

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

“Propiedades tecno-funcionales, nutricionales y aceptabilidad de la semilla de tarwi (*Lupinus mutabilis*) germinada con y sin brotes”

Presentado por:

Rossmery Jiménez Camargo

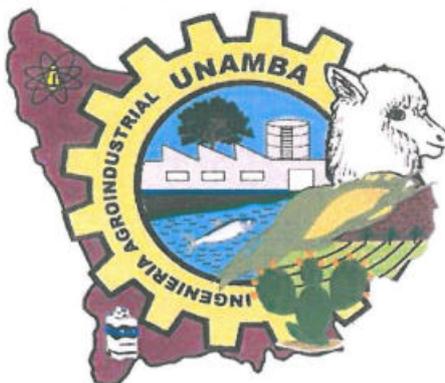
Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Abancay, Perú

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS

"PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES, NUTRICIONALES Y ACEPTABILIDAD DE LA
SEMILLA DE TARWI (*Lupinus mutabilis*) GERMINADA CON Y SIN BROTES"

Presentado por Rossmery Jiménez Camargo, para optar el Título de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

Sustentado y aprobado el día 25 del mes de mayo del año 2022 ante el jurado evaluador:

Presidente:


Dra. Guadalupe Chaquilla Quilca

Primer Miembro:


Ing. Agustín Elguera Hilares

Segundo Miembro:


Ing. Alex Ernesto Muñoz Cáceres

Asesor:


Ph.D. Fulgencio Vilcañqui Pérez

Agradecimiento

Al creador:

Por brindarme la capacidad, fortaleza, perseverancia y lograr esta meta.

A la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac:

*Por financiar con el “II Concurso de Proyectos de Investigación Básica y Aplicada para Docentes, con Financiamiento de Fondos Canon y sobre Canon Minero y Regalías Minero del 2018”, con el proyecto “Valores nutricionales y propiedades funcionales de las semillas germinadas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) y amaranto (*Amaranthus hybridus*)” a cargo del PhD. Fulgencio Vilcanqui Pérez.*



Dedicatoria

Dedicatoria que se fragmenta para:

Con gratitud para mis padres, con consideración para mi abuela y tías, con aprecio para mis hermanas y hermano, con ánimo para mis amigas (os), y con persistencia a mí.



Propiedades tecno-funcionales, nutricionales y aceptabilidad de la semilla de tarwi (*lupinus mutabilis*) germinada con y sin brotes

Línea de investigación: Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la agroindustria

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del Problema	5
1.2.1 Problema general	5
1.2.2 Problemas específicos	5
1.2.3 Justificación de la investigación	6
CAPÍTULO II	7
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	7
2.1 Objetivos de la investigación	7
2.1.1. Objetivo general	7
2.1.2. Objetivos específicos	7
2.2 Hipótesis de la investigación	7
2.2.1 Hipótesis general	7
2.2.2 Hipótesis específicas	7
2.3 Operacionalización de variables	8
CAPÍTULO III	9
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	9
3.1 Antecedentes	9
3.1.1 Antecedentes internacionales	9
3.1.2 Antecedentes nacionales	11
3.1.3 Antecedente local	11
3.2 Difusión de las legumbres	11
3.2.1 Legumbres	11
3.2.2 Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet)	12
3.2.3 Descripción botánica del tarwi	12
3.2.4 Valor nutricional de las leguminosas - tarwi	13
3.2.5 Factores anti nutricionales de las leguminosas	15
3.2.6 Aspecto funcional de las leguminosas	17
3.2.7 Germinación de leguminosas	18
3.2.7.1. Estructura de las semillas de tarwi	19
3.2.7.2. Fisiología de la germinación de la semilla de tarwi	20

3.2.7.3.	Respiración de las semillas durante la germinación.....	22
3.2.8	Factores que afectan en la germinación de semillas.....	22
3.2.9	Efecto de la germinación sobre la calidad nutritiva	23
CAPÍTULO IV.....		25
METODOLOGÍA.....		25
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	25
4.2	Diseño de la investigación.....	25
4.3	Población y muestra.....	25
4.3.1	Población	25
4.3.2	Muestra	25
4.4	Procedimientos de investigación.....	26
4.4.1	Pruebas del proceso de germinación	26
4.4.1.1	Pureza de semillas	26
4.4.1.2	Viabilidad de semillas	26
4.4.1.3	Porcentaje de germinación de semillas.....	27
4.4.2	Proceso de germinación del tarwi.....	27
4.4.3	Procedimiento para propiedades tecno-funcionales	31
4.4.4	Procedimiento para valores nutricionales (análisis proximal y digestibilidad in vitro)	33
4.4.5	Procedimiento para análisis de aceptabilidad.....	34
4.5	Técnicas e instrumentos.....	36
4.5.1	Técnicas	36
4.5.1.	Instrumentos	36
4.6	Análisis estadístico	37
CAPÍTULO V		38
RESULTADOS Y DISCUSIONES		38
5.1	Análisis de resultados	38
5.1.1	Propiedades tecno-funcionales en semillas de tarwi germinadas.....	38
5.1.2	Propiedades nutricionales en semillas de tarwi germinadas.....	40
5.1.3	Aceptabilidad sensorial en semillas de tarwi germinadas	42
5.2	Contrastación de hipótesis.....	46
5.2.1	Hipótesis estadística (nula y alterna).....	46
5.3	Discusiones.....	47
CAPTÍULO VI.....		52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		52
6.1	Conclusiones.....	52
6.2	Recomendaciones	53



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXOS	63



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Operacionalización de Variables	8
Tabla 2 — Valores nutricionales en diferentes cultivares y productos de tarwi	14
Tabla 3 — Factores anti nutricionales presentes en vegetales proteicos.....	16
Tabla 4 — Caracterización de las muestras de tarwi germinado	35
Tabla 5 — Modo de entrega de muestras a jueces	35
Tabla 6 — Propiedades tecno-funcionales en las semillas germinadas de tarwi procesadas en harina.....	39
Tabla 7 — Efectos principales e interacción de los factores en las propiedades tecno-funcional de las semillas germinadas transformadas en harina	40
Tabla 8 — Propiedades nutricionales de tarwi germinado (b.s.).....	41
Tabla 9 — Efectos principales e interacción de los factores sobre los valores nutricionales de la harina de tarwi germinado	42
Tabla 10 — La significancia de las sumas de las ordenes en las muestras de los atributos sensoriales para muestras del tarwi germinado en orden decreciente	46
Tabla 11 — Datos de poder germinativo de las semillas de tarwi	6974
Tabla 12 — Resultados de análisis químico de la harina a partir de las semillas de tarwi germinada (I).....	74
Tabla 13 — Resultados de análisis químico de la harina a partir de las semillas de tarwi germinada (II).....	75
Tabla 14 — Resultados de la proteína total de la harina a partir de las semillas de tarwi germinada (I).....	77
Tabla 15 — Resultados de la proteína total de la harina a partir de las semillas de tarwi germinada (II).....	78
Tabla 16 — Resultados de la proteína total de la harina a partir de las semillas de tarwi	79
Tabla 17 — Resultados de la proteína total de la harina a partir de las semillas de tarwi germinada (IV)	80
Tabla 18 — Resultados de la proteína total de la harina a partir de las semillas de tarwi germinada (V)	81
Tabla 19 — Datos de análisis proximal de la harina de tarwi germinado.....	83
Tabla 20 — Datos del análisis tecno-funcional de la harina de tarwi germinado realizadas en los laboratorios de operaciones unitarias de la UNAMBA	84

Tabla 21 — Aceptabilidad de los germinados de tarwi en diferentes condiciones a través del análisis sensorial de ordenación85

Tabla 22 — Aplicación de la prueba Friedman para la prueba de ordenación en muestras de ordenación en muestras de tarwi germinado86



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Fases de la germinación de leguminosas	20
Figura 2 — Diagrama de flujo para el proceso de germinado de las semillas de tarwi	30
Figura 3 — Aceptabilidad sensorial parámetro apariencia	43
Figura 4 — Aceptabilidad sensorial parámetro sabor	44
Figura 5 — Aceptabilidad sensorial parámetro textura.....	44
Figura 6 — Aceptabilidad del germinado de tarwi	45
Figura 7 — Hidratación de las semillas y medición de temperatura en las semillas de tarwi durante el proceso de germinación	65
Figura 8 — Semillas de tarwi germinadas en fase II	666
Figura 9 — Semillas de tarwi germinadas descascarilladas y en proceso de fotosíntesis	677
Figura 10 — Semillas de tarwi en fase I y II de germinación.....	68
Figura 11 — Inóculo de enzimas a la solución atemperada a 45°C.....	6969
Figura 12 — Fracción de la solución y muestras desgrasadas para cada matraz.....	70
Figura 13 — Acondicionamiento de soluciones para baño maría.....	70
Figura 14 — Muestras en baño maría con agitación constante.....	71
Figura 15 — Filtración de las muestras desgrasadas de las semillas de tarwi germinadas.....	71
Figura 16 — Secado muestras de digestibilidad	72



INTRODUCCIÓN

Son diversos motivos para el estudio de las semillas germinadas en leguminosas (tarwi), desde el afán de desarrollar alimentos orgánicos, sanos completos con el fin de prevenir y/o tratar enfermedades, por otro lado, aportar con conocimiento científico ayudando y contrarrestar la desnutrición, así mismo generar emprendimiento rentable donde se valore la mano de obra de las mujeres.

Desde los orígenes del hombre se consumía los germinados por sus cualidades nutritivas y terapéuticas. Los chinos aproximadamente 6 mil años atrás utilizaban los germinados para remediar enfermedades. Se encontraron descripciones en antiguas civilizaciones de tiempos de Cristo en Israel y Egipto de las técnicas de germinación. En los años 80 ante el acrecentamiento de los importes saludables los japoneses pensaron en mejorar la alimentación para favorecer en bien de la salud. Para los años 90 los japoneses innovan la industria alimentaria, donde se estudia la relación entre nutrición, fortificación y satisfacción sensorial.

El propósito de este estudio es presentar el potencial de las semillas de Tarwi (*Lupinus mutabilis*) como un alimento pre digerido, que mejore sus valores nutricionales a través del proceso de germinación (proceso no tradicional), con cualidades para potenciar sus propiedades tecno- funcionales o siendo ingrediente de alimentos funcionales, paralelamente sea parte de la dieta de toda persona, desde mujeres embarazadas, niños en etapa de crecimiento y personas con riesgo a determinadas enfermedades.

La germinación es el proceso biológico donde la semilla se transforma en una planta nueva, para lograr esta técnica se requiere controlar factores de temperatura, agua, gases (oxígeno) y sales minerales. Las interacciones de las enzimas durante la germinación de las semillas de leguminosas generan varias reacciones químicas. La biotransformación favorece que las enzimas, las vitaminas, clorofila, minerales, oligoelementos y aminoácidos convierten a los germinados en alimentos que satisfacen al consumidor por sus características organolépticas gracias a la mejora de sus propiedades funcionales.

RESUMEN

El estudio tuvo objetivos a evaluar, las propiedades tecno-funcionales, estimados en: solubilidad (SA), hinchamiento (CH), adsorción de aceite (CAAC), capacidad de absorción de agua (CAA) y retención de agua (CRA). Evaluar los valores nutricionales a través del análisis proximal y digestibilidad de proteína in vitro y análisis sensorial a través de la aceptabilidad de apariencia, sabor y textura. Se utilizó semillas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) en condiciones de germinado en un periodo de tiempo de 4 y 5 días y para cada tiempo en presentaciones de brotes y sin brotes. En los resultados se modificaron las propiedades tecno-funcionales, como la reducción de SA, CRA y CAAC y un incremento en CH y CAA; interacción de estos dos factores no afecta significativamente ($p>0,05$) sobre esta propiedad. La cantidad de proteína y la digestibilidad in vitro, mejora con el proceso de germinado de la semilla de tarwi, al igual que en los contenidos de la grasa y fibra cruda; efectos contrarios tiene en el contenido de los carbohidratos y ceniza. Además, los factores de tiempo y temperatura de germinado, no tienen influencia sobre ninguno de los componentes en estudio. Las características sensoriales de las semillas de tarwi germinada presenta una apariencia de color blanco hueso, con sabor característico y tendiente a nuez y una textura suave.

Palabras clave: Germinación; propiedades tecno-funcionales; digestibilidad in vitro; análisis sensorial.

ABSTRACT

The study had objectives to evaluate the techno-functional properties, estimated in: solubility (SA), swelling (CH), oil adsorption (CAAC), water absorption capacity (CAA) and water retention (CRA). Evaluate nutritional values through proximal analysis and in vitro protein digestibility and sensory analysis through acceptability of appearance, flavor and texture. Tarwi seeds (*Lupinus mutabilis*) were used under germination conditions in a period of time of 4 and 5 days and for each time in presentations of sprouts and without sprouts. In the results, the techno-functional properties were modified, such as the reduction of SA, CRA and CAAC and an increase in CH and CAA; interaction of these two factors does not affect significantly ($p>0.05$) on this property. The amount of protein and in vitro digestibility improves with the tarwi seed germination process, as well as crude fat and fiber content; contrary effects it has on the content of carbohydrates and ash. In addition, the germination time and temperature factors have no influence on any of the components under study. The sensory characteristics of germinated tarwi seeds have an off-white appearance, with a characteristic, nutty flavor and a smooth texture.

Keywords: Germination; techno-functional properties; in vitro digestibility; sensory analysis.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Desafiante es garantizar niñas, niños y adolescentes con una buena nutrición en la población rural de Apurímac, también es indiscutible que se produce variedades de productos saludables en nuestra región, sin embargo, es sostenible solo para el mercado local. Por otro lado, el hambre y/o la inseguridad alimentaria a nivel nacional y mundial se han reducido por lo que éstos generan enfrentar al acceso a alimentos adecuados, nutritivos e inocuos. La Organización Mundial de la Salud considera que la mayoría de las muertes por enfermedades no transmisibles, afecta a más de 17,9 millones de personas al año (OMS, 2018).

Las leguminosas también tienen compuestos no nutritivos que posiblemente puede complicar la asimilación de elementos nutritivos y estos a su vez puedan causar efectos tóxicos entre estos encontramos; α -galatosidos, lectinas, inositoles fosfato, saponina. Por otro lado, el consumo de proteínas de origen animal, contienen ácidos grasos saturados, colesterol y bajo contenido de fibra dietética, por lo que éstos contribuyen a padecer de enfermedades no transmisibles (obesidad, sobrepeso, diabetes tipo II, enfermedades cardiovasculares).

El tarwi como grano para consumo tienen un amargor por la presencia de alcaloides, sin embargo, los riñones evitan su acumulación y los excreta con facilidad del cuerpo, para superar estas dificultades, se han estudiado diferentes métodos que reduzcan los alcaloides a través de procesos como el remojo, el tratamiento térmico, germinación y fermentación. Por otro lado, el escaso reconocimiento de las leguminosas (tarwi) a pesar de su alto valor nutritivo y el insuficiente interés de innovación para el desarrollo de derivados que se adapten a la vida actual se abarcaron para su poca producción local, conllevando a la competencia importar a bajos precios y de poca calidad. Otra complicación en el organismo de algunos consumidores de leguminosas por la presencia de factores anti nutricionales genera el CO₂ (flatulencia) y que varía según los periodos de cocción mostrando un tema de interés.

1.2 Enunciado del Problema

1.2.1 Problema general

¿Qué características tendrá las semillas de tarwi germinadas en diferentes condiciones?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características de las propiedades tecno-funcionales (solubilidad en agua, capacidad de hinchamiento, capacidad de adsorción de aceite, capacidad de absorción de agua y retención de agua) de la semilla germinada en diferentes tiempos y con y sin brotes?
- ¿Cuáles son las características nutricionales (composición proximal y digestibilidad in vitro) de la semilla germinada en diferentes tiempos y con y sin brotes?
- ¿Cuáles son las características de aceptabilidad (apariencia, sabor y textura) de la semilla germinada en diferentes tiempos y con y sin brotes?

1.2.3 Justificación de la investigación

La investigación se justifica en virtud de dar un aporte y el acceso a alimentos nutritivos a través de la tecnología de producción de germinados, con finalidad de mejorar el valor tecno-funcional, nutricional y educar a la población por intermedio de su aceptabilidad a nuevos hábitos de consumo de las legumbres (tarwi), a razón de que las legumbres tienen un potencial nutricional, social y económico coadyuvando en el desarrollo sostenible de las poblaciones. Según lo mencionado por la FAO en la proclamación del año 2016 como el “Año Internacional de las legumbres” y actualmente en el Perú su producción y consumo se vienen fomentando en las diferentes regiones a través del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI).

Por tanto, en este estudio se pretende determinar el contenido del potencial tecno-funcional, nutricional de las semillas de tarwi después de un proceso de germinado, y en base a teorías y antecedentes es mejorable. Las propiedades de las legumbres pueden optimizarse mediante el proceso de germinación, dado que con la germinación se obtiene la naturalidad del producto, aumento de la digestibilidad de proteínas y almidones que incluso elimina ciertos factores anti nutricionales aclarando que la remoción e inactivación de los factores no nutritivos de las leguminosas requieren de dos o más métodos (remojo, germinación y cocción). Por otro lado (Dávila *et al.*, 2003) menciona que los factores de tiempo, luz y temperatura durante el proceso de germinación determinan el desarrollo del olor y sabor en las semillas germinadas en leguminosas.

CAPÍTULO II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de las diferentes condiciones de germinado sobre las características de la semilla de tarwi.

2.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar las propiedades tecno-funcionales (solubilidad en agua, capacidad de hinchamiento, capacidad de adsorción de aceite, capacidad de absorción de agua y retención de agua) de la semilla germinada de tarwi en diferentes tiempos y con y sin brotes.
- Evaluar los valores nutricionales (análisis proximal y digestibilidad de proteína in vitro) de la semilla germinada de tarwi en diferentes tiempos y con y sin brotes.
- Evaluar la aceptabilidad (apariencia, sabor y textura) de la semilla germinada de tarwi en diferentes tiempos y con y sin brotes.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

Las características (tecno-funcionales, nutricionales y aceptabilidad) de la semilla germinada de tarwi, de las condiciones de germinado (días) y presentación (con y sin brotes), serán diferentes y mejores sus valores al tarwi sin germinar.

