



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

“Evaluación del Efecto de la Temperatura y el Tiempo en el Proceso de Germinación de Arroz Integral (*Oryza Sativa*) de las Variedades INIAP-16 e INIAP-17 sobre la Composición Proximal, Fibra Dietaria y Características Organolépticas”

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERAS DE ALIMENTOS

Presentada por:

Doris Pamela Páez Pazmiño

Fanny Carlota Goya Pita

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme mis padres hermanos esposo e hijos, llenar mi vida con bendiciones y ser mi guía para llevar una vida de bien y ser quien soy.

A mis padres por su lucha constante para sacarnos adelante, por haberme dado siempre toda su ayuda a pesar de mis errores, a mis hermanos por ser ejemplo y un gran apoyo en mi desarrollo.

A mi Esposo por ser un ejemplo y ayuda con su amor, confianza y paciencia siempre me animo a no rendirme y culminar este trabajo. A mis hijos por su amor y aguantar el sacrificio impuesto para lograr culminar mi carrera.

A Fanny mi compañera y amiga
quien no me dejó rendirme y me
ayudó en cada momento.

A nuestro Director MSC. Patricio
Cáceres por su ayuda y confianza
para el desarrollo de este trabajo

Pamela Páez Pazmiño

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su amor y guía incondicional durante toda mi carrera universitaria y porque me ha permitido llegar a este momento tan importante de mi formación profesional.

Agradezco a mis padres, hermanos y cuñadas por ser el mayor ejemplo de constancia, por depositar en mí su confianza y brindarme su apoyo al darme la oportunidad de tener una excelente educación gracias al esfuerzo que hacen todos los días.

Agradezco a mis tías por su ayuda incondicional brindada durante este tiempo de formación profesional.

Agradezco a mi abuelita por los valores inculcados y cada uno de sus consejos compartidos que ahora son parte de mi vida.

Agradezco a mi novio por ser un pilar muy fundamental en los buenos y malos momentos y sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

Agradezco a Pamela mi compañera de tesis y amiga por su paciencia y motivación cuando lo creímos todo perdido y gracias a su familia por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta tesis.

Agradezco a cada uno de los profesores que formaron parte de este proceso de formación profesional en especial al Ing. Patricio C. por compartir sus conocimientos y dedicarnos su tiempo para la culminación de esta tesis.

Fanny

DEDICATORIA

A Dios y cada una de las personas que fueron parte y ayuda de este trabajo, principalmente a mi familia parte fundamental de mi vida, mis padres, Eduardo y Enma por estar siempre a mi lado, mis hermanos Verónica, Diego, Jackeline, y Junior por ser un gran apoyo.

Mi Esposo Edwin Udeos por su amor y siempre estar a mi lado, mis hijos Melanie y Eduardito porque son mi motor para salir adelante y culminar mis metas.

Los amo y esto es por ustedes.

Pamela Páez Pazmiño

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por permitirme alcanzar esta meta, a mis padres y hermanos por su amor, apoyo incondicional y motivación para culminar esta etapa de mi vida.

A mis tías y abuelita quienes han estado al pendiente de mí, durante este proceso de formación profesional.

Fanny

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

M.Sc. Patricio Cáceres C.
DIRECTOR DEL TFS

M.Sc. Natasha Coello G.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Doris Pamela Páez Pazmiño

Fanny Carlota Goya Pita

RESUMEN

El arroz integral es una fuente de grandes beneficios nutricionales, siendo este bajo en grasa, alto en fibra y otros componentes nutritivos. Se han desarrollado varios estudios sobre la mejora nutricional del arroz integral al germinarlo.

Se conoce que el proceso de germinación de toda semilla produce una intensa actividad metabólica, en la cual se lleva a cabo varias reacciones enzimáticas dando lugar a la activación de los nutrientes necesarios para que brote la planta.

En el caso del arroz integral germinado varios estudios indican que durante la germinación de este aumentan los nutrientes que están disponibles en cantidades pequeñas en el arroz no germinado, como el calcio, fibra dietaria, inositol y el ácido gamma-aminobutírico (GABA).

La germinación también ayuda en la absorción de los nutrientes ya que estos se convierten en compuestos más simples. El ácido fítico es un compuesto que se encuentra en el arroz el cual afecta a la absorción de los nutrientes de los alimentos, durante la germinación este ácido se neutraliza permitiendo que los nutrientes tengan mayor absorción en el cuerpo.

El presente trabajo se desarrolló con la finalidad de determinar la influencia del tiempo y temperatura sobre el cambio en la composición de proteínas, grasa, ceniza y fibra dietaria durante la germinación del arroz integral, utilizando dos variedades de arroz del Ecuador, adicional se midió la aceptación del consumidor frente a este producto mediante una evaluación sensorial.

Durante el desarrollo de este estudio se consideró tiempos de germinación del arroz integral desde el día 0 al día 4 a diferentes temperaturas (26°C y 32°C), evaluando el cambio en la composición proximal, fibra dietaria y características organolépticas.

El proceso de germinación se realizó inicialmente con un pre-tratamiento, que comprendió en la desinfección de las semillas y la hidratación o remojo durante 24 horas, después de este tiempo empezó el proceso de germinación a las diferentes temperaturas durante tres días, en estas etapas se tomaron diferentes muestras para analizar su composición proximal y fibra dietaria. Las variables de respuesta que se evaluaron a las muestras son ceniza, grasa, humedad, proteína y fibra dietaria.

Mediante un análisis estadístico se determinó que existen diferencias significativas entre las etapas evaluadas. Con la prueba de múltiples rangos

se pudo evidenciar que la variedad INIAP-17 presenta un mayor aumento en la fibra dietaria.

Para evaluar las características organolépticas se desarrolló un análisis sensorial mediante pruebas afectivas de medición del grado de satisfacción, trabajando con la variedad INIAP-17 que presentó tener mayor cantidad de fibra dietaria. Se evaluó dos muestras, arroz integral y la muestra de arroz integral germinado a 32°C por 48 horas, dando como resultado que existe diferencia significativa en cada uno de los atributos evaluados de las muestras, mostrando mayor elección por el arroz integral.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	v
ABREVIATURAS.....	viii
SIMBOLOGÍA.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	3
1.1 Arroz Descascarado Integral.....	3
1.2 Germinación.....	5
1.3 Arroz Germinado.....	16
1.4 Variedades de arroz (INIAP-16 e INIAP-17).....	20
CAPÍTULO 2	
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
2.1 Diseño Experimental.....	28
2.1.1 Definición de variables de respuesta.....	28
2.1.2 Definición de los factores estudio respuesta.....	32

2.1.3	Desarrollo del proceso de Germinación.....	33
2.2	Pruebas Bromatológicas.....	35
2.3	Pruebas sensoriales.....	56

CAPITULO 3

3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	58
3.1	Resultados de los análisis de la composición proximal y Fibra Dietaría de las muestras tomadas en el proceso de germinación del arroz descascarado integral.....	58
3.1.1	Cenizas.....	59
3.1.2	Grasa.....	61
3.1.3	Humedad.....	62
3.1.4	Proteína.....	63
3.1.5	Fibra Dietaria.....	65
3.2	Análisis estadístico en los Resultados de los análisis de la composición proximal y Fibra Dietaría de las muestras tomadas en el proceso de germinación del arroz descascarado integral.....	66
3.3	Resultados de pruebas sensoriales.....	73
3.4	Análisis de los resultados de las Pruebas sensoriales.....	75

CAPITULO 4

4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
-----------	--	-----------

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

LAC	América Latina y el Caribe
GABA	Ácido γ -amino butírico
ATP	Adenosin trifosfato
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FD	Fibra dietaria
pH	Potencial de hidrógeno
INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
I-16	INIAP 16
I-17	INIAP 17
D	Diferencia
Ho	Hipótesis nula
Ha	Hipótesis alterna
N	Nitrógeno
ANOVA	Análisis de varianza

SIMBOLOGÍA

n	Número
T	Temperatura
C°	Centígrados
s	Segundo
min.	Minuto
h	Hora
Kg	Kilogramo
g	Gramo
Lb	Libra
µg	Microgramo
mg	Miligramo
mm	Milímetro
cm	Centímetro
Ha	Hectárea
%	Porcentaje
NaOH	Hidróxido de Sodio
O ₂	Oxígeno
CO ₂	Dióxido de Carbono
HCl	Cloruro de Hidrógeno
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
Na ₂ CO ₃	Carbonato de Sodio
N	Normalidad

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Semilla en Germinación. (R.C. Chaudhary; J.S. Nanda y D.V. Tran, 2003) (2)	7
Figura 1.2	Esquema de las Fases de la Imbibición de Agua por una Semilla, Medida Mediante el Incremento en Peso Fresco Durante el Proceso de Germinación (Figura Modificada de Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 1993. "Fisiología y Bioquímica Vegetal". Interamericana/ Mcgraw-Hill.) (2)	9
Figura 1.3	Acontecimientos Metabólicos más Relevantes en el Proceso de la Germinación de los Cereales. (Universidad Politécnica de Valencia) (2).	18
Figura 2.1	Mufla	43
Figura 2.2	Extractor Soxhlet.....	439
Figura 2.3	Termo-Balanza	43
Figura 2.4	Micro- Kjeldahl	45
Figura 3.1	Diagrama de Comparación Múltiple entre Tratamiento de los Valores Medios de Cenizas	68
Figura 3.2	Diagrama de Comparación Múltiple entre Tratamiento de los Valores Medios de Grasa.....	69
Figura 3.3	Diagrama de Comparación Múltiple entre Tratamiento de los Valores Medios de Proteína	71
Figura 3.4	Diagrama de Comparación Múltiple entre Tratamiento de los Valores Medios de Fibra Dietaria	72
Figura 3.5	Diagrama de Medias de los Resultados de Evaluación Sensorial Atributo Olor.....	78
Figura 3.6	Diagrama de Medias de los Resultados de Evaluación Sensorial Atributo Sabor	81
Figura 3.7	Diagrama de Medias de los Resultados de Evaluación Sensorial Atributo Apariencia.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Composición Nutricional del Arroz Integral.....	5
Tabla 2	Características de la Variedad Iniap 11.....	21
Tabla 3	Características de la Variedad Iniap 12.....	22
Tabla 4	Características de la Variedad Iniap 14.....	23
Tabla 5	Características de la Variedad Iniap 15.....	24
Tabla 6	Características de la Variedad Iniap 16.....	25
Tabla 7	Características de la Variedad Iniap 17.....	26
Tabla 8	Características de la Variedad Iniap 18.....	27
Tabla 9	Etapas Previas a la Germinación	33
Tabla 10	Etapas de Germinación.....	34
Tabla 11	Códigos Empleados en Análisis Estadístico.....	59
Tabla 12	Análisis de Humedad	60
Tabla 13	Análisis de Grasa Iniap 16	61
Tabla 14	Análisis de Grasa Iniap 17	62
Tabla 15	Análisis de Proteína Iniap 16.....	62
Tabla 16	Análisis de Proteína Iniap 17.....	63
Tabla 17	Análisis de Ceniza Iniap 16.....	64
Tabla 18	Análisis de Ceniza Iniap 17.....	64
Tabla 19	Análisis de Fibra Dietaria Iniap 16.....	65
Tabla 20	Análisis de Fibra Dietaria Iniap 17.....	66
Tabla 21	Escala Hedónica	73
Tabla 22	Codificación de Muestras.....	74
Tabla 23	Resultados Prueba Sensorial Atributo Olor	77
Tabla 24	Resultados Prueba Sensorial Atributo Sabor	80
Tabla 25	Resultados Prueba Sensorial Atributo Apariencia	83

INTRODUCCIÓN

La germinación es un proceso económico muy efectivo que logra profundas transformaciones en las semillas.

El arroz integral al ser germinado incrementa su valor nutritivo y funcionalidad biológica ya que compuestos como el GABA aumenta notablemente. Sin embargo al igual que el arroz integral, sus germinados son poco consumidos y no hay mayor información que abarquen estudios con variedades ecuatorianas.

Por otra parte, Ecuador ha sido durante los últimos años autosuficiente en la producción de arroz y en varias oportunidades se ha presentado excedentes, lo cual impulsa a investigaciones que permitan aprovechar este recurso dando valor agregado.

Este trabajo se realizó sobre la germinación del arroz integral de las variedades INIAP-16 e INIAP-17 y a través de un diseño experimental se procedió a germinar bajo condiciones de tiempo y temperatura recomendadas por la bibliografía. Además, se detallan los procedimientos y fundamentos de los análisis bromatológicos desarrollados así como el proceso de análisis sensorial aplicado.

Los resultados obtenidos del análisis de la composición proximal, de fibra dietaria y de evaluación sensorial permitieron validar las conclusiones sobre el efecto del tiempo y de la temperatura de germinación sobre la composición del arroz integral ecuatoriano.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Arroz descascarado integral

Antecedentes

El arroz (*Oryza sativa*, L.) es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae de las gramináceas (1) y es uno de los cereales más importantes en la alimentación humana, tanto al nivel mundial como en América Latina y el Caribe (LAC). Se siembran alrededor de 153 millones de hectáreas en el mundo, las cuales producen 608 millones de toneladas métricas de arroz con cáscara (1).

El área y la producción de arroz en América Latina representan aproximadamente el 4% del total mundial (FAO, 2004). Avances muy significativos se alcanzaron en la producción de arroz en LAC

en las tres últimas décadas gracias al desarrollo de variedades mejoradas y utilización de prácticas más modernas de cultivo (1).

El arroz integral se trata de un arroz al que se le ha quitado la cáscara externa, fibrosa y no comestible conocida como cascabillo pero que conserva la mayor parte de la cutícula o salvado que cubre al grano. Se considera que es más natural y que su aporte de fibra, vitaminas y minerales es superior a otros alimentos. De hecho, son propiedades que se pierden si se come arroz refinado, el popular arroz blanco, considerado más astringente que el arroz integral, así se puede decir que éste último tiene un sabor semejante a las nueces.

