	Block 1	1 – 5	3	43.3
18	7	Block 1	1 – 7	3	58.3
5	8	Block 1	1 – 7	1	33
7	9	Block 1	1 – 3	2	21.2
8	10	Block 1	1 – 3	2	29.4
9	11	Block 1	1 – 5	2	55.6
14	12	Block 1	1 – 3	3	16.3
1	13	Block 1	1 – 3	1	51.3
17	14	Block 1	1 – 7	3	63.2
15	15	Block 1	1 – 5	3	34.7
10	16	Block 1	1 – 5	2	58.5
6	17	Block 1	1 – 7	1	39.4
13	18	Block 1	1 – 3	3	23.1

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

Las corridas se realizaron en forma aleatoria y después de completar la matriz de diseño con la columna de la variable respuesta se prosigue al análisis de resultados.

Tabla 4.28 RESUMEN DE DATOS DE ENTRADA EN EL SOFTWARE DESING EXPERT 7.0.0 PARA LA COCCION

Desing Summary							
Study Type	Factorial			Run	18		
Initial Desing	Full Factorial			Blocks	No Blocks		
Desing Model	2F1						
Factor	Name	Units.	Type	Low Actual	High Actual		
A	Rel. T–A	G - G	Categorico	1 - 3	1 - 7	Levels	3
B	N° CAMBIOS DE AGUA		Categorico	1	3	Levels	3

Response	Name	Units	Obs.	Analysis	Minimum	Maximum	Mean	Std Dev	Ratio	Trans.	Model
Y1	% Alcaloides Extraídos	%	18	Factorial	16.3	63.20	41.12	16.46	3.88	None	2F1

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

El cuadro de summary muestra el resumen de las variables, los niveles en los cuales se los está considerando, el número de observaciones, que tipo de análisis se está usando, además del máximo y el mínimo de la variable respuesta, la media, la desviación estándar, ratio, la Transformación y el modelo aplicado por el programa. Este cuadro nos sirve para verificar los datos que se ha ingresado al programa.

4.4.2.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS – VARIABLE RESPUESTA % DE ALCALOIDES

En el análisis de esta etapa no cambiamos el modo de las variables, se dejan en el modo categórico como indica el cuadro anterior ya que se ajusta mejor a un modelo 2F en vez de una polinomial.

El siguiente cuadro se muestra el análisis de varianza de la variable respuesta

Tabla 4.29 ANOVA % DE ALCALOIDES EXTRAIDOS VARIABLE RESPUESTA PARA EL PROCESO DE COCCION

Response 1		% Alcaloides Extraídos				
ANOVA for Select factorial model						
Analysis of variance table (classical sum of squares – Type II)						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F value	p-value Prob >F	
Model	4740.59	8	592.57	39.31	< 0.0001	
A – Rel T – A	1401.70	2	700.85	46.49	< 0.0001	
B- N° NUMERO DE CAMBIOS DE AGUA	735.96	2	357.98	24.41	0.0002	
AB	2602.93	4	650.73	43.17	< 0.0001	
Pure Error	135.68	9	15.08			
Cor Total	4876.27	17				

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

En el cuadro ANOVA se muestra el valor F modelo de 39.31 implica que el modelo es significativo. Solo hay una probabilidad del 0.01% de que un “valor F de modelo” así de grande pueda ocurrir debido al ruido.

Los valores de “Prob > F” inferiores a 0.0500 indican que los términos del modelo son significativos.

En este caso las dos variables consideradas y la interacción entre ellas son significativas.

4.4.2.2 ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE LA VARIABLE RESPUESTA

Tabla 4.30 COEFICIENTES DE CORRELACION

Std. Dev	3.88	R – Squared	0.9722
<i>Mean</i>	41.12	Adj R – Squared	0.9474
<i>C.V.%</i>	9.44	Pred R – Squared	0.8887
<i>PRESS</i>	542.70	Adeq Precisión	15.608

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

El “Pred R-Squared” de 0.9722 está en acuerdo razonable con el “Adj R-Squared” de 0.9474.

El “Adj R-Squared” mide la relación señal/ruido. Una relación mayor que 4 es deseable. La relación del diseño del proyecto es 15.516 indica una señal adecuada.

Según el libro “Análisis de diseño de Experimentos” de Humberto Gutiérrez Pulido y Román de la Vara Salazar, en el capítulo 6 y página 352 nos explica que un primer criterio para evaluar la calidad del ajuste es observar la forma en que el modelo se ajustó a los datos. También que R y Adj R squared miden la proporción o porcentaje de variabilidad en los datos experimentales que es explicada por el método considerado. En general, para fines de predicción se recomienda un coeficiente de determinación ajustado de al menos 0.7.

Considerando lo anterior vemos que R- Squared de 0.9722 y Adj R Squared 0.9474 obtenidos a partir de la ANOVA son aceptables.

4.4.2.3 ECUACIÓN QUE RIGE EL MODELO

A continuación, se muestra el modelo para la variable respuesta % de alcaloides Extraídos.

En términos codificados

$$\begin{aligned} \% \text{ Alcaloides Extraídos} = & 41.12 + 9.52 * A[1] + 11.75 * A[2] + 8.40 * B[1] - 7.10 * B[2] + 9.80 * A[1]B[1] \\ & + 1.28 * A[2]B[1] + 0.80 * A[1]B[2] + 11.28 * A[2]B[2] \end{aligned} \quad \text{Ec.4.2} \quad \underline{75}$$

En términos actuales

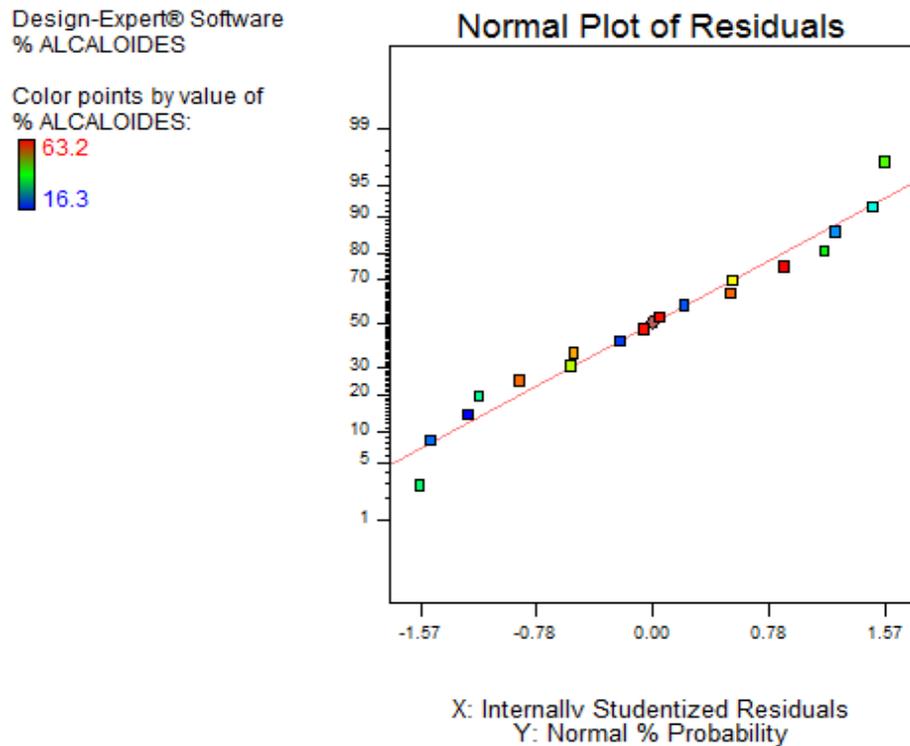
<i>RELT - A</i>	1-3	<i>RELT - A</i>	1-5
<i>N°CAMBIOS</i>	1	<i>N°CAMBIOS</i>	3
<i>%ALCALOIDES</i>	= +49.80000	<i>%ALCALOIDES</i>	= +39.00000
<i>RELT - A</i>	1-3	<i>RELT - A</i>	1-7
<i>N°CAMBIOS</i>	2	<i>N°CAMBIOS</i>	1
<i>%ALCALOIDES</i>	= +25.30000	<i>%ALCALOIDES</i>	= +36.20000
<i>RELT - A</i>	1-3	<i>RELT - A</i>	1-7
<i>N°CAMBIOS</i>	3	<i>N°CAMBIOS</i>	1
<i>%ALCALOIDES</i>	= +19.70000	<i>%ALCALOIDES</i>	= +36.20000
<i>RELT - A</i>	1-5	<i>RELT - A</i>	1-7
<i>N°CAMBIOS</i>	1	<i>N°CAMBIOS</i>	2
<i>%ALCALOIDES</i>	= +62.55000	<i>%ALCALOIDES</i>	= +19.70000
<i>RELT - A</i>	1-5	<i>RELT - A</i>	1-7
<i>N°CAMBIOS</i>	2	<i>N°CAMBIOS</i>	3
<i>%ALCALOIDES</i>	= +57.05000	<i>%ALCALOIDES</i>	= +60.75000

4.4.2.4 VERIFICACION DE SUPUESTOS DEL MODELO PARA EL PROCESO DE COCCION

La validez de los resultados obtenidos en el cualquier análisis de varianza queda supeditada a que los supuestos del modelo se cumplan. Esos supuestos del modelo de ANOVA son: Normalidad, varianza constante (igual a la varianza de los tratamientos) e independendencia.

4.4.2.4.1 NORMALIDAD

En el grafico que se muestra a continuación se observa que los residuos siguen una distribución normal. De modo que, se concluye que el supuesto de normalidad es correcto.

Cuadro 8. VERIFICACIÓN DE LA NORMALIDAD

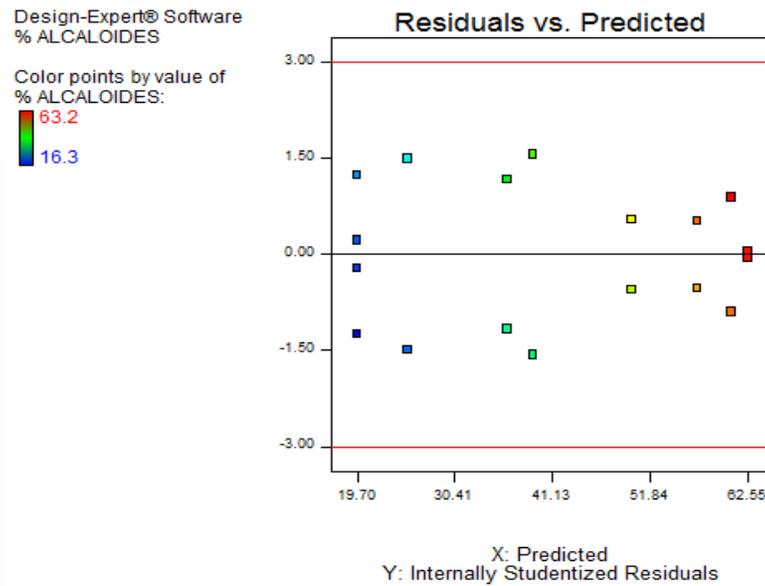
Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

4.4.2.4.2 VARIANZA CONSTANTE

El grafico que se muestra a continuación que ayuda a verificar el supuesto de varianza constante de los niveles de factor contra residuos.

Se puede observar que los residuos se ubican aleatoriamente y la dispersión de los puntos con una ligera desviación que la consideramos aceptable

Cuadro 9. VERIFICACIÓN DE VARIANZA CONSTANTE



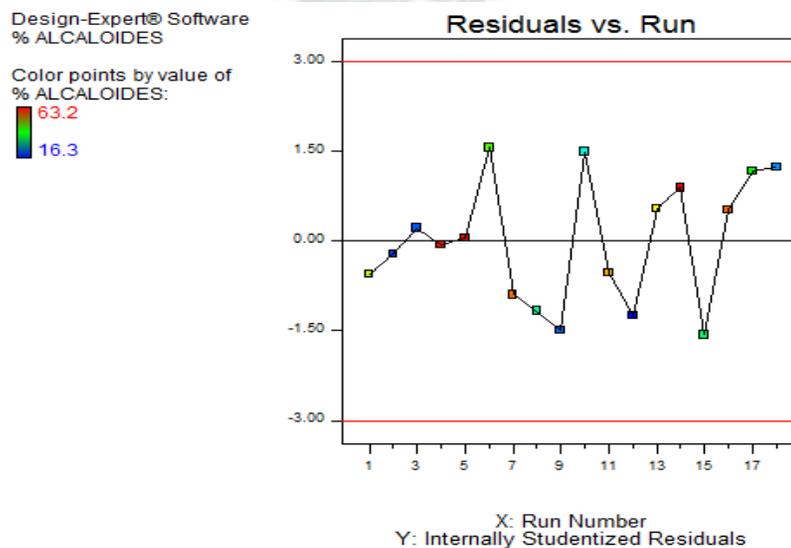
Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

4.4.2.4.3 INDEPENDENCIA

La suposición de independencia en los residuos puede verificarse en la gráfica el orden en que se colecto un dato contra el residuo correspondiente.

Se observa en la gráfica que los puntos se ubican en forma aleatorio sin seguir ninguna tendencia o patrón por lo que el supuesto de independencia se cumple

Cuadro 10. VERIFICACIÓN DE INDEPENDENCIA

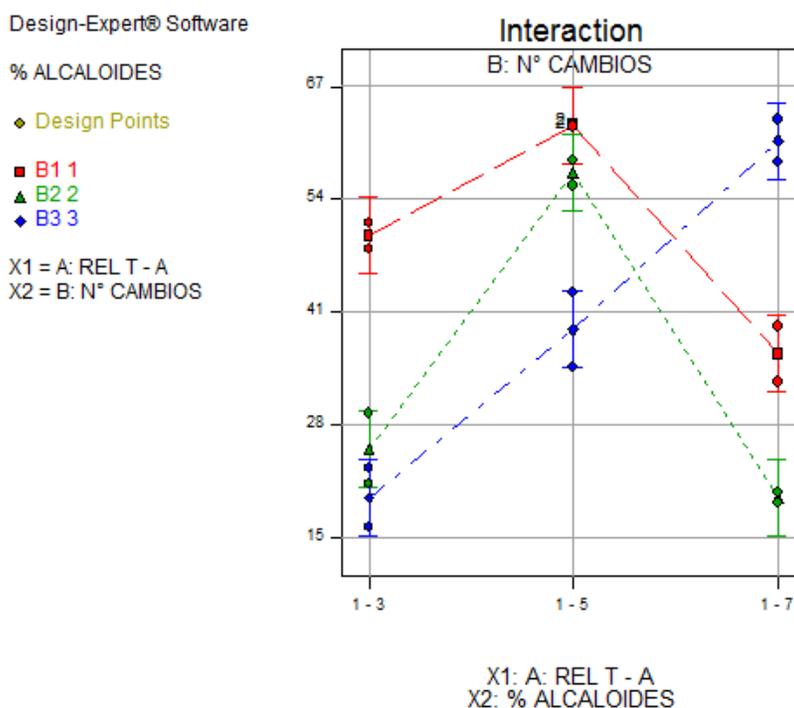


Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

4.4.2.5 INTERACCIÓN ENTRE LAS VARIABLES SIGNIFICATIVAS

A continuación, se muestra la figura se muestra la interacción entre los factores estudiados.

Cuadro 11. GRAFICA DE INTERACCION DE LOS FACTORES RELACION TARWI - AGUA y N° DE CAMBIOS DE AGUA



Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

Como ya se vio antes en la tabla ANOVA las variables significativas son A, B y AB es decir; la relación Tarwi – Agua y los Números de Cambios de Agua y la interacción entre los dos factores de diseño los cuales se representan en el grafico “Iteration”.

En este cuando se observa que:

- Con un cambio de agua a medida que se va aumentando la relación de Tarwi – Agua el porcentaje de alcaloides extraídos en un instante va en aumento y luego disminuye.
- Con dos cambios de agua a medida que se va aumentando la relación de Tarwi – Agua el porcentaje de alcaloides extraídos en un instante va en aumento y luego disminuye.
- Pero con tres cambios de agua a medida que se va aumentando la relación de Tarwi – Agua el porcentaje de alcaloides extraídos va en aumento.

