

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**CINÉTICA DE PRECOCCIÓN DE TRES VARIEDADES  
DE ARROZ (*Oryza sativa*) Y CARACTERÍSTICAS  
FISICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO**

**Autor: Bach. Leandro Alexander Vera Julon**

**Asesor: Dr. Miguel Angel Barrena Gurbillón**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**CINÉTICA DE PRECOCCIÓN DE TRES VARIEDADES  
DE ARROZ (*Oryza sativa*) Y CARACTERÍSTICAS  
FISICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO**

**Autor: Bach. Leandro Alexander Vera Julon**

**Asesor: Dr. Miguel Angel Barrena Gurbillón**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A Dios por la fuente de vida y sabiduría, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre Rosalina Julon Requejo por su amor y haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me permite ser persona de bien.

A mi padre Teofilo Vera Estela por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me han infundado siempre y por el valor mostrado para salir adelante.

A mis hermanos Areli Vanesa y Kelvin Teofilo Vera Julon por estar conmigo apoyándome siempre, los estimo mucho.

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, a los docentes de la Facultad de Ingeniería y ciencias agrarias, de manera especial a los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial por su empeño y esfuerzo que me brindaron durante mis estudios.
  
- A mis padres por darme el apoyo incondicional durante el transcurso de mi carrera profesional la cual lo llevo con mucho orgullo.
  
- A mis amigos y compañeros de estudios, Miguel Angel, José Luis, Elita Mercedes, Luz Mirelly, Yessica del Pilar, Edelmira, Sandy Betsabe, Jhosep, Keyla Militza, Marleny Almendra, Rosa del Pilar y Rosa Nardy por cooperar con el compañerismo y amistad durante el desarrollo de mi carrera y compartir buenos y malos momentos.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Dr. Policarpio Chauca Valqui  
Rector**

**Dr. Miguel Angel Barrena Gurbillón  
Vicerrector Académico**

**Dra. Flor Teresa García Huaman  
Vicerrector de Investigación**

**Msc. Erick Aldo Auquiñivin Silva  
Decano de la FICA**

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS

El docente adscrito a la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, **Dr. Miguel Angel Barrena Gurbillón** otorga su Visto Bueno:

A la tesis titulada “CINÉTICA DE PRECOCCIÓN DE TRES VARIEDADES DE ARROZ (*Oryza sativa*) Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO” realizado por el **Bach. Leandro Alexander Vera Julon**, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial; que sea presentada al jurado evaluador, comprometiéndose a brindar su apoyo para el levantamiento de observaciones y la sustentación correspondiente.

Chachapoyas, febrero del 2019

---

**Dr. Miguel Angel Barrena Gurbillón**  
**Docente Principal**

**JURADO EVALUADOR**

---

**Ms. Segundo Victor Olivares Muñoz**  
**PRESIDENTE**

---

**Ms. Ralph Rivera Botonares**  
**SECRETARIO**

---

**Ms. Segundo Manuel Oliva Cruz**  
**VOCAL**



**ANEXO 3-K**

**DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO DE TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

Yo Leandro Alexander Vera Julon  
identificado con DNI N° 73059323 Estudiante( )/Egresado (X) de la Escuela Profesional de  
Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de:  
Ingeniería y Ciencias Agrarias  
de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

**DECLARO BAJO JURAMENTO QUE:**

1. Soy autor de la Tesis titulada: Cinetica de precocion de tres variedades de  
arroz (Oryza sativa) y características fisicoquímicas del producto.



que presento para  
obtener el Título Profesional de: Ingeniero Agroindustrial

2. La Tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, y para su realización se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La Tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La Tesis presentada no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. La información presentada es real y no ha sido falsificada, ni duplicada, ni copiada.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo toda responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la Tesis para obtener el Título Profesional, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para la UNTRM en favor de terceros por motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la Tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la Tesis para obtener el Título Profesional haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones civiles y penales que de mi acción se deriven.

Chachapoyas, 14 de Febrero del 2019

[Firma]  
Firma de(a) tesista





**ANEXO 3-N**

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 13 de marzo del año 2019, siendo las 9:00 horas, el aspirante Leandro Alexander Vera Jubón defiende en sesión pública la Tesis titulada: Química de precocción de tres variedades de arroz (Oryza sativa) y características fisicoquímicas del producto

para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente : Ing. Segundo Víctor Olivares Muñoz  
Secretario : Mr. Ralph Stein Rivera Botonares  
Vocal : Mr. Segundo Manuel Oliva Cruz



Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (  )                      Desaprobado (  )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 9:50 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

[Signature]  
SECRETARIO

[Signature]  
VOCAL

[Signature]  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES: .....

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS .....	iv
JURADO EVALUADOR.....	v
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO .....	vi
ACTA DE SUSTENTACIÓN .....	vii
ÍNDICE GENERAL .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	6
2.1. Ubicación.....	6
2.2. Descripción del área de estudio .....	7
2.3. Acondicionamiento de las variedades de arroz .....	7
2.4. Dimensiones del arroz en estado precocido .....	7
2.5. Cinética de precocción .....	8
2.6. Aplicación del método de Peleg y análisis estadístico .....	9
2.7. Análisis fisicoquímico .....	11
2.8. Diseño experimental .....	12
III. RESULTADOS .....	13
3.1. Propiedades fisicoquímicas .....	13
3.2. Cinética de precocción .....	17
3.3. Aplicación del método de Peleg .....	21
IV. DISCUSIÓN .....	23
V. CONCLUSIONES .....	26
VI. RECOMENDACIONES.....	27
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
ANEXOS .....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Tendencias de producción, oferta, utilización y comercio de arroz a nivel mundial. Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2018).....	2
<b>Tabla 2.</b> Propiedades físicas de tres variedades de arroz .....	13
<b>Tabla 3.</b> Análisis de varianza para K1 – Diseño de bloques completamente al azar.....	21
<b>Tabla 4.</b> Pruebas de múltiple Rango para K1 por variedad con 95% de confianza. ....	21
<b>Tabla 5.</b> Comparación múltiple entre medias de K1 en cada variedad de precocción ..	22
<b>Tabla 6.</b> Datos obtenidos de la medición del potencial de hidrógeno en cada tratamiento. ....	32
<b>Tabla 7.</b> Datos obtenidos del porcentaje de carbohidratos del arroz precocido en cada tratamiento. ....	32
<b>Tabla 8.</b> Datos obtenidos del porcentaje de proteínas del arroz precocido en cada tratamiento. ....	33
<b>Tabla 9.</b> Datos obtenidos del porcentaje de lípidos del arroz precocido en cada tratamiento. ....	33
<b>Tabla 10.</b> Datos obtenidos del porcentaje de cenizas del arroz precocido en cada tratamiento. ....	34
<b>Tabla 11.</b> Datos obtenidos de la cantidad de energía en calorías del arroz precocido en cada tratamiento. ....	34
<b>Tabla 12.</b> Datos obtenidos del volumen en milímetros cúbicos de los granos del arroz precocido en cada tratamiento. ....	35
<b>Tabla 13.</b> Datos obtenidos de la superficie de los granos del arroz precocido en cada tratamiento. ....	35
<b>Tabla 14.</b> Datos obtenidos del diámetro aritmético de los granos del arroz precocido en cada tratamiento. ....	36
<b>Tabla 15.</b> Datos obtenidos de la altura de los granos del arroz precocido en cada tratamiento. ....	36
<b>Tabla 16.</b> Datos obtenidos de la longitud de los granos del arroz precocido en cada tratamiento. ....	37
<b>Tabla 17.</b> Datos obtenidos del ancho de los granos del arroz precocido en cada tratamiento. ....	37
<b>Tabla 18.</b> Datos obtenidos del porcentaje de humedad del arroz precocido en cada tratamiento. ....	38

<b>Tabla 19.</b> Resumen de las medias de todas las propiedades físicas y fisicoquímicas del arroz precocido en cada tratamiento. ....	38
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Tendencias de producción de arroz a nivel mundial. Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2018).....	1
<b>Figura 2.</b> Mapa de la provincia de Utcubamba, y distrito de Cajaruro.....	6
<b>Figura 3.</b> Longitud en milímetros de los granos de arroz precocido para cada tratamiento. ....	14
<b>Figura 4.</b> Ancho en milímetros de los granos de arroz precocido en cada tratamiento.	14
<b>Figura 5.</b> Altura en milímetros de los granos de arroz precocido en cada tratamiento.	15
<b>Figura 6.</b> Diámetro aritmético en milímetros de los granos de arroz precocido en cada tratamiento. ....	15
<b>Figura 7.</b> Superficie en milímetros cuadrados de los granos de arroz precocido en cada tratamiento. ....	16
<b>Figura 8.</b> Volumen en milímetros cúbicos de los granos de arroz precocido en cada tratamiento. ....	16
<b>Figura 9.</b> Porcentaje de humedad del arroz en función del tiempo de precocción de las diferentes variedades para cada tratamiento. ....	17
<b>Figura 10.</b> Potencial de iones de hidrogeno (pH) del arroz precocido para cada tratamiento. ....	18
<b>Figura 11.</b> Porcentaje de carbohidratos del arroz precocido para cada tratamiento. ....	18
<b>Figura 12.</b> Porcentaje de proteínas del arroz precocido para cada tratamiento. ....	19
<b>Figura 13.</b> Porcentaje de lípidos del arroz precocido para cada tratamiento. ....	19
<b>Figura 14.</b> Porcentaje de cenizas del arroz precocido para cada tratamiento. ....	20
<b>Figura 15.</b> Calorías de energía del arroz precocido para cada tratamiento.....	20
<b>Figura 16.</b> Características técnicas del autoclave. ....	39
<b>Figura 17.</b> Titulación para determinar el porcentaje de proteínas en cada tratamiento.	40
<b>Figura 18.</b> Extracción de lípidos en el equipo Soxhlet para determinar el porcentaje de lípidos en cada tratamiento. ....	41
<b>Figura 19.</b> Digestión para determinar el porcentaje de proteínas en cada tratamiento..	42
<b>Figura 20.</b> Digestión para determinar el porcentaje de proteínas en cada tratamiento..	43
<b>Figura 21.</b> Pesado para determinar el porcentaje de lípidos en cada tratamiento.....	44
<b>Figura 22.</b> Tesista realizando el proceso de comparación de lípidos en los tratamientos. ....	45
<b>Figura 23.</b> Tesista evaluando las comparaciones de las cantidades de proteínas en el equipo Kjeldahl.....	46

## RESUMEN

El arroz en la actualidad es el tercer producto más cultivado a nivel de la región Amazonas y es de vital importancia para sostener la economía de más de un tercio de pobladores de la región, para lo cual es necesario realizar la innovación de productos del mismo lugar; el objetivo de la investigación fue determinar la cinética de precocción de tres variedades de arroz (*Oryza sativa*) y características fisicoquímicas del producto, para lo cual se ejecutó un experimento con un diseño factorial  $3^3$  donde el factor A fue la variedad de arroz (Nir, Esperanza y Moro), el factor B fue la temperatura de precocción (100°C, 105°C y 110°C) y el factor C fue el tiempo de precocción (2 min, 3 min y 4 min); se empleó 100 gramos de arroz por cada tratamiento sometido al proceso de precocción en un miniautoclave con una fracción de agua/arroz de 75 mL/100gramos para luego determinar las propiedades fisicoquímicas, y la cinética de precocción mediante el modelo matemático de Peleg en el cual se determinó que el mejor tratamiento es la variedad Esperanza con la menor tendencia de cambio en sus propiedades fisicoquímicas con una precocción a 100°C por 2 minutos; además la temperatura de gelatinización óptima debe ser mayor de 80°C lo para que se conserve el contenido de amilosa y el arroz no se vuelva blando y tienda a desintegrarse cuando se cocina; el factor con mayor nivel de significancia es la variedad con un P-Valor de 0.009.