En la Tabla 1 se muestran el resumen de los principales nutrientes del arroz integral (5).

TABLA 1
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL ARROZ INTEGRAL

Contenido de 100 gramos de parte comestible de arroz integral	
Calorías	350 Kcal
Grasa Total	2.2 g.
Colesterol	0 mg
Carbohidratos Totales	74.1 g.
Proteína	7.25 g.
Fibra Soluble	2.22 g.
Vitamina A	0 ug.
Vitamina C	0 ug.
Vitamina B12	0 ug.
Calcio	21 mg.
Hierro	1.7 mg.
Vitamina B3	6.6 mg.

Fuente: SHARMA SK, MULVANEY SJ, RIZVI SS (2003) (5)

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2013

1.2. Germinación

La germinación es la recuperación de la actividad biológica por parte de la semilla, es decir, el inicio del crecimiento del embrión (Figura 1.1) (2),

Este proceso se lleva a cabo bajo una serie de condiciones necesarias tales como:

- ✓ Sustrato húmedo.
- ✓ Suficiente disponibilidad de oxígeno.
- ✓ Temperatura adecuada.

La fase inicial de la germinación consiste primariamente en la activación de los procesos por aumentos en la humedad y actividad respiratoria de la semilla (2).

La absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de cambios metabólicos que incluye la respiración, síntesis proteica y movilización de reservas. A su vez, la división y el alargamiento celular en el embrión provocan la rotura de las cubiertas seminales, que generalmente se produce por la emergencia de la radícula. Sin embargo, las semillas de muchas especies son incapaces de germinar, aun cuando presentan condiciones favorables para ello, lo cual se debe a que las semillas se encuentran en estado de latencia. Por ello, mientras no se den las condiciones adecuadas para la germinación, la semilla se encontrará en estado latente durante un tiempo variable (2).

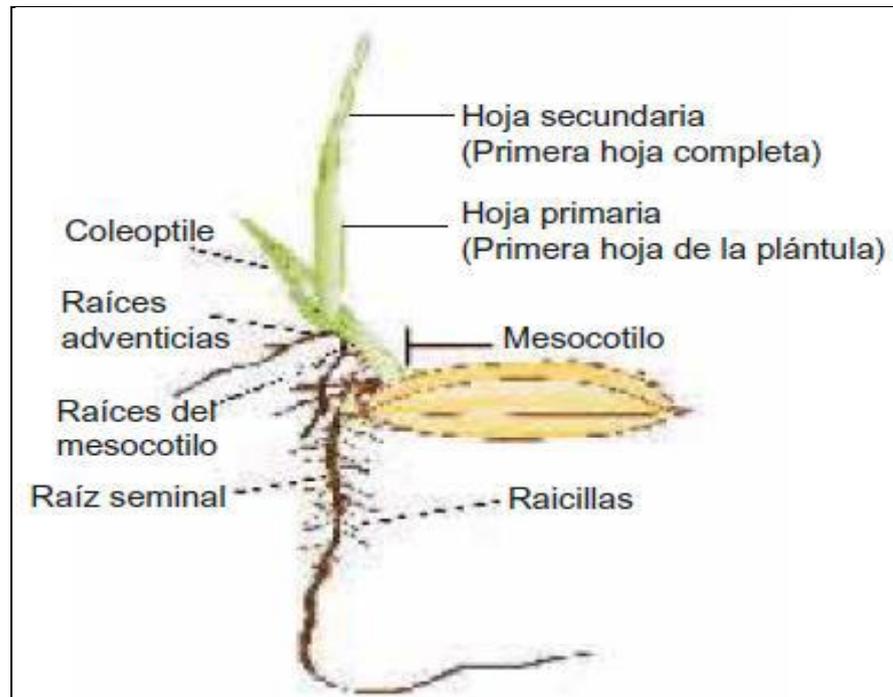


FIGURA 1.1 SEMILLA EN GERMINACIÓN. (R.C. CHAUDHARY; J.S. NANDA Y D.V. TRAN, 2003) (2)

Fases de la germinación

Durante el proceso de germinación se pueden diferenciar tres fases sucesivas (ver gráfico 1.2): la duración de cada una de estas fases depende de ciertas propiedades de las semillas, como su contenido en compuestos hidratables y la permeabilidad de las cubiertas al agua y al oxígeno. Estas fases también están afectadas por las condiciones del medio, como el nivel de humedad, las características y composición del sustrato, la temperatura (3).

Hidratación

La hidratación o absorción de agua en la semilla es el primer paso para la germinación, sin esta fase no se puede llevar a cabo la germinación.

Durante esta fase se produce una intensa absorción de agua (imbibición) por parte de los distintos tejidos que forman la semilla, causando su hinchamiento. Dicho incremento va acompañado de un aumento proporcional en la actividad respiratoria. Esta fase se produce tanto en semillas vivas y muertas y, por tanto, es independiente de la actividad metabólica de la semilla (3).

Germinación

En esta fase la absorción de agua se reduce considerablemente, llegando incluso a detenerse. Adicional a esto se lleva a cabo las transformaciones metabólicas e inicio de la actividad enzimática necesarias para el completo desarrollo de la plántula.

Esta fase constituye un período de metabolismo activo previo a la germinación en las semillas (2).

Crecimiento

Es la última fase de la germinación y se asocia con el crecimiento y división celular que provoca la emergencia de la radícula (cambio

morfológico visible) y posteriormente de la plúmula. Esta fase se caracteriza porque la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad respiratoria.

Esta fase se produce sólo en las semillas que germinan y obviamente se asocia a una fuerte actividad metabólica que comprende el inicio del crecimiento de la plántula y la movilización de las reservas. (2)

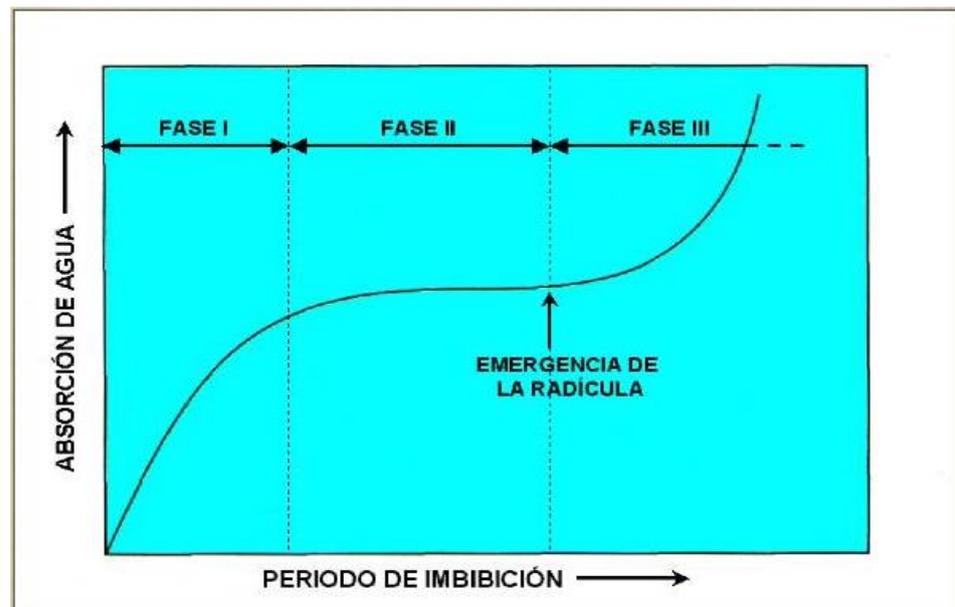


FIGURA 1.2 ESQUEMA DE LAS FASES DE LA IMBIBICIÓN DE AGUA POR UNA SEMILLA, MEDIDA MEDIANTE EL INCREMENTO EN PESO FRESCO DURANTE EL PROCESO DE GERMINACIÓN (FIGURA MODIFICADA DE AZCÓN-BIETO, J. Y TALÓN, M. 1993. "FISIOLOGÍA Y BIOQUÍMICA VEGETAL". INTERAMERICADA/ MCGRAW-HILL.) (2)

En las dos primeras fases de la germinación los procesos son reversibles, a partir de la fase de crecimiento se entra en una situación fisiológica irreversible. La semilla que haya superado la fase de germinación tendrá que pasar a la fase de crecimiento.

Condiciones de germinación

- ✓ La semilla debe ser viable.
- ✓ Las condiciones ambientales para la semilla deben ser favorables: agua, temperatura, oxígeno y luz.
- ✓ Las condiciones de la semilla deben ser favorables para la germinación (libre de dormancia).
- ✓ Las condiciones de sanidad deben ser satisfactorias (ausencia de agentes patógenos).

Factores que afectan la germinación

Los factores que afectan al proceso de germinación se dividen en dos tipos, los cuales son detallados a continuación (4):

Internos: estos factores son propios de la semilla los cuales se detalla a continuación:

Madurez de la semilla: esto ocurre cuando la semilla ha alcanzado su completo desarrollo tanto desde el punto de vista morfológico como fisiológico. La madurez morfológica se consigue cuando las distintas estructuras de las semillas se han completado, dándose por finalizada cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo. Aunque la semilla sea morfológicamente madura, muchas de ellas pueden seguir siendo incapaces de germinar, porque necesitan experimentar aún una serie de transformaciones fisiológicas. La madurez fisiológica se alcanza al mismo tiempo que la morfológica, como en la mayoría de las especies cultivadas; o bien puede haber una diferencia de semanas, meses y hasta años entre ambas (4).

Viabilidad de la semilla: es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Es un período variable y depende del tipo de semilla y las condiciones de almacenamiento. Una semilla puede tener mayor longevidad (tiempo que estas permanecen viables) cuando menos activo sea su metabolismo.

Al conservar las semillas a bajas temperaturas o someter las mismas a un proceso de deshidratación, se obtiene como resultado

un metabolismo mucho más lento permitiendo alargar la vida de la semilla. Sin embargo, una semilla longeva origina una serie de productos tóxicos, que al acumularse produce efectos letales para el embrión. Para alargar más tiempo la vida de una semilla, ésta debe conservarse en las siguientes condiciones: mantenerla seca, dentro de unos límites; temperaturas bajas y, reducir al mínimo la presencia de oxígeno en el medio de conservación (4).

Externos: entre los factores ambientales más importantes que inciden en el proceso de germinación se destacan:

Humedad: la absorción de agua es el primer paso y el más importante durante la germinación. La entrada de agua en el interior de la semilla se debe a una diferencia de potencial hídrico entre la semilla y el medio que le rodea, teniendo mayor potencial hídrico este último. Por ello, hasta que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal, siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico. Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de las semillas, un exceso de ella actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión (4).

Temperatura: es un factor decisivo en el proceso de germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la hidratación.

El proceso de germinación, como todos los procesos fisiológicos, está afectado por la temperatura. Para cada clase de semillas existe una temperatura mínima y una máxima en la que ocurre la germinación. Además, dentro del rango temperatura mínima-máxima, existe un punto en el que se obtiene máxima germinación y ésta ocurre más rápidamente; este punto corresponde a la temperatura óptima. Estas temperaturas se conocen como las temperaturas cardinales de germinación (4).

Temperatura mínima: por debajo de esta temperatura los procesos de germinación no se pueden detectar visualmente, dentro de un período razonable de tiempo. Bajas temperaturas pero por encima del punto de congelación no son letales a las semillas (4).

Temperatura máxima: es la temperatura por encima de la cual los mecanismos de germinación no operan y por lo tanto no se da crecimiento del embrión. En contraste con la temperatura mínima,

la máxima es fácil de determinar ya que temperaturas superiores a la máxima causan daños irreversibles a las semillas (excepción a esta regla son las semillas que entran en latencia a altas temperaturas) (4).

Temperatura óptima: esta se puede definir como la temperatura a la cual se da el porcentaje máximo de germinación en un mínimo de tiempo.

Si representamos el rango de temperaturas en que ocurre germinación como línea se pueden hacer varias observaciones:

En el rango temperatura mínima-óptima los porcentajes de germinación no son sustancialmente diferentes (siempre que el factor tiempo no sea limitante), pero la germinación ocurre más rápidamente conforme nos desplazamos hacia la temperatura óptima.

Considerando el segmento temperatura óptima-máxima, los porcentajes de germinación tienden a disminuir conforme nos desplazamos hacia la temperatura máxima; en algunas especies puede ocurrir que a temperaturas superiores a la óptima las

semillas que sí germinan lo hagan más rápidamente que a la temperatura óptima. Sin embargo, la velocidad de germinación también disminuye en las cercanías de la máxima.

La alternancia de las temperaturas entre el día y la noche actúan positivamente sobre las etapas de la germinación (4).

Gases: La mayor parte de las semillas requieren para su germinación una adecuada disponibilidad de O_2 y CO_2 . Las semillas germinan bien en atmósfera normal con 21% de O_2 y un 0.03% de CO_2 . Para que la germinación tenga éxito, el O_2 disuelto en el agua de imbibición debe poder llegar hasta el embrión. A veces, algunos elementos presentes en la cubierta seminal, como los compuestos fenólicos, capas de mucílago, macroesclereidas, etc. pueden obstaculizar la germinación de la semilla, porque reducen la difusión del O_2 desde el exterior hacia el embrión.

La cantidad de O_2 que llega al embrión disminuye a medida que aumenta disponibilidad de agua en la semilla.

La temperatura modifica la solubilidad del O_2 en el agua que absorbe la semilla, siendo menor la solubilidad a medida que aumenta la temperatura (4).

1.3 Arroz Germinado

En granos de cereales germinados, como se mencionó anteriormente, enzimas hidrolíticas son activadas y éstas descomponen el almidón, polisacáridos sin almidón y proteínas, que conduce a un incremento en oligosacáridos y aminoácidos. La descomposición de los polímeros de alto peso molecular durante la germinación conduce a la generación de sustancias bio-funcionales y la mejora de las cualidades organolépticas debido al ablandamiento de la textura y el aumento en el sabor (3).