4.4.2.6 DETERMINACION DE LOS PARÁMETROS FAVORABLES PARA LA COCCION

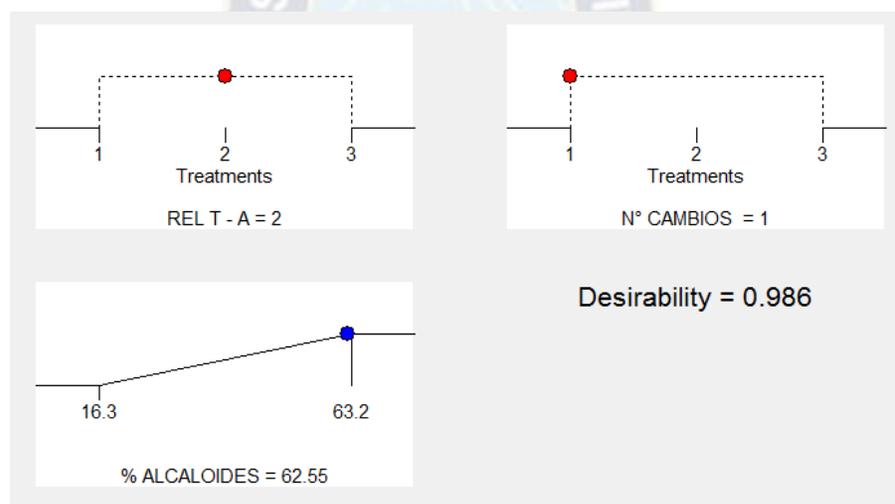
Mediante el programa Desing Expert 7.0 se determina los parámetros favorables en el proceso de hidratación de acuerdo a la ecuación de ajuste (EC. 4.2)

Cuadro 12. PARÁMETROS FAVORABLES DE OPERACIÓN PARA LA COCCION

Factor	Name	Level	Low Level	High Level	Coding		
A	REL T - A	1 - 5	1 - 3	1 - 7			
B	N° CAMBIOS	1	1	3			
Response	Prediction	SE Mean	95% CI low	95% CI high	SE Pred	95% PI low	95% PI high
% ALCALOIDES	62.55	2.75	56.34	68.76	4.76	51.79	73.31

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

Cuadro 13. PREDICCIÓN DE LOS ALCALOIDES EXTRAÍDOS CON LOS PARÁMETROS FAVORABLES PARA LA OPERACIÓN DE COCCIÓN



Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

Los parámetros favorables de operación para la etapa de cocción son:

Tabla 4.31 PARAMETROS FAVORABLES PARA LA COCCION

Parámetro	Valor	Unidad
Relación Tarwi – Agua	1 - 5	G - G
N° DE CAMBIOS DE AGUA	1	

Fuente: Elaboración propia

4.4.3 TERCER SUBPROCESO ETAPA DE LAVADO

En este subproceso se utilizó el diseño 2^k los parámetros influyentes a estudiar son la velocidad de agitación, relación de Tarwi – Agua en sus niveles alto y bajo. véase ANEXO E

Tabla 4.32 VARIABLES DE ENTRADA Y SALIDA PARA EL PROCESO DE LAVADO

PROCESO DE LAVADO			
Variables de Entrada			
#k	Factor	Bajo	Alto
1	Velocidad de Agitación (rpm)	120	160
2	Relación Tarwi - Agua (g)	1 - 4	1 - 10
3	Numero de cambios de agua	4	6
Variables de Salida			
1	% de Alcaloides Extraídos de los granos de tarwi		

Fuente: Elaboración propia

Con los rangos determinados, el programa estableció 16 corridas las cuales se detallan a continuación:

Tabla 4.33 MATRIZ EXPERIMENTAL DE DISEÑO PARA EL LAVADO

Std	Run	Block	Factor 1 A: VEL. AGITACION RPM	Factor 2 B: REL T - A G - G	Factor 3 C: N° CAMBIOS DE AGUA	% Alcaloides Extraídos
5	1	Block 1	120	1 – 10	4	15.8
3	2	Block 1	160	1 – 4	4	10.8
12	3	Block 1	160	1 – 4	6	26
8	4	Block 1	160	1 – 10	4	0
13	5	Block 1	120	1 – 10	6	7.6
6	6	Block 1	120	1 – 10	4	15.2
11	7	Block 1	160	1 – 4	6	31
15	8	Block 1	160	1 – 10	6	26.6
1	9	Block 1	120	1 – 4	4	21.1
7	10	Block 1	160	1 – 10	4	6.6
2	11	Block 1	120	1 – 4	4	19.3
9	12	Block 1	120	1 – 4	6	6.4
14	13	Block 1	120	1 – 10	6	16.2
4	14	Block 1	160	1 – 4	4	7.6
10	15	Block 1	120	1 – 4	6	7.1
16	16	Block 1	160	1 – 10	6	27.3

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

Las corridas se realizaron en forma aleatoria y después de completar la matriz de diseño con la columna de la variable respuesta se prosigue al análisis de resultados.

Tabla 4.34 RESUMEN DE DATOS DE ENTRADA EN EL SOFTWARE DESING EXPERT 7.0.0 PARA EL LAVADO

Desing Summary											
Study Type		Factorial				Runs	16				
Initial Desing		Full Factorial				Blocks	No Blocks				
Center points		0									
Desing Model		2F1									
Factor	Name	Units.	Type	Low Actual	High Actual						
A	Vel. Agitación	RPM	Categoric	120	160	Levels	2				
B	Rel. T-A	G - G	Categoric	1 - 4	1 - 10	Levels	2				
C	N° Cambios de Agua		Categoric	4	6	Levels	2				
Response	Name	Units	Obs.	Analysis	Minimum	Maximum	Mean	Std Dev	Ratio	Trans.	Model
Y1	% Alcaloides Extraídos	%	16	Factorial	0.000	31.00	15.29	8.94	N/A	None	R2F1

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

El cuadro de summary muestra el resumen de las variables, los niveles en los cuales se los está considerando, el número de observaciones, que tipo de análisis se está usando, además del máximo y el mínimo de la variable respuesta, la media, la desviación estándar, ratio, la Transformación y el modelo aplicado por el programa. Este cuadro nos sirve para verificar los datos que se ha ingresado al programa.

4.4.3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS – VARIABLE RESPUESTA % DE ALCALOIDES

Las variables de entrada en este diseño se los conservo en modo categórico, para el análisis de la ANOVA y para graficar las interacciones y obtener en forma de graficas de contorno 3D se movió las variables a modo continuo.

El siguiente cuadro se muestra el análisis de varianza de la variable respuesta:

Tabla 4.35 ANOVA % DE ALCALOIDES EXTRAIDOS VARIABLE RESPUESTA EN EL PROCESO EL LAVADO

Response 1 % Alcaloides Extraídos					
ANOVA for Select factorial model					
Analysis of variance table (classical sum of squares – Type II)					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F value	p-value Prob >F
Model	1067.70	2	533.85	32.93	< 0.0001
C – N° CAMBIOS DE AGUA	167.70	1	167.70	10.35	0.0068
AC	900.00	1	900.00	55.52	< 0.0001
Residual	210.74	13	16.21		0.0036
Lack of Fit	132.07	5	26.41	2.69	0.1032
Pure Error	78.67	8	9.83		
Cor Total	1278.44	15			0.2181

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

En el cuadro ANOVA se muestra el valor F modelo de 32.93 implica que el modelo es significativo. Solo hay una probabilidad del 0.01% de que un “valor F de modelo” así de grande pueda ocurrir debido al ruido.

Los valores de “Prob > F” inferiores a 0.0500 indican que los términos del modelo son significativos.

En este caso las dos variables consideradas y la interacción entre ellas son significativas.

4.4.3.2 ANÁLISIS DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE LA VARIABLE RESPUESTA

Tabla 4.36 COEFICIENTES DE CORRELACION

<i>Std. Dev</i>	4.03	R – Squared	0.8352
<i>Mean</i>	15.29	Adj R – Squared	0.8098
<i>C.V.%</i>	26.34	Pred R – Squared	0.7503
<i>PRESS</i>	319.22	Adeq Precisión	12.318

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

El “Pred R-Squared” de 0.8352 está en acuerdo razonable con el “Adj R-Squared” de 0.8098.

“Adj R-Squared” mide la relación señal/ruido. Una relación mayor que 4 es deseable. La relación del diseño del proyecto es 12.318 indica una señal adecuada.

Según el libro “Análisis de diseño de Experimentos” de Humberto Gutiérrez Pulido y Román de la Vara Salazar, en el capítulo 6 y página 352 nos explica que un primer criterio para evaluar la calidad del ajuste es observar la forma en que el modelo se ajustó a los datos. También que R y Adj R squared miden la proporción o porcentaje de variabilidad en los datos experimentales que es explicada por el método considerado. En general, para fines de predicción se recomienda un coeficiente de determinación ajustado de al menos 0.7.

Considerando lo anterior vemos que R- Squared de 0.8352 y Adj R Squared 0.8098 obtenidos a partir de la ANOVA son aceptables.

4.4.3.3 ECUACIÓN QUE RIGE EL MODELO

A continuación, se muestra el modelo para la variable respuesta % de alcaloides Extraídos.

En términos codificados

$$\% \text{ Alcaloides Extraídos} = 15.29 + 3.24 * C + 7.50 * A * C \quad \text{Ec. 4.3}$$

4.4.3.4 VERIFICACION DE SUPUESTOS DEL MODELO

La validez de los resultados obtenidos en el cualquier análisis de varianza queda supeditada a que los supuestos del modelo se cumplan. Esos supuestos del modelo de ANOVA son: Normalidad, varianza constante (igual a la varianza de los tratamientos) e independencia.

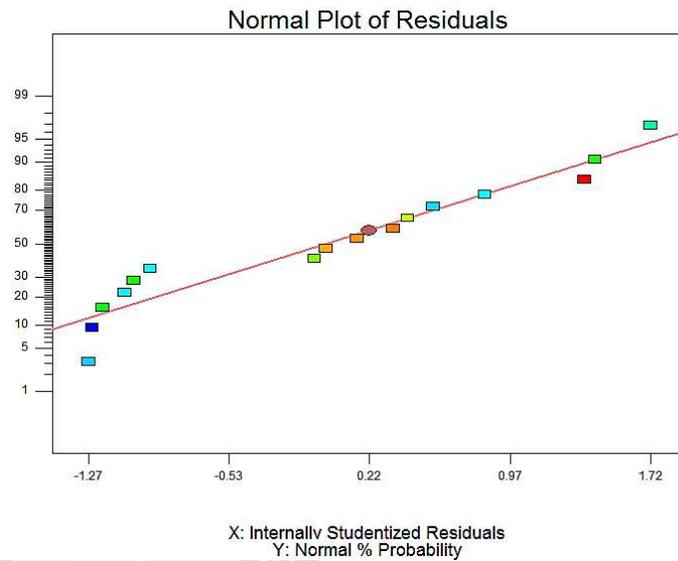
4.4.3.4.1 NORMALIDAD

En el grafico que se muestra a continuación se observa que los puntos en su mayoría siguen una distribución lineal. Por lo que se verifica el cumplimiento de la normalidad.

Cuadro 14 VERIFICACIÓN DE LA NORMALIDAD

Design-Expert® Software
% DE ALCALOIDES EXTRAIDOS

Color points by value of
% DE ALCALOIDES EXTRAIDOS :
31
0



Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

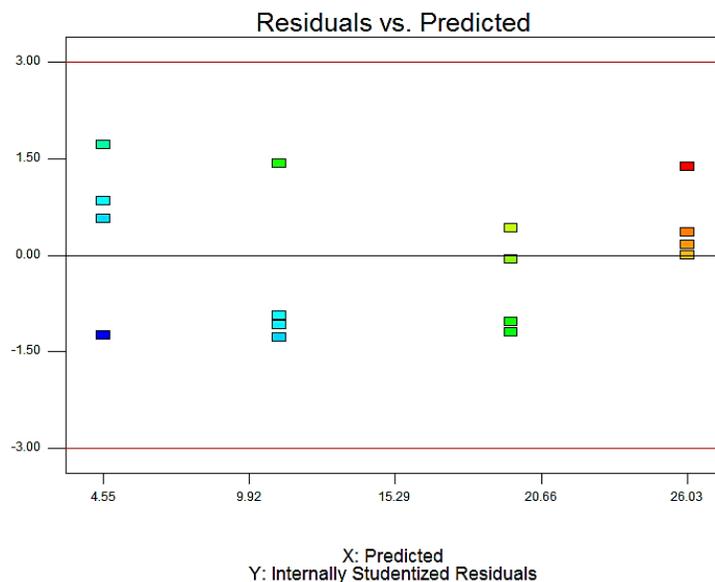
4.4.3.4.2 VARIANZA CONSTANTE

En el siguiente cuadro se observa que los puntos se acomodan en forma horizontal pero que no tiende a ningún patrón. Por lo tanto, se verifica el supuesto de varianza constante.

Cuadro 15 VERIFICACIÓN DE LA VARIANZA CONSTANTE

Design-Expert® Software
% DE ALCALOIDES EXTRAIDOS

Color points by value of
% DE ALCALOIDES EXTRAIDOS :
31
0

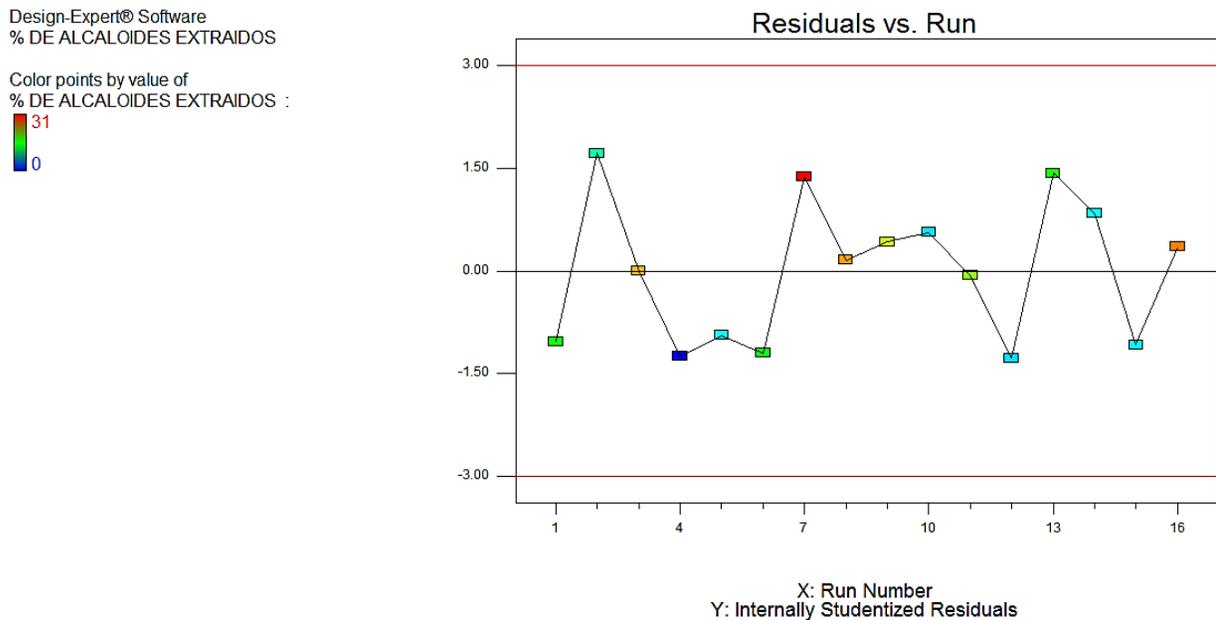


Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

4.4.3.4.3 INDEPENDENCIA

La suposición de independencia de los residuos puede verificarse que, el orden en que se colecto cada dato contra el residuo correspondiente. El comportamiento en la mayoría de los puntos es aleatorio dentro de una banda horizontal, no se detecta una tendencia o patrón, por lo tanto, el supuesto de independencia se cumple.

Cuadro 16 VERIFICACIÓN DE INDEPENDENCIA



Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

4.4.3.5 INTERACCIÓN ENTRE LAS VARIABLES SIGNIFICATIVAS

A continuación, se muestra la figura del modelo obtenido por la interacción entre las variables significativas según la tabla ANOVA.