**Palabras claves:** Arroz, cinética, precocción, propiedades fisicoquímicas, Nir, Esperanza, Moro, calidad, variedades.

## ABSTRACT

Rice is currently the third most cultivated product in the Amazon region and is of vital importance to sustain the economy of more than a third of the region's inhabitants, for which it is necessary to carry out the innovation of products from the same place ; the objective of the research was to determine the kinetics of precooking of three varieties of rice (*Oryza sativa*) and physicochemical characteristics of the product, for which an experiment was carried out with a factorial design 33 where the A factor was the rice variety (Nir, Esperanza and Moro), factor B was the precooking temperature (100 ° C, 105 ° C and 110 ° C) and factor C was the precooking time (2 min, 3 min and 4 min); 100 grams of rice were used for each treatment subjected to the precooking process in a mini-autoclave with a water / rice fraction of 75 mL / 100 grams to determine the physicochemical properties, and the kinetics of precooking using the mathematical model of Peleg in which it was determined that the best treatment is the Esperanza variety with the least tendency of change in its physicochemical properties with precooking at 100 ° C for 2 minutes; in addition, the optimum gelatinization temperature must be greater than 80°C so that the amylose content is conserved and the rice does not become soft and tends to disintegrate when cooked; The factor with the highest level of significance is the variety with a P-Value of 0.009.

**Keywords:** Rice, kinetics, production, physicochemical properties, Nir, Esperanza, Moro, quality, varieties.

## I. INTRODUCCIÓN

El arroz en la actualidad es uno de los productos agrícolas más consumidos a nivel mundial, los países que más lo consumen son Brasil, Japón, India China; por lo tanto, la industria de este producto está en un aumento muy progresivo durante los últimos años. Dentro de los parámetros de calidad en la producción se tiene muy en cuenta a las propiedades físicas y químicas ya que en los mercados más exigentes del mundo estas son de fundamental importancia para poder comercializarse con una estricta normativa (FAO, 2018).



**Figura 1.** Tendencias de producción de arroz a nivel mundial. Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2018).

Los sistemas de investigación en alimentos (arroz) tienen como uno de sus objetivos realizar innovaciones, y en la presente investigación se elaborará un producto precocido, de tal manera que pueda estar disponible para su consumo rápido, con un tiempo de cocción de 4 a 5 minutos. Además, este proceso puede ser automatizado para poder producir a grandes volúmenes debido a la producción agrícola en general.



**Tabla 1.** Tendencias de producción, oferta, utilización y comercio de arroz a nivel mundial. Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO, 2018).

<b>RESUMEN DEL MERCADO MUNDIAL DE ARROZ</b>				
	2016-17	2017-18	2018-19	2018-19/2017-18
		pronost.	pronost.	var.
	Millones de toneladas, equiv. Arroz elaborado			%
Producción	501.2	503.9	510.6	0.3
Oferta	713.2	721.4	730	1.2
Utilización	498.2	503.9	509.1	1
Consumo humano	400.6	405.8	411.7	1.5
Piensos	17.8	17.3	16.4	-5.7
Otros usos	79.9	80.8	81	0.4
Comercio	48.1	47.6	47.2	-0.9
Existencias finales	169.1	170.9	172.9	1.2
Relación existencias mundiales/utilización	33.6	33.6	33.5	-
Relación existencias de los principios exportadores/desaparición	18.7	17.2	17.4	-

De acuerdo con la FAO (2018), la producción mundial de arroz en el año 2017 ha aumentado en 2,9 millones de toneladas a 759,6 millones de toneladas (503,9 millones de toneladas de arroz elaborado). A este nivel, la producción mundial superaría el récord de 2016 en un modesto 0,6 por ciento o 4,5 millones de toneladas. La producción estimada de arroz con cáscara (paddy) en el mundo del año 2011 al 2012 fue 721,4 millones de toneladas, lo que corresponde a 481,2 toneladas de arroz pilado. De esta cantidad, los países asiáticos representan 652,7 millones de toneladas (435,5 millones de toneladas de arroz pilado), que es aproximadamente el 90% del total de la producción mundial. China e India representan 200,78 millones de toneladas (137,5 millones de toneladas de arroz pilado) y 154.5 millones de toneladas (103 millones de toneladas de arroz pilado), respectivamente.

En el Perú, se cultivan un total de trece variedades de arroz, tales como NIR-1, que es una de las variedades que más se siembra en los valles de climas tropicales de la selva peruana, contando con una producción muy eficiente y consagrándose como una variedad líder a nivel nacional. Teniendo un rendimiento de pila de 59%

grano entero y 10% de grano quebrado, tiene calidad culinaria muy buena. La variedad Esperanza es muy precoz y con un alto potencial en rendimiento, permite a los agricultores reducir el consumo de agua y a la vez sus costos de producción, gracias a que su cultivo lleva menos tiempo, por otro lado, destaca mucho en peso y el tamaño de los granos de esta variedad comparada con otras, en parcelas experimentales ha llegado a producir un promedio de 15 toneladas de arroz en cáscara por hectárea. Entre otras variedades de las más comunes tenemos al arroz Moro y Capirona que son los que más se siembran en la selva alta irrigada como el valle del Utcubamba en general (Minagri, 2016).

El arroz contiene vitaminas tales como tiamina, riboflavina y niacina. El arroz en cáscara es rico en fibra dietética. El arroz también contiene altas cantidades de ácido glutámico y ácido aspártico y pequeñas cantidades de lisina (Infoalimentación, 2017).

Las propiedades fisicoquímicas del arroz tienen una gran importancia debido a que para este producto se realiza el diseño, dimensionamiento, fabricación y operación de los diferentes equipos usados en el procesamiento de pre-cocción, así como la compra y venta de arroz dependen también de sus características físicas y químicas (Alfonso, 2001; Silva y Correa, 2000).

Calle (2017), realizó un estudio de la cinética de hidratación de arroz tipo senia blanco e integral y determinó que la temperatura de gelatinización del almidón es superior a los 65°C y en estas condiciones se incrementa la capacidad de absorción del agua y realiza un cambio que tiene diferencias significativas por el efecto del tipo de arroz. Además, de ello la velocidad de absorción depende netamente del grado de temperatura y del tipo de arroz, mientras que la capacidad de absorción tiene un efecto dependiente de la temperatura.

Kashaninejad, Maghouldlou, Rafiee y Khomeiri (2007), determinaron que la temperatura de remojo es un factor importante. Una temperatura de remojo más alta da como resultado un tiempo de remojo más corto.

Perez (2012), concluyó que el efecto de la temperatura de cocción del arroz tiene una influencia significativa sobre las características fisicoquímicas y organolépticas; además, cuando se eleva las presiones en el proceso de cocción de arroz no hay cambios significativos en las características fisicoquímicas y

organolépticas; además de ello indica que el uso de la tecnología de altas presiones mediante microondas en la precocción se usa para la cocción rápida.

Cotrina y Anghisam (2015), realizaron una comparación de las propiedades físicas de tres variedades de arroz en función al tiempo y temperatura de cocción en la cual concluyeron que varían en función a la temperatura de cocción del arroz en todos los tratamientos que se había realizado.

Zhang, y otros (2017) concluyeron en su trabajo sobre diferentes efectos de extrusión en los perfiles fenólicos y actividad antioxidante en fracciones de arroz integral, que en el proceso de precocción, los perfiles fenólicos y la actividad oxidante tienden a aumentar o disminuir.

En la actualidad, de acuerdo a los diferentes tipos de métodos que se usa para la cocción de arroz, la eficiencia de los equipos tecnológicos puede variar de 10 a 25% para la cocción convencional hasta niveles de 80% para los dispositivos de cocción térmicamente eficientes. En países en vías de desarrollo donde el 85% de la población residen, el método de cocción en recipiente abierto es el proceso más utilizado para cocinar (Moreno y Alarcon, 2010).

La cinética de absorción de agua en la etapa de precocción del arroz tiene una variación directa a la razón másica de agua (g agua/g ss), el tiempo que los granos de arroz sometidos a temperaturas de cocción superiores a 65°C, se puede observar que es mayor es la temperatura de cocción de arroz y mayor es el nivel de humedad final alcanzada por los granos de arroz. Durante la cocción del arroz se produce esencialmente la gelatinización e hinchamiento de los gránulos de almidón del endospermo del mismo, siendo el grado de hinchamiento dependiente de la temperatura (Colina et al, 2009).

Calle (2017), evaluó la capacidad de absorción de agua de los granos en una etapa de precocción con exceso de agua a diferentes temperaturas. Para ello usó 25g de arroz previamente sometidos a una etapa de remojo durante 20 minutos a una temperatura de 55°C, se colocaron en vasos de precipitado junto con agua destilada en una proporción en un baño previamente termostatado. A intervalos de tiempo controlados (2, 4, 6, 8,10,15 y 20 minutos) se sacó una muestra de arroz para determinar su contenido en humedad. Inmediatamente después de sacar los granos del baño se enfriaron para detener la cocción y se secaron superficialmente.

El contenido en humedad de las muestras se analizó por el método gravimétrico. El proceso de precocción se evaluó a diferentes temperaturas del baño (65, 70, 75, 85, 95 y 100°C). Todos los análisis se realizaron por triplicado en los dos tipos de arroz (blanco e integral).

La importancia del cambio de las propiedades físicas y la cinética de hidratación en el proceso de precocción son fundamentales ya que de estas depende la calidad de este producto, la aceptación del producto a la hora de consumirse y los métodos de conservación que se utilizan en la industria del arroz precocido en la actualidad. Los nuevos hábitos de consumo exigen tiempos cortos de cocinado, pero el mercado de arroces precocinados ha tardado más en desarrollarse que en otros productos, puesto que el arroz al cocinarse adquiere unas propiedades difíciles de conservar. No obstante, el empleo de nuevas formas de conservación y su adaptación al mundo del arroz, ha permitido la investigación en el desarrollo de nuevos productos, tales como arroz vaporizado, arroz hervido envasado, arroz sancochado, congelado, arroz de cocción rápida (Infoalimentación, 2017).

La cocción del arroz produce esencialmente la gelatinización e hinchamiento de los gránulos de almidón del endospermo del mismo. En esta etapa es deseable obtener un alto porcentaje de gelatinización, una absorción de agua moderada (50-75%) y un porcentaje de incremento de volumen de moderado a alto (70-100%), para que el secado sea óptimo y la calidad del arroz de cocción rápida sea superior (Roberts *et al.*, 1980; Juliano, 1985; Smith *et al.*, 1985)

La vaporización del arroz bajo presión en un autoclave incrementa la velocidad de gelatinización y disminuye el tiempo de cocción (Smith *et al.*, 1985).

Por lo tanto, en este trabajo el objetivo fue determinar el mejor tratamiento de arroz precocido mediante la cinética de precocción de tres variedades de arroz (Nir, Esperanza y Moro) y la variación de sus características fisicoquímicas del producto, aplicando el método de Peleg con un DBCA y un diseño factorial de 3<sup>k</sup>.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Ubicación

Los granos de las tres variedades de Arroz (*Oryza sativa*) fueron extraídos de los valles del Utcubamba, provincia Utcubamba, distrito Cajaruro. Las variedades estudiadas fueron Nir, Esperanza y Moro; fueron seleccionadas debido a la alta cantidad de superficie sembrada, además la variedad Moro es propia de dicha localidad. El arroz fue obtenido para ser pilado, seleccionado y clasificado, recepcionando muestras de calidad extra superior en bolsas de polietileno de baja densidad. Los granos de las variedades estudiadas provenían de cosechas recientes.



**Figura 2.** Mapa de la provincia de Utcubamba, y distrito de Cajaruro

## 2.2. Descripción del área de estudio

El distrito de Cajaruro se encuentra ubicado en la provincia de Utcubamba, región Amazonas la cual está al norte del Perú. Para el presente estudio se tomó como área de estudio a todo el valle del Utcubamba ya que es la zona donde se produce mayor cantidad de arroz; este producto es el tercero más cultivado en toda la región con unas 26 mil 164 toneladas producidas en el año 2017 y unas 34 mil 93 toneladas en el año 2018, además el distrito de Cajaruro produce en mayor cantidad las variedades Nir, Esperanza y Moro.

## 2.3. Acondicionamiento de las variedades de arroz

Las variedades fueron Nir, Esperanza y Moro de una calidad extra superior, fueron seleccionadas debido a la alta cantidad de arroz que se produce en el norte de la región. Los granos fueron obtenidos de un molino plato rico, fueron pilados, seleccionados y clasificados, se envasaron en bolsas de polietileno de baja densidad.