Arroz integral germinado ofrece considerables beneficios, que incluyen un incremento en γ -ácido aminobutírico (GABA), fibra dietética, inositoles, ácido felúrico, tocotrienoles, magnesio, potasio, zinc, γ -oryzanol, e inhibidor prolilendopeptidasa. Además, la germinación de arroz integral libera sus minerales ligados, haciéndolos más absorbibles por el cuerpo y al arroz más sabroso (3).

Acontecimientos metabólicos más relevantes en el proceso de germinación del arroz (Figura 1.3) (2):

- ✓ El embrión re-hidratado libera giberelinas, que se difunden hacia el endospermo a través del escutelo.

- ✓ Las giberelinas liberadas en el endospermo, al llegar a las células de la capa de aleurona, inducen la producción de enzimas hidrolíticas.

- ✓ Entre las enzimas hidrolíticas sintetizadas se encuentran las amilasas, que se difunden hacia el endospermo para hidrolizar los granos de almidón a glucosa.

- ✓ Las moléculas de glucosa liberadas son utilizadas por el embrión como fuente de energía (ATP), las cuales llegan hasta el mismo por difusión.

- ✓ Las otras enzimas hidrolíticas sintetizadas degradan las restantes reservas: proteínas, lípidos, y ácidos nucleicos. Dichas reservas son hidrolizadas a moléculas más sencillas, es decir, a aminoácidos, ácidos grasos y glicerol, y nucleótidos, respectivamente.

- ✓ Ahora, el embrión ya dispone de las moléculas estructurales y de la energía necesaria para iniciar la síntesis de sus propias moléculas.

- ✓ Finalmente, el embrión, después de diferenciarse y crecer, se convertirá en una joven plántula.

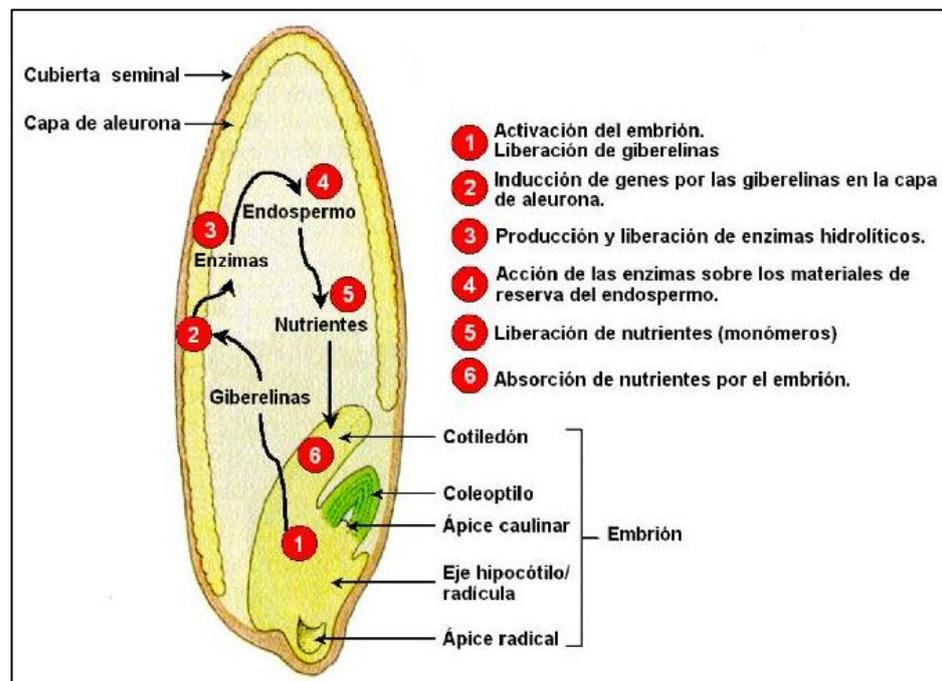


FIGURA 1.3 ACONTECIMIENTOS METABÓLICOS MÁS RELEVANTES EN EL PROCESO DE LA GERMINACIÓN DE LOS CEREALES. (UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA) (2).

Métodos de germinación

A continuación se describen algunos métodos de germinación realizados en otros estudios:

Método 1

- ✓ Descascarillar el arroz en cáscara para obtener arroz integral.
- ✓ Remojar 5 Kg de arroz integral en agua destilada a temperatura ambiente (28-30°C) por 12h.
- ✓ Cambiar el agua de remojo cada 4 h y drenar la misma al final del remojo.
- ✓ Distribuir los granos de arroz remojado en dobles capas de papel filtro y colocarlos en una bandeja plástica.
- ✓ Cubrir con dobles capas de papel filtro la bandeja plástica.
- ✓ Germinar en una cámara de germinación por 24h a 28-30 °C, con una humedad relativa del 90-95%, usando un rociador automático.
- ✓ Secar las semillas germinadas a 50°C hasta aproximadamente 10% de humedad (5).

Método 2

- ✓ Enjuagar completamente los granos de arroz integral en agua desionizada.
- ✓ Remojar los granos en un matraz con 1000 ml de agua desionizada estéril por 24h a 30 °C.
- ✓ Someter los granos a germinar en una incubadora por 48h a 30 °C.

- ✓ Rociar agua por 15 min cada 4 horas, para controlar el contenido de humedad en los granos de arroz hasta que estos comiencen a brotar.
- ✓ Secar el arroz integral germinado en un horno de convección a 40 °C hasta que el contenido de humedad de las muestras alcancen aproximadamente 8 g/100 g (5).

1.4 Variedades de arroz (INIAP-16 e INIAP-17)

El INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias) ha investigado, generado y proporcionado variedades y tecnología para la actividad arrocera de el país, contribuyendo a cambios tecnológicos en el sector. El mejoramiento genético ha sido el principal objetivo, por lo que se han generado muchas variedades de arroz. Entre los factores de selección considerados para la generación de estas variedades destacan la precocidad, resistencia a plagas y enfermedades, mayor rendimiento, calidad molinera y culinaria (7). Entre las variedades generadas tenemos:

INIAP 11: Variedad con buenas características agronómicas, precoz y alto potencial de rendimiento, esta variedad puede lograr

tres cosechas al año con sistema de riego obteniendo las características que se muestran en la tabla 2 (8).

TABLA 2
CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD INIAP 11

CARACTERÍSTICAS	CALIFICACIÓN
Latencia (semanas)	4 a 5
ciclo vegetativo (días)	110-113
Rendimiento (%)	57-100
Altura de la planta (cm)	97-103
Largo del grano (mm)	7.8
Ancho del grano (mm)	2.3
Arroz entero al pilar (%)	62

Fuente: INIAP, 2015 (8)

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

INIAP 12: Variedad de alto rendimiento y muy precoz superando a la variedad INIAP 11, la siembra se recomienda bajo condiciones de riego y seco. Sus características se muestran en la tabla 3 (9).

TABLA 3
CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD INIAP 12

CARACTERÍSTICAS	CALIFICACIÓN
Latencia (semanas)	4 a 5
ciclo vegetativo (días)	110-113
Rendimiento (%)	57-100
Altura de la planta (cm)	97-103
Largo del grano (mm)	7.8
Ancho del grano (mm)	2.3
Arroz entero al pilar (%)	62

Fuente: INIAP, 2015 (9)

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

INIAP 14: Variedad con buena característica agronómica y precoz, se la recomienda para la siembra bajo condiciones de riego y seco. Las características de esta variedad se muestran en la tabla 4 (10).

TABLA 4
CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD INIAP 14

CARACTERÍSTICAS	CALIFICACIÓN
Latencia (semanas)	4 a 5
ciclo vegetativo (días)	110-117
Rendimiento (%)	64-100
Altura de la planta (cm)	99-107
Largo del grano (mm)	7.1
Ancho del grano (mm)	2.19
Arroz entero al pilar (%)	62

Fuente: INIAP, 2015 (10)

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

INIAP 15: Es una variedad precoz obteniendo las características que se muestran en la tabla 5 (9).

TABLA 5
CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD INIAP 15

CARACTERÍSTICAS	CALIFICACIÓN
Latencia (semanas)	4 a 5
ciclo vegetativo (días)	110-117
Rendimiento (%)	64-100
Altura de la planta (cm)	99-107
Largo del grano (mm)	7.1
Ancho del grano (mm)	2.19
Arroz entero al pilar (%)	62

Fuente: INIAP, 2015 (9)

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

INIAP 16: Es una variedad precoz, la siembra se recomienda bajo condiciones de riego y seco obteniendo las características que se detallan en la tabla 6 (11).

TABLA 6
CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD INIAP 16

CARACTERÍSTICAS	CALIFICACIÓN
Latencia (semanas)	7 a 8
ciclo vegetativo (días)	117-140
Rendimiento (%)	50-90
Altura de la planta (cm)	83-117
Largo del grano (mm)	7.7
Ancho del grano (mm)	2.4
Arroz entero al pilar (%)	68

Fuente: INIAP, 2015 (11)

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

Una buena germinación y establecimiento del cultivo lo proporciona el uso de semilla certificada. Para siembra directa y a máquina se debe emplear de 80 a 100 kg /ha, para transplante 45 kg para establecer semilleros que cubrirán la hectárea. El transplante se puede hacer 25 x 25 cm o 30 x 30 cm.

La fertilización debe aplicarse en función de la interpretación del análisis de suelo y las necesidades del cultivo.

INIAP 17: Variedad presenta un ciclo vegetativo depende de la época del cultivo, la siembra se recomienda bajo condiciones de riego presentando las características que se detallan en la tabla 7 (12).

TABLA 7
CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD INIAP 17

CARACTERÍSTICAS	CALIFICACIÓN
Latencia (semanas)	6 a 8
ciclo vegetativo (días)	117-140
Rendimiento (%)	62-100
Altura de la planta (cm)	83-117
Largo del grano (mm)	7.6
Ancho del grano (mm)	2.5
Arroz entero al pilar (%)	62

Fuente: INIAP, 2015 (12)

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

La variedad INIAP 17 por su alto rendimiento, buena calidad culinaria y de molinería es una alternativa para los productores arroceros en el sistema de siembra de riego. Para lograr una buena germinación y establecimiento del cultivo debe usarse semilla

certificada ya que de esta manera se asegura la pureza varietal y evita la introducción de malezas indeseables.

La fertilización debe aplicarse en función de la interpretación del análisis de suelo y las necesidades del cultivo.

INIAP 18: Es una variedad con buen rendimiento, la siembra se recomienda bajo condiciones de riego, obteniendo las características que se muestran en la tabla 8 (13).

TABLA 8
CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD INIAP 18

CARACTERÍSTICAS	CALIFICACIÓN
Latencia (semanas)	6 a 8
ciclo vegetativo (días)	115-127
Rendimiento (%)	64-98
Altura de la planta (cm)	92-119
Largo del grano (mm)	7.6
Ancho del grano (mm)	2.42
Arroz entero al pilar (%)	68

Fuente: INIAP, 2015 (13)

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Diseño Experimental

Para el diseño del experimento se consideró 2 factores importantes en este proceso como son tiempo y temperatura de germinación, para cada variedad (INIAP 16 - INIAP 17)

2.1.1 Definición de variables de respuesta

Las variables de respuesta analizadas en el experimento comprenden el análisis proximal y fibra dietaria de las variedades, en las cuales se detallan los siguientes análisis:

Cenizas

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia

orgánica. Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes.

El valor principal de la determinación de cenizas (y también de las cenizas solubles en agua, la alcalinidad de las cenizas y las cenizas insolubles en ácido) es que supone un método sencillo para determinar la calidad de ciertos alimentos, por ejemplo en las especias y en la gelatina es un inconveniente un alto contenido en cenizas. Las cenizas de los alimentos deberán estar comprendidas entre ciertos valores, lo cual facilitará en parte su identificación.

(17)

Grasa

Las grasas están formadas principalmente por acilglicéridos que se diferencian entre sí por su composición en ácidos grasos. Pueden contener fosfolípidos, ácidos grasos libres ósea aquellos que pueden ser extraídos por disolventes menos polares y algunos lípidos insaponificables, la combinación de estas puede ser extraída usando disolventes más polares. Las uniones de los lípidos pueden ser rotas por medio de hidrólisis o algún tratamiento químico para

producir ácidos libres. Existen diferentes grasas según su nivel de saturación, su composición y la proporción de ácidos grasos, como son las grasas saturadas, que son grasas sólidas y nocivas a la salud si están presentes en exceso en el organismo, y grasas insaturadas, las cuales son líquidas y más livianas en su estructura. Algunas de ellas se convierten en nutrientes importantes para el organismo. Uno de los principales objetivos de la grasa es la conversión de su materia en energía. (15)

Humedad

El contenido de humedad es de gran importancia, todos los alimentos, contienen agua en mayor o menor proporción aun si han sido sometidos a cualquier método de industrialización. Pero su determinación exacta es difícil, en los alimentos naturales el contenido en agua varían entre un 60 y un 95%. En los tejidos vegetales y animales, puede decirse que existe en dos formas generales: “agua libre” y “agua ligada”. El agua libre o absorbida es la que se libera con gran facilidad, la que predomina y la estimada en la mayor parte de los métodos usados para calcular el contenido en agua. El agua ligada se halla combinada o absorbida. Se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas. La humedad es importante para

conocer en qué proporción se encuentran los nutrientes y también nos indica la estabilidad de los alimentos. (14)

Proteínas

Las proteínas existen en los alimentos en combinación física o química con carbohidratos o lípidos. Las glucoproteínas y las lipoproteínas afectan las propiedades reológicas de las soluciones alimenticias o poseen aplicaciones técnicas como emulsificantes comestibles. Para la determinación de la proteína los procedimientos más utilizados no determinan directamente esta, sino el contenido en nitrógeno, que se expresa como nitrógeno total y que se obtiene mediante una combustión líquida en la que, en un primer paso, el nitrógeno de la muestra se convierte en sulfato amónico, el cual luego se transforma en amoníaco. Este amoníaco se destila y se valora en una solución ácido normalizado. (16)

Fibra Dietaria

La fibra dietaria se define como los componentes de la dieta de origen vegetal, que son resistentes a las enzimas digestivas del hombre y químicamente estaría representado por la suma de los polisacáridos que no son almidones ni lignina. La fibra dietaria está formada por componentes estructurales de la pared de las células

vegetales como, celulosa, hemicelulosa, sustancias pépticas y lignina y no estructurales, como gomas, mucílagos, polisacáridos de algas y celulosa modificada. La ingesta aumentada de fibra conduce a una mayor excreción de ácidos biliares fecales, así disminuye la concentración de colesterol en la sangre (18).