2.2.2 Hipótesis específicas

- Las características de solubilidad en agua, capacidad de hinchamiento, capacidad de adsorción de aceite, capacidad de absorción de agua y retención de agua dependerán de las condiciones de germinado (días) y presentación (con y sin brotes), serán diferentes sus valores tecno-funcionales al del tarwi sin germinar, asimismo, mejorará sus propiedades tecno-funcionales.

- La composición proximal y digestibilidad in vitro de la proteína en las condiciones de germinado (días) y presentación (con y sin brotes), serán diferentes los valores de sus contenidos al del tarwi sin germinar, asimismo, tendrá mejorará su valor nutricional.
- Las características de apariencia, sabor y textura dependerán de las condiciones de germinado (días) y presentación (con y sin brotes), tendrá la misma aceptabilidad sensorial que el tarwi sin germinar.

2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de Variables

Variables	Indicadores	Índice
Independientes		
Condiciones de germinado y presentación de semilla	Tiempo de germinación Presentación de semilla	Días Adimensional
Variables dependientes		
Propiedades tecno-funcionales de semilla germinada	Solubilidad en agua Capacidad de absorción de agua Capacidad de retención de agua Capacidad de hinchamiento Capacidad adsorción de aceite	% g H ₂ O/g.m.s. g H ₂ O/g.m.s. ml/g.m.s. g aceite/g.m.s.
Valores nutricionales de semillas germinadas	Contenido de agua Contenido de proteína Contenido de grasa Contenido de fibra bruta Contenido de ceniza Contenido de carbohidratos (ELN)	% % % % % %
Aceptabilidad de semilla germinada de tarwi	Apariencia Sabor Textura	Escala hedónica Escala hedónica Escala hedónica

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 Antecedentes internacionales

- a) Investigación denominada “El uso y la aceptabilidad de semillas y brotes de altramuza como ingrediente alimentario”, la composición y calidad de proteína de los granos de *lupinus angustifolius* se compararon después de 6 días de germinados, resultando que la germinación redujo la concentración de los factores anti nutritivos, sin embargo, también redujo la calidad de la proteína (Dagnia, 1990).

- b) En la investigación titulado “Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (*Phaseolus vulgaris* y *Cajan cajan*) germinadas” se evaluaron propiedades funcionales dependientes de las proteínas como son: solubilidad proteica, capacidad de absorción de agua, capacidad de absorción de grasa, capacidad espumante, gelificación y capacidad emulsificante de la harina de granos germinados de *Phaseolus vulgaris L.* y *Cajanus cajan L. Millsp.*, con finalidad de compararlos con la harina de granos crudos, resultando que mejoró la solubilidad proteica de 20 a 77%, la capacidad de absorción de agua de 10 a 66%, la capacidad de absorción de grasa de 9 a 47% y la capacidad espumante tratado a 70°C, los resultados fueron siempre dependientes del pH (Sangronis *et al.*, 2004).

- c) En otra investigación “Efecto de la germinación sobre el perfil nutricional y proteínas del lupino (*Lupinus angustifolius l.*)”; muestra que el perfil nutricional del *Australian Sweet Lupin* germinado durante 9 días a 25°C y con un 90%- 95% de humedad relativa, fueron analizados mediante electroforesis en gel de dodecilsulfato de sodio-poliacrilamida (SDS-PAGE), incrementando significativamente en cuanto al contenido de fibra cruda, la proteína total y disminución de grasa, incluso que algunas proteínas de alto peso molecular desaparecieron (Rumiyati *et al.*, 2012).

- d) Estudios con pseudo-cereales, tal como la quinua, en la investigación “Evaluación del efecto del proceso de extrusión en harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) normal y germinada”, identificó el efecto del proceso de extrusión sobre la harina de quinua normal y germinada, en el análisis proximal, curvas de pegado, CAA e SA). Posterior al proceso de extrusión, se realizaron análisis proximales, CAA y SA a las harinas, donde encontraron cambios, las propiedades de gelificación y variaciones de CAA y SA. Además, encontraron diferencias significativas en la harina germinada debido al proceso de extrusión aplicado, sobre SA y CAA, en harina de quinua normal (2,5274 g gel/g MS) aumentó a 5,8761 g gel/g MS en harina de quinua extrusionada (Tovar *et al.*, 2017).
- e) En la investigación “Desarrollo de la tecnología de elaboración de chocho (*lupinus mutabilis sweet*) germinado fresco para aumentar el valor nutricional del grano”, se concluyó que el diámetro del grano no influye en la velocidad de hidratación, para la germinación, un periodo de 96 horas (4 días) con 100% de humedad relativa durante la germinación disminuye sustancialmente el contenido de antinutricionales como la rafinosa que decreció de 1.54% hasta niveles no detectables, la estaquiosa descendiendo del 49% y el nivel de alcaloides descendiendo hasta un 0.004% en el grano germinado en un periodo de 40 horas con agua agitada que se cambió cada 6 horas, la concentración de minerales sufren una notable elevación con relación al chocho (tarwi) tradicional, por otro lado el contenido de ácidos grasos (omega 6/ omega 3) mejora a razón de 4/1, aproximando a una condición ideal (5/1), también el perfil de aminoácidos en el grano germinado mostro un incremento. El nivel de digestibilidad y el contenido de proteína soluble mejora incidiendo en una mejor absorción y aprovechamiento del grano. El análisis sensorial de aceptabilidad del chocho (tarwi) germinado supero al del grano no germinado, independientemente de la apariencia de la muestra, recalando que la vida útil del grano germinado fresco, molido, envasado y con CO2 dura 6 días (Allauca, 2005).

3.1.2 Antecedentes nacionales

- a) El trabajo de “El tiempo de germinación y tiempo de cocción, e influencia de la temperatura de secado en la actividad hemaglutinante de las lectinas en el tarwi – *Lupinus mutabilis Sweet*”, determinó que los granos de tarwi germinados en 7 días, consideraron la temperatura de cocción en autoclave a 70°C muestra que la mejor temperatura para el proceso de secado en los granos germinados de tarwi es de 50°C, reduciendo la actividad hemaglutinante de las lectinas del tarwi hasta 0 ml/mg de unidades hemaglutinantes y obteniendo una harina con alto valor nutricional (López y Rosas, 2014).

3.1.3 Antecedente local

- a) En la investigación de (Roque, 2010) en su tesis “Efecto del malteado de quinua (*chenopodium quinoa*), kañiwa (*chenopodium pallidicaule Aellen*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*)” compararon su digestibilidad in vitro, obteniendo como resultado la quinua germinada a 20 horas es más digerible, respecto a la quinua no germinada, en la comparación de las muestras de kiwicha los que germinaron a 3 días son más digeribles que la kiwicha no germinada y paralelamente la kañiwa germinada en 3 días es más digerible que la no germinada.

3.2 Difusión de las legumbres

3.2.1 Legumbres

El fruto de las leguminosas es llamado legumbre, se caracteriza por tener una vaina aplastada con una cápsula y dos suturas, las semillas empotradas longitudinalmente a las suturas. Se puede apreciar legumbres indehiscentes (que no se abre) que madura bajo tierra como el maní o dehiscente de forma explosiva como el choclo (Allauca, 2005). Las legumbres son excelentes fuentes de proteínas, carbohidratos complejos, fibra dietética, vitaminas y minerales esenciales como el calcio y hierro (Mataix *et al.*, 1985); además de los compuestos bioactivos como los flavonoides, antioxidantes, ácidos fenólicos y aceites esenciales (Aguilera, 2009).

Las proteínas de otras fuentes vegetales son complementadas con proteínas de las legumbres donde destaca el grupo de las globulinas, seguido de las albúminas y las glutelinas, también aportan aminoácidos esenciales como la lisina, leucina, ácido aspártico, ácido glutámico y arginina (Mataix y Salido, 1985).

3.2.2 Tarwi (*Lupinus mutabilis Sweet*)

Según la investigación realizada por (Laurente, 2016), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, clasifica taxonómicamente:

Reino : Vegetal

Sub reino: Fanerógama

División: Espermatofitas

Clase: Dicotiledóneas

Subclase: Arquiclamídeas

Orden: Rosales

Familia: Leguminosas

Género: Lupinus

Especie: Mutabilis

Nombre: *Lupinus mutabilis Sweet*

Nombre común: Tarwi, tahuri, chocho.

3.2.3 Descripción botánica del tarwi

Se considera que el nombre “mutabilis” proviene de los cambios que ocurren en la coloración de la inflorescencia, por la mutación en las diferentes fases fonológicas, la diferenciación celular en el tarwi y el tarwi silvestre son el resultado del cruzamiento independiente de estas especies, probablemente existiendo un alto cruzamiento ínter específico que ocurre naturalmente. La raíz del tarwi es pivotante y grueso, se desempeña en el soporte y transportar la savia orgánica e inorgánica. El tallo tiene aspecto redondo levemente aplanado, su estructura varía según la presencia de ramificaciones. Las hojas se componen de láminas con número de folíolos largos entre 5 a 12 folios, los folíolos varían desde elípticos o ensanchados hacia el extremo y de lisas a tenuemente pubescentes, en

la base del tallo se encuentran pequeñas hojas estipulares. La flor, tiene una medida aproximada de 1.2 cm de longitud, corola con cinco pétalos, uno siendo el estandarte con dos quillas y dos alas, el promedio de flores por planta es 1000 y los pétalos varían de color azul, purpura, crema hasta blanco (Tapia, 2015).

Las características de las semillas del tarwi varían, la cantidad dentro de la vaina desde 5 a 12 granos, su forma, entre redonda, ovalada a casi cuadrangular y el tamaño de cada semilla está en el rango de 0.5 cm a 1.5 cm, este a su vez esta revestida por una membrana resistente, de los cuales esta puede componer hasta un 10% de su peso total, en cuanto al color de las semillas varía desde blanco, gris, bayo, marrón, negra e inclusive colores marmorizado, distribuidas en forma de figuras de ceja, bigote, luna y marmoleadas (Tapia, 2015).

3.2.4 Valor nutricional de las leguminosas - tarwi

Según su cultivo el valor nutricional del tarwi (Tabla 2) varia, se considera como un alimento con contenido elevado de proteínas e ideal para las dietas (Tapia, 2015). La porción de proteína en el tarwi posee apropiadas cantidades de aminoácidos esenciales (lisina y metionina), pero escasamente la proporción de metionina estando entre el 25 y 30% a diferencia a las proteínas de cereales, llegando hacer suplementarias en la alimentación (Vicente, 2016).

Se estima el gran valor nutritivo por el alto contenido de aminoácidos y ácidos grasos esenciales, pero con dificultad en ser sintetizados por el organismo, en cuanto a los principios activos en sus extractos acuosos y alcohólicos aún falta realizar mayores estudios (Chirinos, 2007).

Estudios de (Laurente, 2016) elaborados en aproximadamente 300 genotipos diferentes, descubren que la proteína varía entre el 41 a 51% y la grasa fluctua entre el 14 a 24%., así mismo consideran que la proteína es inversamente proporcional al contenido de grasa. En el contenido de ácidos grasos en las semillas de tarwi, destaca la presencia de ácidos grasos insaturados como el ácido linoléico (omega 6), el oléico (omega 9) en cantidades significativas y el ácido



linolénico (omega 3) en bajas concentraciones (Laurente, 2016).

Tabla 2 — Valores nutricionales en diferentes cultivares y productos de tarwi

Parámetro	Tarwi var, Blanca	Tarwi var. Negro	Tarwi crudo con cascara	Tarwi seco sin cascara	Tarwi tierno	Tarwi harina
Energía (Kcal)	417,00	434,00	424,00	440,00	117,00	403,00
Humedad (g)	6,70	5,00	7,20	5,20	72,22	4,48
Proteína (g)	17,34	17,40	15,30	16,30	11,00	10,86
Grasa (g)	17,5	12,30	12,02	14,02	2,04	6,32
CHO total (g)	63,36	63,35	63,70	62,09	13,78	75,76
F. Cruda (g)	7,51	7,50	5,40	7,54	4,28	3,24
Ceniza (g)	2,10	1,95	1,78	2,39	0,96	2,78
Ca (mg)	58,20	54,20	54,80	98,00	103,00	215,00
P (mg)	268,00	271,00	289,30	258,00	91,00	218,00
Fe (mg)	2,31	2,10	1,98	1,89	1,25	2,40
Tiamina (mg)	0,05	0,05	0,04	0,04	0,02	0,06
Niacina (mg)	2,24	2,26	2,25	2,00	1,04	2,14

Extraído de (Vicente, 2016)

El contenido de proteína en las semillas de tarwi se aproxima entre el 35 - 50% y en mayor porcentaje compuesta por globulinas (31 - 43%) y albúminas (8 - 16%) (Arias, 2013). Las globulinas son proteínas de reserva y no tiene función enzimática (excepción ureasa), se almacenan en los cuerpos proteicos de las células cotiledóneas (Lampart, 2001). Los índices para determinar la calidad biológica de las proteínas en leguminosas se enfatizan en digestibilidad, utilización neta de la proteína, el valor biológico, coeficiente de eficacia en crecimiento realizados en animales experimentales, digestibilidad "in vitro", índice de aminoácidos esenciales, lisina disponible, índices microbiológicos, cómputo químico y otros (Boza, 1991).

El tarwi brinda ácidos grasos esenciales que son apreciados con contener ácido linoleico ω -6 y ácido linolénico ω -3, estos ácidos grasos se encuentran en proporción de 11:1 cerca a ser recomendable al nivel nutricional (Zavaleta, 2018).

La fibra en el tarwi es conformada por polisacáridos que componen las paredes de los cotiledones, constituyendo entre el 6 y 10% del peso de la semilla (Zavaleta, 2018).

En cuanto a los hidratos de carbono, en el tarwi, sólo contienen de un 2 a 4% en comparación con otras semillas (33 al 56%) (Boza, 1991). El contenido de almidones y monosacáridos de las semillas de tarwi es menor en comparación con el contenido de oligosacáridos de bajo peso molecular y principalmente en polisacáridos no amiláceos (NSPs) (Arias, 2013). El contenido de almidón y sacarosa es menor comparado con los oligosacáridos como la rafinosa y verbascosa, los cuales son eliminados durante el desamargado o eliminación de alcaloides, siendo la relación entre los carbohidratos (Laurente, 2016).

Los minerales que contiene el tarwi los encontramos en: los cotiledones el calcio, fósforo, magnesio, potasio y azufre, en el tagumento se presencia hierro y magnesio, cobre y zinc (Zavaleta, 2018).

Las leguminosas contienen cantidades similares de vitaminas, el tarwi contiene tiamina, niacina y fuente de vitamina B (Zavaleta, 2018).

3.2.5 Factores anti nutricionales de las leguminosas

Los factores antinutricionales podemos clasificarlos como termoestables que se caracterizan por tener enlaces cruzados difíciles de desnaturalizar las que forman una estructura tridimensional (oligosacáridos) y los termolábiles que se caracterizan por que se desnaturaliza o destruyen en presencia de calor (inhibidores de proteasas tripsina y quimotripsina) (Arias, 2013). En los estudios de (Muzquiz, *et.al.*, 1994) menciona que los alcaloides en los lupinus son derivados de la quinolizidina siendo en gran cantidad bicíclicos y tetracíclicos.

Las sustancias anti nutritivas del tarwi son: nitratos, taninos, ácido fítico, alcaloides, inhibidores de tripsina y la actividad ureasa (Fernández, 2017). Señala (Zavaleta, 2018) identificación alrededor de 150 quinolizidínicos en el tarwi.

Tabla 3 — Factores anti nutricionales presentes en vegetales proteicos

Fuente vegetal		Acciones principales	Detoxicación
Sustancias antinutritivas			
Fitatos	Leguminosas	Quelación de los elementos minerales	Solubilización (agua, ácido)
Lipoxigenasa	Leguminosas	Destrucción de la vitamina A	Tratamiento térmico
Ácido ascórbico oxidasa	Guisantes	Oxidación de la vitamina C	Tratamiento térmico
α -galatósidos	Leguminosas	Agentes de flatulencia	Solubilización (agua, agua-alcohol)
Sustancias tóxicas			
Inhibidores tripsicos	Haba menor, soja, guisante, alfalfa	Inhibición de la actividad de la tripsina	Tratamiento térmico
Alcaloides (quinolizidina)	Tarwi (leguminosa)	Trastornos neurológicos, acción teratogénica	Solubilización (agua, disolvente apolar, ácido)
Ácido 3N-oxail 1-2-3-diaminopropionico	<i>Lathyrus sativa</i> (almorta)	Transtornos neurológicos y del metabolismo óseo	
Glucósidos	Judía de lima	Transtornos neurológicos (biógeno)	Remojo, cocción prolongada
Tanino (flavonoide)	Haba	Alteración del gusto, formación de complejos con proteínas, inhibición de enzimas, acción antivitaminas K	
Gosipol	Algodón	Edemas, hemorragias	Adición de sulfato ferroso
Polifenoles diversos	Colza, haba menor, alfalfa, soja, girasol		Solubilización (agua, agua-alcohol)
Glucosinolatos	Colza	Alteración del gusto, acción biógena y carcinógena	
Vicinas y convicina	Haba menor	Anemia hemolítica	Tratamiento térmico
Lectinas (hemoaglutininas)	Haba menor	Transtornos de absorción, agentes aglutinantes de los hematíes	Tratamiento térmico
Saponinas (glicósidos)	Alfalfa, guisantes, soja	Amargor, hemólisis de glóbulos rojos, formación de complejos con proteínas alimentarias	Solubilización (agua, tratamiento térmico)

Extraído de (Allauca, 2005)

3.2.6 Aspecto funcional de las leguminosas

Las propiedades tecno-funcionales también conocidas como propiedades fisico-químicas que se puede aprovechar de las leguminosas para la producción de derivados (harinas) y formulaciones alimentarias, ya que brindan información de las características del ingrediente en particular (proteína, carbohidrato) en una matriz alimentaria. La composición y estructura molecular de los componentes individuales y de las interacciones que se establecen entre ellos determinan las propiedades funcionales (Aguilera, 2009).