Cuadro 17. GRAFICA DE INTERACCION DE LOS FACTORES RELACION TARWI - AGUA, N° DE CAMBIOS DE AGUA Y VELOCIDAD DE AGITACION

Design-Expert® Software

% DE ALCALOIDES EXTRAIDOS

◆ Design Points

■ C1 4

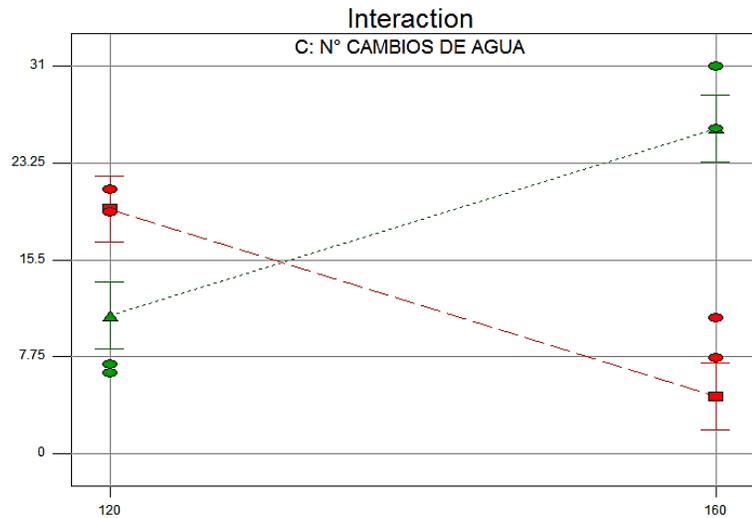
▲ C2 6

X1 = A: AGITACION

X2 = C: N° CAMBIOS DE AGUA

Actual Factor

B: REL T - A = 1 - 4



X1: A: AGITACION
X2: % DE ALCALOIDES EXTRAIDOS

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

Cuadro 18. GRAFICA DE CONTORNOS DE INTERACCION ENTRE LOS FACTORES RELACION TARWI - AGUA, N° DE CAMBIOS DE AGUA Y VELOCIDAD DE AGITACION

Design-Expert® Software

% DE ALCALOIDES EXTRAIDOS

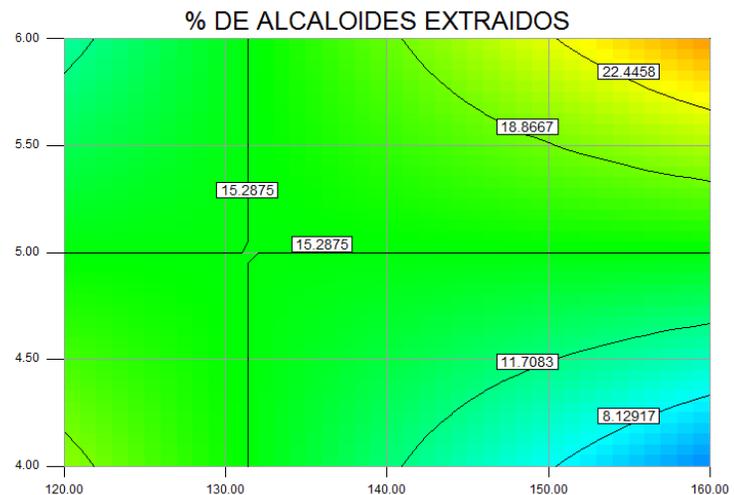


X1 = A: AGITACION

X2 = C: N° CAMBIOS DE AGUA

Actual Factor

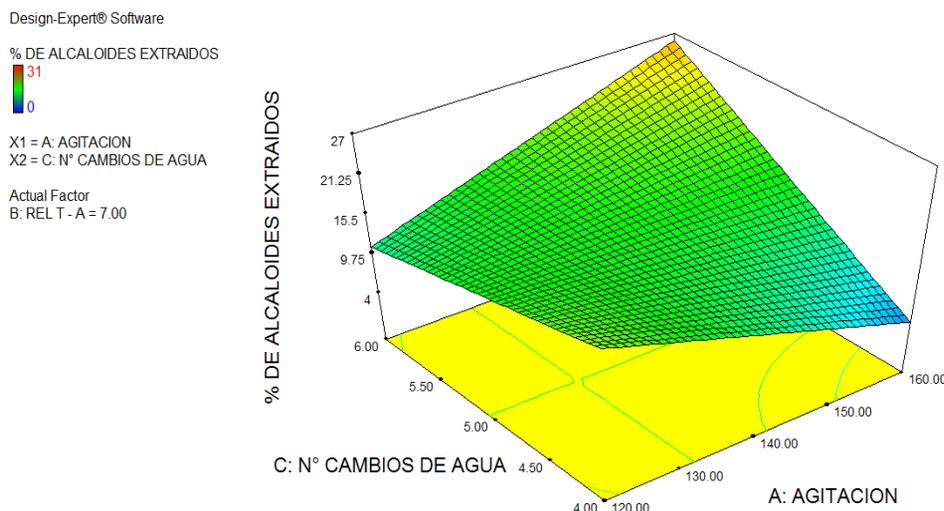
B: REL T - A = 7.00



X1: A: AGITACION
X2: C: N° CAMBIOS DE AGUA

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

Cuadro 19. GRAFICA DE SUPERFICIE EN 3D DE INTERACCION ENTRE LOS FACTORES RELACION TARWI - AGUA, N° DE CAMBIOS DE AGUA Y VELOCIDAD DE AGITACION



Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

Como ya se vio en la tabla ANOVA las variables significativas son C y la interacción de A y C es decir; los números de cambios de agua, y la velocidad de agitación se representan en el grafico “Iteración”.

En este cuando se observa que:

- Con cuatro cambios de agua a medida que aumenta a velocidad de agitación el porcentaje de alcaloides extraídos disminuye
- Por otro lado, con seis cambios de agua a medida que aumenta la velocidad de agitación el porcentaje de alcaloides extraídos aumenta.

4.4.3.6 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS FAVORABLES PARA EL LAVADO

Mediante el programa Desing Expert 7.0 se determina los parámetros favorables en el proceso de hidratación de acuerdo a la ecuación de ajuste 4.3

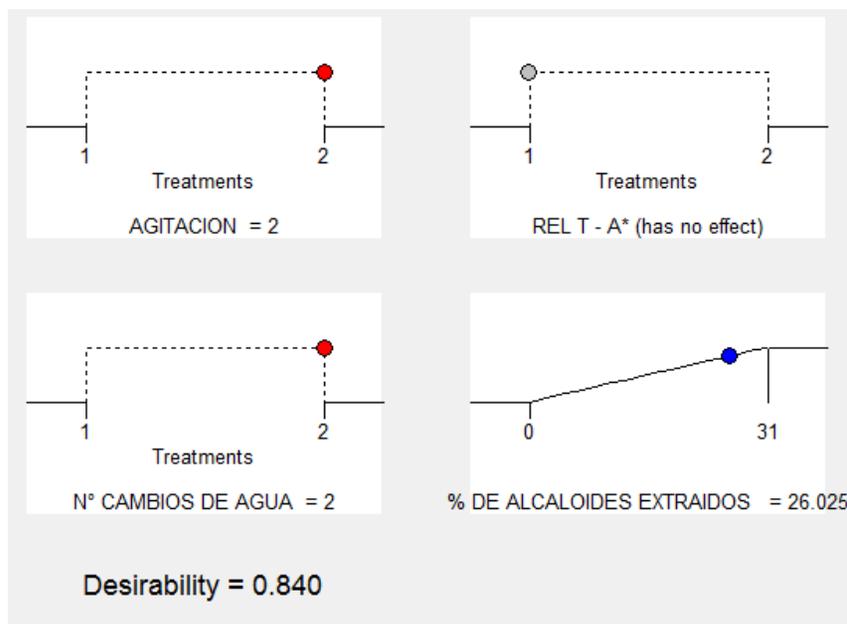
Cuadro 20. PARÁMETROS FAVORABLES DE OPERACIÓN PARA EL LAVADO

Factor	Name	Level	Low Level	High Level	Coding
A	AGITACION	160	120	160	
B	REL T - A	1 - 4	1 - 4	1 - 10	
C	N° CAMBIOS DE	6	4	6	

Response	Prediction	SE Mean	95% CI low	95% CI high	SE Pred	95% PI low	95% PI high
% DE ALCALOIDI	26.025	1.74	22.26	29.79	4.39	16.55	35.50

Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

Cuadro 21. PREDICCIÓN DE LOS ALCALOIDES EXTRAÍDOS CON LOS PARÁMETROS FAVORABLES PARA LA OPERACIÓN DE LAVADO



Fuente: Software Desing Expert 7.0.0

Los parámetros favorables de operación para la etapa de hidratación son:

Tabla 4.37 PARAMETROS FAVORABLES PARA EL LAVADO

Parámetro	Valor	Unidad
Velocidad de Agitación	160	RPM
Relación Tarwi – Agua	1 – 4	G - G
Nº Cambios de Agua	6	

4.2 CARACTERIZACIÓN DEL TARWI DESAMARGADO

Después de desamargar los granos de tarwi mediante los tres subprocesos antes descritos y con los parámetros estudiados se evaluó las características fisicoquímicas, realizándose una parte en los laboratorios del CTBL perteneciente al IIDEPROQ y la otra parte de los análisis se los realizó en el Instituto SELADIS. véase ANEXO F

Previamente antes se procedió al secado, molienda y tamizado de los granos desamargado de tarwi.

Figura 17. GRANOS DE TARWI DESAMARGADO



Fuente: Elaboración propia

Figura 18. TARWI DESAMARGADO Y SECO



Figura 19. MOLIENDA DE LOS GRANOS DE TARWI DESAMARGADO



Fuente: Elaboración propia

Figura 20. TAMIZADO DE LA HARINA OBTENIDA DE TARWI DESAMARGADO



Fuente: Elaboración propia

El resumen de la caracterización del tarwi desamargado puede observarse en la siguiente tabla. Véase ANEXO G.

Tabla 4.38. CARACTERIZACION DEL TARWI DESAMARGADO

ATRIBUTO	UNIDADES	VALOR CALCULADO
Humedad	%	7.6
Proteína	%	48.08
Materia Grasa	%	13.37
Ceniza	%	2.23
Fibra Cruda	%	19.42
Carbohidratos	%	14.73
ELN (Extracto libre de nitrógeno)	%	16.9
Energía	Cal/g	5493.7
Alcaloides	%	0.1

Fuente: Elaboración propia

4.2.1 ANALISIS MICROBIOLÓGICO

El resumen del análisis microbiológico del tarwi desamargado puede observarse en la siguiente tabla. Véase ANEXO H.

Tabla 4.39. ANALISIS MICROBIOLÓGICO DEL TARWI DESAMARGADO

PARAMETRO	RESULTADO	Limite Aceptable
Recuento aerobios totales	982.5	$18 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^3$
Recuento de coliformes totales	5	$10 - 10^2$
Recuento de hongos	Ausencia	$0 - 5 \cdot 10^2$
Recuento de levaduras	450	$0 - 5 \cdot 10^2$

Fuente: Elaboración propia

Los valores de los parámetros medidos se encuentran dentro de los límites permisibles establecida por la norma boliviana NB/NA 0097 LEGUMINOSAS – GRANO DESAMARGADO DE TARWI – REQUISITOS Y METODOS DE ENSAYO Véase **ANEXO H**, lo que significa que el tarwi se manipulo y conservo adecuadamente, por lo que es apta para el consumo.



**CAPÍTULO 5:
PROPUESTA DE
IMPLEMENTACION
DE UNA PLANTA
PARA LA
OBTENCION DE
HARINA DE TARWI**

CAPÍTULO 5

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA DE TARWI

5.1 INTRODUCCION

Es de conocimiento por el presente trabajo que los granos de tarwi son un excelente suministro de proteínas y que podrían ser usados en una gran variedad de productos alimenticios, así mismo el presente trabajo sugiere la elaboración de harina de tarwi, que aunque tienen bajo porcentaje de almidón en comparación con la harina de trigo la cual es usada ampliamente en la elaboración de productos de panificación, se puede usar la harina de tarwi en mezclas de harinas para fortificar y así obtener productos benéficos para la alimentación.

La base para la elaboración de la harina de tarwi empieza después del proceso de desamargado, consiste en un secado de los granos desamargados, molienda y tamizado. Para la propuesta de implementación de una planta procesadora de harina de tarwi se establece lineamientos básicos como la localización, el proceso de producción industrial, la cantidad de personal que se necesitara, los equipos que se emplearan para la planta y la distribución de la planta.

5.1.1 DESCRIPCION DEL PRODUCTO

La harina de tarwi es un producto procesado y precocido que se obtiene de la transformación de los granos de tarwi previamente desamargado, es un producto comestible y a través de un proceso de transformación que se inicia con la selección de los granos húmedos de tarwi, esto para separar los granos que se encuentren en mal estado y eliminar impurezas adheridas ya que puede afectar en la calidad del producto final, posteriormente se lo somete a un secado hasta una humedad menor a 12%, luego se somete a una molienda, finalmente tamizar para obtener la granulometría requerida una vez obtenido el producto final, tendrá varios usos en la gastronomía, medicinal, industrial etc., además de ser uno de los alimentos con alto valor nutritivo.

5.1.2 NECESIDADES QUE CUBRE EL PRODUCTO

Por su alto contenido nutricional, la harina de tarwi se utilizará para diferentes fines:

Gastronómicos: La harina de tarwi en forma común es utilizada en refrescos hechos en casa y también en productos de panificación utilizado en mezclas de harinas.

Industriales: En el mercado se encuentran productos como los palitos de tarwi, y en la industria en productos de panificación se puede usar hasta un 15 % sin alterar el sabor del producto con la ventaja de incrementar las proteínas y el valor calórico del producto.

Medicinal: La harina de tarwi es útil en el control de la diabetes entre otras enfermedades, se lo puede utilizar en forma de pasta, se toma una pequeña proporción, en ayunas durante un mes.

5.1.3 PRODUCTO COMPLEMENTARIO

Son productos cuya Demanda aumenta o disminuye simultáneamente pues el Consumo de uno provoca el de otro. Por ejemplo, las raquetas y las pelotas de tenis como artículos de deporte, o hamburguesas y ketchup como alimentos.

El tarwi está siendo producida ampliamente en países como Perú, Ecuador y Colombia principalmente, así mismo sus derivados ya que el producto tiene excelentes componentes nutricionales. Por lo tanto, el producto que propone el proyecto es una alternativa como producto complementario para la elaboración de productos derivados ya sea de panificación u otros.

5.1.4 MERCADO

En base de encuestas el 53% de las empresas en La Paz, ocupan aproximadamente harinas que nos son derivadas del trigo con respecto al total de uso de harina de trigo [21]. Este dato nos da un panorama de la demanda insatisfecha, mercado en donde la harina de tarwi podría ingresar.

5.2 TAMAÑO

El tamaño de una planta se determina por la capacidad de producto de bienes o de prestación de servicios con relación a la unidad de tiempo de funcionamiento normal o ciclo productivo de una empresa

5.2.1 FACTORES QUE DETERMINAN EL TAMAÑO

Según Sapag Chain y Sapagchain (2008) la determinación de tamaño responde a un análisis interrelacionado de una gran cantidad de variables de un proyecto

- La demanda
- Disponibilidad de materia prima
- Tecnología, maquinaria y equipos instalados

- Ocupación efectiva de la mano de obra

En esta propuesta se plantea que el tamaño de la planta se dé por la capacidad instalada por el equipo de deshidratación y el equipo de molienda.

Equipo de deshidratación 30 kg/hora

Equipo de molienda 30 kg / hora

5.3 LOCALIZACION

La localización se refiere a un proceso de ubicación del lugar geográfico adecuado en el cual el proyecto se va a desarrollar, requiere el análisis de diversos factores, desde los puntos de vista económico, social, entre otros, esto es determinante para alcanzar el objetivo trazado, además de llegar a obtener el mayor nivel de beneficio, rentabilidad.

5.3.1 METODOLOGIA DE LOCALIZACION

Como uno de los factores de gran importancia es la disponibilidad de la materia prima como macrolocalización del lugar se propone la provincia Camacho ubicado en el departamento de La Paz y para la microlocalización se considerará los municipios de Carabuco y Escoma. En estos dos municipios hay una buena producción de tarwi.

5.3.1.1 METODOLOGIA DE LOCALIZACION POR PUNTOS

Esta metodología comprende diferentes factores para su ponderación y toma de decisiones de acuerdo a un puntaje final.

5.3.1.2 FACTORES A PONDERAR PARA LA LOCALIZACION

Los factores a ponderar para la toma de decisiones es la siguiente:

5.3.1.2.1 DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA

La mano de obra es el personal instruido o que se capacitara para la elaboración del producto, el hecho que sean personas naturales del lugar es un beneficio para la sociedad y economía.

5.3.1.2.2 DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA

Es importante que la cercanía de la materia prima a la planta sea lo más próximo para que los costos sean aceptables.

5.3.1.2.3 CERCANIA DE HOSPITALES Y/O MERCADOS

Este factor es de importancia ya que la planta debe situarse lejos de los hospitales y mercados esto por el tema de contaminación que acarrearía al producto.

5.3.1.2.4 DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS BASICOS

Los servicios básicos se refieren a la disponibilidad en el lugar de agua y luz para la conexión a la planta.

5.3.1.2.5 ACCESIBILIDAD DE CAMINOS

Los caminos deben ser los más cercanos posibles a la planta, de fácil acceso para el tránsito tanto de la materia prima, insumos y para la comercialización del producto terminado.

5.3.1.3 CALIFICACION DE LOS FACTORES

La calificación va de malo a muy bueno con la siguiente ponderación

Malo	2	Bueno	6
Regular	3	muy bueno	10

5.3.1.4 MICROLOCALIZACION

Tabla 5.1. TABLA DE PONDERACION PARA LA LOCALIZACION

ZONAS DE LOCALIZACION					
FACTORES DE LOCALIZACION	POND. (1 – 10)	MUNICIPIO DE CARABUCO		MUNICIPIO DE ESCOMA	
		CALIFICACION	POND.	CALIFICACION	POND.
DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA	8	10	80	8	64
DISPONIBILIDAD DE MATERIA PRIMA	9	8	72	10	90
CERCANIA DE HOSPITALES Y/O MERCADOS	7	6	42	8	56
DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS BASICOS	8	10	80	10	80
ACCESIBILIDAD DE CAMINOS	9	6	54	8	72
		TOTAL	328	TOTAL	362

Fuente: Elaboración propia

En vista de los resultados la propuesta es que la ubicación sea en el municipio de Escoma

5.4 PROCESO PRODUCTIVO INDUSTRIAL

El proceso productivo será de forma continua, siendo acorde a la secuencia de operaciones en que se presentan para la producción y debido a que se efectúan las mismas operaciones, permite la estandarización y controles de calidad efectivos. La planta procesadora se encarga de la elaboración de la harina de tarwi, así también acopiar la materia prima de los productores.

5.4.1 COMPONENTES DE LA HARINA DE TARWI

Los componentes se refieren a las unidades que conformaran la cadena productiva para la elaboración de la harina de tarwi.

5.4.1.1 MATERIA PRIMA

La materia prima para la elaboración del producto es el tarwi seco y sin desamargar, que se obtendrá de los productores de tarwi del municipio de escoma. La variedad de tarwi con la que se trabajara es de color blanco ya que el estudio ampliamente descrito en anteriores capítulos se los realizo con la variedad de tarwi blanco.

5.4.1.1.1 ENVASES

Los envases primarios a utilizar será bolsas de yute, bolsas plásticas en el interior, impermeable, para proteger de la humedad exterior en presentaciones de 46 Kg, para presentaciones pequeñas de 1 kg se usará papel kraft

5.4.2 PROCESO DE PRODUCCION INDUSTRIAL

5.4.2.1 RECEPCION

La recepción de los granos de tarwi se realiza en sacos de yute, para luego ser trasladados al almacén donde se los apilara en pallets.