2.1.2. Definición de factores de estudio

Los factores que determinaron las condiciones del estudio son el tiempo y la temperatura de cada una de las etapas previas y durante a la germinación.

Tiempo de germinación

El tiempo de germinación tiene una relación directa con la temperatura de germinación, es por esta razón que se realizó el proceso de germinación desde el día cero, siendo este asignado al arroz integral a partir del cual se empezó el proceso hasta el día cuatro siendo este el último día de germinación a una determinada temperatura, como se muestra en las tablas 9 y 10.

Considerando para ser analizadas las etapas de pre-tratamiento y las etapa de 48 y 72 horas de germinación.

Temperatura de Germinación

Se conoce que la temperatura es un factor decisivo en el proceso de germinación. Es por esta razón que se analizó el proceso de germinación a la temperatura 26 °C y 32 °C.

2.1.3 Desarrollo del proceso de germinación

Para el desarrollo de este proceso se consideraron como variables el tiempo y la temperatura de germinación.

El factor tiempo consta de 5 días que corresponden a cada etapa de germinación incluyendo en pre-tratamiento, de los cuales se analizaron por triplicado las muestras correspondientes a los días 0, 1, 2 y 4, de esta manera se obtuvo en total 18 observaciones por cada variedad que fueron analizadas estadísticamente con el programa Statgraphics.

TABLA 9
ETAPAS PREVIAS A LA GERMINACIÓN

PRE-TRATAMIENTO	
ETAPAS	FACTOR TIEMPO (DIA)
Arroz integral	0
24 horas de remojo	1

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2013

TABLA 10
ETAPAS DE GERMINACIÓN

TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE GERMINACIÓN	
FACTOR TEMPERATURA (26 °C)	
ETAPAS	FACTOR TIEMPO (DIA)
24 horas de germinación	2
48 horas de germinación	3
72 horas de germinación	4
FACTOR TEMPERATURA (32 °C)	
ETAPAS	FACTOR TIEMPO (DIA)
24 horas de germinación	2
48 horas de germinación	3
72 horas de germinación	4

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2013

Metodología de Germinación

El arroz integral se desinfectó con una solución de hipoclorito de sodio al 0,1%. Se dejó remojar el grano durante 30 minutos y luego se lo enjuagó tres veces con agua destilada. A continuación, se dejó en remojo el grano en agua destilada, en una proporción 1:5 (arroz: agua), en una incubadora por 24 horas a 28 ± 1 °C. Posteriormente, los granos de arroz remojados fueron escurridos y distribuidos sobre una capa de papel filtro previamente humedecido

con agua destilada, que fue colocado sobre una especie de cama contenida en una bandeja de plástico, la cual contenía una lámina de agua con la finalidad que el papel filtro permanezca húmedo. Esta bandeja fue cubierta luego por otra capa de papel filtro, el mismo que fue humedecido posteriormente. La germinación se llevó a cabo en una incubadora a 26 y 32 ± 1 °C y con una humedad relativa del 100%, colocando beakers con agua destilada dentro de la incubadora y rociando también de esta agua el sistema 2 veces por día. Las muestras fueron recolectadas después del remojo y a las 24 y 72 horas de germinación (20).

El arroz integral germinado fue sometido a una técnica de secado al sol, con un constante movimiento cada dos horas hasta obtener aproximadamente $12 \pm 1\%$ de humedad. (VER APENDICE A) (20).

2.2. Pruebas Bromatológicas

Determinación de cenizas totales

Método de cenizas totales (calcinación)

En este método toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los $550-600^{\circ}\text{C}$; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza. (18)



FIGURA 2.1 MUFLA

Fundamento

El método más generalizado para esta determinación, se basa en el proceso de calcinación de la materia orgánica por calentamiento a temperaturas elevadas, hasta llegar a un peso constante.

Cuando los alimentos y productos alimenticios se calientan a temperaturas elevadas 500 a 600°C, el agua y otros componentes volátiles se evaporan y los constituyentes orgánicos son incinerados en presencia de oxígeno del aire, dando como dióxido de carbono y óxido de nitrógeno y así eliminados conjuntamente con el hidrógeno del agua.

Los componentes azufrados y fosforados son convertidos en sus respectivos óxidos y si es que los elementos alcalinos no están presentes en suficiente cantidad se perderán por volatilización. (18)

Materiales

Muestras de diversos orígenes: animal, vegetal, etc.

Crisoles de platino o de cuarzo para mufla.

Mufla regulada a 500-550°C.

Balanza de precisión 0.001

Bagueta de vidrio

Papel filtro libre de ceniza

Baño maría

Pipetas de 10, 5,20 y 25 ml

Probeta de 100ml

Matraz tipo Erlenmeyers.

Procedimiento

Cenizas totales

El residuo obtenido por incineración directa puede contener, además de las sustancias minerales del alimento, partículas de carbón procedente de una combustión incompleta, o también impurezas del alimento (arena o arcilla)

Pesar un crisol vacío, agregarle 5g. de producto seco (muestras de prueba de humedad), colocarlos en una mufla a temperatura regulada (500-550°C), hasta obtener un peso constante (mantener

la muestra toda la noche). Este procedimiento se debe efectuarse dos veces como mínimo.

Por la diferencia de peso se obtiene la ceniza de la muestra y luego se lleva a porcentaje.

La determinación de la ceniza se hace sobre el peso de ceniza hallada referida a los gramos de muestra seca calculados, además deberá referirse a muestra fresca si las condiciones de la misma fueron frescas. (18)

Determinación de Grasa

Método de Soxhlet

Es una extracción semicontinua con disolvente donde una cantidad de disolvente rodea la muestra y se calienta a ebullición, una vez que dentro del Soxhlet el líquido condensado llega a cierto nivel es sifoneado de regreso al matraz de ebullición. La grasa se mide por pérdida de peso de la muestra o por cantidad de muestra removida. (15).



FIGURA 2.2 EXTRACTOR SOXHLET

Fundamento

Es una extracción semicontinua con un disolvente orgánico. En este método el disolvente se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente éste es sifoneado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso entre el matraz conteniendo el extracto lipídico y el matraz a peso constante (15).

Material y Equipo

Sistema extractor Soxhlet.

Balanza analítica

Papel filtro o dedal de celulosa

Baño termorregulador.

Estufa de aire $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Tamiz de malla de 1 mm.

Manto calefactor o rotavapor.

Material usual de laboratorio

Reactivos

1. Éter etílico P.E. $40-60^{\circ}\text{C}$.
2. Éter de petróleo P.E. $40-60^{\circ}\text{C}$

Procedimiento

Preparación de la muestra:

En muestras con mucha humedad homogeneizar y secar a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ en estufa de aire considerando el tipo de muestra.

- Moler y pasar por tamiz de malla de 1 mm
- Pesar en duplicado 2 a 5 gramos de muestra preparada en el dedal de extracción o papel filtro previamente pesado y tapado con algodón desgrasado. Registrar como m.
- Secar el matraz de extracción por 30 min a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Pesar el matraz de extracción. Registrar como m1.
- Poner el matraz de extracción en el sistema soxhlet el dedal en el tubo de extracción y adicionar el solvente al matraz.

- Extraer la muestra con el solvente por 6 a 8 horas a una velocidad de condensación de 3-6 gotas/seg.
- Una vez terminada la extracción eliminar el solvente por evaporación en rotavapor o baño María bajo campana. Hasta que no se detecte olor a éter.
- Secar el matraz con la grasa en estufa a 103+ 2°C por 10 min, enfriar en desecados y pesar. Registrar m2.

Cálculo y expresión de resultados

$$\% \text{ grasa cruda} = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

Dónde:

m : peso de la muestra

m₁: tara del matraz solo

m₂: peso matraz con grasa.

$$\% \text{ grasa cruda en base seca} = \% \text{grasa cruda} \times \frac{100}{100 - \% \text{ humedad}}$$

Dónde:

m: peso de la muestra

m₁: tara del matraz solo

m₂: peso matraz con grasa.

Los resultados se informan en % de materia grasa en base seca o húmeda.

Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con 2 decimales.

Repetibilidad: La diferencia de los 2 resultados no debe ser superior al 2 % del promedio (16).

Determinación de Humedad

Método de secado en termo- balanza

El método de termo-balanza se basa en evaporar de manera continua la humedad de la muestra y el registro continuo de la pérdida de peso, hasta que la muestra se sitúe a peso constante. El error de pesada en este método se minimiza cuando la muestra no se expone constantemente al ambiente. (14).



FIGURA 2.3 TERMO-BALANZA

Ventajas del Método de secado en termo- balanza

- ✓ Es un método semiautomático y automático.
- ✓ La muestra no es removida por lo tanto el error de pesada es mínimo.
- ✓ El tamaño de la muestra es pequeña.

Determinación de Proteínas

Método de Kjeldahl

El método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila recibiendo de una de las dos siguientes maneras:

- a) Ácido sulfúrico donde se forma sulfato de amonio y el exceso de ácido es valorado con hidróxido de sodio en presencia de rojo de metilo.
- b) Ácido bórico formándose borato de amonio el que se valora con ácido clorhídrico.

El método se basa en la determinación de la cantidad de Nitrógeno orgánico contenido en productos alimentarios, compromete dos pasos consecutivos:

- a) La descomposición de la materia orgánica bajo calentamiento en presencia de ácido sulfúrico concentrado.
- b) El registro de la cantidad de amoniaco obtenida de la muestra.

Durante el proceso de descomposición ocurre la deshidratación y carbonización de la materia orgánica combinada con la oxidación de carbono a dióxido de carbono (17).

El nitrógeno orgánico es transformado a amoniaco que se retiene en la disolución como sulfato de amonio. La velocidad del proceso

puede incrementarse adicionando sales que abaten la temperatura de descomposición (sulfato de potasio) o por la adición de oxidantes (peróxido de hidrógeno, tetracloruro, persulfatos o ácido crómico) y por la adición de un catalizador (17).



FIGURA 2.4 MICRO- KJELDAHL

Fundamento

El método Kjeldahl mide el contenido en nitrógeno de una muestra.

Este método se divide básicamente en 3 etapas (17):

- Digestión o mineralización: un tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador y ebullición convierte el nitrógeno orgánico en ión amonio.

- Destilación: se alcaliniza la muestra digerida y el nitrógeno se desprende en forma de amoníaco, el amoníaco destilado se recoge sobre un exceso desconocido de ácido bórico.
- Valoración: La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realiza por medio de una volumetría ácido-base del ión borato formato, empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno, los equivalentes de ácido consumidos corresponden a los equivalentes de amoníaco destilados (17).

Material y Equipo

Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg.

Equipo Kjeldahl

Manto calefactor

pH metro

Material usual de laboratorio.

Reactivos

1. Ácido sulfúrico concentrado, p.a.
2. Sulfato de potasio o sulfato de sodio, p.a.
3. Sulfato cúprico, p.a.

4. Solución de hidróxido de sodio al 15 %. Disolver 150 g de NaOH y completar a 1 litro.
5. Solución de ácido sulfúrico 0.1 N. Tomar 2.7 mL de H₂SO₄ concentrado. y completar a 1 litro, luego estandarizar con Na₂CO₃ anhidro p.a.
6. Solución de hidróxido de sodio al 30 %. Disolver 300 g de NaOH y completar a 1 litro.
7. Solución indicadora de rojo de metilo al 1 % en etanol. Disolver 1 g de rojo de metilo en 100 mL de etanol (95 %).
8. Solución de hidróxido de sodio 0.1 N. Tomar 4 g de NaOH y enrasar a 1 litro con agua recientemente hervida y enfriada. Valorar con ácido succínico.
9. Ácido bórico al 3 %. Disolver 30 g de ácido bórico y completar a 1 litro.
10. Indicador de Tashiro: rojo de metilo al 0.1 % y azul de metileno al 0.1 % en relación de 2:1, en alcohol etílico.
11. Solución de ácido clorhídrico 0.1 N. Tomar 8.3 mL de HCl concentrado. y enrasar a 1 litro.
12. Valorar con Na₂CO₃ anhidro.

Procedimiento

- Realizar la muestra en triplicado.
- Efectuar un ensayo en blanco usando una sustancia orgánica sin nitrógeno (sacarosa) que sea capaz de provocar la reducción de los derivados nítricos y nitrosos eventualmente presentes en los reactivos.
- Pesar al 0.1 mg. alrededor de 1 g de muestra homogeneizada (m) en un matraz de digestión Kjeldahl.
- Agregar 3 perlas de vidrio, 10 g de sulfato de potasio o sulfato de sodio, 0.5 g de sulfato cúprico y 20 mL de ácido sulfúrico concentrado.
- Conectar el matraz a la trampa de absorción que contiene 250 mL de hidróxido de sodio al 15 %.
- Cuando la solución de hidróxido de sodio al 15 % adicionada de fenolftaleína contenida en la trampa de absorción permanece incolora debe ser cambiada (aprox. 3 análisis).
- Calentar en manta calefactora y una vez que la solución esté transparente, dejar en ebullición 15 a 20 min. más.
- Enfriar y agregar 200 mL de agua.
- Conectar el matraz al aparato de destilación, agregar lentamente 100 mL de NaOH al 30 % por el embudo, y cerrar la llave.