La clasificación de las proteínas tiene características complejas y diversas, por ello los métodos de clasificarlas se basan en criterios básicos: composición, forma, solubilidad y función biológica. El método de Osborne es la más utilizada y reporta cuatro tipos de proteína: Albúminas que son solubles en agua y en soluciones salinas diluidas, las Globulinas insolubles en agua, pero solubles en soluciones salinas diluidas, mientras que las Prolaminas son solubles en etanol 50-80% y las Glutelinas siendo solubles en medio ácido o alcalino. Las leguminosas contienen fracciones de albúminas y globulinas, por ello se caracteriza como una propiedad fisicoquímica que afecta las características sensoriales, nutritivas y bioquímicas. Estas propiedades pueden agruparse en tres grupos: Las propiedades que dependen de la interacción proteína- agua que son sorción de agua, absorción de agua, retención de agua, solubilidad, dispersabilidad y viscosidad, las propiedades que dependen de la interacción proteína- proteína que son gelificación, coagulación, elasticidad, cohesividad, dureza y adhesividad y las propiedades que dependen de la interacción de la proteína con dos fases inmiscibles (agua/aceite, agua/aire) que son la emulsificación, espumado, formación de películas lipoproteínica. (Chel, *et.al.*, 2003).

Los valores funcionales como en la capacidad espumante, emulsificante y viscosidad algunas leguminosas y en especial la soya no reportan resultados. (Chel, *et.al.*, 2003).

3.2.7 Germinación de leguminosas

La germinación desde el punto de vista botánico, es la restauración del ciclo vital de una planta (gimnospermas y angiospermas), el cual inicia con el desarrollo de la semilla hasta el desarrollo de hojas capaz de realizar la fotosíntesis convirtiéndose en una pequeña planta (Martín, 2005).

La germinación desde el punto de vista fisiológico, es la fase crítica en el ciclo de vida de una planta y durante este proceso existe una fuerza que genera el grano que por un lado se enraíce y por el otro a brotar en busca de luz y CO₂ (Melgarejo, 2007) y (Martín, 2005).

La germinación desde el punto de vista químico, son procesos con cambios bioquímicos y químicos producido por enzimas, debido a que estos convierten los carbohidratos en azúcares simples, las proteínas complejas en aminoácidos simples, las grasas en ácidos grasos, del mismo modo el complejo vitamínico se incrementa (Martín, 2005).

Los germinados en la lengua española son el inicio del desarrollo de un vegetal a partir de la semilla. Los brotes son el producto que se recolecta antes de que aparezcan las hojas verdes derivado a partir de la germinación de semillas cuyo desarrollo es en agua o en otro medio, sin embargo, el término brotes son las pequeñas hojas tiernas, denominado según la Asociación Europea de Semillas Germinadas (ESSA) (Ponce de León, et, al).

La semilla germinada es el primer estado post-germinación con dos o tres días de iniciar la germinación (Marcos, 2005).

El brote, es el estado más desarrollado con cinco a siete días con visibilidad de la radícula, vástago y clorofila, con aprovechamiento casi en totalidad de la reserva nutritiva y pérdida de la cáscara (Marcos, 2005).

- a) Los germinados con brotes se caracterizan biológicamente porque existe dos tipos de germinación (epigea, hipogea) que presenta algunas diferencias; las monocotiledones se caracterizan por tener una germinación hipogea, el hipocótilo no se desarrolla y emerge coleóptilo estructuralmente alargada que protege a las hojas verdaderas, por otro lado se encuentra la germinación epigea característica de las dicotiledónea, el embrión da un giro y permite que el hipocótilo se alargue y permite la salida de dos cotiledones los que posteriormente se transforman en hojas cotiledonares (Ayan et al., 2014).
- b) Los germinados sin brotes son determinados a la pérdida o mutilación del hipocótilo que se alargó durante su transformación biológica en el proceso de germinación, esto debido a una aplicación forzada de temperatura o instrumento, quedando como semillas remojadas aparente, siendo aplicable en semillas grandes.

3.2.7.1. Estructura de las semillas de tarwi

La estructura de una leguminosa contiene cotiledones, una cubierta seminal y el eje embrionario que contiene plúmula, hipocotilo y radícula (Matilla, 2008).

La semilla del lupino está conformada por dos cotiledones y una radícula embrionaria equivalente al 88.97% del peso total, son de color amarillo oscuro debido al contenido de grasas y carotenoides, con un espesor promedio de 2.405 ± 0.26 mm, por otro lado, el tegumento compone el 11.03%, siendo de textura plástica y resistente de color blanco con un espesor es de 0.20 mm, el cual varía de acuerdo con la zona cubierta. El tegumento que cubre el borde longitudinal de los cotiledones tiene un espesor de 0.27 mm, el del borde transversal de los cotiledones 0.18 mm y la zona superficial 0.15 mm. (Ortega *et.al*, 2010)

3.2.7.2. Fisiología de la germinación de la semilla de tarwi

En términos metabólicos la germinación se puede dividir en tres fases:

Fase I, la imbibición de agua (absorción de agua); en esta etapa de hidratación, las semillas secas presentan infiltración de agua hasta la hidratación (imbibición) total de las células y tejidos (Herrera, 2016).

Fase II, síntesis y activación de sistemas enzimáticos; envuelve la reacción de orgánulos y macromoléculas preexistentes en la semilla madura.

Fase III, elongación del embrión; envuelve la descomposición de las reservas de semillas y su respiración, generando ATP como fuente de energía y esqueletos de carbono para el crecimiento de las plántulas.

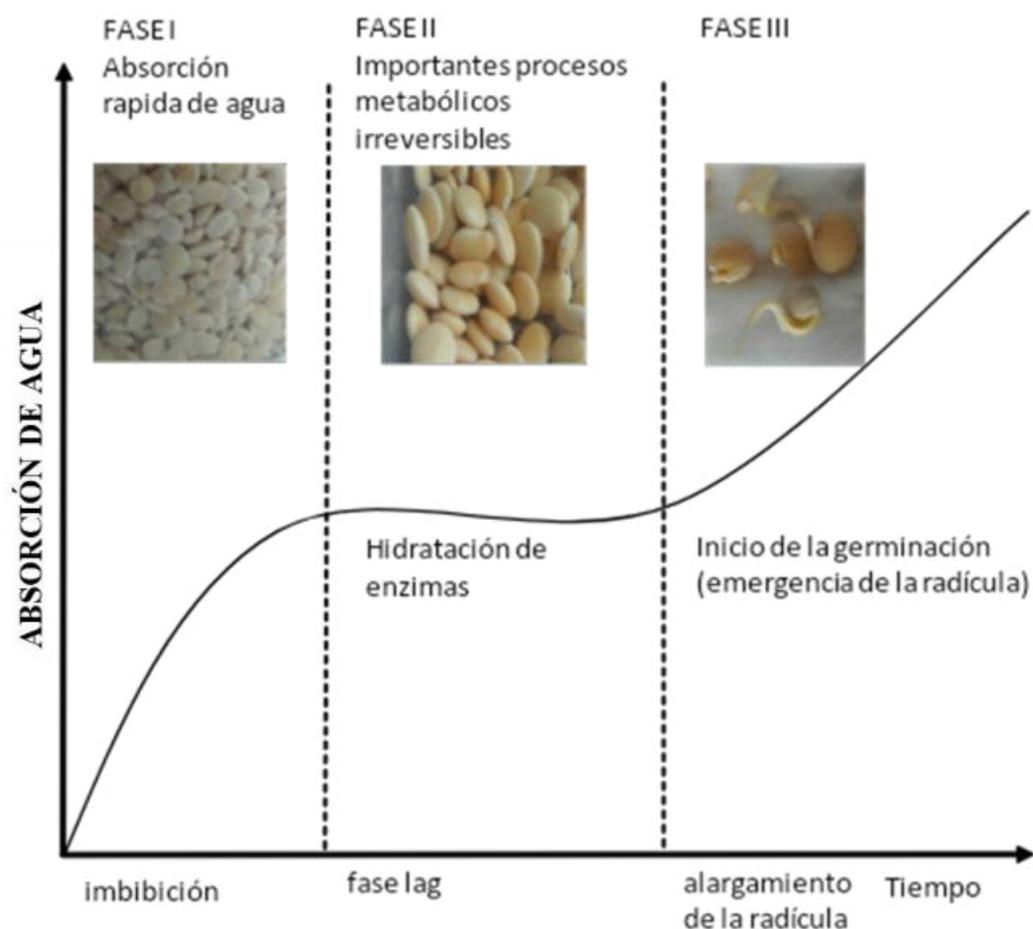


Figura 1 — Fases de la germinación de leguminosas

Fuente de (Herrera, 2016)

- Durante la fase I, imbibición de agua, es un fenómeno físico que acontece en las semillas debido al gradiente de potencial hídrico entre semilla y el medio, las leguminosas absorben agua alrededor de 180% de su volumen, y este penetra a través de tegumentos, micropila, lente (estrofiolo), paredes y membranas celulares ligándose a los coloides y sustancias eléctricamente cargadas por uniones de hidrogeno, estimulando un hinchamiento de la semilla (Matilla, 2008).

La adsorción de agua es rápida inicialmente, la magnitud de esta fase está determinada por: la composición química de las semillas, permeabilidad de las coberturas y la disponibilidad de agua en el medio (Matilla, 2008).

- Fase II, síntesis y activación de sistemas enzimáticos; Se activa el metabolismo, generando las transformaciones durante el desarrollo de la plántula, se activa la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, incremento de actividades enzimáticas, por otro lado, ocasiona la degradación inicial de las reservas, también se sintetiza el ATP e incrementa la proteína, siendo un periodo de absorción de agua limitada (Herrera, 2016). Es necesario la digestión y transporte de alimentos en el embrión para comenzar a desarrollarse, la alimentación del embrión ayuda a una rápida respiración y crecimiento, eso genera la liberación de enzimas digestivas que disuelven parte del alimento que es absorbido desde el tejido almacenador hasta el embrión (De la Cuadra, 1992). Fisiológicamente el embrión de las semillas dicotiledóneas se desarrolla a través de cuatro estados el globular, acorazonado, torpedo y maduro. Considerándose como una germinación epigea. El estado globular se da cuando el cigoto por mitosis produce 2 células (suspensor ó embrióforo y embrión), el suspensor se alarga por varias mitosis (célula basal, tejido de penetración e hipófisis) donde inicialmente el embrión se divide separándose en dos futuros cotiledones, luego posteriores divisiones mitóticas produciendo 8 células y más tarde 16 (8 periféricas que formaran la epidermis y 8 internas que forman tejidos internos). El estado acorazonado se considera las sucesivas divisiones mitóticas. El estado torpedo se desarrolla el

endospermo secundario o albumen donde ocurre la segunda fecundación y se forma un núcleo que comienza a sufrir divisiones nucleares antes que el cigoto y produce un tejido con células (Zepeda, 2015).

- En la fase III, las células y tejidos de la radícula se alargan debido a la actividad metabólica generando el crecimiento y la división celular finalizando el proceso germinativo (Herrera, 2016). Las proteínas, grasas e hidratos de carbono, digeridos y absorbidos son usados por el embrión y absorbidos desde el tejido de almacén de alimentos para respirar y alargar sus células una vez terminada este proceso de alargamiento inicie con la multiplicación celular (De la Cuadra, 1992).

3.2.7.3. Respiración de las semillas durante la germinación

Las reservas de contenidos en el endospermo o cotiledones son degradadas para contribuir en el desarrollo del eje embrionario, siendo el inicio para que las plantas sean autótrofas (Marcos, 2005).

La respiración durante la fase I de la germinación de semillas incrementa en el aumento de O_2 , activando las enzimas mitocondriales implicadas en el ciclo de Krebs y en la cadena de transporte de electrones (ETC), siendo fuente principal de ATP la fosforilación oxidativa mitocondrial (Marcos, 2005).

En la fase II, el consumo de O_2 es lento y estabiliza la respiración, con poco aumento de las enzimas implicadas en el número de mitocondrias (Marcos, 2005).

Entre la fase II y III, aparece la radícula y se completa la germinación, incrementándose la tasa de respiración contribuyendo en el embrión el aumento de nuevas mitocondrias sintetizadas en las células del eje embrionario, en los tejidos de reserva, en asociación con la degradación y movilización de reservas (Marcos, 2005).

3.2.8 Factores que afectan en la germinación de semillas

Factores internos (intrínsecos); viabilidad, vitalidad, longevidad, grado de maduración, dormancia, genotipos y sanidad de la semilla.

Factores externos (ambiente); agua, temperatura, oxígeno y luz (dormancia).

El agua es la base fundamental que posibilita el acondicionamiento osmótico y también el factor que puede limitar la germinación de las semillas (Herrera, 2016) por tanto la humedad puede afectar el porcentaje de germinación.

Por otro lado, la temperatura es un factor indispensable para la adaptación climática, afecta en la velocidad y porcentaje de germinación, controla y/o libera estados de latencia, la variación de temperatura mínimas y máximas depende de la especie a germinar (Gastón, 2017).

El oxígeno es esencial en respiración, para lograr la uniformidad y velocidad de germinación, aunque al inicio las reacciones metabólicas son anaeróbicas, a medida que ocurre la transformación el proceso de germinación se vuelve dependiente del oxígeno (Gastón, 2017).

La iluminación o luz en las semillas puede generar mecanismos que permitan adaptarse a las plantas a diferentes funciones que cumple de acuerdo a su especie, pueden ser estimuladas positivamente por la luz y otras negativamente, este fenómeno genera cromoproteína denominada “fitocromo”, (pigmento responsable de atraparla), por tanto es un fotocontrol en el proceso de germinación regulando el fitocromo, (fotorregulador), esto es debido a que se hidrata la parte proteica del fitocromo y estimula la síntesis misma del fitocromo, generando la amplificación de señales para la germinación (Gastón, 2017).

3.2.9 Efecto de la germinación sobre la calidad nutritiva

Durante la germinación, las enzimas amilolíticas, lipolíticas y proteolíticas se activan para hidrolizar los componentes que almacena la semilla provocando cambios en los componentes de los carbohidratos solubles afectando la estructura de los polisacáridos este cambio ocurre por la degradación del almidón, que se descompone en azúcar más fácil de digerir, también altera los tejidos integros e induce una ruptura de los enlaces proteína-carbohidrato, produciendo el aumento de los componentes como; aminoácidos libres, fibra dietética, vitaminas (estimulando la biosíntesis de algunas vitaminas solubles, agua) y minerales (Fe y Se). Las legumbres y los germinados mostraron un aumento de varios compuestos bioactivos como la síntesis de fenoles en presencia o ausencia de luz,

lo que produjo cambios debido al aumento de compuestos tipo flavonoides. Por otro lado, colabora con la reducción de la cantidad de antinutricionales (fitatos, taninos e inhibidores de la proteasa), las proteínas tienden a mejorar su digestibilidad aportando en la mejora de la calidad nutricional de los alimentos (Herrera, 2016).

En la fase I y II ocurre la descomposición de las reservas, se forma productos más simples solubles y difusibles, es fundamental la actividad enzimática (amilasa, lipasas, proteasas, peptidasas) y la síntesis ocurre en respuesta a los catalizadores con la acción de biorreguladores ubicados en el embrión, influyendo en la velocidad de las reacciones químicas sin ser alterados o destruidos en el proceso (Marcos, 2005).

La determinación de los tipos de reacciones ocurridos en las células y los compuestos producidos es debido al sistema enzimático y encontramos según (Marcos, 2005), que:

- Amilasas sintetizan al amido en glúcidos y estos se descomponen en sacarosa y ATP.
- Lipasas sintetizan a los triglicéridos, estos se descomponen en glicerol y ácidos grasos, el glicerol en ATP mientras que los ácidos grasos en glúcidos y estos se sintetizan en sacarosa y ATP.
- Proteasas sintetizan las proteínas en aminoácidos y péptidos, los aminoácidos se sintetizan en nuevos productos y en energía, mientras que los péptidos a través de las peptidasas se convierten en aminoácidos.



CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación

En función al interés de estudio es de tipo experimental por que propone alternativas de tratamientos de la semilla de tarwi para la mejora de sus valores nutricionales y funcionales y aceptabilidad.

Es de nivel explicativo, porque pretende explicar los fenómenos que ocurren durante el germinado (causa y efecto).

4.2 Diseño de la investigación

El un diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial de 2 x 2 (con 2 niveles de tiempo y 2 niveles de presentación), las variables independientes son manipuladas a criterio del investigador, para luego medir el efecto sobre las variables de respuesta, así mismo tienen el mismo número de tratamientos y sus respectivas repeticiones.

4.3 Población y muestra

4.3.1 Población

Se consideró como población a las semillas de tarwi (*Lupinus mutabilis*) proveniente del distrito de Tintay a 2772 m.s.n.m, ubicada en la provincia de Aymaraes, región Apurímac, los granos son cosechados de la variedad y ecotipo prominentes de la campaña 2017 , los cuales estaban disponibles en la oferta del mercado las Américas de la ciudad de Abancay.

4.3.2 Muestra

El muestreo de las semillas de tarwi con características en cuanto al con color y diámetro uniforme fue independiente del pensamiento del investigador (aleatorio).

Siendo necesario para la evaluación de las tres propiedades generales (tenco-funcionales, nutricionales y aceptabilidad) y en cada uno se evaluaron de 3 hasta 5 propiedades, todas con 12 unidades de observación y tres repeticiones aproximando a 500 gramos de semillas de tarwi a ser evaluados.

4.4 Procedimientos de investigación

Se realizaron pruebas de germinación, para garantizar la calidad de las semillas de tarwi, entre ellas se tiene pureza de semilla, viabilidad de semillas, % de germinación, realizados en los laboratorios de Biotecnología Agroindustrial, una vez obtenidas las semillas optimas se siguió con los procesos de germinación el cual se realizó en los laboratorios de Análisis de Productos Agroindustriales y Procesamiento de la E.A.P.I.A – UNAMBA de ello se obtuvieron semillas de tarwi germinadas en 4 días y 5 días cada una presentadas en dos formas con brotes y sin brotes. De estas salen las muestras acondicionadas en harina para evaluarlas las propiedades nutricionales en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Posteriormente se analizaron las características tecno funcionales en el laboratorio de Operaciones Unitarias E.A.P.I.A – UNAMBA. y la aceptabilidad (aroma, sabor y textura) que se evaluaron con voluntarios del Programa de Complementación Alimentaria (Comedores populares) de Aymaraes.