## 2.4. Dimensiones del arroz en estado precocido

Se realizó la selección al azar de 81 granos de cada variedad en estado precocido, para determinar su longitud ( $l$ ), ancho ( $w$ ) y espesor ( $d$ ), usando un vernier profesional con los datos obtenidos de las dos dimensiones lineales se determinó el diámetro medio aritmético ( $Am$ ), el diámetro medio geométrico ( $Gm$ ), el diámetro cuadrado ( $Sm$ ) y el radio equivalente ( $r$ ), para cuerpos elipsoidales, utilizando las relaciones de (Galedar, 2008; Mohsenin, 1980).

$$Gm = (l \cdot w \cdot d)^{1/3} \dots\dots\dots Ec. (1)$$

$$Am = \frac{l+w+d}{3} \dots\dots\dots Ec. (2)$$

$$Sm = \left(\frac{l \cdot w + w \cdot d + l \cdot d}{3}\right)^{1/3} \dots\dots\dots Ec. (3)$$

$$r = \frac{1}{2} \left(\frac{Gm+Sm+Am}{3}\right) \dots\dots\dots Ec. (4)$$

La relación de aspecto  $R_a$  se calculó aplicando la siguiente relación dada por Maduako y Faborode (1990).

$$R_a = (w/l) \dots\dots\dots Ec. (5)$$

El área se superficie (A) (mm<sup>2</sup>), de los granos se calculó usando la relación de Mohsenin (1980) y reportado como promedio de ochenta y uno granos de arroz por cada variedad.

$$A = \frac{\pi.w.l^2}{2l-w} \dots\dots\dots Ec. (6)$$

El volumen (V) (mm<sup>3</sup>), de los granos se calculó utilizando la relación de Mohsenin (1980) y reportado como promedio de ochenta y uno granos de cada variedad

$$V = \frac{\pi.w^2.l^2}{6(2l-3)} \dots\dots\dots Ec. (7)$$

## 2.5. Cinética de precocción

De las muestras de granos de arroz se pesaron 100 gramos de cada variedad y con una fracción de 75 mililitros de agua, se sometieron a un proceso de precocción en un autoclave a temperaturas de 100, 105 y 110°C a diferentes tiempos de 2 minutos, 3 minutos y 4 minutos. Todo el proceso experimental se realizó por triplicado para luego poder ser secado en una estufa a una temperatura de 45°C para que pierda humedad y el producto no tenga ataques microbiológicos de carácter patógeno como hongos principalmente. Luego se pesó 2 gr de arroz por cada variedad para medir la humedad por el método de balanza de humedad, teniendo en cuenta que el producto tenga una humedad por debajo del 12%. De acuerdo, con la temperatura de gelatinización, las variedades se clasifican en: baja con temperatura de gelatinización por debajo de 80°C; intermedia con temperaturas de gelatinización entre 80 y 100°C; altas con temperaturas por encima de 100°C. Las variedades o líneas con temperatura alta de gelatinización parecen contener bajo contenido de amilosa, lo que hace que sean pegajosas al cocinarse. El arroz que tiene una temperatura de gelatinización alta se vuelve excesivamente blando y tiende a desintegrarse cuando se cocina demasiado y a la vez se expanden menos que aquellos con temperaturas bajas o intermedias; además, rinden menos después de ser cocidos (Martínez y Cuevas 1989).

En el intervalo de tiempo que se tuvo antes de poner a secar los granos de arroz se extraen las muestras para que sean medidas las dimensiones de cada uno de ellos por un lapso de 10 minutos aproximadamente, así para mantener la relación grano-

agua constante. Los granos se secaron superficialmente con papel absorbente con el fin de eliminar el agua de la superficie que no ha sido absorbida por el grano.

## 2.6. Aplicación del método de Peleg y análisis estadístico

Los parámetros fueron modelados y evaluados en función de las variedades de arroz usando el modelo de Peleg reportado por Jideani y Mpotokwana (2009). Con las funciones matemáticas señaladas en las ecuaciones 1 hasta 7. Los datos se ajustaron con un nivel de confianza del 95% utilizando el ANOVA Multifactorial en software estadístico SPSS versión 25.

La ecuación de Peleg, es el modelo empírico más utilizado para describir el fenómeno de modelamientos matemáticos y cinética de productos alimenticios. Consiste en un modelo de dos parámetros ( $K_1$  y  $K_2$ ). La ecuación de Peleg se describe en las siguientes ecuaciones.

$$M_t = M_0 \pm \frac{t}{K_1 + K_2 \cdot t} \dots \dots \dots \text{Ec. (8)}$$

Donde  $M_t$ : Contenido de humedad en un tiempo determinado de precocción

$M_0$ : Contenido inicial de humedad

$T$ : Tiempo de precocción

$K_1$ : Tasa constante de Peleg

$K_2$ : Capacidad constante de Peleg

Además, en este caso “±” se convierte en “+” si el proceso es la absorción o adsorción y “-” si el proceso es secado o desorción. La tasa de adsorción ( $R$ ) puede ser obtenida a partir de la primera ecuación derivada de Peleg.

$$R = \frac{dM}{dT} = \pm \frac{K_1}{(K_1 + K_2)^2} \dots \dots \dots \text{Ec. (9)}$$

La tasa de Peleg constante  $K_1$  se refiere a la tasa de adsorción inicial de precocción.

$$R = \frac{dM}{dT} = \pm \frac{1}{k_1} \dots \dots \dots \text{Ec. (10)}$$



La capacidad de Peleg (1988), constante K2 se refiere al máximo contenido de humedad posible. En la ecuación inicial nos da la relación entre el contenido de humedad de equilibrio.

$$M_{\infty} = M_{\varepsilon} = M \pm \frac{1}{K_1} \dots \dots \dots \text{Ec. (11)}$$

Donde M $\varepsilon$ : Contenido de humedad en equilibrio. La linealización de la ecuación inicial da:

$$\frac{t}{M_{\tau} - M_0} = K_1 + K_2 * t \dots \dots \dots \text{Ec. (12)}$$

La ecuación de Peleg es aplicable al segmento curvilíneo de la curva de adsorción y la relación de K2 se puede utilizar para predecir el equilibrio con el contenido de humedad (Sopade, 1992) indicaron que K1 puede ser comparado con un coeficiente de difusión y la ecuación de Arrhenius podría ser utilizada para descubrir la dependencia de la temperatura de la relación K1 constante de Peleg de la siguiente manera.

$$\ln \left( \frac{1}{K_1} \right) = \ln K_{ref} + \left[ \frac{Ea}{R} \right] \left[ \frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T} \right] \dots \dots \dots \text{Ec. (13)}$$

Donde Kref: Constante de hidratación de referencia a una temperatura de referencia.

Ea: Energía de activación

R: Constante universal de los gases

T: temperatura de precocción y Tref: Temperatura de referencia respectivamente. Con el fin de minimizar la colinealidad a una temperatura referencial de 105°C, que es el promedio de la temperatura de precocción (Gowen, 2007).

$$\frac{1}{K_1} = (K_{ref})^{\left[ \frac{-Ea}{R} \left( \frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T} \right) \right]} \dots \dots \dots \text{Ec. (14)}$$

Cuando  $\ln \frac{1}{K_1}$  se representa frente  $\left[ \frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T} \right]$ , una línea recta con una pendiente determinada que se obtiene a partir del cálculo de la energía de activación y sensibilidad de la constante con la temperatura puede ser evaluada (Jideani, 2009).

## 2.7. Análisis fisicoquímico

### - **Proteínas**

Se determinó el porcentaje (%) de nitrógeno contenido en la muestra, realizándose por el método Kjeldahl, utilizando el equipo Kjeldahl Pro Nitro Selecta del Laboratorio de Tecnología Agroindustrial de la UNTRM.

### - **Potencial de hidrógeno (pH)**

Se realizó utilizando un pHmetro OAKTON pH450 calibrado con solución buffer de pH 4 y solución buffer de pH 7. Se debe tener en cuenta que las muestras fueron de 1 gr de arroz precocido, molido al que se le adicionó 1 mililitro de agua destilada.

### - **Lípidos**

La extracción se realizó con el equipo Soxhlet Det Gras Selecta N H.W. Kassel S.A.C. del Laboratorio de Tecnología Agroindustrial de la UNTRM.

### - **Cenizas**

Se realizó la incineración en una cocina semiindustrial, para luego pasar a la mufla a una temperatura de 500°C con lo que se determinó la cantidad total de cenizas por diferencias de peso, empleando una balanza analítica.

### - **Humedad**

Las mediciones de humedades se realizaron con la balanza de humedad para todas las variedades de arroz estudiadas.

### - **Carbohidratos**

La determinación de los carbohidratos se realizó con la siguiente fórmula:

$$100\% = \text{Carbohidratos} + \text{lípidos} + \text{proteínas} + \text{humedad} + \text{cenizas}$$

Formula reportada por (Joana, *et al.* 2008)

### - **Energía**

La determinación de la energía en calorías se realizó con la siguiente ecuación:

$$\text{Energía total} = 9 * (\text{Lípidos}) + 4 * (\text{Proteínas}) + 4 * (\text{Carbohidratos})$$

Formula reportada por (Joana, *et al.* 2008)

## 2.8. Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó para realizar la investigación es un DBCA (Diseño de Bloques Completamente al Azar) con un diseño factorial  $3^k$  con un arreglo de 3A x 3B x 3C, donde A es la variedad de arroz (A1: variedad Nir, A2: variedad Esperanza y A3: variedad Moro), B el tiempo de precocción (B1: 2 minutos, B2: 3 minutos y B3: 4 minutos) y C es la temperatura de precocción (C1: 100°C, C2: 105°C y C3: 110°C). Para las comparaciones de medidas de los tratamientos se empleó la prueba de Tukey al 95 % de confianza. Además, se utilizó el diseño factorial de  $3^k$  por el motivo que en la investigación se tiene 3 factores y se evalúa en función de ellos la variación de las propiedades físicas y fisicoquímicas para poder determinar el mejor tratamiento.

El modelo lineal aditivo es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

$i = 1, 2, 3$  (Niveles de factor variedad)

$j = 1, 2, 3$  (Niveles de factor temperatura)

$k = 1, 2, 3$  (Niveles de tiempo)

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Variables de respuesta

$\mu$  = Constante media poblacional a la cual pertenece las observaciones.

$A_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor de variedad

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo nivel de factor de temperatura

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción del  $i$ -ésimo nivel de factor de variedad con el  $j$ -ésimo nivel de factor de temperatura.

$\gamma_k$  = Efecto del  $k$ -ésimo nivel de factor de tiempo

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto del error experimental

Diseño de la investigación:

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
100°C 2'	100°C 3'	100°C 4'	105°C 2'	105°C 3'	105°C 4'	110°C 2'	110°C 3'	110°C 4'

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Propiedades fisicoquímicas

Los valores de la Tabla 2 son promedios de todas las dimensiones del arroz en estado de precocción en todas las muestras realizadas en el laboratorio.

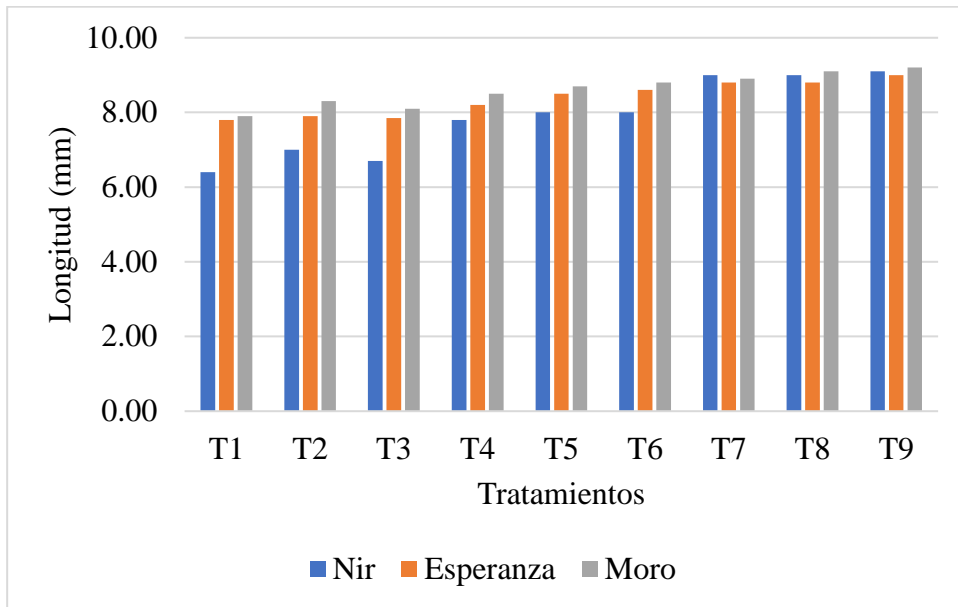
Debido a la importancia que tiene el tamaño de los granos de arroz en estado de precocción, de acuerdo a la calidad en las variedades de arroz se determinaron longitud, ancho, altura, diámetro equivalente, diámetro aritmético, superficie, volumen y humedad a las variedades de las mismas que se presentan; determina que la variedad Esperanza en estado de precocción tiene las dimensiones más altas con una longitud de 8,53 mm, ancho 2,7 mm, altura 1.88 mm, diámetro 4.37, superficie 43.03 mm<sup>2</sup>, volumen 19.85 mm<sup>3</sup>.