- Destilar no menos de 150 mL en un matraz que lleve sumergido el extremo del refrigerante o tubo colector (17).

Cálculo y Expresión de Resultados

$$\% N = \frac{14 \times N \times V \times 100}{m \times 1000}$$

$$\% \text{ Proteína} = \frac{14 \times N \times V \times 100 \times \text{factor}}{m \times 1000}$$

Dónde:

V: 50 ml H₂SO₄

0.1 N - gasto NaOH 0.1 N o gasto de HCl 0.1 N

m: masa de la muestra, en gramos

Factor: 5.95: arroz

Repetibilidad del método: La diferencia entre los resultados de dos determinaciones efectuadas una después de otra, por el mismo analista, no debe exceder 0.06 % de Nitrógeno o 0.38 % de proteína.

En la planilla de resultados se indicará método utilizado, identificación de la muestra, peso de muestra, gastos de titulación, factor utilizado y resultados obtenidos de la muestras en duplicado con 2 decimales (17).

Determinación de fibra dietaria

Método de determinación de fibra dietaria.

Los métodos (AOAC 985.29, 993.21, Horwitz, 2005) se fundamentan en aislar la fracción del interés con la precipitación selectiva y después determinar su peso. Una muestra gelatinizada de alimento seco, desengrasado se digiere enzimáticamente con alfa-amilasa, amilo-glucosidasa y proteasa para hidrolizar al almidón y la proteína. El contenido total de la fibra de la muestra se determina agregando etanol al 95% a la solución para precipitar toda la fibra. La solución entonces se filtra, se recupera, se seca y se pesa, el residuo se reporta como fibra. Alternativamente, los componentes solubles e insolubles en agua de la fibra pueden ser determinados filtrando la muestra enzimático-digerida (Método 991.43, Horwitz, 2005). (19)

Fundamento

Muestras en duplicado de alimentos secos y desgrasados son gelatinizadas con alfa-amilasas térmicamente estables y luego digeridas enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para remover la proteína y el almidón. La fibra dietética soluble es precipitada por la adición de etanol, el residuo total se filtra, se lava,

se seca y se pesa. En el residuo en duplicado se determina proteína, y en el otro cenizas. (19)

Fibra dietaria total = Peso del residuo - Peso (proteína + cenizas)

Materiales y Equipos

1. Balanza analítica, con sensibilidad de 0,1 mg.
2. Baños termorregulados: (a) a ebullición y (b) ajustable a 60 °C con agitación directa en el interior de cada matraz de digestión para dar un movimiento constante al matraz de digestión durante la hidrólisis enzimática.
3. Bomba de vacío.
4. Crisol con placa porosa, porosidad N° 2 o equivalente de 40 - 60 mm.
5. Desecador con silicagel o similar.
6. Estufa de vacío a 70 °C o alternativamente estufa de aire de acuerdo a lo indicado en la referencia.
7. Mufla a 525 °C.
8. Tamiz de 0,3 - 0,5 mm.
9. Vasos de precipitados altos de 400 a 600 mL.
10. pH metro.
11. Homogenizador.
12. Material usual de laboratorio.

Reactivos

1. Etanol al 95 %, p.a.
2. Etanol al 78 %. Mezclar un volumen de agua con cuatro volúmenes de etanol al 95 %.
3. Acetona p.a.
4. Tampón fosfato 0,08 M, pH 6,0.
5. alfa-amilasa termoestable. Mantener refrigerada.
6. Proteasa. Mantener refrigerada.
7. Amiloglucosidasa. Mantener refrigerada.
8. Hidróxido de sodio 0,275 N. Disolver 11,00 g de NaOH en 700 ml de agua en un matraz volumétrico de 1 L. Diluir a volumen con agua.
9. Ácido clorhídrico 0,325 N Diluir una solución stock de HCl de título conocido (19).

Procedimiento

1. Preparación de la muestra y extracción.
2. Homogeneizar, secar y moler la muestra en un homogenizador.
3. Pasar por un tamiz de malla de 0,3 - 0,5 mm.
4. Extraer con éter de petróleo sí el contenido de grasa es superior al 10 %, tres veces con porciones de 25 mL / g de muestra.

5. Anotar la pérdida de peso por la remoción de la grasa y considerarlo en el cálculo final.
6. Determinación.
7. Pesar en duplicado alrededor de 1 g de muestra en un vaso de precipitados de 400 mL.
8. El peso de las muestras no debe diferir en más de 20 mg.
9. Agregar 50 mL de tampón fosfato pH 6,0 a cada vaso.
10. Controlar el pH y ajustar a $\text{pH } 6 \pm 0,2$ si fuese necesario.
11. Adicionar 0,1 mL de la solución de alfa-amilasa. Cubrir el matraz con papel aluminio, colocarlo en un baño de agua y hervir durante 15 minutos. Agitar a intervalos de 5 minutos. El contenido debe llegar a $95 - 100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
12. Enfriar la solución a temperatura ambiente.
13. Ajustar pH a $7,5 \pm 0,2$ con aproximadamente 10 mL NaOH 0,275 N.
14. Adicionar 5 mg de proteasa. Cubrir el matraz con papel aluminio e incubar 30 minutos a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ con agitación continua.
15. Enfriar y añadir 10 mL de HCl 0,325 N.
16. Medir el pH y agregar gotas de ácido si fuese necesario. El pH final debe ser 4,0 - 4,6.
17. Añadir 0,3 ml amiloglucosidasa, cubrir con papel aluminio e incubar 30 minutos a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ con agitación continua.

18. Adicionar 280 ml de etanol al 95 % precalentado a 60 °C.
19. Dejar precipitar a temperatura ambiente por 60 minutos.
20. Pesar el crisol que contiene celite, humedecerlo y redistribuir el celite en el crisol usando etanol al 78 % y aplicar succión.
21. Mantener la succión y transferir cuantitativamente el precipitado al crisol.
22. Lavar el residuo sucesivamente con tres porciones de 20 mL de etanol al 78 %, dos porciones de 10 ml de etanol al 95 % y dos porciones de 10 mL de acetona.
23. Secar el crisol que contiene el residuo durante la noche en estufa de vacío a 70 °C o en estufa de aire a 105 °C.
24. Enfriar en desecador y pesar. Restar el peso del crisol y del celite para determinar el peso del residuo.
25. Analizar proteínas usando $N \times 6,25$ como factor de conversión en el residuo de una de las muestras de los duplicados.
26. Calcinar el residuo de la segunda muestra del duplicado durante 5 horas a 525 °C.
27. Enfriar en desecador y pesar.
28. Restar el peso del crisol y del celite para determinar cenizas.
29. Efectuar la determinación del blanco en duplicado y en las mismas condiciones descritas en el procedimiento para el análisis de muestras (19).

Cálculo e informe de resultados

Determinación del blanco:

B = blanco, mg = masa del residuo - PB - CB

Dónde:

Masa del residuo = promedio de masa del residuo (mg) para la determinación blanco.

PB y CB = masa (mg) de proteína y cenizas, respectivamente en los residuos de los blancos.

Cálculo de fibra dietética total

$$\% \text{ FDT} = \left[\frac{\text{masa del residuo} - P - C - B}{\text{masa de la muestra}} \right] \times 100$$

Dónde:

m = masa de la muestra = promedio de la masa de 2 muestras (mg).

m1 = masa del residuo = promedio de las masas de las muestras determinadas en duplicado (mg).

P y C = masa (mg) de proteína y cenizas, respectivamente en los residuos de las muestras.

B = blanco

Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con dos decimales.

Repetibilidad: La diferencia de los resultados no deberá ser superior al 5 % del promedio. Informar el % de fibra al 0,1 %, sobre la base de la muestra original considerando que ha sido desgrasada en el caso de contener más de 10 % de grasa (19).

2.3. Pruebas sensoriales

La muestra que tenga mejor contenido de fibra dietaria analizada estadísticamente se someterá a una evaluación sensorial frente a la muestra de arroz integral utilizando la prueba afectiva de medición del grado de satisfacción con 30 jueces no entrenados.

Prueba afectiva

Son pruebas en donde el panelista expresa el nivel de agrado, aceptación y preferencia de un producto alimenticio, utilizando escalas de calificación (21).

Pruebas de grado de satisfacción

Es utilizado para evaluar y obtener mayor información acerca de un producto. Estas pruebas son intentos para manejar más

objetivamente datos tan subjetivos, como son las respuestas de los jueces acerca de cuanto les gusta o les disgusta un alimento (21).

Para llevar a cabo estas pruebas se utilizan las escalas hedónicas. La palabra hedónico proviene del griego 'εδν, que significa placer. Las escalas hedónicas pueden ser verbales o gráficas, y la elección del tipo de escala depende de la edad los jueces y número de muestras a evaluar.

Consideraciones importantes para la aplicación de esta prueba:

- ✓ Presenta una descripción de las sensaciones que les produce la muestra.
- ✓ Siempre se les da valores impares y se debe incluir un punto central "Ni me gusta ni me disgusta" punto al que se le asigna calificación de cero.
- ✓ Se pueden usar escalas de tres, cinco, siete y nueve puntos.
- ✓ No es conveniente usar escalas de más de nueve puntos ya que es muy subjetivo diferenciar los puntos.
- ✓ Para la evaluación de una o dos muestras es conveniente el uso de las escalas hedónica de tres puntos. (21)

CAPÍTULO 3

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Resultados de los análisis de la composición proximal y fibra dietaria de las muestras tomadas en el proceso de germinación del arroz descascarado integral

Después del análisis proximal y análisis de fibra dietaria los resultados obtenidos se sometieron a un análisis estadístico mediante el programa Statgraphics, para poder definir si existe una diferencia significativa entre cada muestra y si el proceso de germinación influye sobre las variables de respuesta.

Para el análisis se emplearon códigos en cada muestra según la tabla 11.

TABLA 11
CÓDIGOS EMPLEADOS EN ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ETAPAS	CÓDIGO
Integral inaip-16	C16
Integral iniap-17	C17
Remojo iniap-16	R16
Remojo iniap-17	R17
24 horas de germinación a 26°C variedad iniap-16	26216
24 horas de germinación a 26°C variedad iniap-17	26217
72 horas de germinación a 26°C variedad iniap-16	26416
72 horas de germinación a 26°C variedad iniap-17	26417
24 horas de germinación a 32°C variedad iniap-16	32216
24 horas de germinación a 32°C variedad iniap-17	32217
72 horas de germinación a 32°C variedad iniap-16	32416
72 horas de germinación a 32°C variedad iniap-17	32417

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

3.1.1 Cenizas

En las tablas 12 y 13 se muestran los resultados obtenidos del análisis de cenizas por tres repeticiones, realizado a las muestras de cada etapa de las variedades I-16 e I-17

TABLA 12
ANÁLISIS DE CENIZA INIAP 16

CÓDIGO	Repeticiones		
	1	2	3
C16	1,583	1,578	1,587
R16	1,182	1,179	1,186
26216	1,067	1,064	1,07
26416	0,961	0,958	0,964
32216	1,095	1,091	1,098
32416	0,836	0,833	0,838

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

TABLA 13
ANÁLISIS DE CENIZA INIAP 17

CÓDIGO	Repeticiones		
	1	2	3
C17	1,396	1,392	1,4
R17	1,015	1,012	1,018
26217	0,948	0,945	0,95
26417	0,827	0,825	0,83
32217	0,897	0,894	0,9
32417	0,912	0,909	0,915

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

3.1.2 Grasa

En las tablas 14 y 15 se muestran los resultados obtenidos del análisis de grasa por tres repeticiones, realizado a las muestras de cada etapa de las variedades I-16 e I-17

TABLA 14
ANÁLISIS DE GRASA INIAP 16

CÓDIGO	Repeticiones		
	1	2	3
C16	1,821	1,816	1,827
R16	1,307	1,303	1,311
26216	1,451	1,447	1,455
26416	3,817	3,806	3,829
32216	1,376	1,371	1,38
32416	1,534	1,529	1,539

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

TABLA 15
ANÁLISIS DE GRASA INIAP 17

CÓDIGO	Repeticiones		
	1	2	3
C17	1,486	1,481	1,49
R17	2,707	2,699	2,716
26217	1,568	1,563	1,573
26417	3,764	3,753	3,775
32217	1,595	1,591	1,6
32417	1,877	1,872	1,883

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

3.1.3 Humedad

En la tablas 16 se muestran los resultados obtenidos del análisis de humedad, realizado a las muestras de cada etapa de las variedades I-16 e I-17. Estos valores fueron utilizados para obtener los resultados finales de los análisis proximales y fibra dietaria en base seca.

TABLA 16
ANÁLISIS DE HUMEDAD

CÓDIGO	RESULTADO	
	INIAP-16	INIAP-17
C16	88,75	87,65
R16	88,76	87,53
26216	87,52	88,02
26416	87,24	87,52
32216	87,15	87,21
32416	87,53	87,27

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

3.1.4 Proteína

En las tablas 17 y 18 se muestran los resultados obtenidos del análisis de proteína por tres repeticiones, realizado a las muestras de cada etapa de las variedades I-16 e I-17

TABLA 17
ANÁLISIS DE PROTEINA INIAP 16

CÓDIGO	Repeticiones		
	1	2	3
C16	9,660	9,631	9,689
R16	8,230	8,206	8,255
26216	9,671	9,641	9,700
26416	9,246	9,219	9,274
32216	9,534	9,505	9,562
32416	8,901	8,874	8,927

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

TABLA 18
ANÁLISIS DE PROTEINA INIAP 17

CÓDIGO	Repeticiones		
	1	2	3
C17	9,436	9,408	9,464
R17	9,947	9,917	9,977
26217	8,196	8,171	8,22
26417	9,36	9,332	9,388
32217	9,284	9,256	9,312
32417	9,014	8,987	9,041

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

3.1.5 Fibra Dietaria

En las tablas 19 y 20 se muestran los resultados obtenidos del análisis de fibra dietaria por tres repeticiones, realizado a las muestras de cada etapa de las variedades I-16 e I-17.