5.4.2.2 LIMPIEZA Y SELECCIÓN

Esta operación se lo realiza con la ayuda de unas zarandas que ayudaran a separar las impurezas que acompañen a los granos de tarwi, para seguidamente realizar un breve lavado que limpiara a los granos de tarwi de polvo y tierra.

5.4.2.3 HIDRATACION

La hidratación se realiza en un tanque con agua atemperada a 40°C en una relación Tarwi – Agua 1 – 8 y con una agitación constante de 60 rpm por un espacio de 8hrs.

5.4.2.4 COCCION

Esta etapa se realiza en un tiempo de 2 horas con una relación Tarwi – Agua 1 – 5 y con un cambio de agua a la temperatura de ebullición del agua.

5.4.2.5 LAVADO

Esta etapa se lo realiza en un tanque con agua en una relación Tarwi – Agua de 1 – 4 y agitación constante de 160 rpm con 6 cambios de agua.

5.4.2.6 DESHIDRATADO

El objetivo del deshidratar por debajo del 12% es evitar el ataque de bacterias y hongos, que provoquen deterioros en los granos deshidratados y por tanto se pierda la calidad, al mismo tiempo facilitar el transporte y conservar el producto, este proceso se realiza durante 4 a 6 horas a una temperatura de 60°C.

5.4.2.7 DESENGRASADO DEL TARWI DESAMARGADO

Una vez obtenidos los granos desamargado por las etapas previas a este proceso, se efectúa la extracción de aceite antes de la molienda, para que el producto no sufra un rancimiento debido al porcentaje de aceite contenido en los granos. Este proceso se lo lleva a cabo por prensado mecánico y se obtendrá en aceite en bruto el cual será un subproducto.

5.4.2.8 MOLIENDA

Una vez obtenido el expeler (residuo de la prensa) desengrasado con alto contenido proteico ya es apto para la molienda, se dispone de un molino de martillos graduable depende de la granulometría que se quiera obtener.

5.4.2.9 TAMIZADO

Después del proceso de molienda, las partículas pasan por un tamiz de 10 micras. El residuo de tamizado se realimenta hacia el molino para reducir el diámetro a un tamaño de partícula deseado.

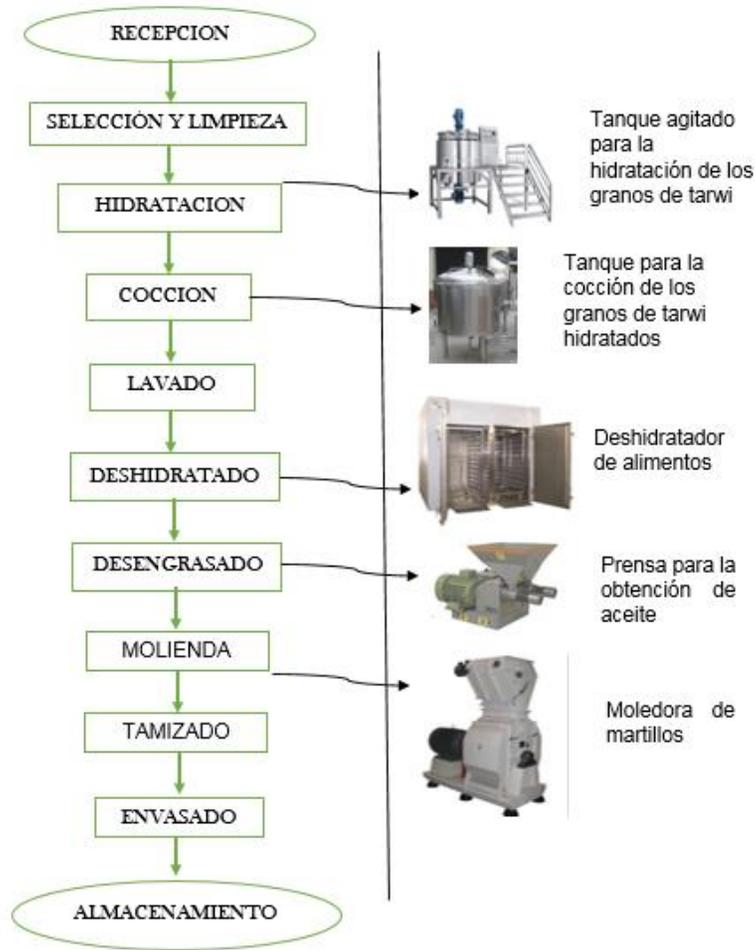
5.4.2.10 ENVASADO

En los envases la harina es llenada y sellada al vacío para evitar la contaminación del producto, en presentaciones de 46 kg y 1 kg para luego ser acomodados en el almacén.

5.4.2.11 ALMACENADO

Seguidamente del envasado los paquetes de harina son transportado al almacén de producto terminado, el ambiente fresco y seco.

Figura 21. FLUJOGRAMA DE PROCESO DE PRODUCCION DE HARINA DE TARWI Y MAQUINARIA MAS IMPORTANTE



Fuente: Elaboración propia

5.4.3 DISEÑO DE LA PLANTA

5.4.3.1 PROGRAMACION DE PRODUCCION AGRICOLA

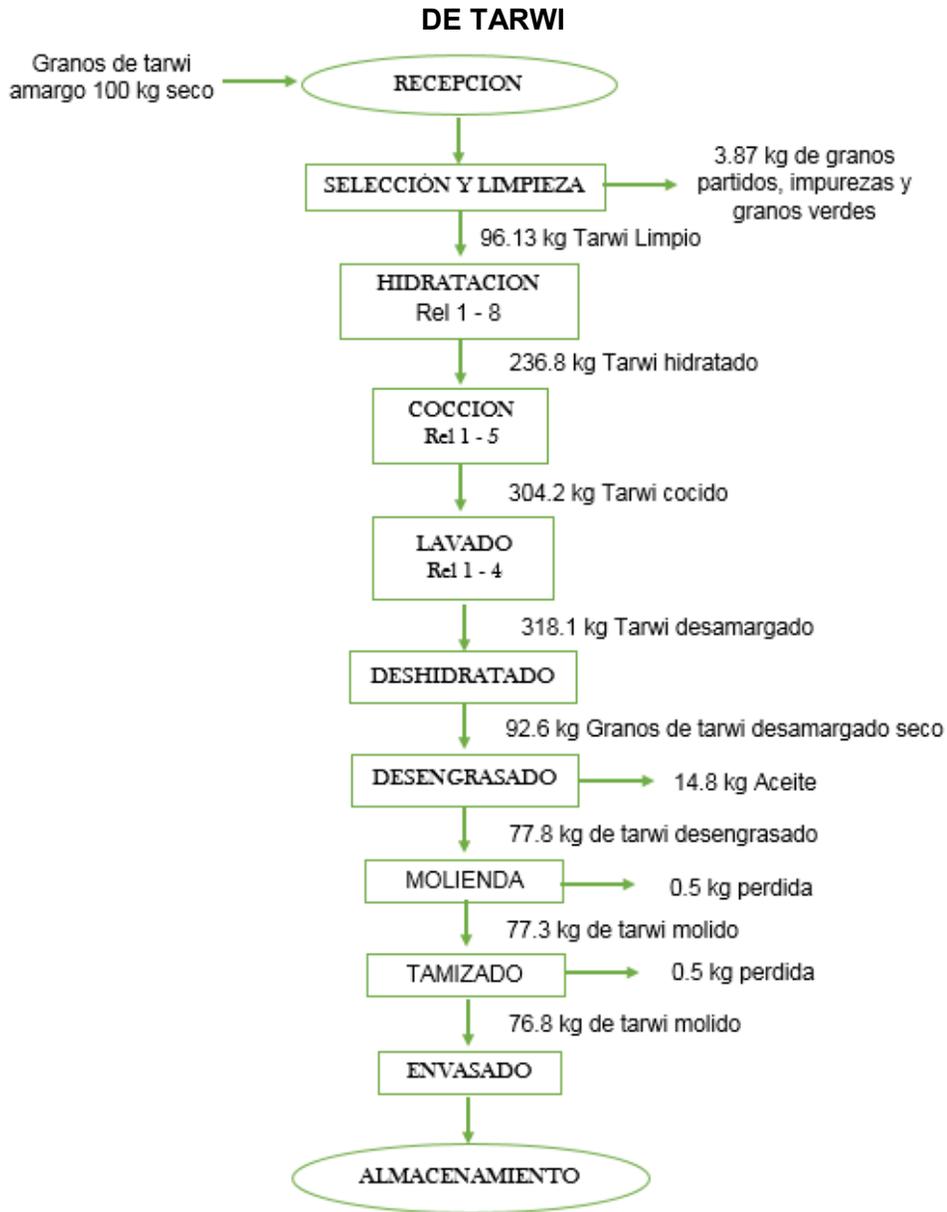
De acuerdo a la producción agrícola el tarwi se produce en forma rotatoria en las parcelas anualmente, la siembra se da por los meses de octubre y febrero y al siguiente año se lo cosecha por los meses de mayo época en la que hay más disponibilidad de la materia prima.

5.4.3.2 BALANCE MASICO

La planta industrializadora trabajara en función a la disponibilidad de materia prima, que es sometido a diferentes procesos para la obtención del producto terminado, "Harina de tarwi" en el cual a través del transcurso del proceso existe pérdida de peso en la materia prima debido, a la eliminación de agua tomando en cuenta este aspecto además de las experiencias en la

determinación de los parámetros para el proceso de desamargado del tarwi se realiza la estimación de producción de harina.

Figura 22. FLUJOGRAMA DE BALANCE MASICO PARA LA PRODUCCION DE HARINA



Fuente: Elaboración propia

5.4.3.3 REQUERIMIENTO DE EQUIPOS, MAQUINARIA Y MATERIAL AUXILIAR PARA EL PROCESO INDUSTRIAL

Tabla 5.2. REQUERIMIENTO DE EQUIPOS, MAQUINARIA Y MATERIAL AUXILIAR

N°	EQUIPO	OPERACION	CANT.
1	BASCULA AUTOMATICA	PESADO DE MATERIA PRIMA Y PRODUCTO TERMINADO	2
2	TANQUE CON AGITACION	HIDRATACION Y LAVADO	2
3	TANQUE PARA COCCION	COCCION	1
4	CINTA TRANSPORTADORA	INSPECCION DEL TARWI DESAMARGADO	1
5	MESON	PARA LAS BANDEJAS	1
6	BANDEJAS DE ALIMENTOS	ACOMODADO DE LOS GRANOS PARA EL SECADO	100
7	HORNO DESHIDRATADOR	DESHIDRATADO	1
8	PRENSA PARA EL DESENGRASADO	DESENGRASADO	1
9	MOLINO DE MARTILLOS	MOLIENDA	1
10	TAMIZ	TAMIZADO	1
11	ENVASADORA EMPAQUETADORA	ENVASADO	1
12	TANQUE DE ACERO INOXIDABLE	ALMACENA EL ACEITE EN BRUTO	1
13	COSEDORA ELECTRICA DE SACOS	EVASADO DEL PRODUCTO	1
14	PALLETS DE MADERA	ALMACENA LA MATERIA PRIMA Y EL PRODUCTO TERINADO	50

Fuente: Elaboración propia

5.4.3.4 ORGANIZACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

Figura 23. ORGANIZACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se observa que la propuesta de organización de la empresa está dividida en tres áreas de gestión; Área de producción, área de comercialización y el área de administración. El personal requerido se detalla a continuación:

Tabla 5.3. PERSONAL REQUERIDO POR AREAS

AREA DE ADMINISTRACION		
N°	CARGO	PERSONAL
1	GERENTE GENERAL	1
2	JEFE DE ADMINISTRACION	1
3	SECRETARIA	1
4	GUARDIA	1
AREA DE PRODUCCION		
1	JEFE DE PRODUCCION	1
2	OPERADORES	10
AREA DE COMERCIALIZACION		
1	JEFE DE COMERCIALIZACION	1
2	ENCARGADO DE DISTRIBUCION	4

Fuente: Elaboración propia

5.4.3.4.1 PRODUCCION INDUSTRIAL

Esta área comprende a la mano de obra que está directamente en contacto con el proceso de transformación de la materia prima. De modo que cada uno del personal de esta área deben

tener en claro las labores a desempeñar en su trabajo para la obtención de un producto con las características requeridas.

Tabla 5.4. PERSONAL EN EL AREA DE PRODUCCION

PUNTO DEL AREA DE PRODUCCION	PERSONAL
JEFE DE PRODUCCION	1
RECEPCION Y ALMACEN	2
DESAMARGADO DEL TARWI	4
ELABORACION DE HARINA	2
ALMACEN DE PRODUCTO TERMINADO	1

Fuente: Elaboración propia

5.4.4 DISTRIBUCION DE LA PLANTA

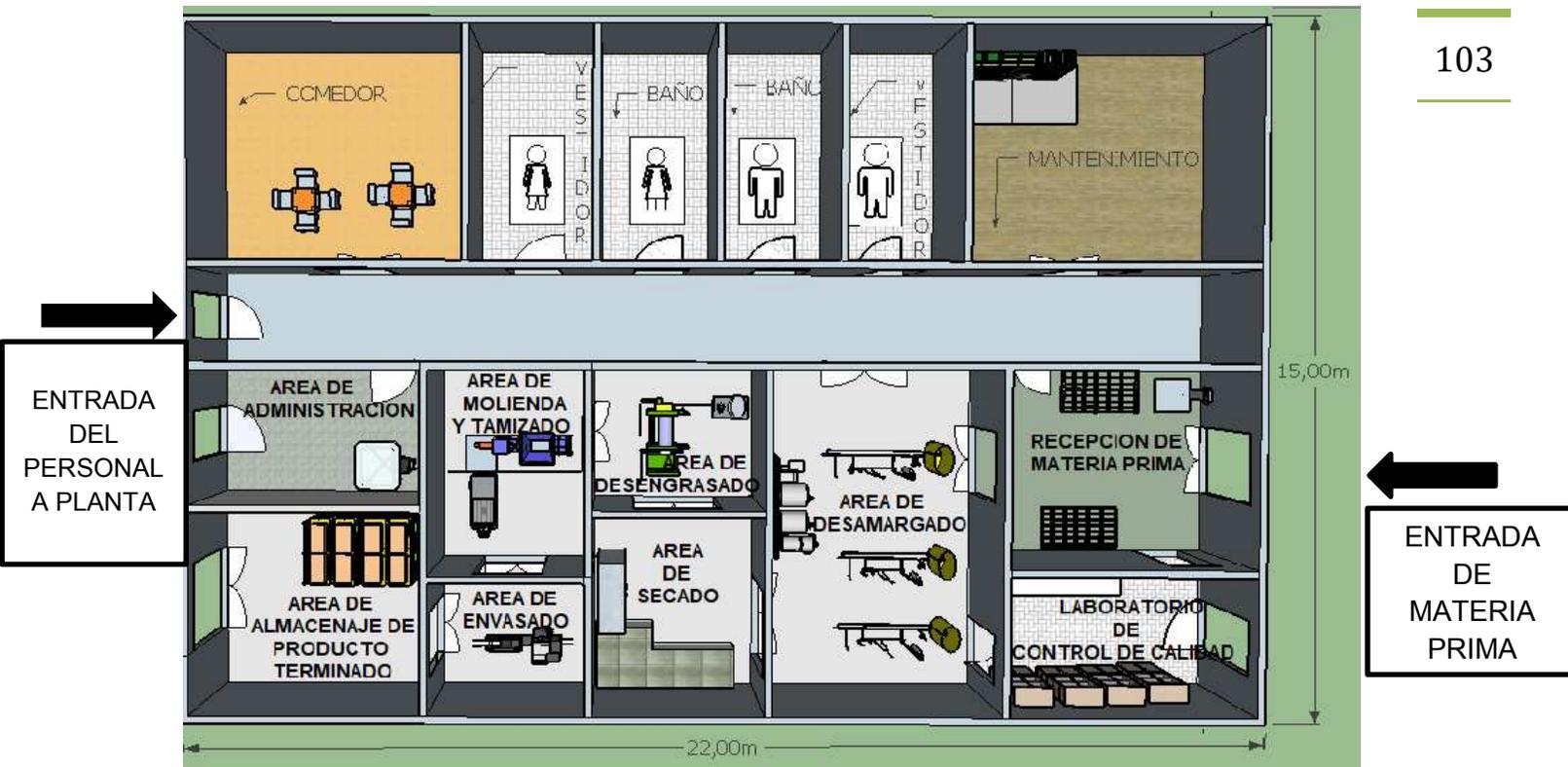
Una buena distribución de la planta está orientada a ahorrar recursos, actividades y tiempos con el objetivo principal de adecuar las áreas de la planta y el personal, con eficiencia y eficacia, al mismo tiempo garantizar la seguridad y satisfacción del personal.

Una buena distribución de la planta permitirá:

- Circulación adecuada para el personal equipos, materia y producción en la elaboración, etc.
- Seguridad del personal y reducción de accidentes.
- Mejorar la calidad del producto en menor tiempo.
- Mejorar las condiciones de trabajo.
- Incrementar la productividad y reducción de costos

5.4.4.1 LAYOUT

La distribución de la planta estará en función al proceso de producción y al diagrama de flujo de proceso. Se propone a través de un layout tres áreas que son; administración, producción y comercialización



Fuente: Elaboración propia

5.4.4.2 DIAGRAMA ANALITICO DEL PROCESO

El cursograma analítico es conocido como el gráfico del proceso, ya que expone la “circulación o sucesión de los hechos en un proceso”, debido a que representa el orden en que suceden las operaciones, las inspecciones, los transportes, las demoras y los almacenamientos durante un proceso o un procedimiento, e incluye información adicional, como ser por ejemplo el tiempo necesario.