4.4.1 Pruebas del proceso de germinación

4.4.1.1 Pureza de semillas

La germinación se realizó mediante la técnica de hidroponía, para ello se inicia con el acondicionamiento de las semillas de tarwi, a través del proceso de selección para asegurar que estén libres de insectos, piedrecillas, terrones, etc. y con una clasificación manual aproximado entre 7-9 mm de diámetro, las muestras se conservaron codificados en un lugar fresco y seco. El porcentaje de pureza se calculó en la siguiente ecuación (FAO, 1983):

$$\% \text{ Pureza} = \frac{\text{Peso de la semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

4.4.1.2 Viabilidad de semillas

La prueba de viabilidad de germinación el cual depende del almacenamiento de las semillas, se trabajó con semillas almacenadas durante siete meses y con el método de (Espinoza, 2016) flotación, se extrae 200 granos de semillas de tarwi con tres repeticiones, en 500ml de

agua en un contenedor se remoja por 24 horas, transcurrido el tiempo las semillas vanas flotan y las viables caen al fondo, el porcentaje de viabilidad se determinó en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Viabilidad por flotación} = \frac{N_{ts} - N_{sf}}{N_{ts}} * 100$$

Donde:

N_{ts} = Número total de semillas.

N_{sf} = Número de semillas flotantes.

4.4.1.3 Porcentaje de germinación de semillas

Para esta prueba se extrae 100 semillas por cada tratamiento con las tres repeticiones y se procede a germinar, para observar y realizar el conteo de las semillas germinadas, estas se determinaron en la ecuación a continuación (Heredia, 2017):

$$\% \text{ Poder germinativo} = \frac{N_{SG}}{N_{TS}} * 100$$

Donde:

N_{SG} = Número de semillas germinadas.

N_{TS} = Número total de semillas.

4.4.2 Proceso de germinación del tarwi

- a) **Acondicionamiento:** las semillas de tarwi se destinaron a selección y clasificación así mismo a pruebas que garanticen su calidad y rendimiento de la semilla.

- b) **Lavado:** se lavaron las semillas de tarwi con agua limpia y se eliminó el agua residual para utilizarlo en riego, este proceso se realizó a temperatura ambiental de 21 - 24°C y repitiéndolo tres veces, con la finalidad de eliminar tierra adherida en las semillas u otras impurezas.

- c) **Desinfección:** se realizó con agua clorada preparada al 2% a temperatura del ambiente de 21 - 24°C, con finalidad de disminuir la carga microbiana y evitar la aparición de mohos y/o hongos durante la germinación.
- d) **Escurreo:** se realizó poniendo las semillas lavadas en un colador para eliminar el agua sobrante.
- e) **Remojado o hidratación:** este proceso se realizó con la finalidad de activar las semillas en estado de latencia y eliminar los inhibidores de las enzimas de conservación natural de semillas que impiden germinar antes de tiempo, en esta etapa se considera las condiciones homogéneas de hidratación, mediante el depósito de las semillas con agua limpia en recipientes (frascos) en relación 1:3 (semilla: agua). Con una temperatura en el rango de 15°C a 21°C por un tiempo de 26 horas hasta el desarrollo del embrión. Se inició el remojo de las semillas en el primer frasco el día uno, seguidamente en el segundo frasco inicio después de 44 horas del primero y finalmente el tercer frasco inicio pasado las 24 horas de haber iniciado el segundo frasco, con el propósito de cosechar un mismo día los germinados. (Aguilera, 2009), incrementa la hidratación de las semillas relacionado con el incremento en humedad y efectiva área para reducir o eliminar factores antinutricionales solubles (α -galactósidos), ácido fítico, taninos, inhibidores de tripsina, debido a la difusión de solubles hacia la solución.
- f) **Escurreo:** El mismo procedimiento de d).
- g) **Germinación:** se procedió germinar en frascos de vidrio dentro de una cámara oscura, la cantidad de granos fueron 200gramos por frasco, la temperatura ambiente de 20 – 24 °C, el porcentaje de humedad de 98 - 100%, el riego en una frecuencia de 8 horas, con agitación delicada durante un minuto cuidando los brotes, se escurrió en el mismo frasco tapando con gasas y para permitir la ventilación se deja los frascos inclinados en la oscuridad sin sacar las gasas.
- h) **Lavado:** mismo procedimiento de b).

- i) **Cocción:** las semillas fueron sometidas a temperatura de ebullición (relación de agua: semilla, 1:3), considerando los parámetros de (Villacrés *et al.*, 2006) y (Allauca, 2005). Esto se realizó por un tiempo de 30 min., en una olla a presión comercial de 55Kpa, que equivale a 73 – 82°C (Oviedo, 2018). En el proceso de remojo, (Aguilera, 2009) cita a Kaur y Kapoor y menciona que el remojo y la cocción tiene un doble efecto: uno que favorece la eliminación de factores antinutritivos como fitohemaglutininas o lectinas, inhibidores de proteasas y de α -amilasa, compuestos volátiles cianogénicos, lectinas y complejos del ácido fítico y dos produce la reducción de ciertos aminoácidos esencialmente contenido vitamínico en leguminosas.
- j) **Ecurrido:** mismo procedimiento de **d**).
- k) **Clasificado:** durante esta etapa del proceso se clasificó las semillas que conservaban sus brotes del germinados y las que no tenían brotes se eliminaron manteniendo a que grupo de germinado pertenecían (4 o 5 días de germinado) con o sin brotes.
- l) **Muestreo o toma de muestras:** durante esta etapa se mantuvieron cada grupo de muestra sin embargo se obtienen 2 grupos reducidos en el caso de semillas del tarwi germinados en 4 días con brotes y en los germinados en 5 días también con brotes, realizando los pesados correspondientes e igualar a los cuatro grupos con el mismo peso.
- m) **Lavado:** mismo procedimiento de **b** y **d**.
- n) **Secado:** en esta etapa se secó en el lecho fluidizado, donde se colocaron las muestras en cada bandeja y se secaron en dos lotes a 60°C de temperatura durante 45 minutos
- o) **Molienda:** Se molieron las muestras aproximadamente a 1mm de tamaño uniforme para cada grupo de muestras, que posteriormente fueron tamizados.

4.4.3 Procedimiento para propiedades tecno-funcionales

Pruebas que se ejecutaron en el Laboratorio de Procesamiento y Operaciones Unitarias de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNAMBA, conforme al siguiente detalle:

- a) **Determinación de solubilidad en agua (SA):** determinado según metodología descrita por (Vilcanqui, 2018). Un gramo de muestra (harina de semilla germinada de tarwi) se dispersó en 10 ml de agua destilada a 90°C por un periodo de tiempo de 30 minutos en baño maría con agitación. Enfriada la solución a temperatura ambiente se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos, obteniendo el sobrenadante en placas petri se llevó a secar en estufa a 105°C de temperatura por periodo de 2 horas. Los resultados fueron calculados mediante la Ecuación 4 y expresado en porcentaje.

$$SA = \left(\frac{m_2}{m_1}\right) \times 100$$

Donde:

S.A = Solubilidad en agua.

m2 = Peso seco en gramo (g) de la muestra posterior a la evaporación de agua.

m1 = Peso seco expresado en gramo (g) inicial de la muestra.

- b) **Determinación de capacidad de hinchamiento (CH):** realizado conforme al descrito por (Vilcanqui, 2018 y Aguilera, 2009). Para iniciar con el pesado de 100 mg de muestra, las que fueron depositadas en tubos graduados de 15 ml. Fueron aforados con agua destilada, con agitación suave hasta obtener una mezcla homogénea. Se registró el volumen inicial ocupado por cada muestra. Se dejó hidratar por un periodo de 18 horas a temperatura ambiente, transcurrido el tiempo, fue medido el volumen final ocupada por la muestra. Los resultados fueron expresados en mililitros por gramos de materia seca (g/g m.s.) y calculados en la siguiente ecuación:

$$CH = \frac{(v_2 - v_1)}{m_1}$$



Donde:

v1 = Volumen (ml) de la muestra seca.

v2 = Volumen de la muestra hidratada en mililitros (ml).

m = Peso de la muestra seca en gramos (g).

- c) **Determinación de capacidad de adsorción de aceite (CAAc):** Determinado según al método descrito por (Vilcanqui, 2018 y Aguilera, 2009). Se depositaron 200 miligramos de muestra en tubos cónicos. Luego fueron aforados con 10 ml de aceite. Las mezclas fueron homogenizadas por 15 minutos en un agitador Vortex. Se almacenaron a temperatura ambiente por tiempo de 18 horas. Posteriormente se centrifugó a 3000 rpm por tiempo de 10 minutos, después se eliminó el aceite sobrenadante y fueron pesados las muestras. Los resultados se calcularon en gramos de aceite adsorbidos por gramos de materia seca (g/g m.s.) de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$CAAc = \frac{(m2-m1)}{m1}$$

Donde:

m1 = Peso seco en gramos (g) de la muestra.

m2 = Peso en gramos (g) de la muestra con aceite.

- d) **Determinación de capacidad de absorción y retención de agua (CAA, CRA):** Determinados conforme al procedimiento descrito por (Vilcanqui, 2018 y Aguilera, 2009). Se pesaron 200 miligramos de muestra y se depositaron a los tubos cónicos y luego fueron añadidos 15 ml de agua destilada. A través de la agitación con vortex se homogenizó la mezcla. Para la CAA se hidrataron por un periodo de 1 hora a temperatura ambiente y para la CRA las muestras fueron hidratadas por 18 horas a temperatura de 37°C y posteriormente se centrifugó a 3000 rpm por 10 minutos. Estos resultados se expresaron en gramos de agua absorbida o retenida por gramos de materia seca (g/g m.s.), y calculados mediante la siguiente ecuación:

$$CAA \text{ y } CRA = \frac{(m2 - m1)}{m1}$$

Donde:

m1 = Peso seco (g) de la muestra.

m2 = Peso (g) de la muestra húmeda.

4.4.4 Procedimiento para valores nutricionales (análisis proximal y digestibilidad *in vitro*)

Estos ensayos se realizaron en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Para el análisis proximal, la humedad se realizó mediante el método AOAC (2005), 950.46. El contenido de proteína total mediante el método AOAC (2005), 984.13. El contenido de la grasa, se realizó por el método AOAC (2005), 2003.05. El contenido de la fibra cruda se realizó mediante el método AOAC (2005), 962.09. Para la determinación de ceniza se realizó mediante el método AOAC (2005), 942.05.

La digestibilidad *in vitro* de proteína, fue realizado acorde al método descrito por (García y Guzmán 2005). Se preparó una solución enzimática de precalentada a 45°C en un matraz Erlenmeyer de 250 ml y esta solución es dividida en matraces de 50 ml para cada muestra, paralelamente se desgrasaron 2 gramos de muestra a un matraz Erlenmeyer con solución preparada. Los matraces con las muestras diluidas respectivamente fueron puestas a baño maría a 45°C por 16 h con agitación constante, posteriormente se filtra al vacío en papel Whatman N° 2, con agua destilada tibia se lava dos veces, el residuo húmedo que quedo en el papel filtro fue secado en estufa a 60°C por periodo de 2 horas y se codificaron respectivamente las muestras transferidas en frascos para el análisis de contenido de proteína no digerible. El porcentaje de digestibilidad se calculó en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de digestibilidad} = \frac{P_t - P_x}{P_t} * 100$$

Donde:

Pt = Proteína total.

Px = Proteína no digerible.

4.4.5 Procedimiento para análisis de aceptabilidad

Los ensayos se realizaron de acuerdo al método descrito por (Ramírez 2012), mediante la prueba de aceptabilidad por ordenamiento con algunos aportes de (Allauca 2005). Para la valoración a continuación, con finalidad de determinar la aceptabilidad y la presentación más agradable en cuanto al consumo con brotes o sin brotes de las semillas germinadas de tarwi fresco, se detalla el procedimiento:

La prueba se presentó a 10 panelistas preseleccionados del comedor parroquial de la ciudad Chalhuanca – Aymaraes. Se dispuso dos presentaciones de tarwi germinado con presencia de brotes y el otro sin brotes, ambas presentaciones en dos diferentes tiempos de germinado, cada panelista tenía una porción de 5 granos de semilla germinada de tarwi, se presentaron en recipientes de plástico (vasitos de 1 Oz.), se dio en una bandeja con 4 muestras (uno por tratamiento) y un vaso de agua mineral. La caracterización de códigos para la aceptabilidad de los atributos fue aleatorizada mediante código de letras y código de tres dígitos (tabla 4).



Tabla 4 — Caracterización de las muestras de tarwi germinado

Código	Apariencia				Sabor				Textura				Tratamiento
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
	Blanco	Blanco hueso	Beige	Crema	Amargo (alcaloide)	Característico (poco alcaloide)	Ligeramente a nuez (escaso alcaloide)	Nuez	Granuloso	Masticable	Fácil de masticar	Suave	
A (111)													Semillas germinadas de tarwi con brotes (4 días)
B (213)													Semillas germinadas de tarwi sin brotes (4 días)
C (314)													Semillas germinadas de tarwi con brotes (5 días)
D (412)													Semillas germinadas de tarwi sin brotes (5 días)

Se entregó a cada panelista cuatro muestras en diferentes presentaciones, las temperaturas de las muestras fueron de 20°C (10 minutos en ambiente) después de retirar de refrigeración. Una vez colocado los códigos numéricos de tres dígitos, los códigos A, B, C y D (tabla 5) se usaron exclusivamente durante la preparación de la prueba para facilitar aleatorización.

Tabla 5 — Modo de entrega de muestras a jueces

Juez	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Combinación	BCAD	CDAB	ABCD	DCBA	BADC	CABD	ACBD	DACB	BCDA	CBDA

Los panelistas podían determinar la posibilidad de ordenar las muestras de acuerdo a la intensidad de apariencia (color), sabor y la textura más de una

vez y llenar las fichas de evaluación que se muestra en el anexo. Los panelistas ordenaron las muestras codificadas, evitando la ubicación de dos muestras en la misma posición. La obtención de resultados en las encuestas se analizó mediante prueba de ordenación, encontrando la estadística R (suma de rangos para la muestra), media a través de friedman, ji-cuadrado, diferencia mínima significativa, representado en graficas de barras.

4.5 Técnicas e instrumentos

4.5.1 Técnicas

La investigación se realizó a través de técnicas cuantitativas y la medición de variables que corresponde a la escala de razón, debido a que posee atributos de las escalas nominales, ordinales e intervalos de acuerdo a (Ñaupas *et al.*, 2014).

4.5.1. Instrumentos

Los instrumentos de medición que se utilizaron fueron materiales, equipos y utensilios que se detallan a continuación:

- Higrómetro
- Balanza digital (cap. 300g)
- Balanza analítica PIONEER
- Secador lecho fluidizado
- Estufa/ secador por convección
- Centrífuga
- Extractor de grasa
- Baño María con agitador

4.6 Análisis estadístico

Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el software IBM SPSS Statistics versión 25 para evaluar la influencia de los factores causales (tiempo de germinación y presencia ó ausencia de brotes después de la cocción). Los datos se expresan como media \pm desviación estándar de la media (DE). Se realizó un análisis de la varianza (ANVA). Por lo tanto, si el análisis estadístico mostró diferencias significativas debido a la influencia de los factores, se utilizó la prueba de diferencias múltiples de Tukey. De este modo, todos los análisis se realizaron con un nivel de confianza del 95% ($\alpha < 0.05$). El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Observaciones de propiedades tecno-funcionales, nutricionales y aceptabilidad del tarwi, en i-ésimo nivel (tiempo), j -ésimo nivel (presentación) y k-ésima repetición.

μ : es el efecto global (media general).

α_i : es el aumento del efecto sobre media causado por el nivel i del factor α

β_j : es el aumento del efecto sobre la media causado por el nivel j del factor β

$(\alpha\beta)_{ij}$: es el efecto incremental sobre la media causado por la intersección nivel i del factor α y el nivel j del factor β en k repeticiones.

E_{ijk} : es el término del error

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

Resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se muestran en tres componentes: 1) las propiedades tecno-funcionales de las semillas germinadas de tarwi con y sin brote, 2) propiedades nutricionales de las semillas germinadas de tarwi con y sin brote y 3) la aceptabilidad de las semillas germinadas de tarwi con y sin brote.

5.1.1 Propiedades tecno-funcionales en semillas de tarwi germinadas

En la Tabla 6, se visualiza los resultados de las propiedades tecno-funcionales las semillas germinadas de tarwi diferentes condiciones que posteriormente se procesaron en harina. La semilla de tarwi no germinada es la que presenta el valor más alto de la solubilidad en agua (28,89%), cuyo valor es significativamente diferente en todos los tratamientos que han sufrido proceso de germinado ya sea con brote o sin brote. El valor más bajo corresponde al tratamiento de cinco días de germinado con brote, cuyo valor es de 10,07%.

Por otro lado, el mayor valor de la capacidad de hinchamiento se obtuvo en las semillas de tarwi germinado (5,53 ml/g) para el tratamiento de cuatro días de germinado y con la presentación de brotes, seguido del tratamiento de cinco días de germinado con brotes (5,27 ml/g). Finalmente, el tratamiento con el valor más bajo fue para la semilla no germinada (2,80 ml/g). Este último valor es significativamente diferente a los otros tratamientos.

En cuanto a la capacidad de adsorción de aceite, se pudo observar que el tratamiento del tarwi no germinado, presenta el valor más alto con 3,48 g/g; sin embargo, este valor no fue significativamente diferente a otros tratamientos que implican la intervención del germinado, excepto para la harina de tarwi germinada a cinco días con brote (2,33 g/g).

En el análisis de los valores de la capacidad de absorción de agua, presentaron similares comportamientos en los distintos tratamientos. Los valores más altos de CAA con 3,45 g/g fueron para la harina de tarwi que se había germinado durante cinco días y con brotes, seguido por la harina de tarwi con características de cinco días de germinado y sin brotes (3,33 g/g).

En cuanto a la capacidad de retención de agua, el mayor valor se obtuvo para harina del tarwi no germinado (6,11g/g), luego este valor fue decreciendo hasta un valor 3,97 g/g para la harina de tarwi germinado a cinco días y sin brotes. Entre el valor de la CRA para el tratamiento no germinado, hubo diferencias significativas con respecto a todos los valores del CRA de tratamientos que implican el proceso de germinado.