TABLA 19
ANÁLISIS DE FIBRA DIETARIA INIAP 16

CÓDIGO	Repeticiones		
	1	2	3
C16	3,112	3,103	3,121
R16	3,117	3,108	3,128
26216	3,822	3,81	3,833
26416	4,772	4,759	4,787
32216	4,126	4,113	4,138
32416	5,579	5,562	5,596

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

TABLA 20
ANÁLISIS DE FIBRA DIETARIA INIAP 17

CÓDIGO	Repeticiones		
	1	2	3
C17	3,718	3,707	3,729
R17	3,725	3,713	3,737
26217	4,566	4,553	4,579
26417	5,702	5,685	5,719
32217	4,929	4,915	4,943
32417	6,666	6,646	6,686

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

3.2 Análisis estadístico en los Resultados de los análisis de la composición proximal y fibra dietaria de las muestras tomadas en el proceso de germinación del arroz descascarado integral

Mediante la prueba ANOVA se determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las etapas analizadas, en cada análisis proximal y fibra dietaria, dado que el valor-P de la prueba F es menor a 0.05. (VER APÉNDICE B).

Con el análisis de múltiples rangos y empleando el procedimiento de comparación múltiple de Duncan, se determinó cuales medias

son significativamente diferentes de otras con un nivel de confianza del 95%. (VER APÉNDICE C).

Desde la figura 3.1 hasta la figura 3.4 se muestran comparaciones múltiples entre cada etapa por cada análisis proximal y fibra dietaria. Las barras muestran valores de media en materia seca y las letras colocadas sobre cada barra muestran la diferencia estadística entre cada tratamiento. Las barras que compartan la misma letra indican que no existe diferencia estadísticamente significativa.

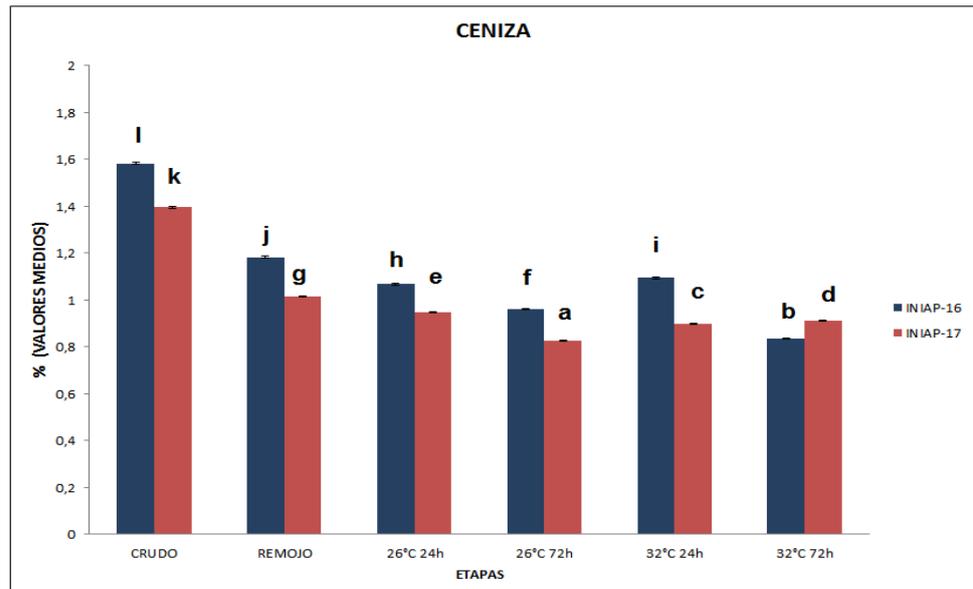
Cenizas

Se evidenció 12 grupos homogéneos donde se observa que no existen pares que tengan diferencias estadísticamente significativas.

En la figura 3.1 se puede observar que al someter el grano al proceso de germinación disminuye en su porcentaje de cenizas.

Durante la etapa de remojo este pierde la mayor cantidad de cenizas, esto debido a la lixiviación que se produce, en donde el agua actúa como solvente y se produce una difusión de los sólidos dando origen a la separación de los componentes iniciales, a pesar

de esta pérdida la variedad INIAP-16 contiene mayor porcentaje de cenizas a las 24 horas de germinación a 32°C comparada con las demás etapas y la variedad INIAP-17.



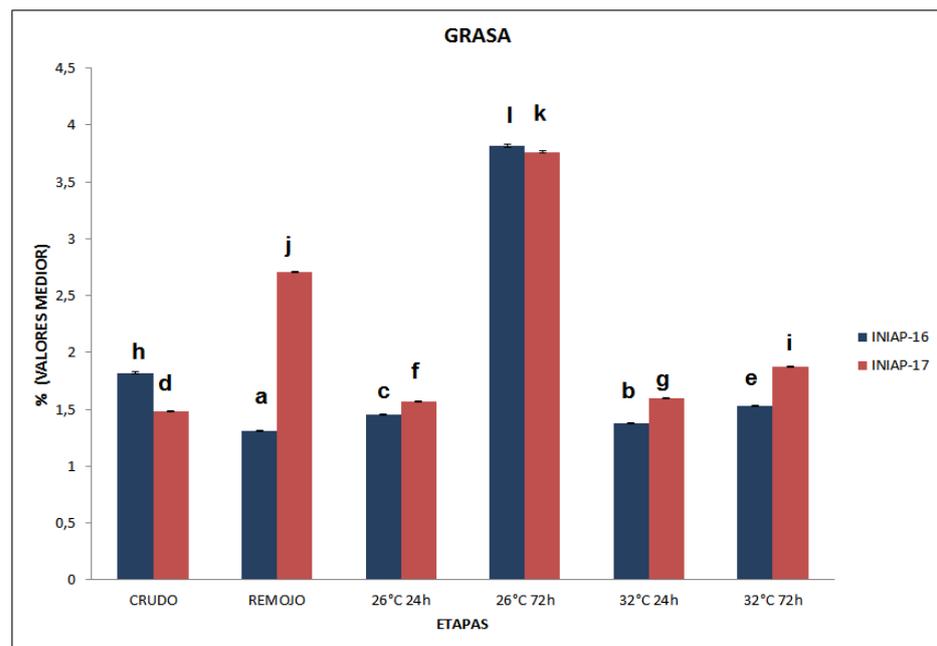
Elaborado Por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ENTRE TRATAMIENTO DE LOS VALORES MEDIOS DE CENIZAS

Grasa

Según la figura 3.2 se evidenció 12 grupos homogéneos en donde las letras colocadas sobre cada barra son diferentes lo cual muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre todas y cada una de las etapas.

Se puede notar el incremento de la grasa en ambas variedades sometidas a germinación con una temperatura de 26°C a 72 horas. Este incremento se debe a que la semilla incrementa los lípidos para obtener mayor energía para el desarrollo de la plántula, esto se forma cuando en la degradación de las biomoléculas intervienen las lipasas, estas rompen enlaces éster y producen glicerol y ácidos grasos, los cuales al oxidarse generan Acetil-coA la cual se oxida y forma una importante cantidad de energía en forma de ATP.



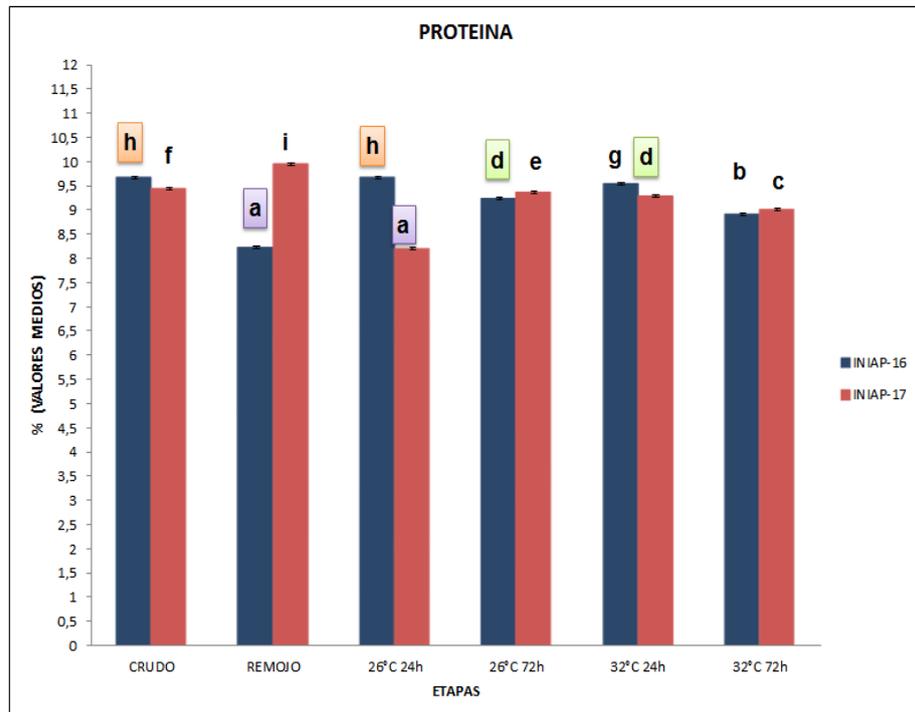
Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

FIGURA 3.2 DIAGRAMA DE COMPAREACIÓN MÚLTIPLE ENTRE TRATAMIENTO DE LOS VALORES MEDIOS DE GRASA

Proteína

En la figura 3.3 se identifica 9 grupos homogéneos según las letras colocadas sobre cada barra, se obtuvo 3 pares de etapas que entre sí no tienen diferencia significativa.

Aunque no hay drásticos cambios positivos o negativos en la composición de proteína, ésta sufre cambios durante la germinación que mejoran su digestibilidad al ser consumida. Generalmente en la germinación de semillas las proteínas de reserva son hidrolizadas a pequeños péptidos y aminoácidos por proteínas así a medida que progresa la germinación, las fracciones proteínicas de reserva se transforman en otras de menor peso molecular, debido a esto suele suceder que durante la germinación se tiene pequeñas disminuciones de proteínas.

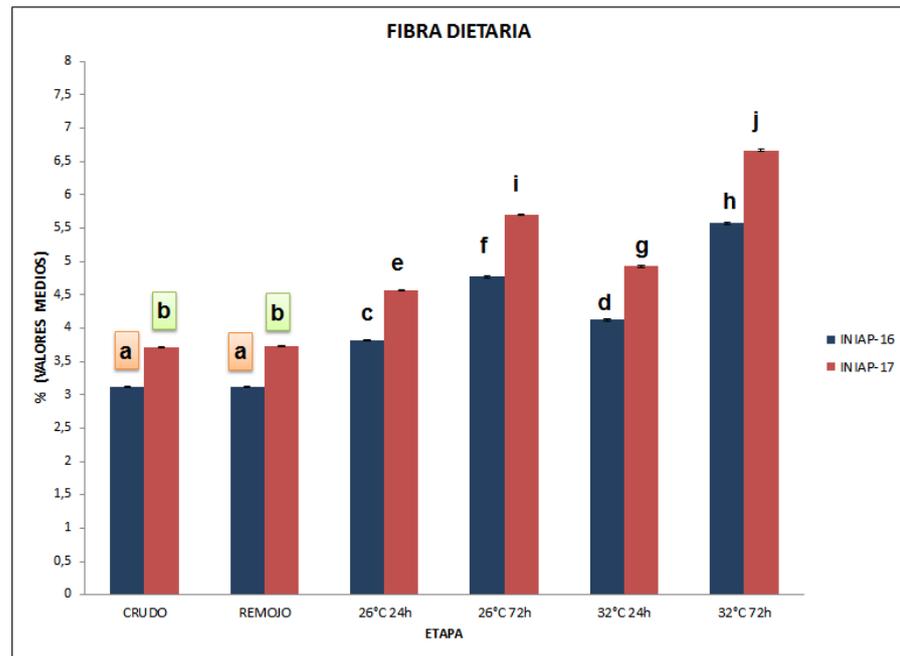


Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

FIGURA 3.3 DIAGRAMA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ENTRE TRATAMIENTO DE LOS VALORES MEDIOS DE PROTEINA

Fibra Dietaria

En la figura 3.4 se identifica 10 grupos homogéneos, según las letras colocadas sobre cada barra, se evidencia que no existe diferencia estadísticamente significativa en la etapa de crudo y remojo para ambas variedades.



Elaborado Por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

FIGURA 3.1 DIAGRAMA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ENTRE TRATAMIENTO DE LOS VALORES MEDIOS DE FIBRA DIETARIA

La fibra al germinar el arroz integral aumenta en mayor cantidad para las dos variedades tratadas, cuando se germinó a 32°C durante 72 horas siendo la variedad INIAP-17 la que en esta etapa contiene mayor cantidad.

El aumento de la fibra durante la germinación se debe a la síntesis de carbohidratos.

3.3 Resultados de pruebas sensoriales

Para este análisis sensorial se empleó una prueba afectiva de grado de satisfacción utilizando la escala hedónica verbal con escalas de cinco puntos que va desde “me disgusta mucho” hasta “me gusta mucho” (TABLA 21).