**Tabla 2.** Propiedades físicas de tres variedades de arroz

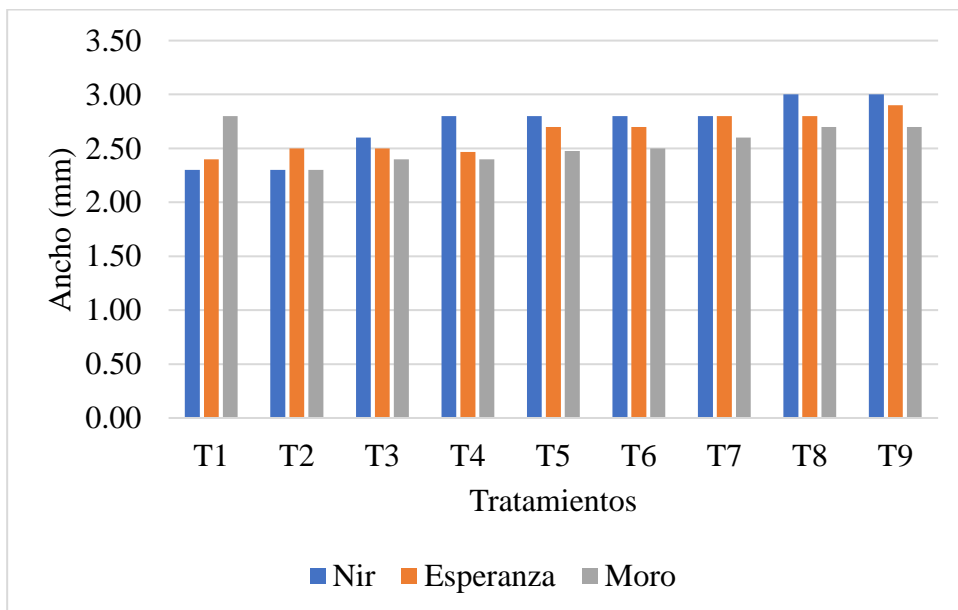
<b>Valores máximos de las propiedades físicas</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Nir</b>	<b>Esperanza</b>	<b>Moro</b>
Longitud(mm)	9.10	9.00	9.20
Ancho(mm)	3.00	2.90	2.70
Altura(mm)	2.00	2.10	2.10
Diámetro Aritmético(mm)	4.70	4.67	4.67
Superficie(mm <sup>2</sup> )	51.35	48.87	45.73
Volumen(mm <sup>3</sup> )	25.67	21.77	20.80
Humedad (%)	11.14	10.60	10.45

Las tendencias de cambio del arroz en estado precocido, las dimensiones se presentan en las figuras 2 a la 7.

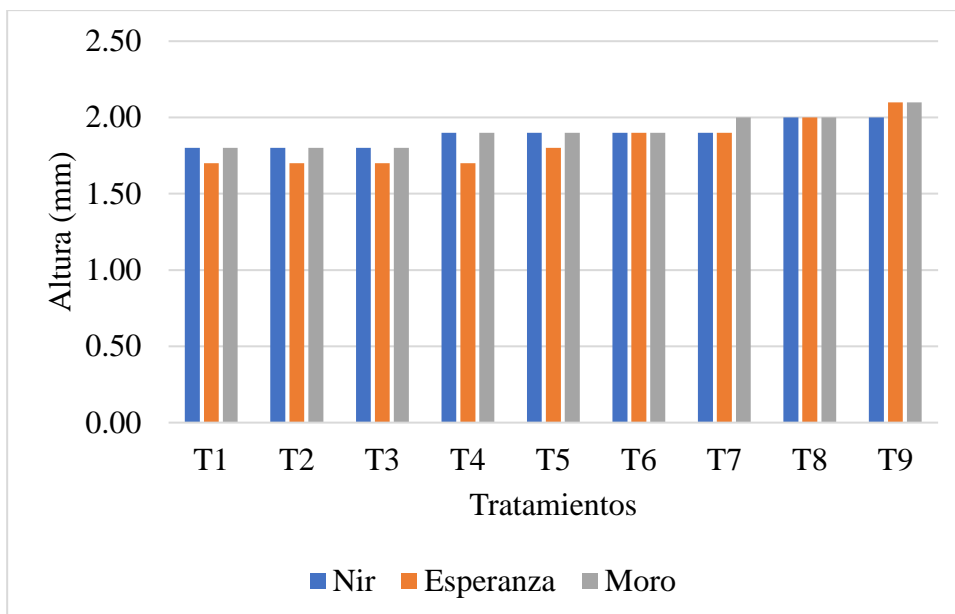
En las dimensiones de longitud, ancho y altura, la variedad que muestra una mínima tendencia de cambio es la variedad Esperanza.



**Figura 3.** Longitud en milímetros de los granos de arroz precocido para cada tratamiento.

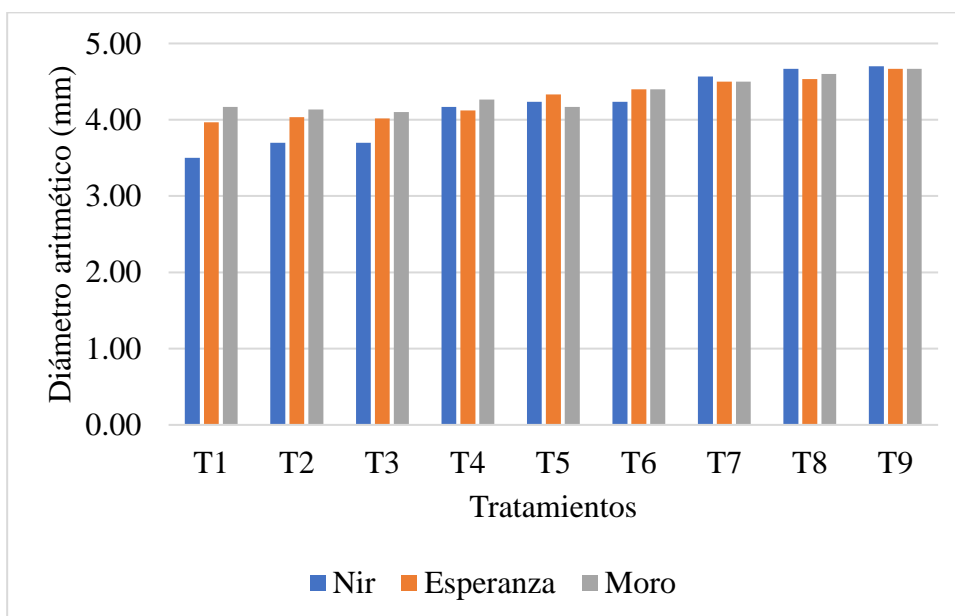


**Figura 4.** Ancho en milímetros de los granos de arroz precocido en cada tratamiento.

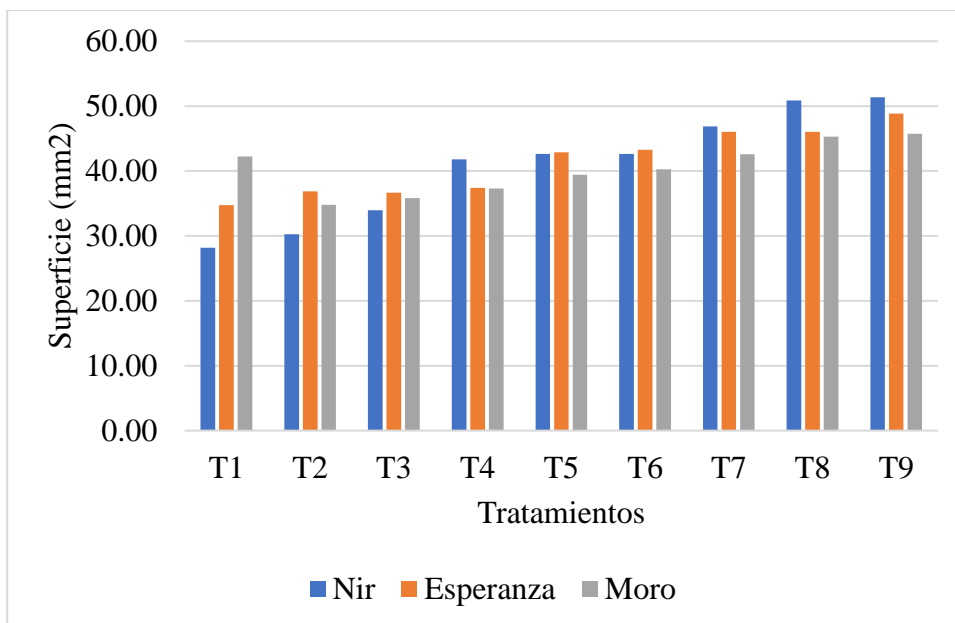


**Figura 5.** Altura en milímetros de los granos de arroz precocido en cada tratamiento.

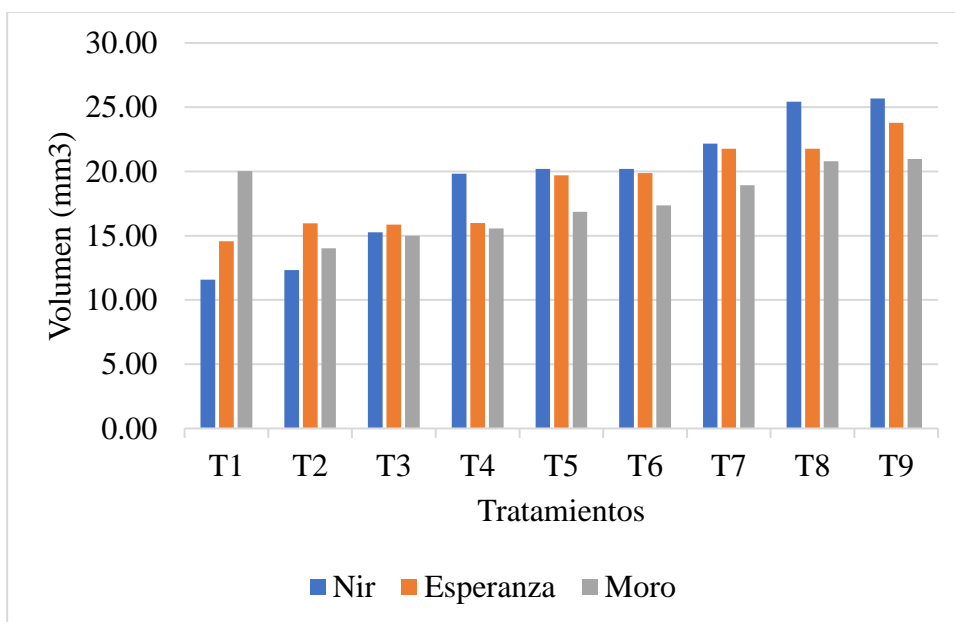
La importancia del aspecto como diámetro, superficie y área de los granos en estado precocido es vital, debido a que es determinante en su calidad fisicoquímica.