El cursograma analítico es de gran utilidad cuando se requiere tener mayor detalle visual de las actividades que se llevan a cabo en un proceso, por ello ahora se definen las cinco actividades fundamentales que se pueden desarrollar en un proceso:

Operación ○ Denotada por una circunferencia como símbolo. Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Por lo común, la materia o producto en estudio, se modifica durante la operación.

Inspección □ Representado por un cuadrado como símbolo. Indica que se verifica la calidad, la cantidad o ambas.

Transporte  Denotado con una flecha como símbolo. Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro.

Deposito provisional o Espera  Representado por un símbolo compuesto de las figuras cuadrada y semicircunferencia. Indica la demora en el desarrollo de los hechos; por ejemplo, trabajo es suspenso entre dos operaciones sucesivas, o entre dos operaciones sucesivas, de cualquier objeto hasta que se necesite.

Almacenamiento Permanente  Representado por un triángulo como símbolo. Indica el depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén donde sea recibido o entregado, mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia.

A continuación el Diagrama Analítico para la propuesta de una planta para la obtención de harina de tarwi.

Resumen		
Actividad	Sim	
Operación		17
Inspección		1
Espera		0
Transporte		6
Almacenamiento		1
Total		25

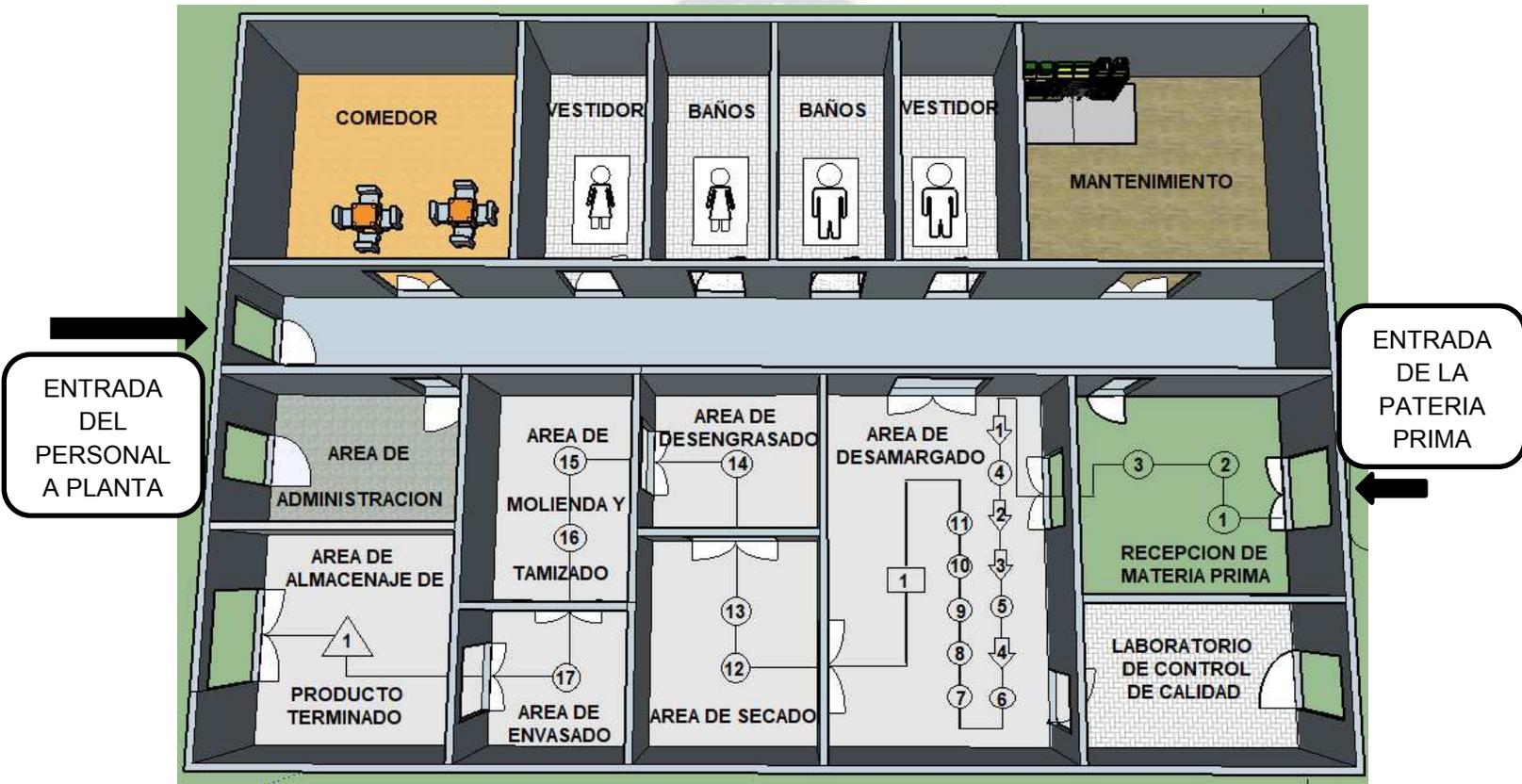
Cursograma Analítico		Operario/ Material/ Equipo					
Actividad		Producto					
Hidratación, cocción, Lavado, Deshidratado Desengrasado, Molienda, Tamizado, Envasado		Harina de tarwi					
Descripción	Tiempo (min)	Actividad					Observaciones
		○	□	▷	↻	△	
Recepción de materia prima	10						Registro de Ingreso
Pesaje de los granos de tarwi	10						Registro de pesos
Selección y limpieza	20						Pajillas, piedrecillas
Cargado de los granos de tarwi al tanque de hidratación	10						
Hidratación	480						T = 40°C
Descarga de los granos de tarwi hidratados	5						
Carga de los granos hidratados al tanque de cocción	5						
Cocción	120						T = Ebullición del Agua
Descarga de los granos de tarwi cocidos	5						
Cargado de los granos de tarwi cocidos al tanque de lavado	5						
1er Lavado	480						T = amb
2do Lavado	360						T = amb
3er Lavado	240						T = amb
4to Lavado	240						T = amb
5to Lavado	240						T = amb
6to Lavado	240						T = amb
Descarga de los granos desamargados	10						
Inspección de granos partidos y dañados	20						
Acomodado en canastillo para deshidratado	10						
Deshidratado	360						T = 60°C
Desengrasado	30						
Molienda	15						
Tamizado	10						
Envasado	3						
Almacenamiento							Lugar fresco y seco
Tiempo total (min)	2928						

Fuente: Elaboración propia

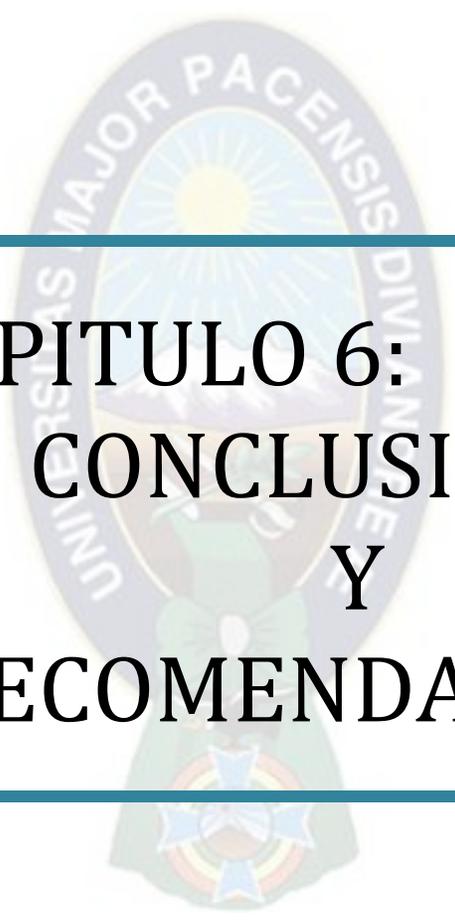
5.4.4.3 DIAGRAMA DE RECORRIDO

Un diagrama de recorrido es un esquema de distribución de planta en un plano bi o tridimensional que muestra donde se realizan todas las actividades que aparecen en el diagrama de flujo de proceso. La ruta de los movimientos se señala por medio de líneas, cada actividad es identificada y localizada en el diagrama por el símbolo correspondiente y numerada de acuerdo con el diagrama de flujo de proceso.

En el siguiente grafico se muestra el esquema de recorrido de la materia prima hasta el producto terminado.



Fuente : Elaboración propia



**CAPITULO 6:
CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES**

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados del presente trabajo se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Es sabido que para toda investigación o estudio de parámetros recomendables para un proceso o formulación para la obtención de algún producto es esencial conocer los parámetros fisicoquímicos de la materia prima. En el presente trabajo se realizó la caracterización de la materia prima empleada que son los granos de tarwi sin deslupinizar.

ATRIBUTO	Unidades	Resultado
Humedad	%	7.33
Proteína	%	39.00
Grasa	%	19.98
Fibra	%	6.16
Carbohidratos	%	15.36
Ceniza	%	3.94
Alcaloides	%	3.59
ELN (Extracto libre de nitrógeno)	%	30.92
Peso de 1000 granos	-	199
Peso Hectolitrico	Kg/hL	70.5
Capacidad de hidratación	%	73

Fuente: Elaboración propia

Los granos de tarwi utilizados como materia prima están dentro de los límites descritos en los requisitos para los granos de tarwi desamargado, pero no así en los últimos cuatro parámetros que se muestran en la anterior tabla esto se lo atribuye a la variedad utilizada.

2. Para definir algunos detalles en la metodología antes de aplicarlo en el diseño experimental es siempre aconsejable realizar pruebas preliminares. En la

cuantificación de alcaloides se utilizó de referencia un método espectrofotométrico en el cual se necesitaba un patrón para la curva de calibración. De acuerdo a los resultados de los ensayos preliminares se encontró efectivo utilizar la Cinchonine como patrón ya que este método nos sirve para ver el comportamiento del proceso a medida que se varían los parámetros.

3. Así mismo se hizo ensayos preliminares para cada uno de los subprocesos del desamargado y conforme a los resultados el tiempo para el subproceso hidratación se lo concretó entre 6 a 8 horas, en el segundo subproceso el tiempo de cocción es de 2 horas y para el tercer subproceso en el cual se consideran un límite superior de 6 cambios de agua, se vio practico que en el primer cambio de agua se lo realice al cabo de 8 horas, el segundo cambio de agua al cabo de 6 horas y desde el tercer hasta el sexto cambio de agua se los realice al cabo de 4 horas esto también considerando que mucho tiempo sumergido los granos de tarwi en agua podría ablandarse más allá de lo debido dando lugar a que los granos de tarwi se desintegren.
4. Para la determinación de los parámetros favorables para el proceso de desamargado se usó el programa Desing Expert 7.0.0 en cada uno de los subprocesos dando como resultado lo siguiente:

- En el primer subproceso las condiciones favorables son:

Parámetro	Valor	Unidad
Velocidad de Agitación	60	RPM
Relación Tarwi – Agua	1 – 8	g - g

- En el segundo subproceso las condiciones favorables son:

Parámetro	Valor	Unidad
Relación Tarwi – Agua	1 – 5	g - g
N° de cambios de agua	1	

- En el segundo subproceso las condiciones favorables son:

Parámetro	Valor	Unidad
Velocidad de Agitación	160	RPM
Relación Tarwi – Agua	1 – 4	G - G
N° Cambios de Agua	6	

Estos resultados nos dan una clara muestra de que el tiempo invertido en el proceso es en total 40 horas y en días es 1.7, que es lo más satisfactorio que en el método tradicional.

5. Se realizó el seguimiento al proceso de desamargado con el método espectrofotométrico usando como patrón la Cinchonine que de acuerdo con las pruebas preliminares resulto efectivo para la cuantificación de alcaloides, el cual es la variable respuesta en cada uno de los subprocesos del proceso de desamargado.
6. Por ultimo después de desamargar los granos de tarwi se realizó la caracterización los cuales según la tabla a continuación:

ATRIBUTO	UNIDADES	VALOR CALCULADO
Humedad	%	7.6
Proteína	%	48.08
Materia Grasa	%	13.37
Fibra Cruda	%	19.42
Ceniza	%	2.23
Carbohidratos	%	14.73
ELN	%	16.9
Energía	Cal/g	5493.7
Alcaloides	%	0.1

Fuente: Elaboración propia

Demuestra una superioridad en cuanto a la disponibilidad de nutrientes.

7. En cuanto a la calidad en el sentido microbiológico, según los resultados a continuación:

PARAMETRO	RESULTADO	Limite Aceptable
Recuento aerobios totales	982.5	$18 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^3$
Recuento de coliformes totales	5	$10 - 10^2$
Recuento de hongos	Ausencia	$0 - 5 \cdot 10^2$
Recuento de levaduras	450	$0 - 5 \cdot 10^2$

Fuente: Elaboración propia

Los granos de tarwi desamargado obtenido son aptos para el consumo sin ningún peligro ya que están dentro de los límites en cuanto a la calidad microbiológica.

8. En la propuesta de implementación de una planta elaboradora de harina de tarwi se estableció que:
 - La harina de tarwi, es un producto es de carácter complementario para fortificar productos de panificación u otros.
 - El tamaño de la planta es definido por la capacidad instalada de 30 kg/hora definido por la maquinaria.
 - La localización de la planta se propone que sea en el municipio de Escoma debido a que hay una disponibilidad de tarwi en esa zona.
 - En el proceso de producción se vio necesario incluir la etapa de desengrasado antes de la molienda debido al contenido de aceite en la composición del tarwi desamargado y que podría llegar a un ranceamiento en la harina.
 - La cantidad de personal que se necesita es en total 20, distribuidas en tres áreas, administración producción y comercialización.

6.2 RECOMENDACIONES

1. Realizar un tratamiento de aguas a las aguas residuales del proceso de desamargado
2. Realizar un estudio para darle uso a las aguas producto del proceso de desamargado ya que se podría utilizar con repelente para insectos en las plantaciones.
3. Proponer productos en base a tarwi desamargado y así ayudar a introducir este alimento en la dieta de la población.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

- [1], [3], [12] “LA PRODUCCION DE TARWI EN LA ECONOMIA CAMPESINA DE LA PROVINCIA CAMACHO (caso comunidad Socuco); Elías Gómez Catunta
- [2] Ávila, Gonzalo “Las leguminosas en la alimentación del hombre” Simposio sobre regulaciones alimentarias Perú. 2002.
- [4] CADENAS DE VALOR DEL TARWI - www.del.org.bo/info/archivos/cadena%20tarwi.pdf
- [5] Claudia Mamani Choque OBTENCION DE HARINA DE TARWI
- [6] Ávila, Gonzalo “Las leguminosas en la alimentación del hombre” Simposio sobre regulaciones alimentarias Perú. 2002.
- [7] <http://www.monografias.com/trabajos-pdf5/detalle-del-ritual-del-tarwi/detalle-del-ritual-del-tarwi.shtml#ixzz5Cxz4Rhbk>
- [8] “COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS VARIETADES DE TARWI (*Lupinus mutabilis* Sweet), BAJO TRES DENSIDADES DE SIEMBRA EN LA COMUNIDAD MARKA HILATA CARABUCO, LA PAZ; Jhaneette Mery Plata Arcaya
- [9] GROSS, R. 1982. El cultivo y la utilización del tarwi. Estudio FAO. Producción y Protección Vegetal, N° 36. Roma, Italia.
- [10] BLANCO, O. 1980. Genetic variability of tarwi (*Lupinus mutabilis*). En: I Conferencia Internacional de Lupinus. Lima, Cusco, Perú.
- [11] IICA (INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGROPECUARIA) Prociandino Subprograma o Red de Cultivos alto andinos - Diagnóstico de la producción e investigación - enero 1991
- [13] <http://elcomercio.pe/blog/cuscosparalelos/2015/11/su-majestad-el-tarwi>
- [14] <https://calendariosaboresbolivia.com/2017/05/05/propiedades-del-tarwi/>
- [15] http://www.eldiario.net/noticias/2015/2015_02/nt150219/femenina.php?n=7&-el-tarwi-y-sus-beneficios

[16] DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES ANTINUTRITIVOS TERMORRESISTENTES EN LEGUMINOSAS. I: ALCALOIDES M. MUZQUIZ, C. BURBANO, C. CUADRADO, C DE LA CUADRA CIT- INIA Apdo8111, Madrid

[17] PROPIEDADES Y APLICACIONES DE LOS ALCALOIDES DEL CHOCHO (lupinus mutabilis sSweet) E. Villacres, E. Peralta, L. Cuadrado, J. Revelo, S. Abdo, R. Aldaz quito Ecuador 2000

[18] Evaluación del Efecto Antiinflamatorio del Extracto Acuoso de las Semillas de Lupinus mutabilis Sweet (Tarwi, Chocho), en Animales de Experimentación Castañeda, C.B.*; Manrique M.R.**; Ibáñez V.L.***; Gamarra, C.F.****; Galan, L.D.****; Quispe, H.P.****

[19] UTILIZACION DEL CHOCHO (LUPINUS MUTABILIS SWEET) COMO ANTIPARASITARIO GASTROINTESTINAL Y HEPATICO EN OVINOS MESTIZOS

LOURDES GUADALUPE TORRES CONSTANTE

[20] DETERMINACION DE FACTORES ANTINUTRITIVOS TERMORRESISTENTES EN LEGUMINOSAS. I: ALCALOIDES POR M. MUZQUIZ, C. BURBANO, C. CUADRADO, C. DE LA CUADRA. CIT – INIA. Apdo 8111, Madrid.