TABLA 21
ESCALA HEDÓNICA

ESCALAS	PUNTOS
ME GUSTA MUCHO	5
ME GUSTA LIGERAMENTE	4
NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	3
ME DISGUSTA LIGERAMENTE	2
ME DISGUSTA MUCHO	1

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

El panel estuvo conformado por 30 jueces no entrenados seleccionados al azar, a los que se les solicitó degustar las dos muestras codificadas e indicar con una X cuanto les agrado cada una de éstas, con el fin de evaluar los atributos sensoriales (olor,

sabor y apariencia) reflejados en la ficha de evaluación sensorial (VER APÉNDICE D).

Las muestras que se usaron para esta prueba sensorial fueron las muestras que presentaron mayor contenido de fibra dietaria, según el análisis estadístico aplicado, y la muestra integral de la misma variedad.

Los códigos asignados a las muestras que se analizaron se detallan en la tabla 22.

TABLA 22
CODIFICACIÓN DE MUESTRAS

A171	A174
Arroz integral	Arroz integral germinado con mayor contenido de fibra

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

Se realizó una tabla de resultados de acuerdo a los datos obtenidos del análisis sensorial por cada atributo evaluado en las muestras degustadas (VER APÉNDICE E, F y G)

3.4 Análisis de los resultados de las Pruebas sensoriales

Para resolver el análisis sensorial de cada atributo se empleó la tabla de distribución T-student, se calculó el valor T partiendo de los grados de libertad $n-1$ en donde n = número de jueces, para este caso $n= 30-1= 29$, con una probabilidad del 95% el valor de la t-student escogido de la tabla fue de 1,699 (VER APÉNDICE H).

Para identificar que muestra tuvo mayor aceptación se analizaran las siguientes hipótesis:

- H_0 : $T \text{ cal.} = T \text{ student}$: no existe diferencia significativa entre las muestras analizadas.
- H_a : Si $T \text{ cal.} \neq T \text{ student}$: existe diferencia significativa entre las muestras analizadas.

Atributo sensorial olor

Con los datos obtenidos en el análisis sensorial para el atributo olor se procedió a calcular la T cal.

Cálculos de la prueba de olor

Sumatorias de las muestra 1:

$$\sum M1: () + () + () + \dots = 117$$

Sumatoria de la muestra 2:

$$\sum M2: () + () + () + \dots = 76$$

Diferencia de los promedios de totales:

$$\bar{d} = \frac{M1}{n} - \frac{M2}{n} = \frac{M1}{n} - \frac{M1}{n} = 1,367$$

Sumas de las diferencias al cuadrado:

$$\sum D_i^2 = () + () + () + \dots = 85$$

Suma de los cuadrados de la diferencia:

$$\sum (D^2) = () - () = ()^2 = 1.681$$

Análisis de varianza:

$$S = \frac{\sqrt{(\sum D_i^2) - \frac{(\sum D^2)^2}{n}}}{n-1} = \frac{\sqrt{85 - \frac{1681}{30}}}{30-1} = 0,19$$

Valor T obtenido de la tabla T-student para n-1:

$$\frac{\bar{d}}{\frac{S}{\sqrt{n}}} = \frac{1,367}{\frac{0,19}{\sqrt{30}}} = 40,33$$

Los resultados de estos cálculos se resumen en la tabla 23.

TABLA 23
RESULTADOS PRUEBA SENSORIAL ATRIBUTO OLOR

$\sum D_i^2$	85
$\sum(D^2)$	1.681
D	1,367
N	30
T	1,699
T Cal.	40.33

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

Se comparó el resultado de T cal. con el T de la tabla de distribución de la test student (APÉNDICE H) quedando de la siguiente manera:

$$40,33 > 1,699$$

Dado que el T cal. es mayor al T de la tabla de distribución de la test student (APÉNDICE H) se determina que existe diferencia significativa entre la muestra A171 y la muestra A174 en la prueba sensorial del atributo olor.

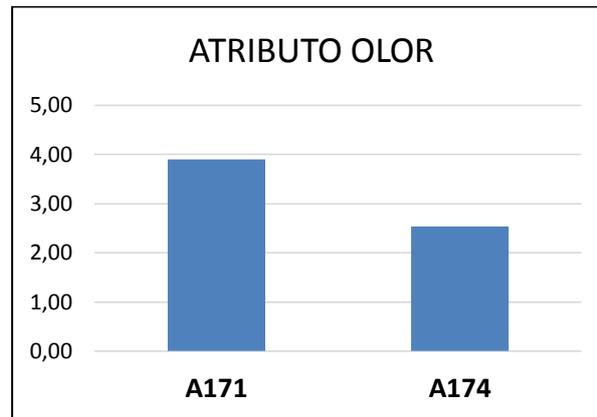


FIGURA 3.2 DIAGRAMA DE MEDIAS DE LOS RESULTADOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL ATRIBUTO OLOR

En la figura 3.5 se puede evidenciar que la muestra que tuvo mayor aceptación por parte de los panelistas durante la evaluación sensorial del atributo olor fue la muestra A171.

Atributo sensorial sabor

Con los datos obtenidos en el análisis sensorial para el atributo sabor se procedió a calcular la T cal.

Cálculos de la prueba de sabor

Sumatorias de las muestra 1:

$$\sum M1: () + () + () + \dots = 113$$

Sumatoria de la muestra 2:

$$\sum M2: () + () + () + \dots = 64$$

Diferencia de los promedios de totales:

$$\bar{d} = \frac{M1}{n} + \frac{M2}{n} = \frac{M1}{n} + \frac{M1}{n} = 1,633$$

Sumas de las diferencias al cuadrado:

$$\sum D_i^2 = () + () + () + \dots = 127$$

Suma de los cuadrados de la diferencia:

$$\sum (D^2) = () - () = ()^2 = 2.401$$

Análisis de varianza:

$$S = \frac{\sqrt{(\sum D_i^2) - \frac{(\sum D^2)^2}{n}}}{n-1} = \frac{\sqrt{127 - \frac{2401}{30}}}{30-1} = 0,24$$

Valor T obtenido de la tabla T-student para n-1:

$$\frac{d}{\frac{S}{\sqrt{n}}} = \frac{1,633}{\frac{0,24}{\sqrt{30}}} = 37,86$$

Los resultados de estos cálculos se resumen en la tabla 24.

TABLA 24
RESULTADOS PRUEBA SENSORIAL ATRIBUTO SABOR

$\sum D_i^2$	127
$\sum(D^2)$	2.401
D	1,633
N	30
T	1,699
T Cal.	37,86

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2015

Se comparó el resultado de T cal. con el T de la tabla de distribución de la test student (APÉNDICE H) quedando de la siguiente manera:

$$37,86 > 1,699$$

Dado que el T cal. es mayor al T de la tabla de distribución de la test student (APÉNDICE H) se determina que existe diferencia significativa entre la muestra A171 y la muestra A174 en la prueba sensorial del atributo sabor.

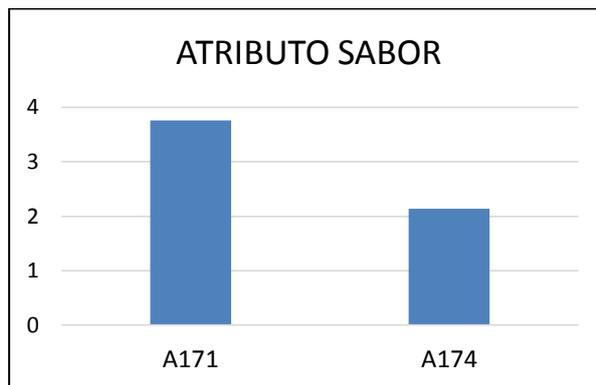


FIGURA 3.3 DIAGRAMA DE MEDIAS DE LOS RESULTADOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL ATRIBUTO SABOR

En la figura 3.6 se puede evidenciar que la muestra que tuvo mayor aceptación por parte de los panelistas durante la evaluación sensorial del atributo sabor fue la muestra A171.

Atributo sensorial apariencia

Con los datos obtenidos en el análisis sensorial para el atributo apariencia se procedió a calcular la T cal.

Cálculos de la prueba de apariencia

Sumatorias de las muestra 1:

$$\Sigma M1: () + () + () + \dots = 104$$

Sumatoria de la muestra 2:

$$\Sigma M2: () + () + () + \dots = 82$$

Diferencia de los promedios de totales:

$$\bar{d} = \frac{M1}{n} + \frac{M2}{n} = \frac{M1}{n} + \frac{M1}{n} = 0,786$$

Sumas de las diferencias al cuadrado:

$$\sum D_i^2 = () + () + () + \dots = 84$$

Suma de los cuadrados de la diferencia:

$$\sum (D^2) = () - () = ()^2 = 484$$

Análisis de varianza:

$$S = \frac{\sqrt{(\sum D_i^2) - \frac{(\sum D^2)^2}{n}}}{n-1} = \frac{\sqrt{84 - \frac{484}{30}}}{30-1} = 0,28$$

Valor T obtenido de la tabla T-student para n-1:

$$\frac{d}{\frac{S}{\sqrt{n}}} = \frac{0,786}{\frac{0,28}{\sqrt{30}}} = 15,15$$

Los resultados de estos cálculos se resumen en la tabla 25.

TABLA 25
RESULTADOS PRUEBA SENSORIAL ATRIBUTO APARIENCIA

$\sum D_i^2$	84
$\sum(D^2)$	484
d	0,786
n	30
T	1,699
T Cal.	15,15

Elaborado por: PÁEZ P. DORIS; GOYA P. FANNY, 2013

Se comparó el resultado de T cal. con el T de la tabla de distribución de la test student (APÉNDICE H) quedando de la siguiente manera:

$$15,15 > 1,699$$

Dado que el T cal. es mayor al T de la tabla de distribución de la test student (APÉNDICE H) se determina que existe diferencia significativa entre la muestra A171 y la muestra A174 en la prueba sensorial del atributo apariencia.

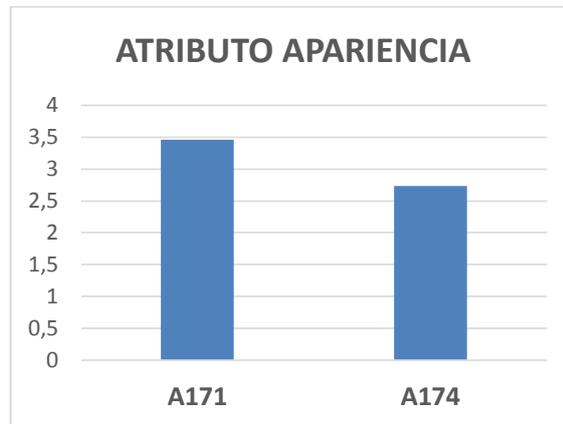


GRÁFICO 3.4 DIAGRAMA DE MEDIAS DE LOS RESULTADOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL ATRIBUTO APARIENCIA

En el gráfico 3.7 se puede evidenciar que la muestra que tuvo mayor aceptación por parte de los panelistas durante la evaluación sensorial del atributo sabor fue la muestra A171.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se determinó que la composición proximal cambia durante la germinación, y aunque algunos constituyentes aumentan, los compuestos nitrogenados disminuyen por efecto de la lixiviación durante el riego de los brotes y por la hidrólisis enzimática. Se observó que con mayor tiempo y temperatura de germinación disminuye el contenido de compuestos nitrogenados en ambas variedades estudiadas.

El contenido de grasas se vio influenciado no solo por las condiciones de germinación sino que además el genotipo de cada variedad influyó sobre estos compuestos. Por otra parte, se observó que el contenido de minerales descendió notablemente posiblemente por efecto de la lixiviación y en cambio, el contenido de fibra dietaria aumentó debido al crecimiento de la nueva planta.

La variedad INIAP-17 germinada a 32°C por 72 horas presentó mayor contenido de fibra y fue comparada sensorialmente con arroz integral sin germinar de la misma variedad. La preferencia del arroz integral sin germinar fue significativa en todos los atributos evaluados.

En base a nuestros resultados y según otros investigadores, el arroz integral germinado presenta una mejora en su valor nutricional y funcional en relación al arroz integral sin germinar. Sin embargo se debe desarrollar otras investigaciones que permitan mejorar el método de germinación a fin de mantener y potenciar las características organolépticas del arroz integral.