Tabla 6 — Propiedades tecno-funcionales en las semillas germinadas de tarwi procesadas en harina

TG (días)	Presentación de la semilla	SA (%)	CH (ml/g.m.s.)	CAAc (g/g m.s.)	CAA (g/g m.s.)	CRA (g/g m.s.)
Sin germinar (SG)		28,89±0,91 ^d	2,80±0,35 ^a	3,48±0,00 ^b	2,92±0,00 ^a	6,11±0,00 ^b
4	Sin brote	21,21±2,79 ^c	5,22±0,89 ^b	2,891±0,82 ^{ab}	2,99±0,47 ^a	4,14±1,13 ^a
4	Con brote	15,49±0,99 ^b	5,53±0,52 ^b	2,81±0,25 ^{ab}	2,78±0,41 ^a	4,11±0,81 ^a
5	Sin brote	12,23±1,18 ^{ab}	4,78±0,67 ^b	2,96±0,17 ^{ab}	3,33±0,33 ^a	3,97±0,59 ^a
5	Con brote	10,07±0,74 ^a	5,28±0,12 ^b	2,33±0,16 ^a	3,45±0,48 ^a	4,01±0,17 ^a

Valores promedios (n=3) ± desviación estándar. Las diferentes letras (a, b, c) indican las diferencias significativas (p<0,05).

SA, solubilidad en agua; CH, capacidad de hinchamiento; CAAc, capacidad de adsorción de aceite; CAA y CRA, capacidad de absorción y retención de agua. TG, tiempo de germinación.

Se presenta la influencia de los factores de germinación (tiempo) y la presentación de las semillas de tarwi germinadas (con y sin brotación) en la tabla 7. En los resultados, la solubilidad en agua de la harina de tarwi germinada se vio afectada significativamente por los efectos individuales (tiempo de germinación y la presentación de semilla) con un valor de $p < 0,05$; sin embargo, la interacción de estos dos factores no afecta significativamente ($p > 0,05$) sobre esta propiedad. Por otro lado, propiedades como la capacidad de hinchamiento, la capacidad de adsorción de aceite, la capacidad de absorción de agua y retención de agua no fueron afectadas por el tiempo de germinación y la apariencia de las semillas (con y sin brotes).

Tabla 7 — Efectos principales e interacción de los factores en las propiedades tecno-funcional de las semillas germinadas transformadas en harina

Factores de germinado	Significancia				
	SA	CH	CAAc	CAA	CRA
TG	0,000	0,296	0,449	0,072	0,761
PRES	0,003	0,370	0,204	0,873	0,992
TG x PRES	0,097	0,817	0,311	0,538	0,936

$p < 0,05$, representa efectos significativos (p); $p > 0,05$, representa efectos no significativos.

TG: tiempo de germinado (4 y 5 días); PRES: presentación de la semilla germinada (con y sin brote).

5.1.2 Propiedades nutricionales en semillas de tarwi germinadas

Los resultados de las propiedades nutricionales de la semilla de tarwi germinada en sus diferentes tratamientos se muestran en la Tabla 8.

Se visualiza, la cantidad de proteína incrementada en las semillas germinadas de tarwi, que superó sustancialmente respecto a la semilla no germinada; siendo 50,37 g/100g para el tratamiento que recibió cuatro horas de germinado respecto

a 43,53 g/100g para la semilla no germinada. Estas diferencias son significativas. Esta misma tendencia se ha presentado para contenidos de grasa y fibra cruda.

Por ejemplo, el contenido grado ha incrementado desde 18,94 g/100g (semilla no germinada), hasta 22,26 g/100g, para la semilla de tarwi a cinco horas de germinada y con presentación con brotes; siendo significativa estas diferencias. Se pudo observar también, un incremento sustancial en el contenido de fibra bruta desde 5,76 g/100g (semilla no germinada) hasta 9,97 g/100g (cinco horas de germinado y presentación con brotes). Otro hallazgo importante es la reducción en el contenido de extracto libre de nitrógeno (carbohidratos), cuyo valor ha reducido desde 28,08 g/100g (semilla no germinada) hasta 15,08 g/100g (cinco horas de germinado y presentación con brotes).

Tabla 8 — Propiedades nutricionales de tarwi germinado (b.s.)

TG (días)	Presentación semilla	Proteína (g/100g)	Grasa (g/100g)	Fibra cruda (g/100g)	Ceniza (g/100g)	ELN (g/100g)	Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)
Sin germinar (SG)		43,53±0,65 ^a	18,94±0,49 ^a	5,76±0,67 ^a	3,70±0,01 ^a	28,08±0,47 ^b	93,22±0,24 ^a
4	Sin brote	50,37±0,71 ^b	21,94±0,60 ^b	9,00±0,60 ^b	2,68±0,39 ^b	16,01±0,26 ^a	97,46±2,20 ^b
4	Con brote	49,73±1,52 ^b	21,14±0,42 ^b	9,33±1,18 ^b	2,97±0,05 ^b	16,83±1,61 ^a	96,17±0,25 ^b
5	Sin brote	49,37±0,46 ^b	22,08±0,87 ^b	8,52±0,51 ^b	2,64±0,32 ^b	17,34±0,63 ^a	96,20±0,22 ^b
5	Con brote	50,27±0,33 ^b	22,26±0,16 ^b	9,97±0,51 ^b	2,42±0,02 ^b	15,08±0,73 ^a	96,20±0,15 ^b

Valores promedios (n=3) ± desviación estándar. Las letras (a, b, c) indica las diferencias significativas (p<0,05). ELN, extracto libre de nitrógeno; TG, tiempo de germinación.

Finalmente, en la digestibilidad *in vitro* se observó un cambio significativo entre la semilla de tarwi no germinada (93,22%) y la semilla germinada por cuatro días y sin brotes (97,17%). Sin embargo, en ninguno de los casos hubo diferencias significativas entre los diferentes tiempos de germinado y la forma de presentación de las semillas.

Los resultados del análisis de los principales efectos respecto a la interacción de

factores en estudio para los valores nutricionales se presentan en la tabla 9. El contenido de proteína, la grasa, la fibra bruta, la ceniza, los carbohidratos y la digestibilidad in vitro, no fueron influenciados por el tiempo de germinado y la forma de presentación de la semilla (con o sin brotes).

Tabla 9 — Efectos principales e interacción de los factores sobre los valores nutricionales de la harina de tarwi germinado

Factores de germinado	Significancia					
	Proteína	Grasa	Fibra cruda	Ceniza	ELN	Digestibili_dad <i>in vitro</i>
TG	0,667	0,096	0,856	0,076	0,749	0,368
PRES	0,803	0,378	0,076	0,834	0,231	0,344
TG x PRES	0,168	0,181	0,233	0,124	0,021	0,346

$p < 0,05$, representa efectos significativos (p); $p > 0,05$, representa efectos no significativos.

TG: tiempo de germinado (4 y 5 días); PRES: presentación de la semilla germinada (con y sin brote).

5.1.3 Aceptabilidad sensorial en semillas de tarwi germinadas

a) **Análisis sensorial para la apariencia:** La Figura 3, presenta los resultados para la aceptabilidad sensorial de las semillas germinadas de tarwi por 10 panelistas para el parámetro de apariencia. Los resultados en la gráfica de aceptabilidad sensorial en parámetro apariencia que se encuentran ordenados de menor a mayor la intensidad del color en 4 puntos y se obtuvo un producto con mayor preferencia encontrado en la condición del tarwi germinado en 5 días sin brotes con 3.1, y se ubica dentro del orden 3 calificado como color “beige” y el menor valor con 1.9, para las semillas de tarwi germinado en 4 y con brotes ubicado dentro del orden 1, por tanto la presencia de los brotes genera una ligera diferencia mostrando mayor aceptabilidad a los germinados sin presencia de brotes debido a que los consumidores no están acostumbrados al consumo de germinados.

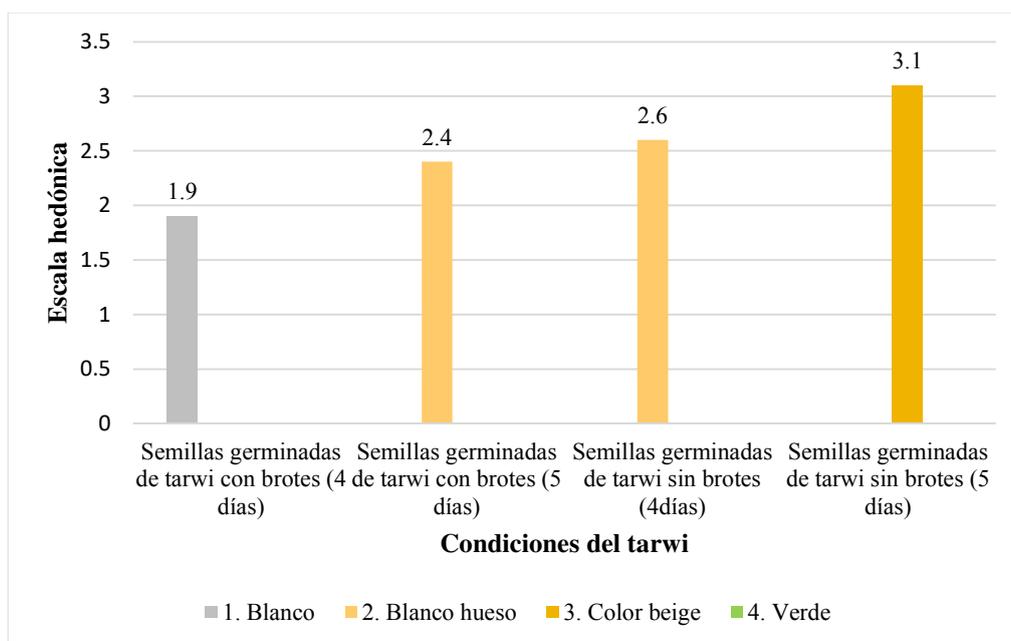


Figura 3 — Aceptabilidad sensorial parámetro apariencia

- b) **Análisis sensorial para el sabor:** En la Figura 4, es presentado los resultados para la aceptabilidad sensorial de las semillas germinadas de tarwi por 10 panelistas para el parámetro de sabor, obteniendo resultados en la gráfica de aceptabilidad sensorial en parámetro sabor que se encuentran ordenados de menor a mayor la intensidad del sabor en 4 puntos y se obtuvo un producto con mayor preferencia encontrado en la condición del tarwi germinado en 5 días y con brotes con 3.5 la cual está ubicado dentro del orden 3 denominado “Ligeramente a nuez (escaso alcaloide)” y el menor con 1.3 ubicándose en el orden 1 para el tarwi germinado 4 días y sin brotes denominándose en el rango de sabor amargo del alcaloide.

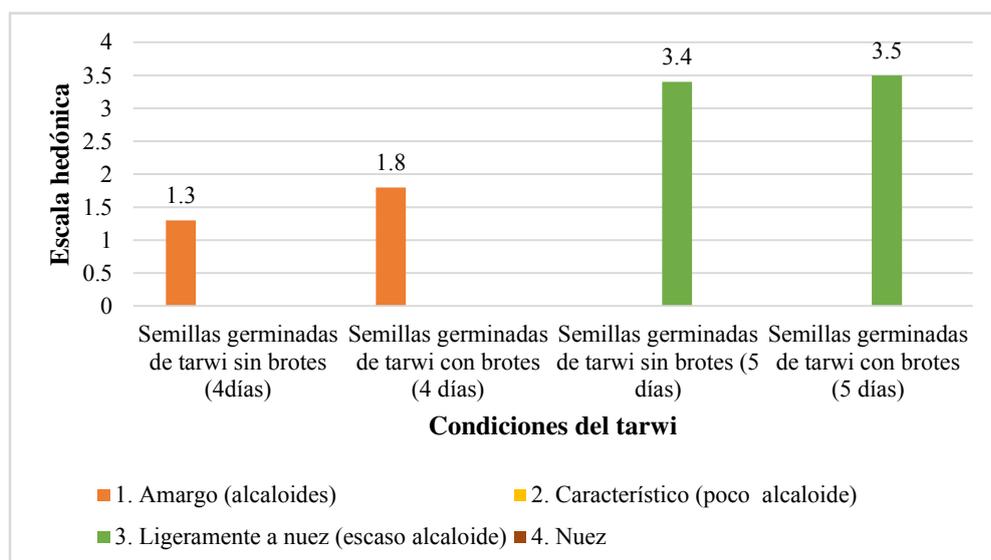


Figura 4 — Aceptabilidad sensorial parámetro sabor

c) **Análisis sensorial para la textura:** En la Figura 5, es presentado los resultados para la aceptabilidad sensorial de las semillas germinadas de tarwi por 10 panelistas para el parámetro de textura, obteniendo resultados en la gráfica de aceptabilidad sensorial en parámetro sabor que se encuentran ordenados de menor a mayor la intensidad de la textura en 4 puntos y se obtuvo un producto con mayor preferencia encontrado en que las muestras de tarwi germinada en todas las condiciones se ubican en el orden 2 denominado “masticable”.

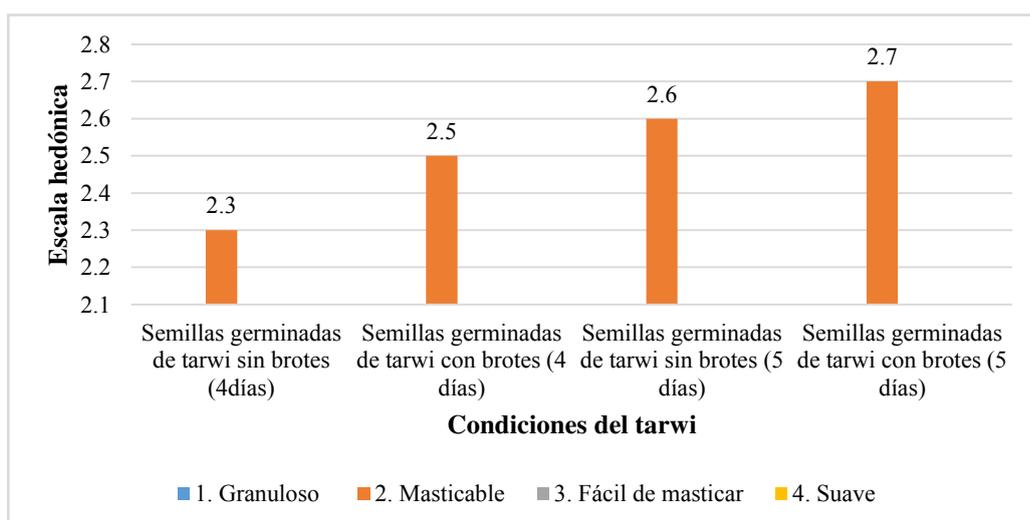


Figura 5 — Aceptabilidad sensorial parámetro textura



La aceptabilidad general del tarwi germinado en diferentes condiciones se presenta en la Figura 5 (Anexo 6, fichas de evaluación sensorial utilizada). Los resultados para la aceptabilidad de germinados de tarwi con y sin brotes evaluado por 10 panelistas muestran los promedios generales obtenidos por los parámetros apariencia, sabor y textura. Obteniendo un producto con mayor preferencia (3.10) para los germinados de tarwi en condiciones de germinación a cinco días y con presencia de brotes. Por su parte, el de menor (1.83) para el tarwi germinado en 4 días y sin brote.

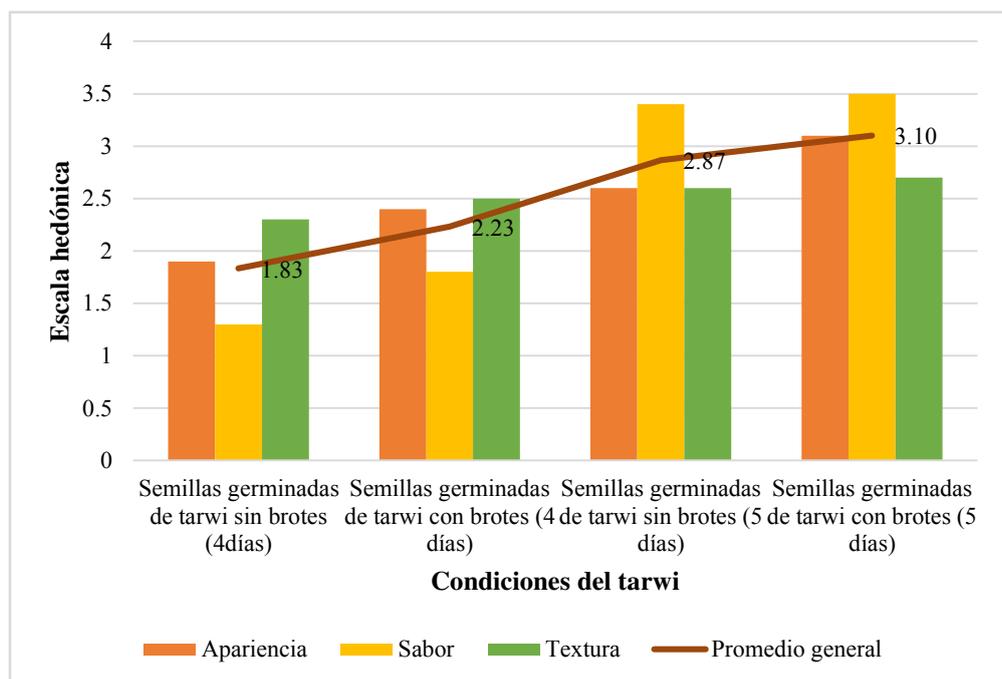


Figura 6 — Aceptabilidad del germinado de tarwi

Tabla 10 — La significancia de las sumas de las ordenes en las muestras de los atributos sensoriales para muestras del tarwi germinado en orden decreciente

Muestras	R apariciencia	R sabor	R textura
Semillas germinadas de tarwi con brotes (5 días)	31 ^a	35 ^b	27 ^a
Semillas germinadas de tarwi sin brotes (5 días)	26 ^a	34 ^b	26 ^a
Semillas germinadas de tarwi con brotes (4 días)	24 ^a	18 ^a	25 ^a
Semillas germinadas de tarwi sin brotes (4 días)	19 ^a	13 ^a	23 ^a

Valores de la suma de las ordenes atribuidas a la muestra (R). Las letras (a,b,c) indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

5.2 Contrastación de hipótesis

5.2.1 Hipótesis estadística (nula y alterna)

a) Primera hipótesis

H₀: Las características de solubilidad en agua, capacidad de hinchamiento, capacidad de adsorción de aceite, capacidad de absorción de agua y retención de agua dependerán de las condiciones de germinado (días) y presentación (con y sin brotes), serán diferentes sus valores tecno-funcionales al del tarwi sin germinar, asimismo, mejorará sus propiedades tecno-funcionales.

H_a: Las características de solubilidad en agua, capacidad de hinchamiento, capacidad de adsorción de aceite, capacidad de absorción de agua y retención de agua dependen de las condiciones del germinado (días) y presentación (con y sin brotes), serán similares sus valores tecno-funcionales al del tarwi sin germinar, asimismo, no mejorará sus propiedades tecno-funcionales.