[21] ESTUDIO DE LA PREFACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACION DE UNA PLANTA PROCESADORA DE HARINA DE PLATANO (Musa Paradisiaca) EN EL MUNICIPIO DE SAN BUENA VENTURA, DARLY PAHOLA VULLA LURISSY.

ANEXOS

**ANEXO A: NORMA NB/NA 0094 LEGUMINOSAS – GRANOS AMARGO DE TARWI
NB /NA 0094**

LEGUMINOSAS – GRANOS AMARGO DE TARWI– REQUISITOS

1.- OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN. -

1.1 Esta norma establece los requisitos de calidad y los métodos de ensayo que debe cumplir el grano de tarwi para su comercialización.

1.2 Esta norma se aplica al grano de tarwi de producción andina. No se aplica al grano de tarwi destinado a la producción y siembra.

2.- REFERENCIAS. -

Los siguientes documentos normativos referenciales son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas se aplica la última edición del documento normativo referenciada (incluida cualquier corrección)

ISO 565:1990 Test sieves – Metal wire cloth perforated metal plate and electroformed sheet – nominal sizes of openings

ISO 712 :2009 Cereals and cereal products – Determination of moisture content – reference method

ISO 2859-1:1999 Sampling procedures for inspection by acceptance quality limit (AQL) for lot –by-cot inspection

ISO 6639-2:1986 Cereals and dulses – Determination of inddeninsect infestation – part 2: sampling

ISO 6651:2001 animal feeding stuffs – Semiquanstitative determination of alfatoxin B1 – Thin _ layer chromatographic methods.

ISO 24333: 2009 Cereals an cereal product – sampling

NTC 795: 1980 Industrias alimentarias granos almacenados clasificación de insectos y ácaros.

NTC 852-2:1996 Part2 – Método de referencia

NTC 1232: 1996 Método de análisis ALFATOXINAS DE OCURRENCIA NATURAL – b1, b2, g1 Y g2

AOAC Oficial Method 923.03 Ash of flour. Charper 32, p.2. 18 th ed,2005.

AOAC official Method 2001.u protein (crude) in animal feed, forange (plant tissue), grain, charper 4 p.5. 18 th ed. 2005

AOAC official method 2003:06 Crude latin animal feed, forange (plant tissue), grain. Charper 4, p.42 18th ed,2005.

3. - DEFINICIONES. -

Para efectos de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

3.1 Tarwi

Conjunto de granos pertenecientes a la familia de las leguminosas, procedente de la especie *Lupinus Mutabilis* Sweet.

3.2 Grano Amargo

Grano de tarwi que contiene del 1% al 4% de alcaloides.

3.3 Grano Entero

Grano de tarwi cuya parte constitutiva está completa.

3.4 Grano Quebrado o Partido

Grano de tarwi que se presenta dividido y separado a causa de golpes o accidentes durante su proceso de manipulación.

3.5 Grano Imperfecto

Grano de tarwi inmaduro o manchado, decolorado, cualquiera que sea su tamaño, sin testa o abierta y de cotiledones de color verde

3.6 Grano Dañado

Grano entero a partido que ha sido alterado en su apariencia debido a la acción de hongos, los que ocasionan al grano síntomas de ennegrecimientos, presencia de micelios y olor a moho.

3.6.2 Granos dañados por el calor

Granos enteros o partidos que han sufrido deterioro en su estructura debido a la acción de insectos.

3.7 Granos desnudos y/o pelados

Comprende todo grano de tarwi desprovisto total o parcialmente de su cascara (cutícula) por efecto de la trilla y la manipulación.

3.6.3 Granos dañados por insectos

Granos enteros o partidos que han sufrido deterioro en su estructura debido a la acción de insecto.

3.8 Grano de chocho infestado

Grano o pedazo de grano de tarwi que se encuentra invadido por insectos dañinos o que presentan residuos de infestación tales como filamentos, huevos o larvas.

3.9 Grano de tarwi infectado

Grano o pedazo de grano de tarwi con presencia de microorganismos vivos, como hongos, bacterias, virus.

3.10 Grano de tarwi limpio

Aquel que contiene hasta 2% de impurezas

3.11 Grano de tarwi seco

Aquel cuyo contenido de humedad no sea mayor al 12%

3.12 Pureza varietal

Aquel que determina el contenido de la variedad específica en el lote al 95%

3.13 Grano muestra

Es aquel grano que no cumple los porcentajes de ninguna de las categorías de calidad establecida en las tablas 1 y 2 y se considera como rechazo

3.14 Impurezas

Todo material diferente al tarwi como; los residuos de material vegetal, animal o mineral.

3.15 Olores objetables

Todos aquellos olores diferentes al característicos del grano de tarwi y que pueden ser causados por deterioro físico, químico o biológico.

3.16 Color secundario

Pigmentación de origen genético diferente a la predominante en el grano.

4.- CLASIFICACION

El grano de tarwi (chocho) de acuerdo al porcentaje que queda retenido en los tamices 8, 7 y 6 (véase norma ISO 565. 1998), se clasifica en los siguientes tipos.

4.1 Grano de tarwi de primera

Es aquel formado por granos de color uniforme, retenidos por una criba o zaranda de 8.0 mm de diámetro.

4.2 Grano de tarwi de segunda

Es aquel formado por granos de color uniforme que pasan la criba de 8mm, que son retenidos por la criba de 7.0mm de diámetro.

4.3 Grano de tarwi de tercera

Es aquel formado por granos de color uniforme que se pasan por la criba de 7.0mm y son retenidos por la criba de 6.0mm de diámetro.

4.4 Grano de tarwi de cuarta

Es aquel formado por granos de color uniforme que pasan por la criba de 6.0 mm de diámetro.

Los tipos de granos anotados en 4.1.4.2, 4.3, y 4.4 se clasifican en grados de acuerdo a los requisitos establecidos en las tablas 1 y 2 de esta norma

5.- DISPOSICIONES GENEALES

5.1 Designación

El grano de tarwi amargo, para la comercialización se designa por su nombre y tipo, seguido de la norma de referencia.

6.- REQUISITOS

6.1 Requisitos Específicos

6.1.1 El grano de tarwi amargo debe cumplir los requisitos indicados en las tablas 1 y 2 con base en producto seco y limpio.

Tabla 1 Requisitos de calidad de grano de tarwi (chocho) amargo.

REQUISITO	UNIDADES	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO	
Grano Partido	%	2.0	Numeral 8.2.1.8	
Impurezas	%	2.0	Numeral 8.2.1.7. literal a 1)	
Color Secundario	%	3.0	Numeral 8.3.2	
Granos de cotiledones verdes	%	2.0	Numeral 8.2.1.9	
Granos dañados max.	Por calor	%	2.5	Numeral 8.2.1.9
	Por hongos	%	0.5	Numeral 8.2.1.9
	Total	%	3.0	Numeral 8.2.1.9

Tabla 2 Requisitos Físico Químico del grano de tarwi amargo

REQUISITO	UNIDADES	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO
Humedad	%	11 - 12	AOAC 2001.12
Proteína	%	35 – 48	AOAC 2001.11
Grasa	%	15 - 24	AOAC 2003.06
Fibra	%	6 – 20	AOAC 962.09
Ceniza	%	3.6 – 6.0	AOAC 923.03
ELN	%	18.75	Según la fórmula 1 AACC 1985

Peso de 1000 granos	%	250	NTC 852-1: 1996
Peso Hectolitrico	Kg/hL	67	NTC 852-2 : 1996
Capacidad de hidratación	%	95	Numeral 8.4

Donde:

ELN = Extracto libre de nitrógeno

ELN = 100-A

A = Σ (Proteínas + Grasa + Fibra + Cenizas)

6.1.2 El olor debe ser característico del grano de tarwi y no se aceptarán granos que contengan cualquier olor extraño u objetable.

6.1.3 La pureza varietal debe ser como mínimo de 95%.

6.1.4 Las variedades de los granos de tarwi debe estar exentas de residuos o de sustancias toxicas.

6.1.5 No se aceptarán en ningún caso granos que estén infectados o infestados. El grano de tarwi infestado por de insectos causantes de daños primarios y secundarios, se determinará ocularmente y los niveles de infestación se fijan de acuerdo con lo que se establecido en la tabla 3

6.1.6 La clasificación de insectos dañinos y ácaros será determinada de acuerdo a la norma NTC 745 1980

Tabla 3 Niveles de infestación

NIVEL DE INFESTACIÓN	# DE INSECTOS VIVOS EN 1000 GRANOS DE TARWI (CHOCHO)		MÉTODO DE ENSAYO
	Primario	Secundario	
Libre	0	0	NTC 745:1980
Ligeramente infectado	1 a 3	5	
Infestado	> 3	> 5	

6.1.7 Para los residuos de plaguicidas y productos afines en alimentos, se adoptarán la recomendación del CODEX ALIMENTARIUS.

6.2 Requisitos Complementarios

6.2.1 La temperatura del grano de tarwi durante su almacenamiento no debe exceder de la temperatura ambiente.

6.2.2 El grano de tarwi para comercialización destinado al procesamiento debe presentar color predominante blanco y /o crema.

7.- INSPECCION

7.1 Muestreo

El muestreo se efectuará a las normas ISO 2859 – 1:1999 e ISO 24333:2009

7.2 Aceptación o rechazo

7.2.1 Si la muestra ensayada no cumple con uno más de los requisitos indicados en esta norma, se rechaza el lote.

7.2.2 Por discrepancia se vuelven a efectuar los ensayos con muestra testigo.

7.2.2.1 Si no cumple se rechaza el lote.

7.2.2.2 Si el cumplimiento no afecta la salud y la vida de las personas o animales, podría considerarse como grado muestra.

7.2.3 En caso de mezclas entre variedades pertinentes a diferentes grados, el grano de tarwi (chocho) se considera no clasificado y será considerado como grado muestra.

7.2.4 Si la muestra ensayada se encuentra en un nivel de ligeramente infestada a infestada (véase tabla 3) se rechaza el lote.

8.- METODOS DE ENSAYO

8.1 Equipo

Balanza analítica sensible al 1.0g

Cribas metálicas o zarandas (véase norma ISO 56511990)

Divisor de muestras

Termómetro sonda

8.2 Preparación de la muestra para análisis se realiza de acuerdo a la norma ISO 6639- 2:1986

8.2.1 Análisis preliminar

Este análisis consiste en realizar el reconocimiento general del grano con la vista; el tacto y el olfato, sobre la apariencia general del grano, olor, infestación, impurezas y humedad.

8.2.2 Determinación de temperatura

La temperatura se determina inicialmente por inspección manual en caso de encontrarse evidencia de calentamiento, se procede a la determinar la temperatura por medio de un termómetro sonda, haciendo varias lecturas del conjunto y registrando el promedio de las temperaturas encontradas.

8.2.3 Determinación de olor

Se determinará organolépticamente.

8.2.4 Determinación de nivel de infestación

a) Pesar 1000g de la muestra global de tarwi. Tamizar manualmente con la criba de aberturas triangulares de 1.98mm y bandeja de fondo.

b) Luego de tamizada la muestra, se clasifican los insectos cribados, más lo que permanezca sobre el tamiz.

c) El nivel de infestación por insectos en la muestra de tarwi se expresa como número de insectos vivos por Kilogramo de la muestra, de acuerdo como se indica en la tabla de 3

8.2.5 Determinación de la humedad

Se efectuará de acuerdo a lo establecido por la norma ISO 712:2009

8.2.6 Determinación de grano infectado

Se realizará de acuerdo a lo establecido por la norma ISO 6651: 2001 o NTC 1232:1996

8.2.7 Determinación de puntaje

De la muestra global se toma una porción cuarteada de aproximadamente 500 gramos de tarwi (chocho) y se coloca sobre el juego de cribas con porciones circulares de 8.0mm; 7.0mm y 6.0mm de diámetro y bandeja de fondo, se somete a cribado en zaranda eléctrica o equivalente a 68 vaivenes por minuto, durante un minuto. Luego se determina de porcentaje de chocho limpio, retenido en cada una de las cribas de 8 mm; 7mm, y 6.0mm separar manualmente las impurezas que permanezca sobre cada una de las cribas y colocarlas en la bandeja del fondo.

Determinación de impurezas

El material que permanezca en la bandeja de fondo, obtenido 8.2.7, más las impurezas retenidas manualmente en las cribas usadas, se pesan y se determinan el porcentaje total en peso de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$I = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$$

Donde:

I = Contenido de impurezas en porcentaje de peso

P₁ = Peso de la muestra original, en gramos

P₂ = Peso de la muestra limpia, en gramos

8.2.8 Determinación de granos partido o quebrados

De la muestra limpia tomar por cuarteo manual o mecánico, una porción de aproximadamente 300 gramos de grano de tarwi, colocar sobre una criba de perforaciones triangulares de 1.98

mm de diámetro; luego depuesta la bandeja de fondo y la tapa correspondiente, se somete a cribado eléctrico o manual de 68 vaivenes por minuto durante un minuto. Luego determinar por pesada el porcentaje en peso de los granos partidos o quebrados. 120

8.2.9 Determinación de granos imperfectos o dañados

De la muestra limpia se extrae por cuarteo manual o mecánico una porción de aproximadamente 25 gramos de grano de tarwi, separando manualmente del mismo, todos los granos de chocho enteros o partidos que hayan sufrido deterioro por acción de insectos o agentes patógenos, que están mohos, germinados, dañados por el calor inmaduro (cotiledones verdes), o cualquier otra causa. Posteriormente se establecerán los porcentajes correspondientes en base al peso de cada muestra.

8.2.10 Determinados de tipo de grano

El tipo del grano queda determinado de acuerdo al numeral 8.2.1.7

8.3 Determinación de color predominante y secundario del grano

8.3.1 Color predominante de grano (CPG)

Dato se detecta por observación simple, de acuerdo a la escala dada en la tabla 4.

Tabla 4 Color predominante

COLOR	VALORACIÓN
Blanco	1
Crema	2
Amarillo	3
Café claro	4
Negro	5
Marrón	6
Gris	7
Café oscuro	8
Otros	9

8.3.2 Color secundario de grano (C.S.G.)

Se sigue el mismo procedimiento del descrito anteriores datos se fijan con lo establecido en la tabla 5

Tabla 5 Color secundario del grano

COLOR	VALORACIÓN
Ausente	0
Blanco	1
Amarillo	2
Crema	3
Café claro	4

Negro	5
Marrón	6
Gris	7
Café oscuro	8
Otros	9

8.3.3 Distribución de color secundario del grano (DCSG)

De acuerdo con los valores indicados en la tabla 6 y en la figura 1

Tabla 6 Distribución del color secundario del grano

COLOR	VALORACIÓN
Ausente	0
Media luna	1
En ceja	2
En lomo	3
Salpicada	4
En bigote	5
Veteada	6
En media luna veteada	7
En ceja veteada	8
Manchada	9
En lomo manchada	10

EN MEDIA LUNA	
En ceja	
En lomo	
Salpicada	
En bigote	
Veteada	

8.4 Determinación de la capacidad de hidratación

8.4.1 Procedimiento

8.4.1.1 Contar un número determinado de granos secos (100) y colocarlos en un Erlenmeyer

8.4.1.2 Añadir 350ml de agua desmineralizada y tapan el erlenmeyer (temperatura ambiente)

8.4.1.3 Dejar a temperatura ambiente por el tiempo de 16 h.

8.4.1.4 al cabo de este tiempo contar los granos hidratados.

8.4.2 Cálculos

El resultado se expresa en porcentaje

$$G = \frac{Y}{Z} * 100$$

Donde:

G = Porcentaje de granos hidratados

Y = Numero de granos hidratados

Z = Numero de granos totales

9.- ENVASADO. -

9.1 El grano de tarwi amargo podrá ser comercializado a granel envasado en sacos limpios, se material apropiado y que permita su muestreo e inspección sin que la perforación ocasione perdidas del producto.

10.- ROTULADO. -

Los envases y las guías de despacho a granel deben llevar rótulos con caracteres legibles e indelebles, redactados en español o en otro idioma, si las necesidades de comercialización así lo dispusieran, en tal forma que no desaparezcan bajo condiciones normales de almacenamiento y transporte, con la información siguiente:

Nombre o marca del productor o vendedor

Designación

Masa (peso) neta, en kilogramos

Fecha de caducidad (expiración) =1 año

11.- DOCUMENTO BASE DE ESTUDIO. -

INEN 2389; 2005 leguminosas – grano amargo de chocho – Requisitos

ANEXO B: CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DEL TARWI AMARGO**Determinación de humedad**

El ensayo se lo realizo por duplicado. Según la ecuación para el cálculo de la humedad de la norma NB 074: 2000 Cereales – Método para determinar el contenido de Humedad:

$$\% H = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} * 100$$

Donde:

% H = Humedad, en % (en masa)

M₀ = Peso del recipiente vacío con su tapa en g.