APÉNDICES

APÉNDICE A

1. PROCESO DE GERMINACIÓN

a. PREPARACIÓN DE ARROZ INTEGRAL PARA GERMINAR



b. GERMINACIÓN



c. ARROZ INTEGRAL GERMINADO

24 HORAS



48 HORAS



72 HORAS



d. ARROZ INTEGRAL GERMINADO SECO



2. EVALUACIÓN SENSORIAL

a. COCCIÓN



b. PREPARACIÓN DE MUESTRAS



c. EVALUACIÓN SENSORIAL

APÉNDICE B

Tabla ANOVA de Fibra

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	39,6326	11	3,60296	19010,21	0,0000
Intra grupos	0,00454867	24	0,000189528		
Total (Corr.)	39,6372	35			

Tabla ANOVA de Proteína

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	9,79678	11	0,890616	1166,24	0,0000
Intra grupos	0,018328	24	0,000763667		
Total (Corr.)	9,8151	35			

Tabla ANOVA de Grasa

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	26,8725	11	2,44295	55381,84	0,0000
Intra grupos	0,00105867	24	0,0000441111		
Total (Corr.)	26,8736	35			

Tabla ANOVA de Ceniza

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1,73901	11	0,158092	15176,80	0,0000
Intra grupos	0,00025	24	0,0000104167		
Total (Corr.)	1,73926	35			

APÉNDICE C

PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ALIMENTOS

Método: 95,0 porcentaje LSD Para Fibra

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
C16	3	3,112	X
R16	3	3,11767	X
C17	3	3,718	X
R17	3	3,725	X
26216	3	3,82167	X
32216	3	4,12567	X
26217	3	4,566	X
26416	3	4,77267	X
32217	3	4,929	X
32416	3	5,579	X
26417	3	5,702	X
32417	3	6,666	X

Método: 95,0 porcentaje LSD para Proteína

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
26217	3	8,19567	X
R16	3	8,23033	X
32416	3	8,90067	X
32417	3	9,014	X
26416	3	9,24633	X
32217	3	9,284	X
26417	3	9,36	X
C17	3	9,436	X
32216	3	9,53367	X
C16	3	9,66	X
26216	3	9,67067	X
R17	3	9,947	X

Método: 95,0 porcentaje LSD para Grasa

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
R16	3	1,307	X
32216	3	1,37567	X
26216	3	1,451	X
C17	3	1,48567	X
32416	3	1,534	X
26217	3	1,568	X
32217	3	1,59533	X
C16	3	1,82133	X
32417	3	1,87733	X
R17	3	2,70733	X
26417	3	3,764	X
26416	3	3,81733	X

Método: 95,0 porcentaje LSD para Cenizas

	Casos	Media	Grupos Homogéneos
26417	3	0,827333	X
32416	3	0,835667	X
32217	3	0,897	X
32417	3	0,912	X
26217	3	0,947667	X
26416	3	0,961	X
R17	3	1,015	X
26216	3	1,067	X
32216	3	1,09467	X
R16	3	1,18233	X
C17	3	1,396	X
C16	3	1,58267	X

APÉNDICE D

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

FECHA:						
NOMBRE DEL PRODUCTO:						
<p>FRENTE A USTED TIENE UNA MUESTRA LA CUAL DEBE PROBARLA Y SEGÚN SUS ATRIBUTOS SENSORIALES MARCAR CON UNA X EL NIVEL DE AGRADO QUE CONSIDERE PARA CADA MUESTRA, EN COMENTARIOS POR FAVOR EXPLICAR EL POR QUÉ DE SU AGRADO O DESAGRADO.</p>						
ESCALA	A171			A174		
	ATRIBUTOS SENSORIALES			ATRIBUTOS SENSORIALES		
	OLOR	SABOR	APARIENCIA	OLOR	SABOR	APARIENCIA
ME GUSTA MUCHO						
ME GUSTA LIGERAMENTE						
NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA						
ME DISGUSTA LIGERAMENTE						
ME DISGUSTA MUCHO						
COMENTARIOS:						

APÉNDICE E

CALIFICACIONES ATRIBUTO OLOR

N. DE JUECES	CÓDIGO		D	D ² i
	A171	A174		
1	4	3	1	1
2	4	2	2	4
3	5	3	2	4
4	4	2	2	4
5	3	4	-1	1
6	5	3	2	4
7	3	2	1	1
8	4	1	3	9
9	5	3	2	4
10	2	2	0	0
11	3	2	1	1
12	5	3	2	4
13	4	2	2	4
14	4	3	1	1
15	5	2	3	9

16	4	2	2	4
17	4	3	1	1
18	3	2	1	1
19	5	4	1	1
20	2	1	1	1
21	5	3	2	4
22	4	3	1	1
23	3	4	-1	1
24	4	2	2	4
25	3	2	1	1
26	3	3	0	0
27	4	2	2	4
28	4	3	1	1
29	5	2	3	9
30	4	3	1	1
SUMATORIA	117	76	41	85
PROMEDIO	3,90	2,53		

APÉNDICE F

CALIFICACIONES ATRIBUTO SABOR

N. DE JUECES	CÓDIGO		D	D ² i
	A171	A174		
1	2	3	-1	1
2	4	2	2	4
3	5	2	3	9
4	4	2	2	4
5	2	1	1	1
6	3	2	1	1
7	5	4	1	1
8	3	3	0	0
9	5	2	3	9
10	2	1	1	1
11	3	3	0	0
12	5	2	3	9
13	5	3	2	4
14	4	3	1	1
15	5	0	5	25

16	3	2	1	1
17	4	3	1	1
18	3	1	2	4
19	5	3	2	4
20	2	1	1	1
21	5	3	2	4
22	5	2	3	9
23	4	3	1	1
24	3	2	1	1
25	3	1	2	4
26	4	1	3	9
27	3	4	-1	1
28	4	2	2	4
29	3	1	2	4
30	5	2	3	9
SUMATORIA	113	64	49	127
PROMEDIO	3,77	2,13		

APÉNDICE G

CALIFICACIONES ATRIBUTO APARIENCIA

N. DE JUECES	CÓDIGO		D	D2i
	INT	TRAT		
1	4	2	-2	4
2	5	3	2	4
3	3	2	1	1
4	4	3	1	1
5	3	2	1	1
6	4	2	2	4
7	4	3	1	1
8	5	3	2	4
9	2	3	-1	1
10	4	3	1	1
11	4	2	2	4
12	3	2	1	1
13	3	3	0	0
14	5	3	2	4
15	3	2	1	1
16	4	2	2	4

17	2	4	-2	4
18	3	2	1	1
19	3	2	1	1
20	5	3	2	4
21	2	3	-1	1
22	4	3	1	1
23	1	5	-4	16
24	3	2	1	1
25	5	3	2	4
26	2	2	0	0
27	3	4	-1	1
28	2	4	-2	4
29	5	2	3	9
30	4	3	1	1
SUMATORIA	104	82	18	84
PROMEDIO	3,47	2,73		

APÉNDICE H

TABLA DE DISTRIBUCIÓN PARA EL TEST T-STUDENT

k \ P	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9995
1	0,158	0,325	0,510	0,727	1,000	1,38	1,96	3,078	6,314	12,71	31,8	63,7	637
2	0,142	0,289	0,445	0,617	0,816	1,06	1,39	1,886	2,920	4,30	6,96	9,92	31,6
3	0,137	0,277	0,424	0,584	0,765	0,978	1,25	1,638	2,353	3,18	4,54	5,84	12,9
4	0,134	0,271	0,414	0,569	0,741	0,941	1,19	1,533	2,132	2,78	3,75	4,60	8,61
5	0,132	0,267	0,408	0,559	0,727	0,920	1,16	1,476	2,015	2,57	3,36	4,03	6,86
6	0,131	0,265	0,404	0,553	0,718	0,906	1,13	1,440	1,943	2,45	3,14	3,71	5,96
7	0,130	0,263	0,402	0,549	0,711	0,896	1,12	1,415	1,895	2,36	3,00	3,50	5,40
8	0,130	0,262	0,399	0,546	0,706	0,889	1,11	1,397	1,860	2,31	2,90	3,36	5,04
9	0,129	0,261	0,398	0,543	0,703	0,883	1,10	1,383	1,833	2,26	2,82	3,25	4,78
10	0,129	0,260	0,397	0,542	0,700	0,879	1,09	1,372	1,812	2,23	2,76	3,17	4,59
11	0,129	0,260	0,396	0,540	0,697	0,876	1,09	1,363	1,796	2,20	2,72	3,11	4,44
12	0,128	0,259	0,395	0,539	0,695	0,873	1,08	1,356	1,782	2,18	2,68	3,06	4,32
13	0,128	0,259	0,394	0,538	0,694	0,870	1,08	1,350	1,771	2,16	2,65	3,01	4,22
14	0,128	0,258	0,393	0,537	0,692	0,868	1,08	1,341	1,761	2,14	2,62	2,98	4,14
15	0,128	0,258	0,393	0,536	0,691	0,866	1,07	1,337	1,753	2,13	2,60	2,95	4,07
16	0,128	0,258	0,392	0,535	0,690	0,865	1,07	1,333	1,746	2,12	2,58	2,92	4,02
17	0,128	0,257	0,392	0,534	0,689	0,863	1,07	1,330	1,740	2,11	2,57	2,90	3,96
18	0,127	0,257	0,392	0,534	0,688	0,862	1,07	1,328	1,734	2,10	2,55	2,88	3,92
19	0,127	0,257	0,391	0,533	0,688	0,861	1,07	1,325	1,729	2,09	2,54	2,86	3,88
20	0,127	0,257	0,391	0,533	0,687	0,860	1,06	1,323	1,725	2,09	2,53	2,84	3,85
21	0,127	0,257	0,391	0,532	0,686	0,859	1,06	1,321	1,721	2,08	2,52	2,83	3,82
22	0,127	0,256	0,390	0,532	0,686	0,858	1,06	1,319	1,717	2,07	2,51	2,82	3,79
23	0,127	0,256	0,390	0,532	0,685	0,858	1,06	1,318	1,714	2,07	2,50	2,81	3,77
24	0,127	0,256	0,390	0,531	0,685	0,857	1,06	1,316	1,711	2,06	2,49	2,80	3,74
25	0,127	0,256	0,390	0,531	0,684	0,856	1,06	1,315	1,708	2,06	2,48	2,79	3,72
26	0,127	0,256	0,390	0,531	0,684	0,856	1,06	1,314	1,706	2,06	2,48	2,78	3,71
27	0,127	0,256	0,389	0,531	0,684	0,855	1,06	1,313	1,703	2,05	2,47	2,77	3,69
28	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,855	1,06	1,311	1,701	2,05	2,47	2,76	3,67
29	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,854	1,05	1,310	1,699	2,04	2,46	2,76	3,66
30	0,127	0,256	0,389	0,530	0,683	0,854	1,05	1,303	1,697	2,04	2,46	2,75	3,65
∞	0,126	0,253	0,385	0,524	0,674	0,842	1,04	1,282	1,645	1,96	2,33	2,58	3,29

P (T ≤ t) para k grados de libertad. Por ejemplo, para k = 2 grados de libertad, P (T ≤ 0,142) = 0,55. P (T ≥ 0,142) = 0,45.

Fuente: ZURITA HERRERA GAUDENCIO, Junio 2008, Probabilidad y Estadística. Fundamentos y aplicaciones. Primera edición.

BIBLIOGRAFÍA

1. DELGADO FREDDY, Arroz del Ecuador. (en línea). Consultados Enero 2015. Disponible en:
http://www.ecuaquimica.com/info_tecnica_arroz.pdf
2. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, Germinación de semillas parte III, Tema 17. (En línea). Consultado: Enero 2015. Disponible en:
http://www.euita.upv.es/varios/biologia/temas/tema_17.htm#Introducción
3. R.C. CHAUDHARY; J.S. NANDA; D.V. TRAN, Guía para identificar las limitaciones en la producción de arroz, Roma , Italia, 2003, (en línea), consultado: Enero 2015, Disponible en:
<http://www.fao.org/docrep/006/Y2778S/y2778s00.htm#Contents>
4. ESTHER SANCHEZ; VIRGINIA CERVANTES, Instituto de Ecología de la UNAM, Germinación de las semillas 1997 (en línea) consultado: Enero 2015, Disponible en:
http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/sec_5.htm

5. InfoagroSystems, S.L. Cultivo de arroz (en línea) consultado; Enero 2015, Disponible en:
<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>

6. INIAP (INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS), Variedades de arroz, (En línea), Consultado: Enero 2015. Disponible en:
http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=346&Itemid=249

7. INIAP (INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS) Variedades de arroz INIAP 11, (En línea), Consultado: Enero 2015. Disponible en:
http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=2&sobi2Id=509&Itemid=

8. INIAP (INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS) Variedades de arroz INIAP 12, (En línea), Consultado: Enero 2015. Disponible en:
http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=2&sobi2Id=595&Itemid=

9. INIAP (INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS) Variedades de arroz INIAP 14, (En línea), Consultado: Enero 2015. Disponible en:
http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=2&sobi2Id=558&Itemid=

10. INIAP (INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS) Variedades de arroz INIAP 15, (En línea), Consultado: Enero 2015. Disponible en:
http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=2&sobi2Id=440&Itemid=

11. INIAP (INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS) Variedades de arroz INIAP 16, (En línea), Consultado: Enero 2015. Disponible en:
http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=2&sobi2Id=345&Itemid=

12. INIAP (INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS) Variedades de arroz INIAP 17, (En línea), Consultado: Enero 2015. Disponible en:

http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=2&sobi2Id=596&Itemid=

13. INIAP (INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS) Variedades de arroz INIAP 18, (En línea), Consultado: Enero 2015. Disponible en:

http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_sobi2&sobi2Task=sobi2Details&catid=2&sobi2Id=269&Itemid=

14. JORGE L. CASTILLO T., Bioquímica de los alimentos. Determinación de Humedad. Consultado Diciembre 2014. Disponible en:

<http://www.monografias.com/trabajos15/determinación-humedad/determinacion-humedad.shtml>

15. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA CHIMBOTE PERU 2014, Determinación de Análisis proximal de productos alimenticios. Consultado enero 2015. Disponible en:

<http://es.slideshare.net/vegabner/determinacin-de-análisis-proximal-de-productos-alimenticios>

16. LABORATORIO DE ALIMENTOS I DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM 2007-2008,

Fundamentos y Técnicas de análisis de Alimentos. Consultado Enero 2014. Disponible en:

<https://www.yumpu.com/es/document/view/16776911/fundamentos-y-tecnicas-de-analisis-de-alimentos-depa-unam>

17. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE VALENCIA, Determinación de proteínas de un alimento por el método kjeldahl, Departamento de tecnología de alimentos. Consultado Enero 2015. Disponible en:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinaci%C3%B3n%20de%20proteinas.pdf?sequence=1>

18. DEPÓSITOS DE DOCUMENTOS DE LA FAO, Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición. Capítulo 16. Consultado Febrero 2015. Disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/ah833s18.htm>

19. INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE, Procedimiento para determinar fibra dietética total. Método Enzimático – Gravimétrico. Consultado Enero del 2015. Disponible en:

http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente%20pdf/fibradietaria.pdf

20. PATRICIO CÁCERES, Tesis Doctoral, Estudio del efecto de la germinación en el contenido de GABA y Oryzanol en variedades de arroz Ecuatoriano, Madrid, 2012, Universidad Autónoma de Madrid.

21. ANZALDÚA MORALES ANTONIO, 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza España.

Disponible en:

https://es.wikibooks.org/wiki/An%C3%A1lisis_Sensorial_de_Alimentos