

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
LICENCIATURA EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS

Trabajo final de graduación bajo la modalidad de proyecto presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos

Caracterización físico-química y sensorial, aplicando un método de cocción determinado, de dos variedades de arroz (*Oryza sativa*) durante el proceso de añejamiento en silo.

Ana Laura Mora Norori
Carnet B04193

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
San José, Costa Rica
2022

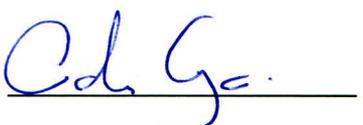
Tribunal Examinador

Proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

Aprobado por:



Ph.D. Jessie Usaga Barrientos
Presidente del Tribunal



M.Sc. Adriana Araya Morice
Directora del Proyecto



MGA. Yorleny Araya Quesada
Asesora del Proyecto



M.Sc. Álvaro Azofeifa Delgado
Asesor del Proyecto



Ph.D. Elba Cubero Castillo
Profesor Designado

Dedicatoria

A mi familia: mi padre Manuel, mi madre Rosario, mis hermanos Ito, Ono y Adriana, y a mis abuelas Nana y Mima.

Agradecimientos

A mis padres y mis hermanos por su apoyo constante durante toda mi carrera y a todas las otras personas que me acompañaron durante este proceso: mis mejores amigos Camilo y Eduardo, quienes estuvieron detrás de cada una de las lágrimas que solté de la risa (y otras no tan graciosas); mis grandes amigas Monse, Andrea y Mar (las chiquis), siempre listas para ir a cafetear; a Sebas, quien me acompañó desde lejos durante las últimas desveladas para desarrollar este trabajo. Al personal docente, especialmente a la profe Adriana, a la profe Yorle y a la profe Elba, quienes guiaron con mucha entrega cada uno de mis pasos durante el desarrollo de esta tesis. Al equipo del CIGRAS, profesor Álvaro, otro asesor y gran pilar durante el desarrollo de este proyecto; a don Danilo, don Guido y don Eduardo, al profe Guillermo, a Vero, Rosita, Isabel, Stefanny y Diego, quienes colaboraron como parte del grupo de panelistas entrenados junto a la profe Laura, Wendy, Esther, Mauren, don Johnny y Ronald. Al equipo del CITA, Carolina, Graciela, Silvia, Liz, Daysi, Eduardo, Randall y Laurita. A Camacho y Alonso, que facilitaron mucho nuestras vidas durante los días de planta. A Giova, Tati, Nela, Luis Morales y Luis Quirós. Por último, quiero agradecer a mi mejor amiga Sharon por todo su apoyo, no solo como asistente del proyecto, sino como una de mis mejores amigas, quien procuró acompañarme durante toda esta experiencia. Nunca olvidaré el mocaccino que me llevó una agotadora tarde de trabajo en el laboratorio, ni los taquitos originales para almorzar. Gracias a todos.

Índice General

Tribunal Examinador	ii
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Índice General.....	v
Índice de cuadros.....	vii
Índice de figuras.....	viii
Nomenclatura.....	ix
Resumen.....	x
1. Justificación.....	1
2. Objetivos.....	4
2.1. Objetivo General.....	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. Marco Teórico.....	5
4. Materiales y métodos.....	17
4.1. Localización del proyecto.....	17
4.2. Materia prima	17
4.3. Tratamiento de la muestra	17
4.4. Metodología.....	19
4.4.1. Procedimiento para la caracterización físico-química de las muestras de arroz a diferentes tiempos de añejamiento.	19
4.4.1.1. Diseño experimental.....	19
4.4.1.2. Métodos de análisis	19
4.4.1.3. Análisis de datos	20
4.4.2. Caracterización sensorial de dos variedades de arroz a diferentes tiempos de añejamiento.....	21
4.4.2.1. Diseño experimental.....	21
4.4.2.2. Entrenamiento del panel	21
4.4.2.3. Análisis sensorial de las dos variedades de arroz	21
4.4.2.4. Análisis de datos	22
5. Resultados y discusión.....	23
5.1. Análisis físico-químico durante el almacenamiento del arroz.....	23
5.2. Análisis sensorial de las muestras de dos variedades de arroz durante el almacenamiento.	28
6. Conclusiones	36