Visible en la tabla N°3 de Propiedades tecno-funcional de la harina de tarwi germinado.

b) Segunda hipótesis

H0: La composición proximal y digestibilidad *in vitro* de la proteína en las condiciones de germinado (días) y presentación (con y sin brotes), serán diferentes los valores de sus contenidos al del tarwi sin germinar, asimismo, tendrá mejorará su valor nutricional.

Ha: La composición proximal y digestibilidad *in vitro* en la proteína bajo condiciones del germinado (días) y presentación (con y sin brotes), serán similares los valores de sus contenidos al del tarwi sin germinar, asimismo, no incrementará su valor nutricional.

Visible en la tabla N°5 de Propiedades tecno-funcional de la harina de tarwi germinado.

c) Tercera hipótesis

H0: Las características de apariencia, sabor y textura dependerán de las condiciones de germinado (días) y presentación (con y sin brotes), tendrá la misma aceptabilidad sensorial que el tarwi sin germinar.

Ha: Las características de apariencia, sabor y textura dependerán de las condiciones de germinado (días) y presentación (con y sin brotes), no tendrá la misma aceptabilidad sensorial que el tarwi sin germinar.

Visible en las figuras N°3 Aceptabilidad sensorial parámetro apariencia, N°4 Aceptabilidad sensorial parámetro sabor, N°5 Aceptabilidad sensorial parámetro textura y N°6 Aceptabilidad del germinado de tarwi.

5.3 Discusiones

- a) Los resultados de las semillas de tarwi germinados en 4 días tiene mayor solubilidad que las semillas germinadas en 5 días, por otro lado, las semillas germinadas sin brotes también son más solubles que las semillas germinadas con brotes y las semillas de tarwi sin geminar siendo favorablemente más solubles en agua, posiblemente la solubilidad en agua de las proteínas interaccionaron a través de

puentes de hidrógeno, dipolo-dipolo e interacciones iónicas proteína - proteína y proteína – disolvente, otros factores que afectan son fuerza iónica, pH, temperatura y disolventes (solventes orgánicos) (Chau, 2017). Así también puede ser que para las semillas germinadas se generaron interacciones hidrofóbicas, de esta forma disminuye la solubilidad y aumenta las interacciones proteína – proteína, y que a su vez los procesos de cocción, lavado al que fueron sometido las semillas durante el germinado fueron eliminando los componentes de carbohidratos y proteínas solubles en agua ocasionando una mayor concentración de proteínas de tipo insolubles e incluso cambiando el pH en cada tratamiento.

Las semillas de tarwi germinadas en tiempos diferentes tienen menor CRA en comparación a las semillas no germinadas, probablemente esta diferencia es debido a los factores durante el proceso como la cocción, corte de brotes, secado, molienda causaron una desnaturalización de proteínas que disminuyeron la CRA, probablemente sea por la suma de agua enlazada, agua hidrodinámica y agua atrapada físicamente, ya que las proteínas se responsabilizan de incrementar o reducir esta capacidad, influyendo en la textura, una vez que el producto ha sido sometido a fuerzas centrifugas externas o de compresión, y en nuestra investigación se centrifugó durante las pruebas de evaluación como explica (Rachel, 2012) para (Guevara, 2016), los factores intrínsecos que varían esta propiedad es el tiempo que permanece en cada etapa hasta producto final para fines de aceptación organoléptica, como (Guevara, 2016) explica que el pH (5.40 – 5.85) incrementa en el CRA corresponde al punto isoeléctrico donde hay mayor porcentaje de proteínas; el grado de acidificación la velocidad en la cosecha variando en la consistencia y el grado de pérdida de fluidos por exudación; la temperatura (interacción pH- temperatura) a partir de 40°C disminuye la CRA, por tanto entre 40-50 °C se da la modificación más importante y en temperaturas relativas o bajas a 50 – 60°C disminuye hasta un 10% de CRA; el congelado (rotura de tejido) descenso de CRA, el picado (corte) retiene menor humedad por el daño estructura en el corte; la adición de polifosfatos y sales (retenedores de agua).

Las semillas de tarwi germinadas en diferentes tratamientos tiene mayor CH en comparación con las semillas de tarwi sin germinar y que se debe posiblemente por



los tratamientos térmicos durante el proceso, el incremento probablemente es afectado por el tratamiento térmico incrementando el peso del residuo en una fase acuosa a esto sustenta (Aguilera, 2009), que la capacidad de hinchamiento incrementa linealmente con el calor de gelatinización y desciende linealmente con el contenido de amilosa, confirmándose que el almidón de las legumbres es viscoso indicando que es resistente al hinchamiento o a la ruptura siendo consecuencia de la fuerza cizalla (Rachel, 2012), es factible que otros factores afecten la viscosidad como el pH, la fuerza iónica y la velocidad de esfuerzo aplicada al corte, que posiblemente fueron sintetizados para la formación de brotes durante la germinación de las semillas de tarwi, por otro lado es aclarado el incremento de la viscosidad es por la presencia de fibras solubles dando una relación que a mayor concentración de fibra soluble mayor viscosidad, y a mayor temperatura menor viscosidad (Vilcanqui, 2018). Posiblemente la CH incremento ligeramente por el crecimiento de los brotes en la germinación de las semillas de tarwi generando el incremento de fibra soluble e insoluble debido a que las fibras dietéticas provienen de las paredes celulares de los vegetales y este dependen de la clase, edad y grado de transformación al que es sometida y en las semillas las hemilcelulosas representan el 80% del total de fibras del alimento (Betancur et al., 2003).

Capacidad de absorción de agua en los germinados de las semillas de tarwi se incrementa ligeramente la CAA y es probable a la interacción de temperatura, durante la germinación, la cocción, secado, ya que se contactó el agua de su estructura con agua de la superficie húmeda o por inmersión, también es el resultado de que las suspensiones de la estructura de los gránulos de almidón al ser calentados se hidratan provocando el incremento de la absorción de agua en las harinas de leguminosas, así favoreciendo la separación de las células en los cotiledones al ser afectado por el proceso térmico, influyendo esta CAA en la textura concediendo la adhesión, consistencia y viscosidad (Chel et al., 2003) y (Aguilera 2009).

Nuestras semillas de tarwi germinadas muestra una reducción de CAAC respecto a las semillas no germinadas de tarwi. Esto puede ser por la presencia de sitios no polares de las moléculas de las proteínas, tal como señala (Vilcanqui, 2018), además coincidimos con (Aguilera, 2009) donde los efectos de los tratamientos térmicos

sobre la CAAc en las harinas son menores a los acontecimientos en la CRA, aclarando que las finalidades tecnológicas de acuerdo a los resultados de CAAc es una propiedad importante para mejorar la calidad sensorial.

- b) Los resultados del presente trabajo incrementan de proteínas desde 43,53% (tarwi sin germinar) hasta 50,37% (tarwi germinado a cuatro días y sin brote), posiblemente porque en la II fase de la germinación se movilizan las reservas de nutrientes y proteínas, convirtiendo los aminoácidos que transportan y oxidan favoreciendo el crecimiento y elongación del embrión (Melgarejo et al., 2007), estos resultados coinciden con los estudios de (Rumiyati et al., 2012), sin embargo los factores externos pueden alterar los cantidad de proteínas a pesar de que se trabaje con los mismos parámetros de temperatura de cocción como paso en los resultados de (Allauca, 2005).

La grasa cruda y la fibra cruda incrementaron con el proceso de germinado, siendo relacionados con la operación de lavado, que tuvo las semillas de tarwi, que muy posiblemente haya estado reduciendo los compuestos solubles en agua y por el balance de masa hubo un incremento en el contenido graso que es insoluble en agua, esta explicación es sostenible en razón que, durante toda la etapa de germinado, estuvo acompañado del lavado, y precisamente a cinco (5) días de germinado (mayor tiempo) presenta mayor contenido de grasa cruda (22,26%). Por otro lado, la disminución de lípidos es porque se utiliza como fuente de energía durante la germinación y de acuerdo a antecedentes es posible considerara que a más días de germinado mayor disminución de grasa como experimento (Juárez, 2013), (Rumiyati et al., 2012), (Melgarejo, 2007) y (Elbaloula et al., 2014). Respecto a la fibra cruda, incrementa desde 5,76% (tarwi sin germinar) hasta 9,97% (a cinco días de germinado y con presencia de brotes) sustentando su coincidencia en incrementar con los resultados de (Allauca, 2005).

En cuanto a los resultados de digestibilidad in vitro de la proteína, se incrementó significativamente desde valores de 93,22% (tarwi sin germinar) hasta 97,46% (tarwi germinado a cuatro días y sin brote), demostrando que este indicador de calidad de proteína incrementa con el proceso de germinado como coincide los resultados de (Allauca, 2005), esto probablemente puede suceder por el remojado



ayudando en la mejora de la digestibilidad y con el tratamiento térmico (cocción) siendo más accesibles para las enzimas proteolíticas quienes reducen o eliminan los distintos antinutrientes (desnaturalización) como resultado para (Aguilera, 2009), en general, de los resultados de los valores nutricionales, se puede afirmar que el proceso de germinado, influye significativamente y es independiente de cada componente. Por ejemplo, se ha observado que, en el contenido de proteína, grasa y fibra, es favorable su incremento; en cambio en el contenido de carbohidratos hubo una reducción. Por otro lado, los factores de germinado tal como el tiempo (4 y 5 días) y la forma de presentación de las semillas de germinado (con y sin brotes), no tienen influencias en los valores nutricionales. Estos resultados se visualizaron para los efectos principales y de interacción.

- c) De los resultados estadísticos alcanzados en la tabla 7, se determina que las muestras del tarwi germinado en diferentes condiciones no presentaron diferencias significativas en la apariencia y del mismo modo tampoco en la textura. Las semillas germinadas en 5 días con y sin presencia de brotes presento la mejor aceptabilidad con sabor que tiende ligeramente a nuez y que se percibe la escasa presencia del amargo (alcaloide). Posiblemente que durante la biotransformación de nuestro producto aún necesita estandarizar al igual que en cada etapa del proceso siendo necesario porque las propiedades funcionales afectan en el comportamiento y las características tanto sensoriales, nutritivas y bioquímicas de un alimento (Chel et al., 2003).

CAPTÍULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Con las condiciones en las que se trabajó el proceso de germinación del tarwi se puede concluir lo siguiente:

- a) Se encontró ligera modificación en las propiedades tecno-funcionales, con disminución de la solubilidad en agua (SA), similarmente sucede con la capacidad de retención de agua (CRA) y ocurre el mismo efecto con la capacidad de adsorción de aceite (CAAc), mientras ocurre un incremento para la capacidad de hinchamiento (CH) y la capacidad de absorción de agua (CAA), la variación de las propiedades anteriormente mencionadas fueron con respecto a la muestra patrón (semillas de tarwi sin germinar). Sin embargo, en la interacción de los factores no se encontró significación estadística en cada una de estas propiedades por tanto no son influenciados por los factores de tiempos y la forma de presentación de las semillas germinadas (con brote y sin brote).

- b) Las propiedades nutricionales incrementaron en algunos componentes, como el contenido de grasa, fibra cruda y proteína, de la misma manera mejoró la digestibilidad *in vitro*, pero también resultaron efectos inversos en el contenido de los carbohidratos y ceniza, al ser comparados con la muestra patrón (semillas de tarwi sin germinar). Además, en la interacción de los factores no se encontró significación estadística por tanto los factores de tiempo y temperatura durante la germinación, no tienen influencia sobre ninguno de los componentes en estudio, tampoco resultaron cambios notables en cuanto a la forma de presentación de las semillas germinadas (con brote y sin brote).

- c) Realizada la evaluación sensorial en los atributos de apariencia, sabor y textura, de los germinados de tarwi fresco (con y sin brotes) la que obtuvo mayor aceptabilidad fue el tarwi germinado durante cinco días y presentación con brotes, demostrando tener apariencia blanco hueso, con sabor característico ligeramente a nuez y una textura suave masticable, características muy similares al tarwi que acostumbran consumir.

6.2 Recomendaciones

- Realizar un estudio para la producción de una variedad de tarwi con características a la variedad semidulce y cuanto menor alcaloide presente es más útil para la elaboración de germinados de tarwi fresco.
- Optimizar el proceso germinación de tarwi utilizando la técnica de hidropónico para el crecimiento de los brotes y cocción para reducción de alcaloides.
- Incorporar en forma parcial la harina de tarwi germinado en formulación de diferentes productos con finalidad de mejorar su contenido de proteína, la fibra dietética y mejorar la digestibilidad, en base a las propiedades nutricionales.
- Determinar el perfil de ácidos grasos en la harina de tarwi antes y después del proceso de germinado, en base a los análisis de las propiedades tecno-funcionales.
- Efectuar estudios del contenido de anti nutrientes (alcaloides) antes y después del proceso de germinado del tarwi, considerando que es necesario para mejorar el sabor y otras propiedades de aceptabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUILERA GUTIÉRREZ, Y. *"Harinas de leguminosa deshidratadas: Caracterización nutricional y valoración de sus propiedades tecno-funcionales.* Tesis doctoral: Universidad Autónoma de Madrid - Facultad de Ciencias / Departamento de Química Agrícola. 2009.

ALLAUCA CHAVEZ, V.V. *Desarrollo de la tecnología de elaboración de chocho (Lupinus mutabilis sweet) germinado fresco para aumentar el valor nutritivo del grano* [en línea]. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Facultad de Ciencias / Escuela de Bioquímica y Farmacia. 2005. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=_38zAQAAMAAJ&pg=PA3&dq=estructura+botanica+de+la+semilla+de+lupino&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjtpIOUrPDvAhWDIrkGHUaqDnAQuwUwAHoECAQQBw#v=onepage&q=estructura botanica de la semilla de lupino&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=_38zAQAAMAAJ&pg=PA3&dq=estructura+botanica+de+la+semilla+de+lupino&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjtpIOUrPDvAhWDIrkGHUaqDnAQuwUwAHoECAQQBw#v=onepage&q=estructura%20botanica%20de%20la%20semilla%20de%20lupino&f=false).

ALCAZAR DEL CASTILLO, J. *Diccionario técnico de industrias alimentarias.* Segunda edición. Diccionario: Perú. 2002.

ANDRARDE LEE, X. *Método para la obtención de germinados de haba y lenteja (Vicia faba L y Lens esculenta).* Colombia. 2005. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70513/107410.2010.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

ARIAS SANVICENTE, A. *Evaluación in vitro del efecto de carbohidrasas sobre la bioaccesibilidad de las proteínas en harinas de altramuz (Lupinus spp.).* España 2013. Disponible en: <https://1library.co/document/ydjvp4ly-evaluacion-efecto-carbohidrasas-bioaccesibilidad-proteinas-harinas-altramuz-lupinus.html>

AYAN, L.R., GONZÁLEZ, L.M., GUERRERO, Y.R., DELL, J., RODRÍGUEZ, A. y VÁZQUEZ, N. *Aspectos fisiológicos, bioquímicos y expresión de genes en condiciones de déficit hídrico. influencia en el proceso de germinación.* Cultivos Tropicales, vol. 35, no. 3, pp. 24-35. ISSN 0258-5936. 2014.

BOZA LOPEZ, J. *Valor nutritivo de las leguminosas grano en la alimentación Humana y animal.* Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental [en línea], pp. 25-27. 1991. Disponible en: <http://www.insacan.org/racvao/anales/1991/articulos/03-1991-07.pdf>.

BETANCUR ANCONA, D., PÉREZ FLORES, V. y CHEL GUERRERO, L.A. *Fibra dietética y sus beneficios en la alimentación.* Universidad Autónoma de Yucatán. Rev. [en línea] 2003. Disponible en: <https://www.revistauniversitaria.uady.mx/pdf/227/ru2272.pdf>

CARO AVALOS, JOSE A. *Microemprendimientos Hidoponia su empresa de cultivos en agua.* Primera edición. Buenos Aires - 2005.

CASTAÑEDA, MARÍA TERESITA. *Enzimas de interés biotecnológico.* Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional La Plata. 2016. Disponibles en: <http://www.LaTeXTemplates.com>

CHAL GUERRERO, L.A, CORZO RIOS, L y BETANCUR ANCONA, D.A. *Estructura y propiedades funcionales de proteínas de leguminosas.* Universidad Autónoma de Yucatán. [en línea] 2003. Diponible en: <https://www.revistauniversitaria.uady.mx/pdf/227/ru2275.pdf>

CHAU, E.L. *Química de los alimentos-Propiedades funcionales de las proteínas.* [en línea]. Disponible en: <https://idoc.pub/documents/propiedades-funcionale-de-las-proteinaspdf-eljqjpw01x41>. 2017.



DAGNIA, S. *Uso y aceptabilidad de semillas y brotes de altramuz como un ingrediente alimentario* [en línea]. S.l.: Edith Cowan University. 1990. Disponible en: http://ro.ecu.edu.au/theses_hons/213.

DAVILA, M.A., SANGRONIS, E. y GRANITO, M. *Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición [en línea], vol. 53, no. 4, pp. 348-354. 2003. [Consulta: 10 febrero 2021]. ISSN 0004-0622. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222003000400003&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

DE LA CUADRA, C. *Germinación, latencia y dormición de las semillas - dormición en las avenas locas*. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid. 1992.

ELIZALDE, B.E. *Propiedades funcionales y físico- químicas de las proteínas en relación a su comportamiento en las emulsiones alimenticias* Doctor en Química. S.l.: Universidad de Buenos Aires - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 1987.

ESPINOZA CHÁVEZ, José Sabas. *Protocolo para conocer la viabilidad de platymiscium pinnatum con fines de conservación y restauración ecológica*. Coordinación Ecoforestal, Pronatura Veracruz- México. 2016.

ESPINOZA MONTES, C. *Metodología de investigación tecnológica*. [en línea]. Ciro Espin. Huancayo - Perú: Biblioteca Nacional del Perú N°2010-03831. 2010. Disponible en: <https://issuu.com/maiquim.floresm./docs/285055792-metodologia-de-investigac>.

FAO. *Recolección manipuleo, almacenaje y pretratamiento de las semillas de Prosopis en America Latina*. Universidad de Arizona Tucson- EEUU. 1983.