**Figura 6.** Diámetro aritmético en milímetros de los granos de arroz precocido en cada tratamiento.



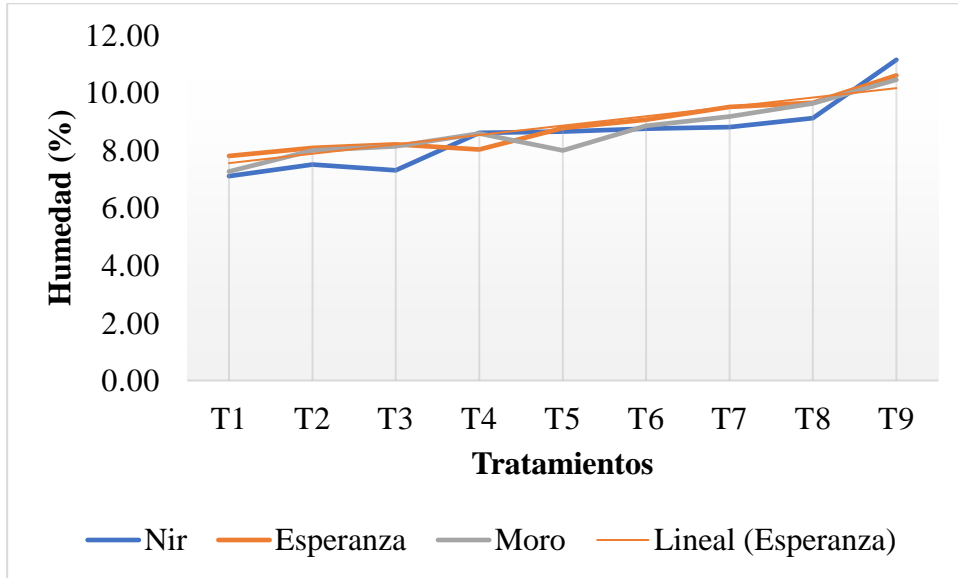
**Figura 7.** Superficie en milímetros cuadrados de los granos de arroz precocido en cada tratamiento.



**Figura 8.** Volumen en milímetros cúbicos de los granos de arroz precocido en cada tratamiento.

### 3.2. Cinética de precocción

En todas las variedades, la absorción de agua tiene una tendencia de aumento con respecto al tiempo de precocción de todo el proceso y con el tiempo va aumentando a medida que el contenido de humedad se aproxima a la saturación.



**Figura 9.** Porcentaje de humedad del arroz en función del tiempo de precocción de las diferentes variedades para cada tratamiento.

En la Figura 9 se muestran los bloques del aumento de humedad en el periodo de precocción, se percibe claramente una diferencia en el comportamiento de absorción de agua entre las variedades estudiadas.

Ecuaciones en el contenido de humedad en el equilibrio para cada variedad

**Nir**

$$Mt = 12.37 + \frac{t}{0.3247+0.0352t} \quad R^2 = 0.9963 \dots \text{Ec. (15)}$$

**Esperanza**

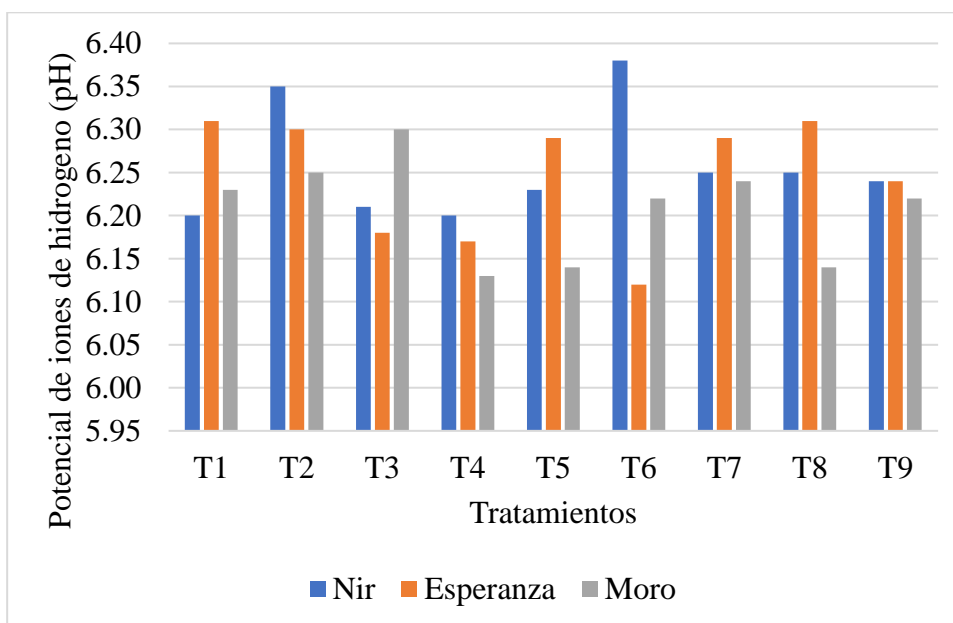
$$Mt = 10.27 + \frac{t}{1.6808+0.0463t} \quad R^2 = 0.9752 \dots \text{Ec. (16)}$$

**Moro**

$$Mt = 11.95 + \frac{t}{1.6709+0.0331t} \quad R^2 = 0.9967 \dots \text{Ec. (17)}$$

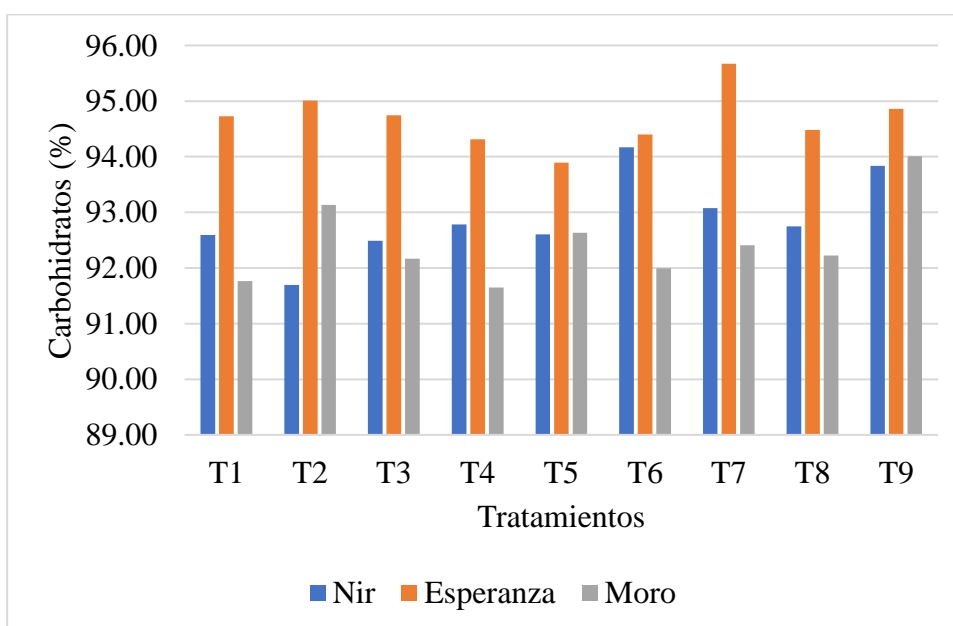


La importancia fundamental de las propiedades fisicoquímicas en una matriz alimentaria es vital debido a su riqueza mineral que presentan estas (Alfonso, 2001). A continuación, se muestran los resultados para cada uno de los análisis que se ha hecho en el laboratorio de tecnología agroindustrial.



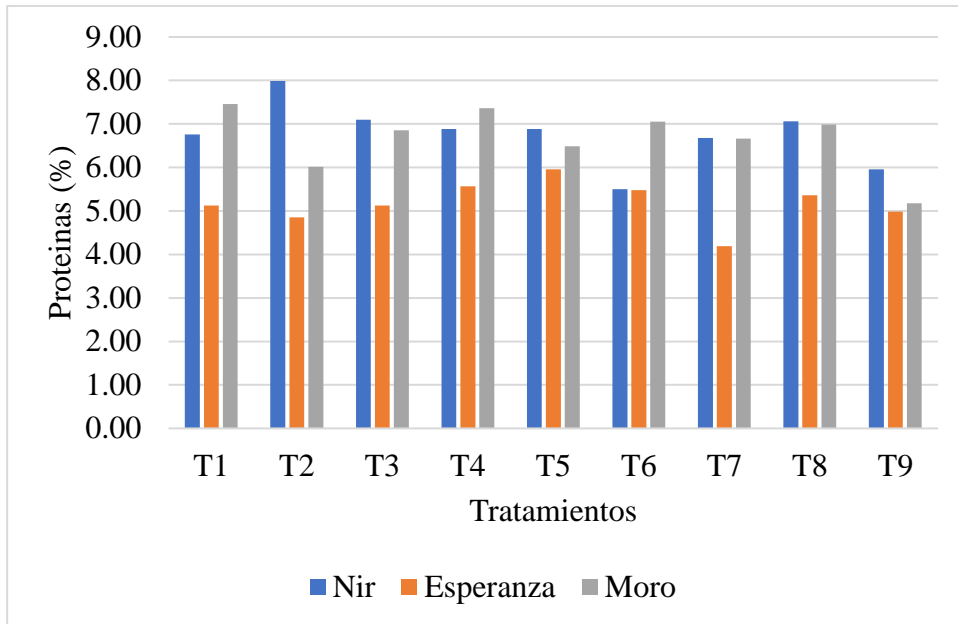
**Figura 10.** Potencial de iones de hidrogeno (pH) del arroz precocido para cada tratamiento.

La variedad esperanza es la variedad que se mantiene con la mayor cantidad de carbohidratos en todas las muestras evaluadas.



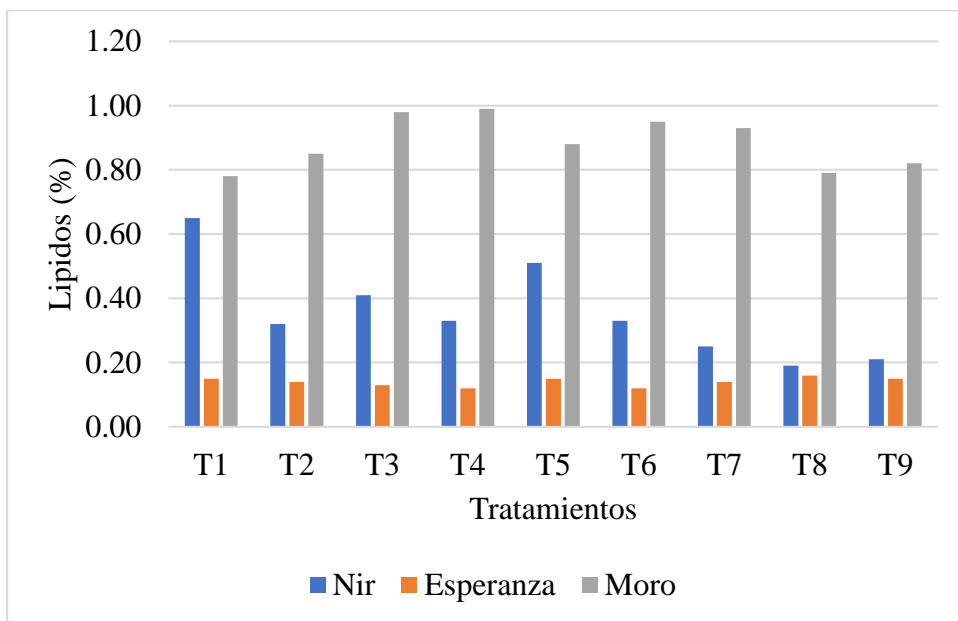
**Figura 11.** Porcentaje de carbohidratos del arroz precocido para cada tratamiento.

Las proteínas tienen una menor variación de la variedad Nir, debido a que es un arroz que tiene un mayor tiempo de cultivo.