7. Recomendaciones.....	37
8. Referencias.....	38
9. Anexos	46

Índice de cuadros

Cuadro I. Composición promedio del arroz determinada a partir de dos variedades (UCR-168-10 y Lazarroz FL) a diferentes tiempos de almacenamiento (0; 1; 2; 2,5; 3,5 y 4,5 meses), con el nivel de significancia (P) para cada uno a un $\alpha= 0,05$	23
Cuadro II. Composición proteica promedio determinado en el arroz a diferentes tiempos de almacenamiento, con un $\alpha= 0,05$	27
Cuadro III. Resultados promedio obtenidos para las pruebas sensoriales aplicadas a dos variedades de arroz (A: UCR-168-10 y L: Lazarroz FL), a diferentes tiempos de almacenamiento (0; 1; 2; 2,5; 3,5 y 4 meses), utilizando un 95% de confianza.....	29
A1. Cuadro IV. Resultados promedio de las pruebas físico-químicas aplicadas a las muestras de dos variedades de arroz (UCR-168-10 y Lazarroz FL), a diferentes tiempos de almacenamiento (0; 1; 2; 2,5; 3,5 y 4,5 meses). $\alpha= 0,05$	46
A2. Cuadro V. Referencias desarrolladas para la identificación de los atributos generados por los jueces.	46
A3. Cuadro VI. Andeva generado para cada uno de los factores físico-químicos aplicados a las muestras de arroz.	47
A4. Cuadro VII. Andeva generado para cada uno de los atributos sensoriales evaluados en cada muestra de arroz.....	47

Índice de figuras

Figura 1. Partes constitutivas del grano de arroz (Pincirolí, 2010)	10
Figura 2. Flujo de proceso para la obtención de las muestras de arroz blanco (pruebas sensoriales), arroz molido grueso (pruebas almidón total, almidón resistente, humedad y proteína) y arroz molido fino (prueba de amilosa) (Fuente: elaboración propia).....	18
Figura 3. Cambios a través del tiempo en el contenido de amilosa presentes en las muestras de arroz (en promedio) analizadas ($\alpha= 0,05$). Muestras con letras iguales no presentan diferencias significativas.....	24
Figura 4. Análisis de componentes principales de las características de las muestras analizadas: A (UCR-168-10) y L (Lazarroz FL) en los tiempos 0; 1; 2; 2,5; 3,5 y 4,5 meses.	33
A5. Figura 5. Resultados promedio de las pruebas sensoriales para la variedad UCR-168-10 (A) a diferentes tiempos de almacenamiento (meses).	48
A6. Figura 6. Resultados promedio de las pruebas sensoriales para la variedad Lazarroz FL (L) a diferentes tiempos de almacenamiento (meses).	48

Nomenclatura

AT: Almidón total

AR: Almidón resistente

H: Humedad

AT0: UCR-168-10 (variedad aromática) tiempo 0

AT1: UCR-168-10 (variedad aromática) tiempo 1

AT2: UCR-168-10 (variedad aromática) tiempo 2

AT2,5: UCR-168-10 (variedad aromática) tiempo 2,5

AT3,5: UCR-168-10 (variedad aromática) tiempo 3,5

AT4,5: UCR-168-10 (variedad aromática) tiempo 4,5

LT0: Lazarroz FL tiempo 0

LT1: Lazarroz FL tiempo 1

LT2: Lazarroz FL tiempo 2

LT2,5: Lazarroz FL tiempo 2,5

LT3,5: Lazarroz FL tiempo 3,5

LT4,5: Lazarroz FL tiempo 4,5

Resumen

Caracterización físico-química y sensorial, aplicando un método de cocción determinado, de dos variedades de arroz (*Oryza sativa*) durante el proceso de añejamiento en silo.