GARCÍA DÍAZ, C.L. y ALANIS GUZMAN, G. *Manual de análisis fisicoquímico de alimentos.* S.l.: 2005. Disponible en: <https://www.untumbes.edu.pe//vcs/biblioteca/document/varioslibros/1541.%20Qu%C3%ADmica%20de%20los%20alimentos.pdf>

GASTÓN DE IRIARTE MELGAREJO, C.E. *Estudio de la germinación de dos especies de Teucrium protegidas en la Región de Murcia .* S.l.: Universidad Politécnica de Cartagena. 2017.

GUEVARA FRÍAS, M.S. *Determinación de la capacidad de retención de agua (CRA) en productos derivados del calamar gigantes Dosidicus gigas (D'Orbigny 1835).* Universidad Nacional de Piura. Facultad de Ingeniería Pesquera: Departamento Académico de Ingeniería Pesquera. 2016.

GUILLEN, M.V.L. *Estructura y propiedades de las proteínas:* valencia: Universidad de Valencia. 2009.

GUTIÉRREZ, A., INFANTES, M., PASCUAL, G. y ZAMORA, J. *Evaluación de los factores en el desamargado de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet).* Agroindustrial Science - Universidad Nacional de Trujillo. [en línea], vol. 5, no. 1, pp. 127-132. 2016. Disponible en: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/1059/987>.

HERRERA RODRÍGUEZ, T. *Influencia del proceso de germinación en el contenido y biodisponibilidad de melatonina en semillas de legumbres.* S.l.: Universidad autonoma de Madrid - Facultad de Ciencias - Departamento de Química Agrícola y Bromatología. 2016.

JUAREZ FUENTES, B. *Cambios bioquímicos en semillas de lupinus montanus y lupinus exalatus asociados a tratamientos físicos, químicos y germinativos.* Colegio de postgraduados- Tabasco, 2013. Disponible en: Juarez_Fuentes_B_MC_Produccion_Agroalimentaria_Tropico_2013.pdf (2.570Mb)

LAMPART SZCZAPA, E. *Chemical and functional properties of food proteins.* [en línea]. Boca Raton. New York Washington: Boca Raton London New York Washington, D.C. 2001. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=eDFRDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT421&dq=Lampart---Szczapa,+2001\).&ots=jHYz9_dhuj&sig=LNiMtmZymIfmub2F0wqPM3bZfNo&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=eDFRDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT421&dq=Lampart---Szczapa,+2001).&ots=jHYz9_dhuj&sig=LNiMtmZymIfmub2F0wqPM3bZfNo&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false).

LÓPEZ URBANO, L.R. y ROSAS MOLINA, M.L. *Efecto del tiempo de germinación y tiempo de cocción, e influencia de la temperatura de secado en la actividad hemaglutinante de las lectinas en el tarwi (Lupinus mutabilis Sweet).* S.l.: Universidad Nacional del Centro del Perú. 2014.

MARTÍN RUEDA, L. *Más energía y salud con los germinados.* Barcelona Ed. Grupo Océano, 2005.

MATAIX, F. y SALIDO, G. *Importancia de las legumbres en la nutrición humana.* Fundación española de la nutrición. S.l.: 1985. Disponible en: <https://www.google.com/search?q=MATAIX%2C+F..+y+SALIDO%2C+G.+Importancia+de+las+legumbres+en+la+nutrici%C3%B3n+humana.+Fundaci%C3%B3n+espa%C3%B1ola+de+la+nutrici%C3%B3n.+S.l.%3A+1985.&oq=MATAIX%2C+F..+y+SALIDO%2C+G.+Importancia+de+las+legumbres+en+la+nutrici%C3%B3n+humana.+Fundaci%C3%B3n+espa%C3%B1ola+de+la+nutrici%C3%B3n.+S.l.%3A+1985.+&aqs=chrome..69i57.1289j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>



MATILLA, A.J. *Desarrollo y germinación de las semillas. Fundamentos de Fisiología vegetal* [en línea], no. October pp. 537-558. 2008. Disponible en: <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2016/08/matilla-2008.pdf>.

MARCOS FILHO, J. *Fisiología de semillas de plantas cultivadas*. Piracicaba: Fealq, 2005.

MELGAREJO, L.M. *Semillas*, Departamento de Biología - Universidad de Colombia pp. 13-24. 2010.

MINISTERIO DE AGRICULTURA PESCA Y ALIMENTACIÓN. *Leguminosas grano en España. Judías secas, lentejas, garbanzos, vevas grano y yeros*. [en línea]. España: 2019. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/anexo_leguminosas_grano_oct2019_tcm30-521010.pdf.

ORTEGA EDUAR, D., RODRIGUEZ, A., DAVID ARTURO y ZAMORA BURBANO, A. *Caracterización de semillas de lupino (*lupinus mutabilis*) sembrado en los andes de Colombia*. Acta agronómica.59 (1) 2010.

OVIEDO CORNEJO, J. *Diseño de un equipo para el procesamiento del desamargado del tarwi*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa – Facultad de Ingeniería de producción y servicios / Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica. 2018.

PERALTA, M. *Determinación del valor nutritivo y energético del tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) para cuyes*. [en línea], pp. 36. 2016. Disponible en: http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3084/1/RE_MED.VETE_MAGDALENA.IRIGOIN_DETETERMINACION.DEL.VALOR.NUTRITIVO_DATOS.PDF.



PONCE DE LEÓN DE LAMA, C, TORIJA ISASA, E, MATA LLANA GONZALES, M y CRUZ PINTADO, C. *Interés de los germinados y su seguridad alimentaria.* Universidad Complutense de Madrid UCM- Facultad de Farmacia/ Departamento de Nutrición y Ciencias de los Alimentos y Departamento de Microbiología y Parasitología. 2020. DOI: 10.12873/401ponce

RACHEL SARMENTO, T. *Impacto del procesamiento sobre la pared celular y las propiedades hipoglucémicas y tecnofuncionales de leguminosas.* S.l.: Universidad Autónoma de Madrid - Facultad de Ciencias / Departamento de Química Agrícola. 2012.

RAMIREZ NAVAS, J.S. *Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor [en línea].* Universidad del Valle - Colombia: s.n. 2012. Disponible en: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=4_TNm-72U7MC&oi=fnd&pg=PA85&dq=análisis+sensorial&ots=Ic1RYIPEyx&sig=EsqeMskM7-B_KVZB35STSpO86pM#v=onepage&q=análisis+sensorial&f=false.

RUMIYATI, A.P. y VIJAY JAYASENA, A. *Effect of Germination on the Nutritional and Protein Profile of Australian Sweet Lupin (*Lupinus angustifolius* L.).* Food and Nutrition Sciences, vol. 03, no. 05, pp. 621-626. 2012. ISSN 2157-944X. DOI 10.4236/fns.2012.35085.

SALVATIERRA, J. *Efectos de diferentes niveles de adición de harina de tarwi (*Lupinus mutabilis* sweet) en las características organolépticas del dulce de leche.* [en línea], pp. 1-78. 2014. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/1378/TP-UNH.ENF.0101.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.



SANGRONIS, E., MACHADO, C. y CAVA, R. *Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (Phaseolus vulgaris y Cajan cajan) germinadas.* Propiedades funcionales de las harinas de leguminosas (phaseolus vulgaris y cajan cajan) germinadas. [en línea], vol. 29, no. 2. ISSN 03781844. DOI <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33908904>. 2004. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33908904>.

SUCA, G.R.A. y SUCA, C.A.A. *Potencial del tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) como futura fuente proteínica y avances de su desarrollo agroindustrial.* Rev. Per. Quím. Ing. Quím. [en línea], vol. 18, pp. 55-71. 2015. Disponible en: [file:///C:/Users/Administrador/Downloads/11791-41112-1-PB \(1\).pdf](file:///C:/Users/Administrador/Downloads/11791-41112-1-PB (1).pdf).

TAPIA, M. *El Tarwi, Lupino Andino. Tarwi, tauri o chocho (Lupinus mutabilis Sweet), Proyecto Mujeres Andinas en Camino: Promoción del producto tarwi de la provincia de Huaylas hacia el mercado nacional e internacional en el marco rural del desarrollo sostenible.* Fondo Ítalo peruano. 2018.

VARELA, S.A. y ARANA, V. *Latencia y germinación de semillas.* Tratamientos pregerminativos. S.l.: 3. Área forestal – INTA EEA Bariloche. 2011. ISSN:1853-4775. Disponible en: https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_latencia.pdf

VILCANQUI PEREZ, F. *Propiedades funcionales y fisiológicas de dietas con fibra soluble (goma de tara) e insoluble (hojas de agave) en ratas holtzman.* S.l.: Universidad Nacional Agraria la Molina - Escuel de Posgrado. 2018.

VILLACRÉS, E., RUBIO, A., EGAS, L. y SEGOVIA, G. *Usos alternativos del chocho. Proyecto PFN- 03- 060 «Usos alternativos del Chocho»* [en línea]. Quito - Ecuador: 2006. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gov.ec/jspui/bitstream/41000/298/1/iniapscbd333.pdf>.

ZAVALETA, IRIS AMPARO. *Lupinus mutabilis (tarwi) leguminosa andina con gran potencial industrial.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú: 2018.

ZEPEDA GOMEZ, C., LOT, A., NÉMICA, XATA A., MANJARREZ, J. *ESemilla, morfología y desarrollo.* Instituto de Biología Facultad de ciencias México: 2015.
Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/34478>



ANEXOS



MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROPIEDADES TECNO-FUNCIONALES, NUTRICIONALES Y ACEPTABILIDAD DE LA SEMILLA DE TARWI (<i>LUPINUS MUTÁBILIS</i>) GERMINADA CON Y SIN BROTES				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensión
<p>Problema general ¿Qué características tendrá las semillas de tarwi germinadas en diferentes condiciones?</p>	<p>Objetivo general Evaluar el efecto de las diferentes condiciones de germinado sobre las características de la semilla de tarwi.</p>	<p>Hipótesis general Las características (tecnofuncionales, nutricionales y aceptabilidad) de la semilla germinada de tarwi, de las condiciones de germinado (días) y presentación (con y sin brotes), serán diferentes y mejores sus valores al tarwi sin germinar.</p>	<p>Variable independiente Condiciones de germinado y presentación de semilla</p>	<p>DIMENSIÓN (1) Semillas germinadas de tarwi con y sin brotes Indicadores: 1.-Tiempo 2.-Adimensional</p>
<p>Problema específico ¿Cuáles son las propiedades tecnofuncionales (solubilidad en agua, capacidad de hinchamiento, capacidad de adsorción de aceite, capacidad de absorción de agua y retención de agua) de la semilla germinada en diferentes tiempos y con y sin brotes? ¿Cuáles son las características nutricionales (composición proximal y digestibilidad in vitro) de la semilla germinada en diferentes tiempos y con y sin brotes? ¿Cuáles son las características de aceptabilidad (apariencia, sabor y textura) de la semilla germinada en diferentes tiempos y con y sin brotes?</p>	<p>Objetivos específico Evaluar las propiedades tecnofuncionales (solubilidad en agua, capacidad de hinchamiento, capacidad de adsorción de aceite, capacidad de absorción de agua y retención de agua) de la semilla germinada de tarwi en diferentes tiempos y con y sin brotes. Evaluar los valores nutricionales (análisis proximal y digestibilidad de proteína in vitro) de la semilla germinada de tarwi en diferentes tiempos y con y sin brotes. Evaluar la aceptabilidad (apariencia, sabor y textura) de la semilla germinada de tarwi en diferentes tiempos y con y sin brotes.</p>	<p>Hipótesis específico Las características de solubilidad en agua, capacidad de hinchamiento, capacidad de adsorción de aceite, capacidad de absorción de agua y retención de agua dependerán de las condiciones de germinado (días) y presentación (con y sin brotes), serán diferentes sus valores tecnofuncionales al del tarwi sin germinar, asimismo, mejorará sus propiedades tecnofuncionales. La composición proximal y digestibilidad in vitro de la proteína en las condiciones de germinado (días) y presentación (con y sin brotes), serán diferentes los valores de sus contenidos al del tarwi sin germinar, asimismo, tendrá mejorará su valor nutricional. Las características de apariencia, sabor y textura dependerán de las condiciones de germinado (días) y presentación (con y sin brotes), tendrá la misma aceptabilidad sensorial que el tarwi sin germinar.</p>	<p>Variable dependiente Propiedades tecnofuncionales de semilla germinada. Valores nutricionales de semillas germinadas. Aceptabilidad de semilla germinada de tarwi</p>	<p>DIMENSIÓN (2) P.tecnofuncionales Indicadores: Solubilidad en agua Capacidad de absorción de agua Capacidad de retención de agua Capacidad de hinchamiento Capacidad adsorción de aceite DIMENSIÓN (3) Nutricionales Indicadores Contenido de agua Contenido de proteína Contenido de grasa Contenido de fibra bruta Contenido de ceniza Contenido de carbohidratos (ELN) DIMENSIÓN (4) Aceptabilidad Indicadores Apariencia Sabor Textura</p>

ANEXO II REGISTRO FOTOGRÁFICO



Figura 7 Hidratación de las semillas y medición de temperatura en las semillas de tarwi durante el proceso de germinación



Figura 8 Semillas de tarwi germinadas en fase II



Figura 9 Semillas de tarwi germinadas descascarilladas y en proceso de fotosíntesis

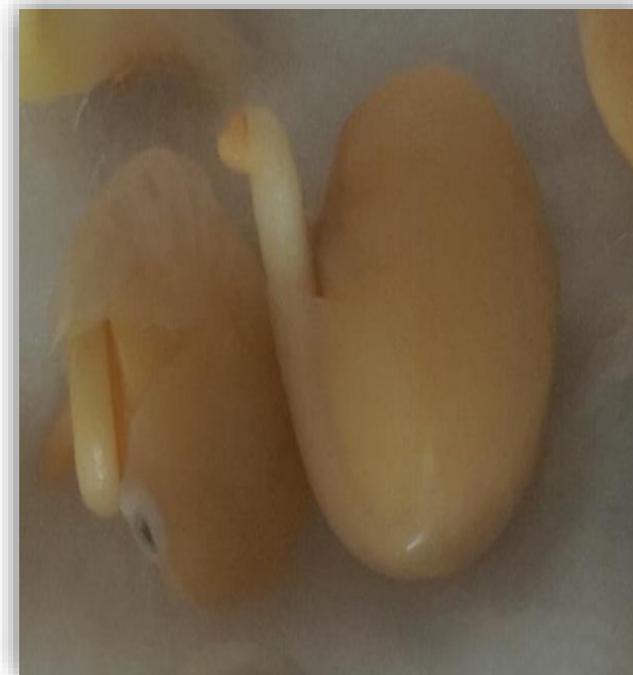


Figura 10 Semillas de tarwi en fase I y II de germinación

RESULTADOS DEL PODER GERMINATIVO

Tabla 11 — Datos del poder germinativo de las semillas de tarwi

CANTIDAD DE SEMILLAS A GERMINAR	DÍAS DE TRATAMIENTO	SEMILLAS GERMINADAS	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN
100	4	93	95
100	4	95	95
100	4	96	96
100	5	93	96
100	5	95	98
100	5	95	98



Figura 11 Inóculo de enzimas a la solución atemperada a 45°C

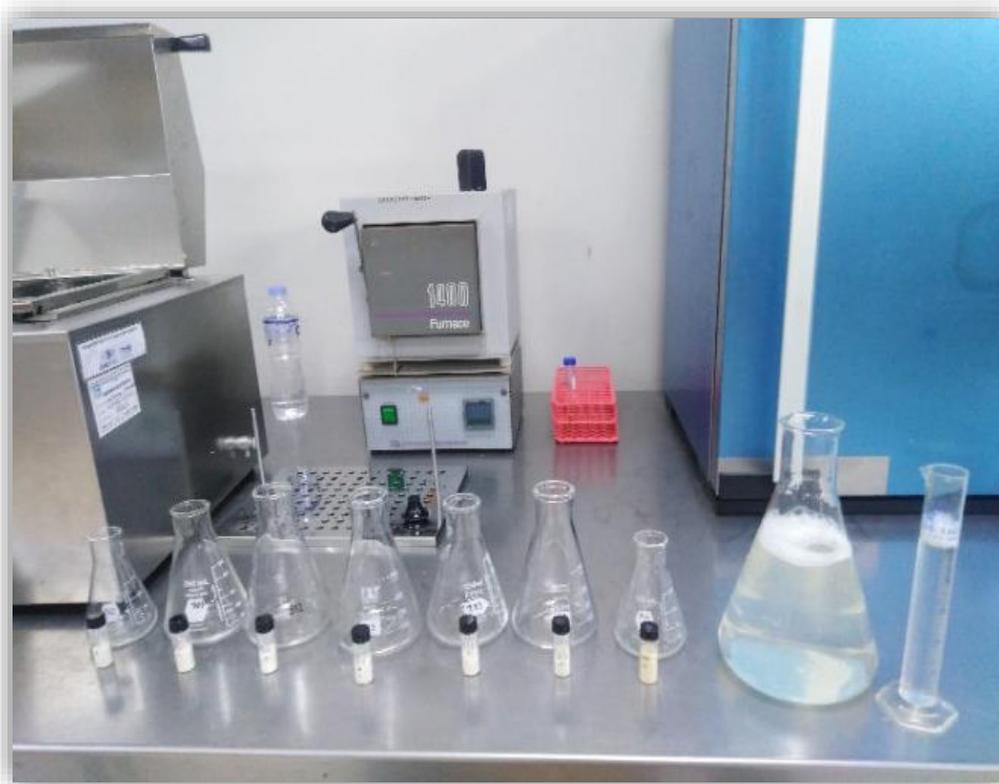


Figura 12 Fracción de la solución y muestras desgrasadas para cada matraz



Figura 13 Acondicionamiento de soluciones para baño maría



Figura 14 Muestras en baño maría con agitación constante



Figura 15 Filtración de las muestras desgrasadas de las semillas de tarwi germinadas



Figura 16 Secado muestras de digestibilidad

ANEXO III RESULTADOS DE LABORATORIOS - LENA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN
LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

INFORME DE ENSAYO LENA N° 1114/2019

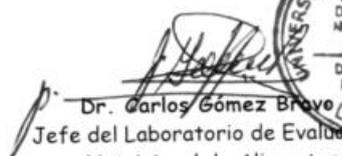
CLIENTE : UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC
NOMBRE DEL PRODUCTO : 12 muestras de tarwi germinado
(Denominación responsabilidad del cliente)
MUESTRA : PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN : 11-11-2019
FECHA DE ANÁLISIS : Del 11/11/19 al 11/12/19
CANTIDAD DE MUESTRA : Indicado en tabla
PRESENTACION : 12 muestras en frascos de plástico
IDENTIFICACION : AQ19-1114/01-12