M₁ = Peso del recipiente y su tapa, con la muestra sin secar en g

M₂ = Peso del recipiente con su tapa, con la muestra seca en g

°N	M ₀ (g)	M ₁ (g)	M ₂ (g)	% H
1	95.3217	99.8221	99.4924	7.3260
2	101.1340	105.6345	105.3048	7.3258
			Promedio	7.33

Determinación de grasa

El ensayo se lo realizo por duplicado. Según la ecuación para el cálculo del contenido de grasa de la norma NB 312027 Cereales – Quinoa de grano – Determinación de materia grasa

$$EMG = \frac{M_2 - M_1}{M} * 100$$

Donde:

EMG = Extracto de materia grasa, en % (en masa)

M₁ = Masa del balón de recolección vacío, en g

M₂ = Masa del balón más el extracto de materia grasa obtenido, en g

M = Masa de la muestra analizada, en g.

°N	M (g)	M ₁ (g)	M ₂ (g)	% EMG
1	5.0409	81.9713	82.9851	20.11
2	5.0415	81.9692	82.9699	19.85
			Promedio	19.98

Determinación de cenizas

El ensayo se lo realizo por duplicado. Según la ecuación para el cálculo de cenizas de la norma NB 075:2000 Cereales – Método para determinar cenizas

$$C = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} * 100$$

Donde:

C = Cenizas, en % (en masa)

Mo = Masa del crisol vacío, en g

M₁ = Masa del crisol con la porción de la muestra de ensayo antes de ser calcinado, en g

M₂ = Masa del crisol con la porción de ceniza de la muestra de ensayo después de ser calcinado, en g.

°N	Mo (g)	M ₁ (g)	M ₂ (g)	% C
1	21.9602	23.9881	22.0407	3.97
2	20.6934	22.7213	20.7727	3.91
			Promedio	3.94

Determinación de elementos libre de nitrógeno

Según la ecuación para el cálculo del extracto libre de nitrógeno de la norma NB/NA 0094 LEGUMINOSAS – GRANOS AMARGO DE TARWI

$$ELN = 100 - A$$

$$A = \sum (\text{Proteinas} + \text{Grasa} + \text{Fibra} + \text{Ceniza})$$

Donde:

ELN= Extracto libre de nitrógeno

Remplazando los datos de la tabla 4.19 del capítulo 4 se tiene:

$$A = 39.00 + 19.98 + 6.16 + 3.94$$

$$A = 69.08$$

$$ELN = 100 - 69.08$$

$$ELN = 30.92$$

Determinación de 1000 granos

Para llevar a cabo el ensayo se contaron 100 granos de tarwi y se pesaron esto se lo realizo 10 veces para luego sacar el promedio y extrapolar a 1000 granos de tarwi.

°N	Numero de granos de tarwi	Masa (g)
1	100	18.6
2	100	18.9
3	100	19.8
4	100	18.8
5	100	18.2
6	100	18.7
7	100	19.7
8	100	18.7
9	100	20.3
10	100	20.2
	Promedio	19.9

Entonces para 1000 granos de tarwi es:

$$19.9 \rightarrow 100 \text{ granos de tarwi}$$

$$x \rightarrow 1000 \text{ granos de tarwi}$$

$$x = \frac{19.9 * 1000}{100}$$

$$x = 199$$

Determinación de peso por Hectolitrico

Se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$P_{hL} = (M_{2PROM} - M_0) * \frac{100}{V}$$

Donde:

P_{hL} = Peso Hectolítico, en Kg/hL

M_0 = Masa de la probeta vacía, en g

M_1 = Masa promedio de la probeta con la muestra hasta la marca que indica el volumen de la probeta, en g

M_{2PROM} = Masa promedio de la muestra, en g

V = Volumen de la probeta, en ml

°N	M_0 (g)	M_1 (g)	V(ml)	M_2 (g)
1	77.4	112.7	50	35.3
2	77.4	112.0	50	34.6
3	77.4	113.3	50	35.9
4	77.4	112.6	50	35.2
M_2 Promedio				35.25

Calculo del peso hectolitrico

$$P_{hL} = (35.25 - 77.4) * \frac{100}{50}$$

$$P_{hL} = 70.5 \text{ kg/hL}$$

Determinación de la capacidad de hidratación

Según la ecuación para el cálculo de la capacidad de hidratación de la norma NB/NA 0094 LEGUMINOSAS – GRANOS AMARGO DE TARWI

$$G = \frac{Y}{Z} * 100$$

Donde:

G = Porcentaje de granos hidratados

Y = Numero de granos hidratados

Z = Numero de granos totales

$$G = \frac{73}{100} * 100$$

$$G = 73\%$$

RESULTADOS DEL SELADIS
CARACTERIZACION DEL TARWI AMARGO

127

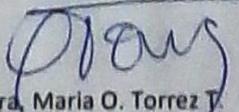
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS
INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN
SALUD (SELADIS)
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA
Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)
Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

	INFORME DE RESULTADOS LABORATORIO DE BROMATOLOGIA	CODIGO: 3591	
Informe N°:	/18		
Producto:	TARWI AMARGO		
Marca:	No indica	Razón Social	FABIANA ESPADA CHOQUE
Procedencia	LA PAZ		
Fecha de recepción muestra:	2018/03/19	Fecha de emisión de resultados:	2018/05/24
Fecha de inicio de ensayos:	2018/03/20		

RESULTADOS

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO
PROTEINA	%	39,00.-	KJENDHAL
CARBOHIDRATOS	%	15,36.-	FEHELING
FIBRA	%	6,16.-	HIDROLISIS

NSD: No Se Detecta / SLR: Sin Limite de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica/) /<LD menor al limite de detección.


 Dra. Maria O. Torrez T.
 Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio.
NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical

ANEXO C: DISEÑO EXPERIMENTAL PRIMER SUBPROCESO HIDRATACION

128

Std	Run	Block	Factor 1 A:VEL. AGITACION RPM	Factor 2 B:REL T - A G - G	Response 1 % ALCALOIDE %
18	1	Block 1	160	1 - 8	29.43
10	2	Block 1	110	1 - 6.5	39.39
13	3	Block 1	60	1 - 8	52.63
9	4	Block 1	110	1 - 6.5	36.84
12	5	Block 1	160	1 - 6.5	47.37
8	6	Block 1	60	1 - 6.5	24.38
17	7	Block 1	160	1 - 8	21.45
6	8	Block 1	160	1 - 5	22.59
7	9	Block 1	60	1 - 6.5	27.62
5	10	Block 1	160	1 - 5	22.82
3	11	Block 1	110	1 - 5	25.88
11	12	Block 1	160	1 - 6.5	51.52
14	13	Block 1	60	1 - 8	63.99
16	14	Block 1	110	1 - 8	36.57
2	15	Block 1	60	1 - 5	30.75
1	16	Block 1	60	1 - 5	37.12
15	17	Block 1	110	1 - 8	37.95
4	18	Block 1	110	1 - 5	24.53

Design Summary

Study Type	Factorial	Runs	18								
Initial Design	Full Factorial	Blocks	No Blocks								
Design Model	2FI										
Factor	Name	Units	Type	Low Actual	High Actual	Low Coded	High Coded	Mean	Std. Dev.		
A	VEL. AGITACION	RPM	Numeric	60.00	160.00	-1.000	1.000	110.000	40.825		
B	REL T - A	G - G	Numeric	5.00	8.00	-1.000	1.000	6.500	1.225		
Response	Name	Units	Obs	Analysis	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Ratio	Trans	Model
Y1	% ALCALOIDES %		18	Polynomial	21.450	63.990	35.157	11.809	2.983	None	RCubic

Response 1 % ALCALOIDES EXTRAIDOS
 ANOVA for Response Surface Reduced Cubic Model
 Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	2267.52	4	566.88	30.37	< 0.0001
A-VEL. AGITAC	549.67	1	549.67	29.45	0.0001
B-REL T - A	511.30	1	511.30	27.40	0.0002
AB	234.14	1	234.14	12.55	0.0036
AB ²	1379.86	1	1379.86	73.94	< 0.0001
Residual	242.62	13	18.66		
Lack of Fit	106.96	4	26.74	1.77	0.2181
Pure Error	135.65	9	15.07		
Cor Total	2510.13	17			
Std. Dev.	4.32		R-Squared	0.9033	
Mean	35.16		Adj R-Squared	0.8736	
C.V. %	12.29		Pred R-Squared	0.7979	
PRESS	507.38		Adeq Precision	15.418	

Final Equation in Terms of Coded Factors:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ ALCALOIDES EXTRAIDOS} = & \\
 & +35.16 \\
 & +11.72 * A \\
 & +6.53 * B \\
 & -5.41 * A * B \\
 & -22.75 * A * B^2
 \end{aligned}$$

ANEXO D: DISEÑO EXPERIMENTAL SEGUNDO SUBPROCESO COCCION

Std	Run	Block	Factor 1 A:REL T - A G - G	Factor 2 B:N° CAMBIOS	Response 1 % ALCALOIDE %
2	1	Block 1	1 - 3	1	48.3
12	2	Block 1	1 - 7	2	19.1
11	3	Block 1	1 - 7	2	20.3
4	4	Block 1	1 - 5	1	62.4
3	5	Block 1	1 - 5	1	62.7
16	6	Block 1	1 - 5	3	43.3
18	7	Block 1	1 - 7	3	58.3
5	8	Block 1	1 - 7	1	33
7	9	Block 1	1 - 3	2	21.2
8	10	Block 1	1 - 3	2	29.4
9	11	Block 1	1 - 5	2	55.6
14	12	Block 1	1 - 3	3	16.3
1	13	Block 1	1 - 3	1	51.3
17	14	Block 1	1 - 7	3	63.2
15	15	Block 1	1 - 5	3	34.7
10	16	Block 1	1 - 5	2	58.5
6	17	Block 1	1 - 7	1	39.4
13	18	Block 1	1 - 3	3	23.1

Design Summary

Study Type Factorial Runs 18
Initial Design Full Factorial Blocks No Blocks
Center Points 0
Design Model 2FI

Factor	Name	Units	Type	Low Actual	High Actual	Levels:
A	REL T - A	G - G	Categoric	1 - 3	1 - 7	3
B	N° CAMBIOS		Categoric	1	3	3

Response	Name	Units	Obs	Analysis	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Ratio	Trans	Model
Y1	% ALCALOIDES %		18	Factorial	16.30	63.20	41.12	16.46	3.88	None	2FI

Response	1	% ALCALOIDES			
ANOVA for selected factorial model					
Analysis of variance table [Classical sum of squares - Type II]					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	4740.59	8	592.57	39.31	< 0.0001
<i>A-REL T - A</i>	1401.70	2	700.85	46.49	< 0.0001
<i>B-N° CAMBIOS</i>	735.96	2	367.98	24.41	0.0002
<i>AB</i>	2602.93	4	650.73	43.17	< 0.0001
Pure Error	135.68	9	15.08		
Cor Total	4876.27	17			
Std. Dev.	3.88		R-Squared	0.9722	
Mean	41.12		Adj R-Squared	0.9474	
C.V. %	9.44		Pred R-Squared	0.8887	
PRESS	542.70		Adeq Precision	15.608	

Final Equation in Terms of Coded Factors:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ ALCALOIDES} = & \\
 & +41.12 \\
 & -9.52 * A[1] \\
 & +11.75 * A[2] \\
 & +8.40 * B[1] \\
 & -7.10 * B[2] \\
 & +9.80 * A[1]B[1] \\
 & +1.28 * A[2]B[1] \\
 & +0.80 * A[1]B[2] \\
 & +11.28 * A[2]B[2]
 \end{aligned}$$

Final Equation in Terms of Actual Factors:

$$\begin{aligned}
 \text{REL T - A} & \quad 1 - 3 \\
 \text{N° CAMBIOS} & \quad 1 \\
 \% \text{ ALCALOIDES} = & \\
 & +49.80000 \\
 \\
 \text{REL T - A} & \quad 1 - 3 \\
 \text{N° CAMBIOS} & \quad 2 \\
 \% \text{ ALCALOIDES} = & \\
 & +25.30000
 \end{aligned}$$

REL T - A	1 - 3		
N° CAMBIOS	3		
% ALCALOIDES =			
+19.70000			
REL T - A	1 - 5	REL T - A	1 - 5
N° CAMBIOS	1	N° CAMBIOS	3
% ALCALOIDES =		% ALCALOIDES =	
+62.55000		+39.00000	
REL T - A	1 - 5	REL T - A	1 - 7
N° CAMBIOS	2	N° CAMBIOS	1
% ALCALOIDES =		% ALCALOIDES =	
+57.05000		+36.20000	
REL T - A	1 - 5	REL T - A	1 - 7
N° CAMBIOS	3	N° CAMBIOS	2
% ALCALOIDES =		% ALCALOIDES =	
+39.00000		+19.70000	
REL T - A	1 - 7	REL T - A	1 - 7
N° CAMBIOS	1	N° CAMBIOS	3
% ALCALOIDES =		% ALCALOIDES =	
+36.20000		+60.75000	

ANEXOS E: DISEÑO EXPERIMENTAL TERCER SUBPROCESO LAVADO

Std	Run	Block	Factor 1 A:AGITACION RPM	Factor 2 B:REL T - A G - G	Factor 3 C:N° CAMBIOS	Response 1 % DE ALCALO %
5	1	Block 1	120	1 - 10	4	15.8
	3	Block 1	160	1 - 4	4	10.8
	12	Block 1	160	1 - 4	6	26
	8	Block 1	160	1 - 10	4	0
	13	Block 1	120	1 - 10	6	7.6
	6	Block 1	120	1 - 10	4	15.2
	11	Block 1	160	1 - 4	6	31
	15	Block 1	160	1 - 10	6	26.6
	1	Block 1	120	1 - 4	4	21.1
	7	Block 1	160	1 - 10	4	6.6
	2	Block 1	120	1 - 4	4	19.3
	9	Block 1	120	1 - 4	6	6.4
	14	Block 1	120	1 - 10	6	16.2
	4	Block 1	160	1 - 4	4	7.6
	10	Block 1	120	1 - 4	6	7.1
	16	Block 1	160	1 - 10	6	27.3

Design Summary

Study Type Factorial **Runs** 16
Initial Design Full Factorial **Blocks** No Blocks
Center Points 0
Design Model 2FI

Factor	Name	Units	Type	Low Actual	High Actual	Levels:					
A	AGITACION	RPM	Categoric	120	160	2					
B	REL T - A	G - G	Categoric	1 - 4	1 - 10	2					
C	N° CAMBIOS DE		Categoric	4	6	2					
Response	Name	Units	Obs	Analysis	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Ratio	Trans	Model
Y1	% DE ALCALOI	%	16	Factorial	0.000	31.00	15.29	8.94	N/A	None	R2FI

Response 1 **% DE ALCALOIDES EXTRAIDOS**

ANOVA for selected factorial model

Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F
Model	1067.70	2	533.85	32.93	< 0.0001
<i>C-N° CAMBIOS</i>	167.70	1	167.70	10.35	0.0068
<i>AC</i>	900.00	1	900.00	55.52	< 0.0001
Residual	210.74	13	16.21		
<i>Lack of Fit</i>	132.07	5	26.41	2.69	0.1032
<i>Pure Error</i>	78.67	8	9.83		
Cor Total	1278.44	15			
Std. Dev.	4.03		R-Squared	0.8352	
Mean	15.29		Adj R-Squared	0.8098	
C.V. %	26.34		Pred R-Squared	0.7503	
PRESS	319.22		Adeq Precision	12.318	

Final Equation in Terms of Coded Factors:

$$\begin{aligned} \text{\% DE ALCALOIDES EXTRAIDOS} &= \\ &+15.29 \\ &+3.24 * C \\ &+7.50 * A * C \end{aligned}$$

**ANEXO F: NB/NA 0097 LEGUMINOSAS – GRANO DESAMARGADO DE TARWI –
REQUISITOS Y METODOS DE ENSAYO**

NB /NA 0097

LEGUMINOSAS – GRANO DESAMARGADO DE TARWI– REQUISITOS Y METODOS DE ENSAYO

1.- OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN. -

Esta norma establece los requisitos de calidad y los métodos de ensayo que debe cumplir el grano de tarwi desamargado para su comercialización.

Nota

En algunos países, se conoce al chocho con el nombre de tarwi (Bolivia)

2.- REFERENCIAS.-

NB /NA 0094 Leguminosas – Grano amargo de tarwi– Requisitos

NTE INEN 2390:2005 Leguminosas Grano desamargado de chocho – Requisito

ISO 565:1990 Test sieves – Metal wire cloth perforated metal plate and electroformed sheet – nominal sizes of openings

ISO 2859-1:1999 Sampling procedures for inspection by acceptance quality limit (AQL) for lot –by-cot inspection

ISO 4831: 2006 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection and enumeration of coliforms – Most probable number technique
ISO 4832:2006 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of coliforms – colony – count technique.

ISO 7218:2007 Microbiology of food and animal feeding stuffs – General require – ments and guidance for microbiological examina Fieons.

ISO 16654: 2001 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for detection of Escherichia coli 157

ISO 21527 – 1:2008 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of yeasts and moulds – Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0.95

ISO 24333: 2009 Cereals an cereal product – sampling

AOAC official Method 2001.u protein (crude) in animal feed, forange (plant tissue), grain, charper 4 p.5. 18 th ed. 2005

AOAC official method 2003:06 Crude latin animal feed, forange (plant tissue), grain. Charper 4, p.42 18th ed,2005.

AOAC Oficial Method 923.03 Ash of flour. Charper 32, p.2. 18 th ed,2005.