Tesis de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos, San José, Costa Rica

Mora Norori, A., 2021

57 h - 73 refs.

Se estudiaron los cambios que ocurren en el grano de arroz (*Oryza sativa*) durante su almacenamiento en silo, para determinar el efecto que tiene el proceso de añejado y su impacto en la calidad de la cocción. Se caracterizaron dos variedades de arroz. La primera cv. Lazarroz FL, del tipo índico, y la segunda cv. UCR-168-10, variedad aromática, almacenadas durante 4,5 meses. Durante este periodo, se realizó la caracterización de las variables físico-químicas: contenido de almidón total, almidón resistente, amilosa, humedad y proteínas; y también a través del desarrollo de un panel entrenado para efectuar un análisis descriptivo que determinó los atributos a evaluar en las muestras de arroz a lo largo del estudio.

A nivel físico-químico, se determinó que el almidón total ($P_{\text{tiempo}}= 0,0732$; $P_{\text{variedad}}= 0,8506$), el almidón resistente ($P_{\text{tiempo}}= 0,1506$; $P_{\text{variedad}}= 0,2066$) y la humedad ($P_{\text{tiempo}}= 0,1059$; $P_{\text{variedad}}= 0,7493$) no presentan diferencias significativas a lo largo del tiempo (para ninguna de las dos variedades estudiadas. En el caso de la amilosa ($P_{\text{tiempo}}= 0,0044$; $P_{\text{variedad}}= 0,0848$), se observan variaciones durante el almacenamiento, sin embargo estas no evidencian una tendencia clara y son más atribuibles a la metodología de determinación. En el caso de la proteína ($P_{\text{tiempo}}= 0,0039$; $P_{\text{variedad}}= 0,0760$), este parámetro muestra una reducción a durante el añejado, presentando diferencias significativas a partir de los 3,5 meses. Estas variaciones son a las que se les atribuyen los cambios que ocurren en el arroz, reflejados durante la cocción.

Respecto a las pruebas sensoriales, atributos como sabor integral ($P= 0,0618$) y pegajosidad ($P= 0,3174$) no presentan diferencias significativas a lo largo del estudio, mientras que los parámetros restantes sí, ya sea a través del tiempo o entre variedades, por lo que se aplicó una prueba de comparación de medias para identificar las diferencias. En el caso del aroma a granza ($P= 0,0004$), se determinó que la variedad Lazarroz FL no

presenta diferencias significativas a lo largo del tiempo y en el caso de la variedad aromática se detecta una reducción. Lazarroz FL presenta una reducción en los atributos de aroma y sabor almidonoso ($P= 0,0427$ y $P= 0,0110$; respectivamente), mientras que las muestras correspondientes a la variedad aromática no presenta diferencias significativas entre sí.

En el caso del brillo ($P= <0,0001$), la tendencia no es clara y existen diferencias significativas entre algunas muestras a lo largo del almacenamiento, mientras que en el color ($P= <0,0001$) se experimenta una transición de tonos amarillos a otros más blancos para las dos variedades, siendo UCR-168-10 la menos blanca.

La soltura aparente del arroz ($P= <0,0001$) presenta un incremento en su evaluación a lo largo del tiempo para las dos variedades, dejando de percibirse diferencias importantes a partir de los 2,5 meses de almacenamiento. El sabor salado ($P= 0,0053$) también experimenta un aumento en su percepción a lo largo del almacenamiento, siendo Lazarroz FL el que presenta diferencias considerables entre los dos últimos tiempos de almacenamiento. La dureza ($P= <0,0001$) no experimenta una tendencia constante entre variedades y a lo largo del tiempo.

El tiempo recomendado para el almacenamiento de estas variedades sería por periodo de 3,5 meses, considerando las condiciones alcanzadas a nivel sensorial (soltura aparente, color y sabor salado), reportando una reducción en el contenido de proteína que no presenta diferencias significativas posterior a este tiempo.