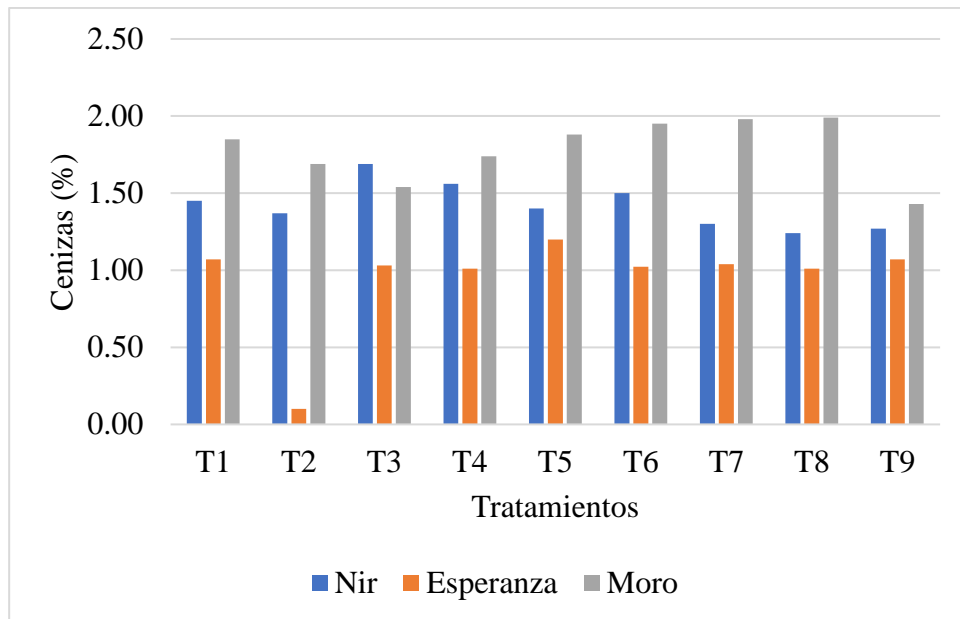
**Figura 12.** Porcentaje de proteínas del arroz precocido para cada tratamiento.

En la Figura 12 podemos destacar que la variedad Esperanza es la que tiene menor contenido de lípidos.



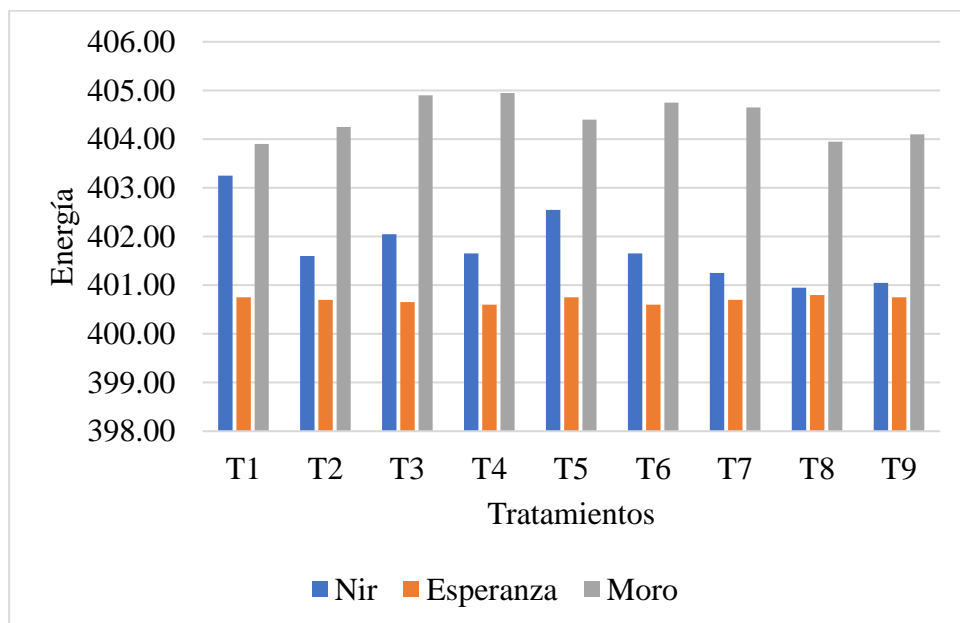
**Figura 13.** Porcentaje de lípidos del arroz precocido para cada tratamiento.

En la Figura 13 podemos destacar que la variedad Esperanza es la que tiene menor contenido de cenizas.



**Figura 14.** Porcentaje de cenizas del arroz precocido para cada tratamiento.

En la Figura 14 podemos determinar que la variedad Moro es la que tiene mantiene la variación de energía en forma general.



**Figura 15.** Calorías de energía del arroz precocido para cada tratamiento.

### 3.3. Aplicación del método de Peleg

**Tabla 3.** Análisis de varianza para K1 – Diseño de bloques completamente al azar

Fuente	Suma Cuadrados	GL	Cuadrado medio	Razón - F	Valor - P
Efectos principales					
A: Variedad	2.85463	2	1.43981	63.66	0.0009
B: Temperatura	0.0323573	2	0.0161787	0.75	0.5267
C: Tiempo	0.0891024	4	0.0222756	29.83	0.0657
AB	0.076958	8	0.0365844	0.84	0.4122
BC	0.045658	5	0.3365894	0.78	0.3698
AC	0.000456	3	0.0354789	0.64	0.2547
ABC	0.725649	4	0.0258792	0.56	0.1578
Total (corregido)	3.149584				

Los valores P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor P es menor que 0.05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre K1 con un 95% de nivel de confianza.

**Tabla 4.** Pruebas de múltiple Rango para K1 por variedad con 95% de confianza.

VARIEDAD	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos heterogéneos
NIR	27	0.680332	0.0851794	X
ESPERANZA	27	1.7220	0.0851794	X
MORO	27	1.96457	0.0851794	X

De las tres variedades estudiadas que muestra la Tabla 4, se lograron identificar como grupos no homogéneos a los casos de NIR, Esperanza y Moro porque existen diferencias estadísticamente significativas de K1 a estas variedades debido a que no comparten la misma columna de X's.

**Tabla 5.** Comparación múltiple entre medias de K1 en cada variedad de precocción

Contraste	Sig	Diferencia	Limites
ESP – NIR	*	1.3018	0.328354
ESP – MORO		0.240322	0.328354
NIR - MORO	*	-1.06158	0.328354

\*Indican una diferencia significativa.

La diferencia estadísticamente significativa que se presenta en la Tabla 5 en el contraste de Esperanza, Nir y Moro es debido a que los valores de la constante de velocidad de Peleg (K1) en un proceso de precocción de dichas variedades son diferentes, encontrando que los valores de la variedad Nir son muchos menores a los que se obtiene en la variedad Esperanza. Mientras que el contraste de las variedades Esperanza y Moro no muestran diferencia significativa puesto que sus valores de K1 no son tan distantes, teniendo este resultado un nivel del 95,0% de confianza.

La K1 constante de Peleg llamada también velocidad inicial de precocción, es significativamente diferente en cada variedad. La transferencia de agua esta inversamente relacionada con K1 por lo que se deduce que el proceso de precocción fue mayor en la variedad NIR, sin embargo, esto solo fue observado en una etapa inicial.

#### IV. DISCUSIÓN

Las medidas de longitud y ancho se obtuvieron de las tres variedades de arroz precocido, en el caso del Nir fueron de 8.19 mm y 2.79 mm respectivamente, de la variedad Esperanza 8.53 mm y 2.70 mm y la variedad Moro 8.74 mm y 2.59 mm; valores obtenidos en la presente investigación, los cuales son superiores a los que reportó Cruzado (2012), que hizo estudios en tres variedades de arroz Nir (Longitud 6,87 mm, ancho 2,15, altura 3,17), Tinajones (Longitud 7,32 mm, ancho 2,11, altura 3,20) y Fortaleza (Longitud 6,82 mm, ancho 2.09, altura 3,10). Sin embargo, se encuentra una gran diferencia respecto a estas características en las variedades evaluadas. En cuanto a la relación de volumen y área presentan un cierto aumento debido al estado de precocción en el que se encuentra el arroz.

En la Figura 8 se observa que la variedad Nir alcanzó un mayor contenido de humedad en un tiempo determinado comparado con las otras variedades. Este resultado se debe a la diferencia en el contenido de amilosa y amilopectina lo cual influencia en la calidad final del arroz en estado cocido (Sanjiva, 1952; Juliano, 1965).

Según Peleg (1988), una de las principales ventajas de la Ec. (12) es la aproximación hacia la humedad de equilibrio para la gelatinización, durante el proceso de precocción de arroz para un tiempo determinado de absorción de agua, es decir, el contenido de humedad en equilibrio para el proceso de precocción. Sin embargo, Peleg no estableció criterios para definir el denominado “corto tiempo de datos experimentales”. En esta investigación se utilizó la ecuación de Peleg para ajustar los datos experimentales dentro de segmentos curvilíneos de curvas de absorción. Los resultados de análisis de regresión lineal de la Ec. (12) provistos de los datos en la hidratación de las variedades de arroz en función del tiempo de precocción, a temperaturas de 100, 105 y 110°C las cuales se muestran en las ecuaciones 15, 16 y 17, respectivamente.

Wani *et al* (2015), determinaron que la estabilidad de los granos de arroz depende de las características inherentes de cada variedad estudiada y de la temperatura de cocción; la estabilidad aumenta con el aumento de la temperatura y es más estable en temperaturas de 90 y 100°C para lo cual en el presente trabajo se determinó

que si hay diferencias en la cinética de precocción y las propiedades fisicoquímicas para cada variación de temperatura de cada tratamiento.

Para Turhan (2002) y Khazaei (2009), K1 está relacionada con la capacidad máxima de absorción de agua en un alimento en proceso de precocción y depende de la estructura de la pared celular, el grado de dureza de los granos y la composición del producto de acuerdo a la variedad; mientras que para Toma (2001), las características fisicoquímicas dependen directamente de la variedad y la pérdida de sólidos solubles durante la precocción. En la presente investigación se determinó que el factor que más ha influenciado es la variedad de arroz, teniendo una incidencia significativa con un valor P de 0,009.

Según Gowen (2007), Maskan (2002) y Sopade y Obekpa (1990), K1 está inversamente relacionada con la tasa de absorción de agua inicial en el proceso de precocción; para Shafaei (2014), la tasa de absorción de agua es mayor, cuando la temperatura de precocción está más aproximada de la temperatura de gelatinización de los granos de arroz.

Las dimensiones de las variedades utilizadas en la cocción tienen una variación debido al aumento de humedad según los cálculos de transferencia de calor y masa de los cuales la longitud, ancho, espesor y diámetro equivalente tienen un considerable aumento (Wani, 2015).

De las tres variedades estudiadas, fue la variedad Nir, la que presentó mayor nivel de absorción de agua al momento de la cocción a diferencia del comportamiento de absorción de las otras dos variedades. Según los estudios realizados por Turhan (2002) y Khazaei (2009), la absorción de agua está en función de la composición del alimento y en el caso del arroz en función al contenido de amilosa y amilopectina en cada variedad.

Según Anderson (1989), cuando se calienta una suspensión acuosa de arroz, los granos se hinchan por una absorción progresiva e irreversible de agua aumentando su tamaño. La determinación de estos índices se evalúa aprovechando la capacidad de absorción del agua y el contenido de almidón a medida que se incrementa la temperatura de precocción.

El contenido de cenizas del arroz generalmente crudo está dentro del intervalo de 0,8 a 1,9% reportado por Guerra (1990). Este valor refleja el contenido de minerales en arroz. Al igual que para la grasa, en las cenizas se observan diferencias significativas ( $p=0,00001$ ) entre las distintas variedades de arroz.

Roberts *et al* (1980), evaluaron que disminuye el contenido de minerales en el proceso de preparación de arroz de cocción rápida. Además, Heinemann *et al* (2005), señalan una disminución de Potasio (K) y Fósforo (P) con la cocción de arroz, siendo estos macro elementos más abundantes en el arroz. Esta disminución probablemente se deba a la solubilización de los minerales en el proceso de precocción.

En cuanto a los minerales, el Potasio (K) es el elemento más abundante en el arroz crudo, seguido por Fósforo (P), Magnesio (Mg), Calcio (Ca), Sodio (Na) y Aluminio (Al). Estos resultados coinciden con los reportados por Heinemann *et al* (2005), Juliano (1985), Wolnik *et al* (1985). El proceso de precocción no afecta significativamente el contenido de Ca, Na, Cu y Al, mientras que Mn, Mg, Zn, P, Fe y K sufrieron una disminución significativa. A pesar que los minerales, a diferencia de las vitaminas y de los aminoácidos, no se destruyen por exposición al calor, la luz, los oxidantes, los valores extremos de pH u otros factores que afectan a los nutrientes orgánicos, muchos minerales presentan una buena solubilidad en agua, por lo que es razonable esperar que la cocción de los alimentos produzca ciertas pérdidas de estos componentes. En la cocción las pérdidas de K son superiores al 50%, hecho que es predecible porque este mineral se encuentra en los alimentos como ión libre (Miller, 2000). Por otra parte, se cree que los patrones de retención de algunos minerales son el resultado de la interacción de diferentes factores tales como la localización del mineral en el grano, la solubilidad durante el remojo y la cocción, diferentes velocidades de migración, así como también, las variaciones en el proceso térmico (Heinemann *et al*, 2005).