Comisión del Codex Alimentarius, CODEX 1 – 1985, Enm. 2006, Norma general para el Etiquetado de alimentos preenvasados

3.- DEFINICIONES.-

Para efectos de esta norma, se adoptan las definiciones contempladas en la norma NB/ NA 0094 y, las que a continuación se detallan:

3.1 Grano desamargado

Producto comestible limpio, húmedo, que ha sido sometido a un proceso de desamargamiento (térmico – hídrico), de calor predominante blanco – crema, sabor y olor característico, libre de olores extraños y de sabor amargo

3.2 Grano imperfecto

Grano de tarwi no hidratados, manchado interna o externamente, decolorado, delgado desnudo y todo pedazo de grano de tarwi, cualquiera sea su tamaño

3.3 Grano dañado

Grano que ha sufrido deterioro a la acción de microorganismos y otras causas

3.3.1 Grano dañado por microorganismos

Grano que ha sido alterado en sus características organolépticas debido a la acción de microorganismos dañinos

3.3.2 Granos desnudos o pelados

Comprende todo grano de tarwi desprovisto total o parcialmente de su cascara (testa o cubierta)

3.4 Olores objetables

Todos aquellos olores diferentes al característico del grano de tarwi desamargado

3.5 Tarwi infectado

Grano con presencia parcial o total de microorganismos vivos como hongos, bacterias y levaduras.

3.6 Tarwi limpio

Aquel que no tiene impurezas

3.7 Grano de muestra

Es el grano de tarwi que no cumple con los requisitos de calidad establecidos en esta norma

4.- CLASIFICACION.-

El grano de tarwi de acuerdo al porcentaje que queda retenido en los tamices 9 mm (28/64 plg), 8mm (26/64 plg) y 7 mm (28/64 plg) véase norma ISO 505. 1990), se clasifica en los siguientes tipos.

4.1 Grano de tarwi tipo I

Es aquel formado por granos de color uniforme, retenidos por la criba de 9.0 mm de diámetro.

4.2 Grano de tarwi tipo II

Es aquel formado por granos de color uniforme, retenidos por la criba de 9.0 mm y quedan retenidos sobre la criba de 7mm.

5.- DISPOSICIONES GENERALES. -

El grano de tarwi desamargado, para la comercialización se designa por su nombre y tipo, seguido de la norma de referencia.

Ej. El grano de tarwi desamargado tipo I – NB/NA 0097

6.- REQUISITOS. -

6.1 Requisitos Específicos

6.1.1 El grano de tarwi desamargado para el consumo humano debe cumplir los requisitos indicados en tablas 1, 2 y 3.

Tabla 1.- Composición química proximal del tarwi (chocho) desamargado

REQUISITO	UNIDADES	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO
Humedad	%	72 – 75	AOAC 2001.12
Materia Seca	%	28 – 25	AOAC 2001.12
Proteína	%	50 – 52	AOAC 2001.11
Grasa	%	19 – 24	AOAC 2003.06
Fibra	%	7 – 9	AOAC 962.09
Ceniza	%	1.9 – 3.0	AOAC 923.03
ELN (1)	%	12.0 – 22.0	Según la fórmula (1)
Energía	Cal/g	5369 – 6476	Aplicación de la ecuación 1
Alcaloides	%	0.02 – 0.07	Von Baer, p, etal. 1979

Donde:

ELN = Extracto libre de nitrógeno

ELN = 100-A

A = Σ (Proteínas + Grasa + Fibra + Cenizas)

Tabla 2 Análisis microbiológico del tarwi desamargado

REQUISITO	UNIDADES	VALOR	MÉTODO DE ENSAYO
Recuento aerobios totales	UFC/g	$10 \cdot 10^2 - 1 \cdot 10^3$	ISO 7218:2007
Recuento coliformes totales	UFC/g	10 - 10^2	ISO 4832:2006
Recuento de hongos y levaduras	UFC/cm ³	0 - $5 \cdot 10^2$	ISO 21527:2008
Echerichia coli		Ausencia	ISO 16654:2001
Tipificación E. coli 0157HT		Ausencia	ISO 16654:2001

Tabla 3 Análisis físicas del tarwi desamargado

REQUISITO	UNIDADES	VALOR
Tarwi (chocho) dañado (clima) máx.	%	0.2
Tarwi (chocho) dañado (insectos) máx.	%	0.2
Con alteración de color, máx.	%	0.2
Material vegetal extraño, máx.	%	0.05
Material mineral, máx.	%	0.001

6.1.2 El grano de tarwi desamargado para el consumo humano debe estar libre de contaminantes químicos.

6.1.3 El color, sabor y olor de grano de tarwi desamargado para el consumo humano se determina por la evaluación sensorial, de acuerdo con las especificaciones de calidad del producto, establecidas en la tabla 4

Tabla 4 Especificaciones de calidad del producto desamargado mediante el proceso

Térmico – hídrico

DESCRIPCIÓN	PRODUCTO COMESTIBLE LIMPIO HÚMEDO
Presentación	Natural, uniforme, color blanco – crema preferentemente
Olor	Característico, libre de olores extraños
Sabor	Característico de tauri (chocho), libre de sabor amargo

6.2 Requisitos Complementarios

6.2.1 La temperatura ambiente en el área de pesado, empacado sellado no debe pasar de los 17°C

6.2.2 Comercialización

6.2.2.1 Selección

El grano de tarwi desamargado debe ser seleccionado antes del empacado; en esta etapa se eliminan granos de mala calidad. El grano de calor, blanco crema preferentemente uniforme, sabor y o las características. El grano de color azulado la verde, al igual que otros defectos detectables visualmente en estado húmedo, debe ser separado y desechado.

6.2.2.2 Pesado

El pesado debe realizar en forma aséptica, para evitar que el grano se contamine.

6.2.3 Disposiciones sobre la presentación

El contenido de cada envase debe ser homogéneo y es constituido únicamente por granos de tauri desamargado del mismo origen, genético, calidad y tipo.

6.2.4 Almacenamiento

Para prolongar la vida útil del producto a granel o en bolsas de plástico, el grano se debe mantener en refrigeración. También se puede congelarlo, en este caso se produce una ligera modificación de la textura a partir de los 6 meses de almacenamiento.

7 Inspección

7.1 MUESTREO

El muestreo se efectuará de acuerdo a lo establecido en la norma ISO 24333: 2009

7.2 Aceptación o rechazo

7.2.1 Si la muestra ensayada no cumple con uno o más de los requisitos indicados en esta norma se considera no apta para el consumo humano y se rechaza el lote.

7.2.2 En caso de discrepancia, se repetirán los ensayos sobre la muestra reservada para tales efectos. Cualquier resultado no satisfactorio en este segundo caso será motivo para rechazar el lote.

7.3 Inspección

La inspección del grano desamargado de tarwi para consumo humano debe ser efectuada por la autoridad competente, quien elaborara su informe basado en las normas establecidas en el país de origen.

8 Métodos de ensayo

8.1 Calculo de la energía

Se realiza aplicando la siguiente ecuación (1);

$$E = [(grasa * 0.0972) + (proteina * 0.0539) + (fibra * 0.0458) + (ELN * 0.0422)] * 1000 \quad (1)$$

Donde:

E = Energía de cal/g

Los resultados obtenidos son similares a los realizados con la bomba calorimétrica.

8.2 Determinación de alcaloides

8.2.1 Determinación cuantitativa de alcaloides (Von Baer)

8.2.1.1 Procedimiento

- a) Pesar 0.2 g de muestra, mezclar bien hasta formar un polvo impalpable.
- b) Agregar 0.6g de óxido de aluminio básico, mezclar bien hasta formar impalpable.
- c) añadir 0.2 ml de KOH al 15% mezclar bien hasta formar una pasta homogénea.
- d) Transferir a tubos de centrifuga y agregar 6 ml de cloroformo p.a. Mezclar con una varilla y centrifugar por 2 min (entre 1500 rpm y 3000 rpm)
- e) Recibir la fase clorofórmica en vasos perfectamente limpios provistos de embudos con algodón en la base del cono repetir las extracciones por lo menos 10 veces hasta 1 ml de extracto evaporados a sequedad en un vaso de 50ml suspendidos en 4 o 5 gotas de reactivo de dranguendorf.
- f) Se lava el embudo por dentro y por fuera con aproximadamente 15 ml de cloroformo
- g) Se recogen todos los lavados en el vaso de los extractos, evaporar con calor suave sin llegar a sequedad, dejando en la etapa final 1 ml, que desaparezca rápidamente al enfriar en un recipiente con agua fría.
- h) Se agregan 5 ml de ácido sulfúrico 0.01N, 2 gotas de rojo metileno y se titula el exceso de ácido con NaOH 0.01N
- i) El contenido de alcaloides se reportan como lupanina.

8.2.1.2 Cálculos

1ml de H₂SO₄ 0.01N equivale a 2.48mg de lupaniana.

$$\% \text{ Alcaloides} = \frac{V_{H_2SO_4} * N_{H_2SO_4} * 24.8 * \text{Factor de correccion}}{\text{Masadelamuestra}} \quad (2)$$

9 Envasado

9.1 Los granos de tarwi desamargado deben envasarse de tal manera que se proteja adecuadamente el producto

9.2 El material empleado dentro de los envases debe ser nuevo limpio y de calidad tal que evite cualquier daño externo o interno al producto

9.3 Los envases deben satisfacer las características de calidad, higiene, ventilación y resistencia para asegurar una manipulación, transporte y conservación adecuados de los granos de tarwi desamargado.

Los envases deben estar exentos de cualquier material u olor extraños

9.4 El empaclado se debe realizar en condiciones asépticas

10 Rotulado

El rotulo debe cumplir como lo establecido en la legislación nacional vigente en cada país de la comunidad Andina o de acuerdo con la comisión de Codex Alimentarius, Codex Stan 1-1965 Enm 2006.

ANEXO G: CARACTERIZACION DEL TARWI DESAMARGADO**Determinación de humedad**

El ensayo se lo realizo por duplicado. Según la ecuación para el cálculo de la humedad de la norma NB 074: 2000 Cereales – Método para determinar el contenido de Humedad:

$$\% H = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} * 100$$

Donde:

% H = Humedad, en % (en masa)

M₀ = Peso del recipiente vacío con su tapa en g.

M₁ = Peso del recipiente y su tapa, con la muestra sin secar en g

M₂ = Peso del recipiente con su tapa, con la muestra seca en g

°N	M ₀ (g)	M ₁ (g)	M ₂ (g)	% H
1	166.5	171.9075	171.4977	7.5784
2	90.5	95.7365	95.3373	7.6234
			Promedio	7.6009

Determinación de cenizas

El ensayo se lo realizo por duplicado. Según la ecuación para el cálculo de cenizas de la norma NB 075:2000 Cereales – Método para determinar cenizas

$$C = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0} * 100$$

Donde:

C = Cenizas, en % (en masa)

M₀ = Masa del crisol vacío, en g

M₁ = Masa del crisol con la porción de la muestra de ensayo antes de ser calcinado, en g

M₂ = Masa del crisol con la porción de ceniza de la muestra de ensayo después de ser calcinado, en g.

°N	Mo (g)	M ₁ (g)	M ₂ (g)	% C
1	27.9425	29.8754	27.9881	2.2431
2	29.1578	31.195	29.2029	2.2171
			Promedio	2.23

Determinación de elementos libre de nitrógeno

Según la ecuación para el cálculo del extracto libre de nitrógeno de la norma NB/NA 0097 LEGUMINOSAS – GRANO DESAMARGADO DE TARWI– REQUISITOS Y METODOS DE ENSAYO

$$ELN = 100 - A$$

$$A = \sum (\text{Proteinas} + \text{Grasa} + \text{Fibra} + \text{Ceniza})$$

Donde:

ELN= Extracto libre de nitrógeno

Remplazando los datos de la tabla 4.38 del capítulo 4 se tiene:

$$A = 48.08 + 13.37 + 19.42 + 2.23$$

$$A = 83.10$$

$$ELN = 100 - 83.10$$

$$ELN = 16.9$$

Calculo de la energía

Se realiza aplicando la siguiente ecuación (1) de la norma NB/NA 0097 LEGUMINOSAS – GRANO DESAMARGADO DE TARWI– REQUISITOS Y METODOS DE ENSAYO;

$$E = [(grasa * 0.0972) + (proteina * 0.0539) + (fibra * 0.0458) + (ELN * 0.0422)] * 1000 \quad (1)$$

Donde:

E = Energía de cal/g

Remplazando los datos de la tabla 4.38 del capítulo 4 se tiene:

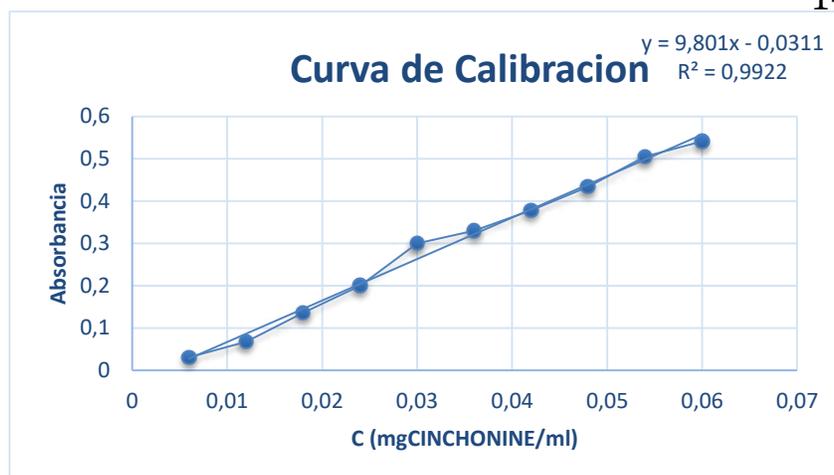
$$E = [(13.37 * 0.0972) + (48.08 * 0.0539) + (19.42 * 0.0458) + (16.9 * 0.0422)] * 1000$$

$$E = 5493.7$$

Determinación de alcaloides en los granos de tarwi desamargado

144

C (mg/ml)	A
0,006	0,031
0,012	0,068
0,018	0,136
0,024	0,2
0,03	0,3
0,036	0,33
0,042	0,378
0,048	0,434
0,054	0,505
0,06	0,541



Fuente: Elaboración propia

DETALLE DE LOS DATOS Y EL CALCULO DE LOS ALCALOIDES TOTALES

Peso de la muestra (mg)	Dilución ^a	Absorbancia	mg/ml ^b	mg (muestra) ^c	% alcaloides ^d
103.1	1:25	0.009	0.00409	0.1023	0.099
108.7	1:25	0.012	0.00439	0.1099	0.101
				Promedio	0.1

Fuente: Elaboración propia

a. Dilución de la muestra original hasta la determinación espectrofotométrica

b. Cálculo en base a la curva de calibración.

$$\text{Formula: mg alcaloides/ml} = \frac{\text{Abs} + 0.0311}{9.80}$$

c. Miligramos de alcaloides existentes en la muestra de análisis

d. Porcentaje de alcaloides en la muestra.

$$\text{Formula } \% \text{ alcaloides} = \frac{\text{mg(muestra)}}{\text{peso de la muestra}} * 100$$

RESULTADOS DEL SELADIS
CARACTERIZACION DEL TARWI DESAMARGADO

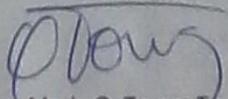
FACULTAD DE CIENCIAS FARMACEUTICAS Y BIOQUÍMICAS
INSTITUTO DE SERVICIOS DE LABORATORIO DE DIAGNOSTICO E INVESTIGACIÓN EN
SALUD (SELADIS)
LABORATORIO DE BROMATOLOGIA
Miembro de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA)
Resolución Ministerial No.0177 Decreto Supremo No. 25729

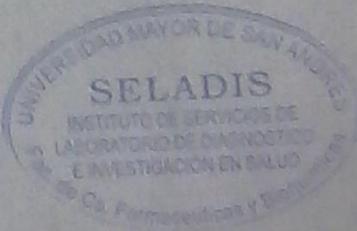
	INFORME DE RESULTADOS LABORATORIO DE BROMATOLOGIA	CODIGO: 3592	
Informe N°:	/18		
Producto:	TARWI DESAMARGADO		
Marca:	No indica	Razón Social	FABIANA ESPADA CHOQUE
Procedencia	LA PAZ		
Fecha de recepción muestra:	2018/03/19	Fecha de emisión de resultados:	2018/05/24
Fecha de inicio de ensayos:	2018/03/20		

RESULTADOS

ENSAYO REALIZADO	UNIDADES	RESULTADOS OBTENIDOS	METODO DE ENSAYO
PROTEINA	%	48,08.-	KJENDHAL
CARBOHIDRATOS	%	14,73.-	FEHELING
LIPIDOS	%	13,37.-	BARSHALL
FIBRA	%	19,42.-	HIDROLISIS

NSD: No Se Detecta / SLR: Sin Límite de Referencia / EAA: espectro de absorción atómica/ /<LD menor al límite de detección.


 Dra. Maria O. Torrez T.
 Bioquímica-Farmacéutica



Nota: Los resultados se refieren únicamente a la muestra que ingreso al laboratorio.
NB: Norma Boliviana / AOAC: American Organization Analytical

**ANEXO H: DATOS Y RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO PARA EL TARWI 146
DESAMARGADO**

RECuento MICROBIOLÓGICO	10-1	10-2	10-3	10-4	Resultado	Limite Aceptable
RECuento AEROBIOS TOTALES	13	8	3	0	982,5	18*10 ² - 1*10 ³
RECuento DE COLIFORMES TOTALES	2	0	0	0	5	10 - 10 ²
RECuento DE LEVADURAS	10	7	1	0	450	0 - 5*10 ²
RECuento DE MOHOS	0	0	0	0	0	0 - 5*10 ²