M.Sc. Adriana Araya Morice

Escuela de Tecnología de Alimentos

1. Justificación

La industria arrocera en Costa Rica ha venido presentando algunos desafíos en los últimos años. La Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ) detalla en su informe estadístico para el periodo 2018/2019 que la producción de arroz en granza fue de 155 051 toneladas métricas, 1,8% menos que la producida en el periodo 2017/2018. La razón de esta disminución es producto de la reducción de 373 hectáreas destinadas a la siembra por factores como ondas tropicales, frentes fríos, sequías y otros desastres climáticos. Además, el informe menciona una disminución en las ventas por parte del sector agroindustrial de 3,47% respecto al periodo anterior y una baja en el consumo de arroz: 47 kg de consumo per cápita para el periodo 2018/2019, mientras que para el anterior fue de 48,5 kg de consumo per cápita. Caso contrario ocurre con la importación de arroz. En el periodo 2017/2018 ingresaron al país 191,650 toneladas de arroz y en el 2018/2019 la cifra aumentó a 201,670 toneladas.

Todos estos factores que afectan al sector productor nacional de arroz, exigen la optimización de los procesos de producción del grano de forma tal que consigan mejorar los rendimientos y así competir con el mercado de importaciones. Una de las etapas que permitirían mejorar la calidad del arroz es la operación de añejado que ocurre durante el almacenamiento del grano. Aunque el mecanismo del envejecimiento o añejado del arroz no se comprende completamente, conocer los cambios que este grano sufre durante el almacenamiento es importante para entender cómo evaluar, controlar y modificar la calidad del arroz cocido (Zhou *et al.*, 2002). Al conocer los cambios específicos que ocurren en esta etapa, tanto a nivel físico-químico como sensorial, se puede caracterizar el efecto que tiene el añejado sobre la calidad final del arroz y, a futuro, poder identificar el tiempo óptimo de almacenamiento con el que se alcancen las características deseadas según las demandas del mercado y de la genética propia de cada una de las variedades de arroz cultivadas.

Se ha visto que los factores de aceptación o rechazo del arroz cocido están relacionados sobre todo con la calidad sensorial del arroz, a la cual el consumidor está acostumbrado por tradición culinaria. A pesar de esto, los procesadores de arroz se han visto limitados a la hora de plantear una metodología objetiva para la medición de estos parámetros sensoriales, siendo uno de los mayores retos para la industria arrocera actual.

Para determinar los parámetros de calidad sensorial, se requiere utilizar un método de cocción adecuado, es decir que asegure la calidad del arroz cocido, y luego, complementarlo con herramientas de medición de calidad, como son los análisis sensoriales (Guadamuz, 2019). Durante la cocción se da una gelatinización del almidón asociándose directamente a la calidad final de la textura del producto. La reducción de sólidos extraíbles del grano de arroz por el añejamiento permiten un aumento de la insolubilidad del almidón y las proteínas en agua, dando como resultado una cocción más lenta. La textura que alcance el grano de arroz durante esta cocción describe el nivel de aceptación por parte de los consumidores (Keawpeng & Venkatachalam, 2015). Es por esta razón, que se debe desarrollar una prueba sensorial para definir el método de cocción de mayor agrado por los consumidores y, partiendo de esta selección, definir los atributos del arroz que resulten esenciales para identificar los cambios que ocurren durante el almacenamiento, utilizando un panel sensorial entrenado que permite determinar las características presentes en las muestras, a diferencia de un panel con consumidores que solo permite identificar el nivel de agrado.

En cuanto a las pruebas físico-químicas, conocer los cambios que ocurren en la composición del arroz a nivel de almidón (almidón total, almidón resistente y contenido de amilosa presente en el almidón), proteína y humedad permitirían identificar las posibles causas que provocan los cambios sensoriales en el arroz ocurridos durante la operación de añejado y que se aprecian después de la cocción.