## V. CONCLUSIONES

Se determinó la cinética de precocción de las tres variedades de arroz en las cuales se tiene que la variedad Esperanza con un tratamiento de 100°C por 2 minutos de precocción es el que adquiere una menor tendencia de cambio en el contenido de humedad; y se comparó las propiedades fisicoquímicas del arroz precocido, en lo cual se infiere que la variedad Esperanza a una temperatura de 100°C y 2 minutos de tiempo de precocción, otorga las mejores características fisicoquímicas según la evaluación estadística del diseño de bloques completamente al azar, con una humedad de 10,60 %, carbohidratos de 94,68 % y energía de 400,70 calorías y lípidos de 0,14%.

La variedad Esperanza tiene el mayor contenido de humedad 10,60%, seguida de la variedad Moro 10,45% y finalmente Nir 10,06%. Todas las variedades presentan buenas características fisicoquímicas debido a que presentan mínimas tendencias de cambio con respecto a las iniciales.

Además de la riqueza en carbohidratos, proteínas y energía, se puede decir que la que está en buenas condiciones fisicoquímicas es la variedad Nir, debido a que no presenta mucha variabilidad de acuerdo a los análisis, con ello podemos resaltar que es un arroz que mantiene su calidad nutricional en estado precocido.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Para realizar posteriores investigaciones sobre el manejo de cocción y precocción en la línea de arroz, se recomienda:

- Hacer un estudio del tiempo de vida útil del arroz precocido y envasado en envases de polietileno y medir el grados de ataque microbianos.
- Tener en cuenta las condiciones de presión atmosférica y a la vez de precocción a la que se está procesando el producto.
- Hacer una segmentación de mercado para averiguar sobre la aceptabilidad que tiene el producto en la población en general.
- Realizar un estudio de caracterización organoléptica de las muestras que tengan las mejores condiciones fisicoquímicas.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia agraria de noticias (2017). *Agraria.pe*. Recuperado de <http://agraria.pe/noticias/peruanos-superan-en-consumo-per-capita-10847>.
- Alfonso, J.P.C. (2001). Coffee physical, physiological aspects and coffee quality induction of drying and storage. Doctorate Thesis in Agricultural Engineering (351 pp). Agricultural Engineering Department, Federal University of, Vicosa, MG, Brazil.
- Calle, M. (2017). *Estudio de la cinética de hidratación de arroz tipo senia blanco e integral*. Universitat politécnica de Valencia. Recuperado el 26 de abril del 2018, de <https://riunet.upv.es/handle/10251/87857>.
- Colina et al, (2009). Obtencion y evaluacion de arroz integral de coccion rapida. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/262738283>
- Cotrina, C y Anghisam, L. (2015). *Propiedades físicas y cinética de hidratación durante la cocción de tres cultivares de Oryza sativa provenientes del valle jequetepeque – Perú*. Tesis, Universidad Nacional de Trujillo, facultad de ciencias agropecuarias, Trujillo. Recuperado el 26 de abril del 2018, de <http://www.dspace.uitru.edu.pe/handle/UNITRU/4310>.
- Danbaba, N.; Anounye, J.; Gana, A.; Abo, M.; Maji, A. (2012). Physical and Pasting Properties of „Ofada“ Rice (Oryza Sativa) varieties. Nigerian Food Journal, 30(1), 18-25.
- Departamento de agricultura de los estados unidos (2016). *Composición de alimentos*. Manual agrícola, 8, 146. Recuperado de [http://www.gnldcontent.com/Mexico/dist\\_only\\_template/BusinessTools/pdfs\\_esp/histo\\_arroz.pdf](http://www.gnldcontent.com/Mexico/dist_only_template/BusinessTools/pdfs_esp/histo_arroz.pdf).
- FAO (2012). *Organización de las naciones unidas para la alimentación*. Recuperado el 22 de mayo del 2018, de <http://www.fao.org/home/es>.

- FAO (2018). *Organización de las naciones unidas para la alimentación*. Recuperado el 14 de junio del 2018, de <http://www.fao.org/economic/est/publicaciones-sobre-el-arroz/seguimiento-del-mercado-del-arroz-sma/es>.
- Galedar, M. Et al (2008). Some physical properties of wild pistachio nut and kernel as a function of moisture content. *Journal of Physics and Environmental and Agricultural Sciences*, 22: 117-124.
- Gowen, A.; Abu-Ghannam, N.; Frias, J.; Oliveira, J. (2009). Modelling the water absorption process in chickpeas (*Cicer arietinum* L.). The effect of blanching pretreatment on water intake and texture kinetics. *Journal of Food Engineering*, 78(3): 810-819.
- Guerra M (1990) Valor nutricional del arroz y sus subproductos. En *Procesos Tecnológicos en el Aprovechamiento Integral del Arroz*. Fundación CIEPE. yaracuy, Venezuela. 28 pp.
- Heinemann RJB, Fagundes PL, Pinto EA, Penteadó MVC, LanferMarquez UM (2005) Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. *J. Food Comp. Anal.* 18: 287-296.
- Infoalimentación (2017). Infoalimentación. Recuperado el 22 de mayo de 2018, de <http://www.infoalimentacion.com>.
- Ibarra J. (2016). *La industria de metales pesados*, 5, pág. 105. Lima. Recuperado el 02 de agosto del 2018. De [dfvrtbnrtinwvonv](http://dfvrtbnrtinwvonv).
- Jideani, V.A. y Mpotokwana S.M. (2009). Modeling of water absorption of Botswana Bambara varieties using Peleg's equation . *Journal of Food Engineering*, 92(2): 182-188.
- Juliano BO (1985) *Rice: Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, EEUU. 774 pp.
- Kashaninejad, Et al. (2007). Study of hydration kinetics and density changes of rice (Tarom Mahali) during hydrthermalprocessing. *Journal of food engineering*, 79, 1383 - 1390. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.04.019.

- Khazaei J.; Mohammadi N. (2009). Effect of temperature on hydration kinetics of sesame seeds (*Sesamum indicum* L) . *Journal of Food Engineering* , 91: 542–552.
- Maduako, J.N.; Faborode, M.O. (1990). Some physical properties of cocoa pods in relation to primary processing. *Journal of Technology*, 2: 1-7.
- Matinez. C; Cuevas, F. (1989). “Evaluación de la calidad Culinaria del Arroz”.Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia.
- MINAGRI (2016). *Ministerio de Agricultura y Riego*. Recuperado el 22 de Mayo de 2018, de <http://www.minagri.gob.pe/portal/>
- Mohsenin, N.N. (1980). *Physical properties of plant and animal materials*. Gordon and Breach Science Publishers, New York
- Moreno G, Alejandra Alarcon, (2010). Higiene alimentaria para la prevención de trastornos digestivos infecciosos y por toxinas. *Food safety for the prevention of the infecious and toxine of the foodborne diseases. rev. med. clin. condes* - 2010; 21(5) 749-755.
- Peleg, M. (1988). An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Journal of Food Science*, 53: 1216–1217.
- Perez, B. (2012). Problemas quimicos en el establecimiento de un proceso de preparacion de arroz precocido y en el comportamiento de las variedades. Tesis doctoral en ingeniería de alimentos. Valencia, España.
- Roberts RL, Carlson RA, Farkas DF (1980) *Preparation of a quick-cooking brown rice product using a centrifugal fluidized bed drier*. *J. Food Sci.* 45: 1080-1081
- Shafaei, S.M.; Masoumi, A.A.; Roshan, H. (2014). Analysis of water absorption of bean and chickpea during soaking using Peleg model. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*.

- Silva, J. & Correa, P.C. (2000). *Estrutura, composição e propriedades dos grãos (Structure, composition and properties soft grains)*. In Silva, J.S. (ed.), *Secagem e armazenamento de produtos agrícolas (Drying and storage of agricultural products)* (pp. 21 – 37). Juiz de Fora, Brazil: Maria Institute.
- Smith DA, Rao RM, Liuzzo JA, Champagne E (1985) *Chemical treatment and process modification for producing improve quick-cooking rice*. J. Food Sci. 50: 926-931.
- Sopade, P.A.; Obekpa, J.A. (1992). Modelling water absorption in soybean, cowpea and peanuts at three temperatures using Peleg's equation. J. Food Sci. 55 (4): 1085-1087.
- Souza J, Álvares V, Leite F, Reis F, Felisberto F. (2018). Caracterización fisicoquímica de harinas de yuca oriundas del estado de Jurúa, Acre. Acta Amazonica, 38(4): 761-766.
- Turhan, M.; Sayar, S.; Gunasekaran, S. (2002). Application of Peleg model to study water absorption in chickpea during soaking. J. Food Eng., 53: 153-159.
- Wani, A. I.; Singh Sogi, D.; Wani, A. A.; Singh, G. B. (2015). Physical and cooking characteristics of some Indian kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.
- Wolnik KA, Fricke FL, Capar SG, Meyer MW, Satzger D, Bonnin E, Gaston CM (1985) Elements in major raw agricultural crops in the United States. 3. Cadmiun, lead, and eleven other elements in carrots, field corn, onions, rice, spinach, and tomatoes. J. Agric. Food Chem. 33: 807-811.
- Zhang, R. Et al (2017). *Different effects of extrusion on the phenolic profiles and antioxidant activity in milled fractions of brown rice*. LWT - Food Science and Technology, 17. Doi: 10.2016/j.lwt.2017.09.042.

## ANEXOS

**Tabla 6. Datos obtenidos de la medición del potencial de hidrógeno en cada tratamiento.**

	<b>Potencial de hidrógeno (pH)</b>		
	<b>Nir</b>	<b>Esperanza</b>	<b>Moro</b>
<b>T1</b>	6.20	6.31	6.23
<b>T2</b>	6.35	6.30	6.25
<b>T3</b>	6.21	6.18	6.30
<b>T4</b>	6.20	6.17	6.13
<b>T5</b>	6.23	6.29	6.14
<b>T6</b>	6.38	6.12	6.22
<b>T7</b>	6.25	6.29	6.24
<b>T8</b>	6.25	6.31	6.14
<b>T9</b>	6.24	6.24	6.22

**Tabla 7. Datos obtenidos del porcentaje de carbohidratos del arroz precocido en cada tratamiento.**

	<b>Carbohidratos (%)</b>		
	<b>Nir</b>	<b>Esperanza</b>	<b>Moro</b>
<b>T1</b>	92.59	94.73	91.76
<b>T2</b>	91.69	95.01	93.13
<b>T3</b>	92.49	94.75	92.17
<b>T4</b>	92.78	94.31	91.65
<b>T5</b>	92.60	93.89	92.63
<b>T6</b>	94.17	94.40	91.99
<b>T7</b>	93.08	95.67	92.41
<b>T8</b>	92.75	94.48	92.22
<b>T9</b>	93.83	94.86	94.01

**Tabla 8. Datos obtenidos del porcentaje de proteínas del arroz precocido en cada tratamiento.**

	<b>Proteínas (%)</b>		
	<b>Nir</b>	<b>Esperanza</b>	<b>Moro</b>
<b>T1</b>	6.76	5.13	7.46
<b>T2</b>	7.99	4.85	6.02
<b>T3</b>	7.10	5.13	6.85
<b>T4</b>	6.89	5.57	7.36
<b>T5</b>	6.89	5.96	6.49
<b>T6</b>	5.50	5.48	7.06
<b>T7</b>	6.68	4.19	6.66
<b>T8</b>	7.06	5.36	6.99
<b>T9</b>	5.96	4.99	5.17