ELN² = EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO

Métodos utilizados:

- a.- Humedad: AOAC (2005), 950.46
- b.- Proteína total: AOAC (2005), 984.13
- c.- Grasa: AOAC (2005), 2003.05
- d.- Fibra cruda: AOAC (2005), 962.09
- e.- Ceniza: AOAC (2005), 942.05

Atentamente,


Dr. Carlos Gómez Bravo
Jefe del Laboratorio de Evaluación
Nutricional de Alimentos



La Molina, 12 de Diciembre del 2019

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830

Tabla 12 — Resultados de análisis químico de la harina a partir de las semillas de tarwi germinada (I)



INFORME DE ENSAYO LENA N° 1114/2019

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

CÓDIGO	AQ19-1114/01	AQ19-1114/02	AQ19-1114/03	AQ19-1114/04	AQ19-1114/05	AQ19-1114/06
MUESTRA	R:211-EAPIA	R:113-EAPIA	R:111-EAPIA	R:312-EAPIA	R:412-EAPIA	R:213-EAPIA
PESO (gramos)	25	21	20	26	24	22
a.- HUMEDAD, %	7.66	7.49	7.49	7.91	7.89	7.28
b.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	47.54	45.98	46.52	47.08	45.96	45.20
c.- GRASA, %	19.96	20.13	19.84	20.82	20.56	19.43
d.- FIBRA CRUDA, %	7.93	8.66	8.64	7.65	9.28	9.91
e.- CENIZA, %	2.78	2.71	2.67	2.05	2.20	2.70
f.- ELN ¹ , %	14.13	15.03	14.84	14.49	14.11	15.48

[Handwritten signature]

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830

Tabla 13 — Resultados de análisis químico de la harina a partir de las semillas de tarwi germinada (II)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
 FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION
 LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

“Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad”

INFORME DE ENSAYO LENA N° 1114/2019

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

CÓDIGO	AQ19-1114/07	AQ19-1114/08	AQ19-1114/09	AQ19-1114/10	AQ19-1114/11	AQ19-1114/12
MUESTRA	R:413-EAPIA	R:313-EAPIA	R:311-EAPIA	R:112-EAPIA	R:411-EAPIA	R:212-EAPIA
PESO (gramos)	23	23	24	20	24	24
a.- HUMEDAD, %	7.95	7.74	7.67	7.20	7.62	7.26
b.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	46.49	46.51	45.61	45.43	45.44	45.46
c.- GRASA, %	20.60	20.36	20.64	19.35	20.88	19.54
d.- FIBRA CRUDA, %	9.59	8.69	7.26	8.07	8.16	8.16
e.- CENIZA, %	2.24	2.24	2.26	2.77	2.25	2.78
f.- ELN ¹ , %	13.13	14.46	15.66	17.18	15.65	16.80

[Handwritten signature]

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
 Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

“Año de la Universalización de la Salud”

INFORME DE ENSAYO LENA N° 1003/2020

CLIENTE : **UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC**
NOMBRE DEL PRODUCTO : 17 muestras de semillas de tarwi germinado
(Denominación responsabilidad del cliente)
MUESTRA : PROPORCIONADA POR EL CLIENTE
FECHA DE RECEPCIÓN : 08-10-2020
FECHA DE ANÁLISIS : Del 08/10/20 al 04/11/20
IDENTIFICACION : AQ20-1003/01-17

ELN¹ = EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO

Métodos utilizados:

- a.- Humedad: AOAC (2005), 950.46
- b.- Proteína total: AOAC (2005), 984.13
- c.- Grasa: AOAC (2005), 2003.05
- d.- Fibra cruda: AOAC (2005), 962.09
- e.- Ceniza: AOAC (2005), 942.05

Atentamente,

Dr. Carlos Gómez Bravo
Jefe del Laboratorio de Evaluación
Nutricional de Alimentos



La Molina, 04 de Noviembre del 2020



Tabla 14 — Resultados de la proteína total de la harina a partir de las semillas de tarwi germinada (I)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS



“Año de la Universalización de la Salud”

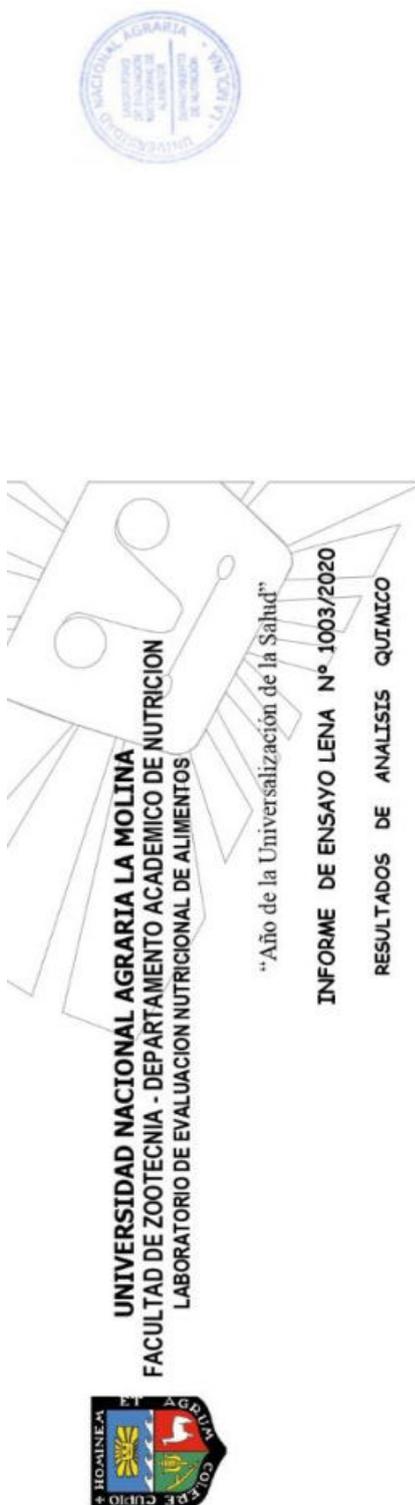
INFORME DE ENSAYO LENA N° 1003/2020
RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO



CÓDIGO MUESTRA	AQ20-1003/01			AQ20-1003/02			AQ20-1003/03			AQ20-1003/04		
	MB/B			413 EAPIA			412 EAPIA			313 EAPIA		
	R1	R2	R3	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	
PESO (gramos)	2			0.9			1			1		
REPETICION	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
a.- HUMEDAD, %												
b.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	45.29	45.48	46.02	49.21	49.31	48.68	48.50	50.64	50.64	50.64	50.64	
c.- GRASA, %	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
d.- FIBRA CRUDA, %	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
e.- CENIZA, %	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
f.- ELN ¹ , %	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
 Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830

Tabla 15 — Resultados de la proteína total de la harina a partir de las semillas de tarwi germinada (II)



CÓDIGO	AQ20-1003/05		AQ20-1003/06		AQ20-1003/07		AQ20-1003/08	
	211 EAPIA		311 EAPIA		111 EAPIA		MP EAPIA	
MUESTRA	2		1		1		0.8	
PESO (gramos)	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
REPETICION	X	X	X	X	X	X	X	X
a.- HUMEDAD, %								
b.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	49.67	49.35	50.10	49.75	47.74	47.44	45.06	45.43
c.- GRASA, %	X	X	X	X	X	X	X	X
d.- FIBRA CRUDA, %	X	X	X	X	X	X	X	X
e.- CENIZA, %	X	X	X	X	X	X	X	X
f.- ELN ¹ , %	X	X	X	X	X	X	X	X

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830

Tabla 16 — Resultados de la proteína total de la harina a partir de las semillas de tarwi germinada (III)



“Año de la Universalización de la Salud”
INFORME DE ENSAYO LENA N° 1003/2020

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

CÓDIGO	AQ20-1003/09		AQ20-1003/10		AQ20-1003/11		AQ20-1003/12	
	112 EAPIA		312 EAPIA		411 EAPIA		113 EAPIA	
MUESTRA	0.9		1		0.9		0.9	
PESO (gramos)	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
REPETICION	X	X	X	X	X	X	X	X
a.- HUMEDAD, %	X	X	X	X	X	X	X	X
b.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	48.78	48.66	51.00	50.75	49.39	49.55	48.11	48.48
c.- GRASA, %	X	X	X	X	X	X	X	X
d.- FIBRA CRUDA, %	X	X	X	X	X	X	X	X
e.- CENIZA, %	X	X	X	X	X	X	X	X
f.- ELN ⁱ , %	X	X	X	X	X	X	X	X

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
 Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830

Tabla 17 — Resultados de la proteína total de la harina a partir de las semillas de tarwi germinada (IV)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS



“Año de la Universalización de la Salud”
INFORME DE ENSAYO LENA N° 1003/2020
RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO



CÓDIGO MUESTRA	AQ20-1003/13 212 EAPIA		AQ20-1003/14 213 EAPIA		AQ20-1003/15 01-MP EAPIA		AQ20-1003/16 02-MP EAPIA	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
PESO (gramos)	1		1		38		18	
REPETICION	X	X	X	X	X	X	X	X
a.- HUMEDAD, %								
b.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	49.55	49.87	51.15	50.81	38.91	38.86	40.12	39.75
c.- GRASA, %	X	X	X	X	16.80	16.63	17.38	17.35
d.- FIBRA CRUDA, %	X	X	X	X	5.99	5.85	4.91	5.15
e.- CENIZA, %	X	X	X	X	3.37	3.34	3.39	3.36
f.- ELN ¹ , %	X	X	X	X	25.81	26.22	25.22	25.32

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
 Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830

Tabla 18 — Resultados de la proteína total de la harina a partir de las semillas de tarwi germinada (V)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

“Año de la Universalización de la Salud”

INFORME DE ENSAYO LENA N° 1003/2020

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO



CÓDIGO	AQ20-1003/17
MUESTRA	03-MP EAPIA
PESO (gramos)	3
REPETICION	R1 R2
a.- HUMEDAD, %	9.53 9.27
b.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	39.78 39.78
c.- GRASA, %	17.40 17.65
d.- FIBRA CRUDA, %	4.50 4.97
e.- CENIZA, %	3.36 3.32
f.- ELN ⁱ , %	25.43 25.01

Av. La Molina s/n Lima 12. E-mail: lena@lamolina.edu.pe
 Teléfonos: 614-7800 Anexo: 266 / Directo 348-0830

ANEXO IV FICHAS DE ANALISIS SENSORIAL - ACEPTABILIDAD

Fecha: -----

Frente a ustedes se presenta 4 muestras de tarwi germinado, por favor pruebe cada una de ellas en el orden indicado. Asigne el valor 1 a la que tenga sabor amargo, el 2 cuando sea sabor característico, el 3 al que tiene sabor característico ligeramente a nuez y 4 sabor a nuez. Evite asignar el mismo rango a dos muestras.

Código	Rango significado								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Amargo (alcaloide)</td> <td style="width: 25%;">Característico (poco alcaloide)</td> <td style="width: 25%;">Ligeramente a nuez (escaso alcaloide)</td> <td style="width: 25%;">Nuez</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> </table>	Amargo (alcaloide)	Característico (poco alcaloide)	Ligeramente a nuez (escaso alcaloide)	Nuez	1	2	3	4
Amargo (alcaloide)	Característico (poco alcaloide)	Ligeramente a nuez (escaso alcaloide)	Nuez						
1	2	3	4						
-----	-----								
-----	-----								
-----	-----								
-----	-----								
Observaciones:									

Así mismo asigne el valor 1 a la que tenga la textura granulosos; el 2 cuando la textura masticable, el 3 al que tiene una textura suave y 4 a la textura extra suave. Evite asignar el mismo rango a dos muestras

Código	Rango significado								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Granulosos</td> <td style="width: 25%;">Masticable</td> <td style="width: 25%;">Fácil de masticar</td> <td style="width: 25%;">Suave</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> </table>	Granulosos	Masticable	Fácil de masticar	Suave	1	2	3	4
Granulosos	Masticable	Fácil de masticar	Suave						
1	2	3	4						
-----	-----								
-----	-----								
-----	-----								
-----	-----								
Observaciones:									

A continuación, asigne el valor 1 si la apariencia le parece Blanco, 2 si es una apariencia blanca hueso, el 3 si es beige y 4 color crema. Evite asignar el mismo rango a dos muestras

Código	Rango significado								
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Blanco</td> <td style="width: 25%;">Blanco hueso</td> <td style="width: 25%;">Beige</td> <td style="width: 25%;">Crema</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> </tr> </table>	Blanco	Blanco hueso	Beige	Crema	1	2	3	4
Blanco	Blanco hueso	Beige	Crema						
1	2	3	4						
-----	-----								
-----	-----								
-----	-----								
-----	-----								
Observaciones:									



**ANEXO V RESULTADOS DEL
ANÁLISIS TECNO-FUNCIONAL**

Tabla 19 — Datos de análisis proximal de la harina de tarwi germinado.

Tratamiento	N°	PESO (gramos)	HUME DAD %	PROTEIN A TOTAL (Nx6.25), %	GRASA %	FIBRA CRUD A %	CENIZA %	ELN %
0	MP	18	9,11	38,885	16,715	5,92	3,355	26,015
0	MP	38	9,025	39,935	17,365	5,03	3,375	25,27
0	MP	3	9,4	39,78	17,525	4,735	3,34	25,22
1	T1	20	7,49	46,52	19,84	8,64	2,67	14,84
1	T1	21	7,49	45,98	20,13	8,66	2,71	15,03
1	T1	26	7,91	47,08	20,82	7,65	2,05	14,49
2	T2	24	7,26	45,46	19,54	8,16	2,78	16,8
2	T2	24	7,67	45,61	20,64	7,26	2,26	15,66
2	T2	24	7,62	45,44	20,88	8,16	2,25	15,65
3	T3	20	7,2	45,43	19,35	8,07	2,77	17,18
3	T3	25	7,66	47,54	19,96	7,93	2,78	14,13
3	T3	22	7,28	45,2	19,43	9,91	2,7	15,48
4	T4	24	7,89	45,96	20,56	9,28	2,2	14,11
4	T4	23	7,95	46,49	20,6	9,59	2,24	13,13
4	T4	23	7,74	46,51	20,36	8,69	2,24	14,46

Tabla 20 — Datos del análisis tecno-funcional de la harina de tarwi germinado realizadas en los laboratorios de operaciones unitarias de la UNAMBA

Muestras	SOLUBILIDAD EN AGUA ((m2/m1)*100)	CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO ((Vf-Vi)/m)	CAA=(m2-m1)/m1	CAH2O=(m2-m1)/m1
MP	28.29	2,458	3.48	2,917
MP	29.93	2,78	3.48	2,917
MP	28.43	3,156	3.48	2,917
T1	22.79	5,894	3.68	3,406
T1	22.84	4,208	2.05	2,476
T1	17.99	5,56	2.94	3,063
T2	13.52	5,268	2.84	2,958
T2	11.21	4,032	2.89	3,556
T2	11.97	5,085	3.16	3,483
T3	14.51	5,888	3.10	2,935
T3	15.46	5,766	2.64	3,095
T3	16.50	4,94	2.70	2,321
T4	9.35	5,168	2.50	3,639
T4	10.82	5,408	2.18	3,802
T4	10.02	5,263	2.32	2,908

Tabla 21 — Aceptabilidad de los germinados de tarwi en diferentes condiciones a través del análisis sensorial de ordenación

Sabor					
JUECES	Semillas germinadas de tarwi sin brotes (4días)	Semillas germinadas de tarwi sin brotes (5 días)	Semillas germinadas de tarwi con brotes (4 días)	Semillas germinadas de tarwi con brotes (5 días)	total
1,00	1	2	3	4	10
2,00	1	3	2	4	10
3,00	1	3	2	4	10
4,00	1	4	2	3	10
5,00	1	3	2	4	10
6,00	1	3	2	4	10
7,00	1	4	2	3	10
8,00	2	4	1	3	10
9,00	2	4	1	3	10
10,00	2	4	1	3	10
R	13	34	18	35	100
Media	1.3	3.4	1.8	3.5	2.5

textura					
JUECES	Semillas germinadas de tarwi sin brotes (4días)	Semillas germinadas de tarwi sin brotes (5 días)	Semillas germinadas de tarwi con brotes (4 días)	Semillas germinadas de tarwi con brotes (5 días)	total
1,00	3	2	4	1	10
2,00	2	4	1	3	10
3,00	1	4	2	3	10
4,00	4	2	3	1	10
5,00	4	2	3	1	10
6,00	3	1	2	4	10
7,00	3	1	2	4	10
8,00	1	4	2	4	11
9,00	1	3	2	4	10
10,00	1	3	4	2	10
R	23	26	25	27	101
Media	2.3	2.6	2.5	2.7	2.525

Apariencia					
	Semillas germinadas de tarwi sin brotes (4días)	Semillas germinadas de tarwi sin brotes (5 días)	Semillas germinadas de tarwi con brotes (4 días)	Semillas germinadas de tarwi con brotes (5 días)	total
JUECES					
1,00	3	2	1	4	10
2,00	2	4	3	1	10
3,00	4	1	2	3	10
4,00	3	2	4	1	10
5,00	1	3	2	4	10
6,00	3	4	2	1	10
7,00	1	4	2	3	10
8,00	4	3	1	2	10
9,00	3	4	1	2	10
10,00	2	4	1	3	10
R	26	31	19	24	100
Media	2.6	3.1	1.9	2.4	2.5

Tabla 22 — Aplicación de la prueba Friedman para la prueba de ordenación en muestras de tarwi germinado.

Prueba de Friedman - Rangos	
	Rango promedio
Tratamientos	2.55
Nivel de aceptabilidad del sabor	2.45
Nivel de aceptabilidad de la textura	2.51
Nivel de aceptabilidad de apariencia	2.49

Estadísticos de contraste ^a	
N	40
Chi – cuadrado	0.162
gl	3
Sig. asintó.	0.983
a. Prueba de Friedman	

Aplicación de la prueba de comparación múltiple

$$DMS = Q \sqrt{\frac{jt(t+1)}{12}}$$

Donde:

Q = valor de las tablas en función del nivel de error α y número de muestras t, $\alpha=5\%$