Estructuralmente, el almidón consiste de dos polisacáridos químicamente distinguibles: la amilosa y la amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces α (1-4) (López & Ozaeta, 2013). El contenido de amilosa se considera la característica más importante para predecir el comportamiento de cocción y procesamiento del arroz, ya que está directamente relacionado con la absorción de agua, la expansión de volumen, la fluidez y la separabilidad de los granos cocidos (Zhou *et al.*, 2002). El contenido de amilosa determina, de manera indirecta, la calidad culinaria del arroz, dando lugar a una clasificación de 5 grupos, según el porcentaje de amilosa que posea el tipo de arroz: waxy (0% - 5%), muy bajo (5,1% - 12%), bajo (12,1% - 20%), intermedio (20,1% - 25%) y alto (mayor a 25%) (Pérez & Montoya, 2009; CIAT, 1998; Juliano & Villareal, 1993). Variedades con porcentajes de amilosa como waxy o muy bajo generan granos húmedos y pegajosos una vez cocidos, mientras que los de alto

contenido de amilosa son duros y sueltos después de cocinarse. Sobre el almidón resistente, se sugiere la posibilidad de que favorezca las propiedades de hinchamiento, viscosidad y formación de gel durante la cocción, favoreciendo de esta forma la textura esperada por los consumidores locales (Hernández *et al.*, 2008).

El contenido de proteína en el arroz es bajo (entre 7% y 9%), sin embargo, debido al alto consumo en algunas regiones se considera la mayor fuente proteica alcanzando hasta el 60% del aporte total de proteína a la dieta en países asiáticos. La mayor concentración de proteína se encuentra en el embrión del grano (Pincioli, 2010). Se ha demostrado que el contenido de proteína en arroz es inversamente proporcional a la adhesividad del producto una vez cocido (Zhou *et al.*, 2002).

El contenido de humedad durante el almacenamiento debe ser controlado no solo para evitar el deterioro del grano de arroz, sino también, como explica Monteza (2019), al mantener un contenido de humedad de aproximadamente 14% se facilitan diversos procesos y reacciones entre los componentes del grano, permitiendo obtener variaciones a lo largo del tiempo de almacenamiento.

Sin embargo, aun identificando los cambios físico-químicos y sensoriales que ocurren durante el añejado del arroz, es importante considerar las diferencias que existen a nivel de composición entre las sub especies de arroz y entre sus variedades. En Costa Rica, tradicionalmente se consume arroz de grano largo en una proporción de 80% grano entero. El consumo de este tipo de grano es característico de las regiones occidentales. Variedades de arroz, dentro de tipos aromáticos o los índicos, suelen presentar esta característica. Por lo tanto, resulta práctico identificar las diferencias que ocurren en dos variedades como Lazarroz FL (de la subespecie Índico) y el UCR-168-10 (Javánico aromático), para determinar las posibles adaptaciones que se puedan implementar durante la operación de añejado (Peng *et al.*, 2019; Petrecolla, 2006; Umaña, 2011)

Por las razones antes planteadas, este proyecto pretende identificar los cambios físico-químicos que ocurren en dos variedades de arroz durante el tiempo de añejado, y buscar una relación con las características sensoriales, con el fin de brindar una mayor claridad sobre los efectos que tiene el añejado del arroz en la calidad culinaria del producto final.

2. Objetivos

2.1. **Objetivo General**

Evaluar los cambios físico-químicos y sensoriales que ocurren durante el proceso de añejamiento en silo de dos variedades de arroz (*Oryza sativa*).

2.2. **Objetivos específicos**

- Determinar por medio de pruebas físico-químicas, los cambios que ocurren a lo largo del proceso de añejamiento de dos variedades de arroz.
- Caracterizar por medio de pruebas sensoriales con panelistas entrenados los cambios que ocurren a lo largo del proceso de añejado en dos variedades de arroz.

3. Marco Teórico

3.1. Importancia del arroz a nivel mundial: producción y alimentación

La domesticación y cultivo del arroz, *Oryza sativa L.*, comenzó hace casi 10 000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Este cereal es el alimento básico para más de la mitad de la población mundial y su cultivo ocupa el segundo lugar después del trigo con respecto a superficie cosechada. Además de esto, el arroz proporciona más calorías por hectárea, nutricionalmente hablando, que cualquiera de los otros cereales cultivados (Acevedo, Castrillo & Belmonte, 2006).