**Tabla 9. Datos obtenidos del porcentaje de lípidos del arroz precocido en cada tratamiento.**

	<b>Lípidos (%)</b>		
	<b>Nir</b>	<b>Esperanza</b>	<b>Moro</b>
<b>T1</b>	0.65	0.15	0.78
<b>T2</b>	0.32	0.14	0.85
<b>T3</b>	0.41	0.13	0.98
<b>T4</b>	0.33	0.12	0.99
<b>T5</b>	0.51	0.15	0.88
<b>T6</b>	0.33	0.12	0.95
<b>T7</b>	0.25	0.14	0.93
<b>T8</b>	0.19	0.16	0.79
<b>T9</b>	0.21	0.15	0.82



**Tabla 10. Datos obtenidos del porcentaje de cenizas del arroz precocido en cada tratamiento.**

	<b>Cenizas (%)</b>		
	<b>Nir</b>	<b>Esperanza</b>	<b>Moro</b>
<b>T1</b>	1.45	1.07	1.85
<b>T2</b>	1.37	0.10	1.69
<b>T3</b>	1.69	1.03	1.54
<b>T4</b>	1.56	1.01	1.74
<b>T5</b>	1.40	1.20	1.88
<b>T6</b>	1.50	1.02	1.95
<b>T7</b>	1.30	1.04	1.98
<b>T8</b>	1.24	1.01	1.99
<b>T9</b>	1.27	1.07	1.43

**Tabla 11. Datos obtenidos de la cantidad de energía en calorías del arroz precocido en cada tratamiento.**

	<b>Energía (calorías)</b>		
	<b>Nir</b>	<b>Esperanza</b>	<b>Moro</b>
<b>T1</b>	403.25	400.75	403.90
<b>T2</b>	401.60	400.70	404.25
<b>T3</b>	402.05	400.65	404.90
<b>T4</b>	401.65	400.60	404.95
<b>T5</b>	402.55	400.75	404.40
<b>T6</b>	401.65	400.60	404.75
<b>T7</b>	401.25	400.70	404.65
<b>T8</b>	400.95	400.80	403.95
<b>T9</b>	401.05	400.75	404.10

**Tabla 12. Datos obtenidos del volumen en milímetros cúbicos de los granos del arroz precocido en cada tratamiento.**

	<b>Volumen (mm<sup>3</sup>)</b>		
	<b>Nir</b>	<b>Esperanza</b>	<b>Moro</b>
<b>T1</b>	11.58	14.56	20.02
<b>T2</b>	12.34	15.96	14.03
<b>T3</b>	15.28	15.88	14.99
<b>T4</b>	19.82	15.99	15.56
<b>T5</b>	20.21	19.70	16.86
<b>T6</b>	20.21	19.88	17.36
<b>T7</b>	22.17	21.77	18.94
<b>T8</b>	25.45	21.77	20.80
<b>T9</b>	25.67	23.78	20.98

**Tabla 13. Datos obtenidos de la superficie de los granos del arroz precocido en cada tratamiento.**

	<b>Superficie (mm<sup>2</sup>)</b>		
	<b>Nir</b>	<b>Esperanza</b>	<b>Moro</b>
<b>T1</b>	28.19	34.75	42.23
<b>T2</b>	30.26	36.85	34.81
<b>T3</b>	33.95	36.67	35.85
<b>T4</b>	41.81	37.40	37.31
<b>T5</b>	42.65	42.86	39.43
<b>T6</b>	42.65	43.27	40.28
<b>T7</b>	46.88	46.03	42.57
<b>T8</b>	50.89	46.03	45.32
<b>T9</b>	51.35	48.87	45.73

**Tabla 14. Datos obtenidos del diámetro aritmético de los granos del arroz precocido en cada tratamiento.**

	<b>Diámetro aritmético (mm)</b>		
	<b>Nir</b>	<b>Esperanza</b>	<b>Moro</b>
<b>T1</b>	3.50	3.97	4.17
<b>T2</b>	3.70	4.03	4.13
<b>T3</b>	3.70	4.02	4.10
<b>T4</b>	4.17	4.12	4.27
<b>T5</b>	4.23	4.33	4.17
<b>T6</b>	4.23	4.40	4.40
<b>T7</b>	4.57	4.50	4.50
<b>T8</b>	4.67	4.53	4.60
<b>T9</b>	4.70	4.67	4.67

**Tabla 15. Datos obtenidos de la altura de los granos del arroz precocido en cada tratamiento.**

	<b>Altura (mm)</b>		
	<b>Nir</b>	<b>Esperanza</b>	<b>Moro</b>
<b>T1</b>	1.80	1.70	1.80
<b>T2</b>	1.80	1.70	1.80
<b>T3</b>	1.80	1.70	1.80
<b>T4</b>	1.90	1.70	1.90
<b>T5</b>	1.90	1.80	1.90
<b>T6</b>	1.90	1.90	1.90
<b>T7</b>	1.90	1.90	2.00
<b>T8</b>	2.00	2.00	2.00
<b>T9</b>	2.00	2.10	2.10

**Tabla 16. Datos obtenidos de la longitud de los granos del arroz precocido en cada tratamiento.**

	<b>Longitud (mm)</b>		
	<b>Nir</b>	<b>Esperanza</b>	<b>Moro</b>
<b>T1</b>	6.40	7.80	7.90
<b>T2</b>	7.00	7.90	8.30
<b>T3</b>	6.70	7.85	8.10
<b>T4</b>	7.80	8.20	8.50
<b>T5</b>	8.00	8.50	8.70
<b>T6</b>	8.00	8.60	8.80
<b>T7</b>	9.00	8.80	8.90
<b>T8</b>	9.00	8.80	9.10
<b>T9</b>	9.10	9.00	9.20

**Tabla 17. Datos obtenidos del ancho de los granos del arroz precocido en cada tratamiento.**

	<b>Ancho (mm)</b>		
	<b>Nir</b>	<b>Esperanza</b>	<b>Moro</b>
<b>T1</b>	2.30	2.40	2.80
<b>T2</b>	2.30	2.50	2.30
<b>T3</b>	2.60	2.50	2.40
<b>T4</b>	2.80	2.47	2.40
<b>T5</b>	2.80	2.70	2.48
<b>T6</b>	2.80	2.70	2.50
<b>T7</b>	2.80	2.80	2.60
<b>T8</b>	3.00	2.80	2.70
<b>T9</b>	3.00	2.90	2.70

**Tabla 18. Datos obtenidos del porcentaje de humedad del arroz precocido en cada tratamiento.**

	<b>Humedad (%)</b>		
	<b>Nir</b>	<b>Esperanza</b>	<b>Moro</b>
<b>T1</b>	7.10	7.80	7.26
<b>T2</b>	7.50	8.08	7.99
<b>T3</b>	7.30	8.20	8.14
<b>T4</b>	8.60	8.03	8.58
<b>T5</b>	8.65	8.77	7.99
<b>T6</b>	8.75	9.06	8.85
<b>T7</b>	8.80	9.50	9.17
<b>T8</b>	9.12	9.65	9.63
<b>T9</b>	11.14	10.60	10.45

**Tabla 19. Resumen de las medias de todas las propiedades físicas y fisicoquímicas del arroz precocido en cada tratamiento.**

<b>RESUMEN</b>			
<b>PARÁMETRO</b>	<b>NIR</b>	<b>ESPERANZA</b>	<b>MORO</b>
Longitud(mm)	8.19	8.53	8.74
Ancho(mm)	2.79	2.70	2.59
Altura(mm)	1.91	1.88	1.96
Diámetro Aritmético	4.30	4.37	4.43
Superficie	43.37	43.03	41.80
Volumen	20.59	19.85	18.64
Humedad	8.48	8.67	8.60
pH	6.26	6.25	6.21
Carbohidratos	92.89	94.68	92.44
Proteínas	6.76	5.18	6.67
Lípidos	0.36	0.14	0.89
Cenizas	1.42	0.95	1.78
Energía	401.78	400.70	404.43

**Figura 16. Características técnicas del autoclave.**

<b>CONCEPTO</b>
<b>AUTOCLAVE</b>
<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Autoclave eléctrica para esterilización funcional manual.</li><li>- Construcción en acero inoxidable, con doble pared, tapa con seguros en cruz (06 llaves) y empaquetadura de cierre</li><li>- Interruptor general con indicador luminoso.</li><li>- Manómetro indicador de presión (PSI / BAR).</li><li>- Termómetro de 0 a 160 grados °C</li><li>- Reloj de 0 a 60 min</li><li>- Válvula de seguridad de presión.</li><li>- Válvula de drenaje de agua para la limpieza</li><li>- Válvula de purga de vapor</li><li>- Capacidad : 20lt</li><li>- Incluye una 01 canastilla y una tapa en acero inox.</li><li>- Eléctrico 220 Vol 60Hz Manual de operación</li></ul>

**Figura 17. Titulación para determinar el porcentaje de proteínas en cada tratamiento.**

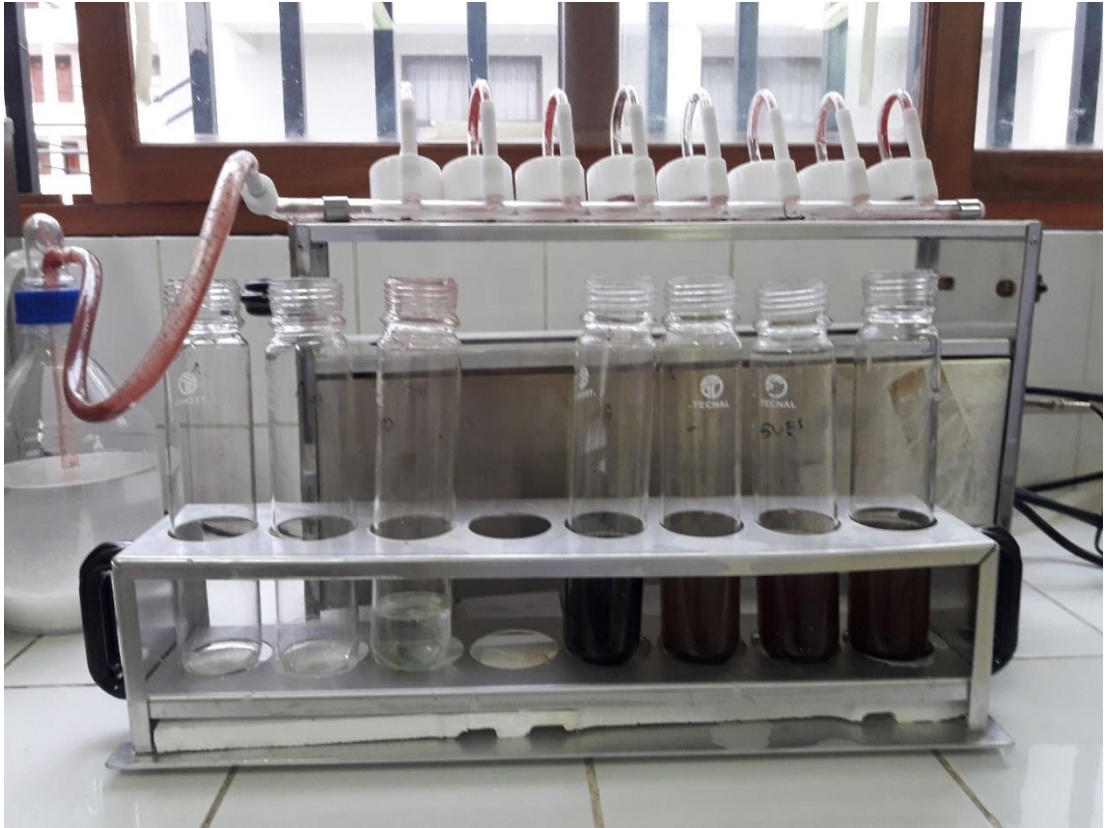


**Figura 18. Extracción de lípidos en el equipo Soxhlet para determinar el porcentaje de lípidos en cada tratamiento.**





**Figura 19. Digestión para determinar el porcentaje de proteínas en cada tratamiento.**



**Figura 20. Digestión para determinar el porcentaje de proteínas en cada tratamiento.**



**Figura 21. Pesado para determinar el porcentaje de lípidos en cada tratamiento.**



**Figura 22. Tesista realizando el proceso de comparación de lípidos en los tratamientos.**



**Figura 23. Tesista evaluando las comparaciones de las cantidades de proteínas en el equipo Kjeldahl.**