Su distribución a nivel mundial sugiere una introducción temprana a China antes del año 3000 a.C., de ahí se pasó a la península coreana y luego al archipiélago japonés, cerca del siglo I a.C., y a Filipinas (2000 a.C. aproximadamente). Luego, se inicia la distribución desde el sur de la India a Indonesia donde pasó luego a Ceilán (actual Sri Lanka). Más tarde llegó a Asia occidental y a la cuenca del Mediterráneo. Con la invasión de Alejandro Magno a Persia, se dio la introducción del cultivo por parte de la civilización griega. Los árabes llevaron el arroz a Egipto, África oriental, el noreste de Madagascar, Marruecos y España. A finales del siglo XVII se introduce el arroz en América del Norte, gracias a los holandeses y portugueses (Degiovanni, Berrío & Charry, 2010).

Según la FAO (2018), los principales países exportadores de arroz son India, Pakistán, Tailandia, Estados Unidos de América y Vietnam, para los cuales se pronosticó una producción para el periodo 2018-2019, de 113 006 toneladas para India, 7 524 toneladas en Pakistán, 22 813 toneladas en Tailandia, 6 461 toneladas para Estados Unidos y en el caso de Vietnam 28 698 toneladas, todos los valores mayores al predicho para el periodo anterior.

Tradicionalmente, el arroz comercializado por los productores asiáticos era consumido en el mismo continente, sin embargo, factores como la necesidad de colocar los excedentes de producción en el mercado, así como el surgimiento de nuevos nichos de comercialización y los nuevos hábitos de consumo estimulados por la inmigración creciente en los países desarrollados, han generado un aumento significativo en el intercambio comercial del arroz (Jovel & Díaz, 2007).

En el informe Perspectivas Alimentarias (FAO, 2019) se prevé que para el periodo 2019/2020 la producción de arroz no presentaría grandes diferencias respecto al anterior. Considera factores como la incertidumbre climática por el fenómeno de El Niño, además de una baja en la producción China, como estrategia para regular la oferta de arroz, se espera una desaceleración en el crecimiento de la producción asiática. Se plantea además una contracción en el comercio internacional del arroz de un 3,1% en 2019.

Respecto a las variedades de arroz, los precios para el arroz japónica y aromático han presentado una recuperación del 3,5% respecto al año anterior, sin embargo, existe una persistente debilidad en la demanda de arroz Indica, evidenciada en el índice de precios de arroz de la FAO (2019), el cual se mantiene por debajo del alcanzado en el 2018.

El arroz es un alimento básico para aproximadamente el 50% de la población mundial, principalmente en países africanos y asiáticos, siendo estos últimos los responsables del consumo de aproximadamente el 90% de la producción mundial de arroz. En estos países se ha detectado un incremento anual en el consumo del grano de un 1,5%, implicando la necesidad de incrementar en dos millones de toneladas la producción para satisfacer la demanda (Maraseni *et al.*, 2018). Laval (2020) menciona una previsión, dada por la FAO y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), de un incremento en el consumo de arroz de 69 millones de toneladas, esto para el 2029, donde continuará siendo un alimento de gran importancia en Asia, África, América Latina y el Caribe.

Más de 2000 millones de personas en Asia obtienen el 80% de sus necesidades energéticas del arroz, aportando carbohidratos, proteína, grasa y fibra. Sin embargo, existen deficiencias en el aporte de diferentes micronutrientes como el zinc, por lo que se han adoptado medidas de biofortificación para garantizar la seguridad alimentaria de los países en desarrollo, considerando el protagonismo de este grano en la dieta de estas regiones (Chaudhari *et al.*, 2018; Perera *et al.*, 2018).

3.2. Impacto del arroz en la economía y nutrición de Costa Rica

En Costa Rica, el arroz es el cereal de mayor consumo y es considerado un alimento estratégico para garantizar la seguridad alimentaria de la población, por lo que

existe legislación específica, como la Ley de Creación de la Corporación Arrocería Nacional N°8285 o los marcos regulatorios que evitan las malas prácticas en el mercado a través de la Ley de Promoción de la Competencia y Defensa Efectiva del Consumidor N°7472, que procuran mitigar las malas prácticas del mercado en defensa de los consumidores. Sin embargo, estas medidas no han logrado evitar considerables fluctuaciones respecto a la autosuficiencia del país, con valores entre 50% y 82% entre el 2000 y el 2013, lo que implica grandes riesgos de desabastecimiento, especulación, incertidumbre y fluctuaciones de precios en el mercado mundial, frente a las necesidades de la población (Sánchez Picado & Vega Solano, 2018).

El consumo aparente de arroz en el periodo 2019/2020, según la metodología de estimaciones propuesta por la FAO, fue de 239,972 toneladas métricas de arroz pilado, indicando un consumo per cápita de 47,20 kg y un promedio mensual de 19,998 toneladas métricas, implicando un aumento de 740 g, aproximadamente, de arroz pilado por persona al año. Esto se traduce en ventas por parte del sector agroindustrial que alcanzan hasta las 16 613 toneladas, siendo este valor menor al del periodo anterior en un 0,6% (CONARROZ, 2020).

Sobre la producción, Costa Rica presenta técnicas de producción bastante homogéneas, donde la principal diferencia entre productores radica en el número de hectáreas sembradas. Actualmente, el sector productivo de este grano básico está compuesto mayoritariamente por micro/pequeños productores (79%), mientras que el 16% y el 5% corresponden a medianos y grandes productores, respectivamente, quienes generan el mayor volumen de arroz. La siembra del grano se caracteriza por ser en su mayoría en secano (sin riego), ya que cerca del 78% de los productores la utilizan, mientras que la siembra de arroz anegado (por inundación) solo representa el 22%, aproximadamente. Estos pequeños productores de secano operan con los mayores costos de producción, lo que ha incentivado en algunas ocasiones el traslado de éstos a otras actividades productivas (Sánchez Picado & Vega Solano, 2018; Jovel & Díaz, 2007).

Como detalla CONARROZ en el informe estadístico periodo 2018/2019, la producción de arroz en granza se redujo en 1,8% respecto a la producción en el periodo 2017/2018, debido a la reducción de las áreas destinadas para la siembra del grano. Sumado a esto se debe considerar el efecto de los desastres naturales, como las ondas

tropicales y los frentes fríos. Todo esto incide en la reducción de las ventas (3,47% menos que el periodo anterior). También se dio una baja en el consumo de arroz entre el periodo 2018/2019 respecto al anterior de 1,49 kg de consumo per cápita. Con respecto a la importación de arroz, se detectó un incremento en las toneladas que ingresaron al país en el periodo 2018/2019 de 201,670 toneladas, 10,020 toneladas más que el periodo anterior.

La reducción en el número de productores y de las áreas de siembra, no solo se han visto impulsadas por los fenómenos naturales ya mencionados. Jovel & Díaz (2007) mencionan que estas caídas se han visto incentivadas también por el desplome de los precios internacionales del arroz, así como las políticas de apertura y de ajuste estructural, además de la adhesión de Costa Rica al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio, que permitió la apertura de las crecientes importaciones de arroz.

Es importante considerar que un factor determinante en la producción de arroz es el número de agroindustrias procesadoras ya que una oferta alta de plantas industriales incentiva a los productores a cosechar más arroz, sobre todo si estas plantas se encuentran cerca de las áreas de cultivo, pues esto facilita el transporte del arroz por parte de los productores agrícolas (Sánchez Picado & Vega Solano, 2018).

El mercado del arroz en Costa Rica cuenta con una cadena de seis etapas: producción e importación de insumos, producción de arroz granza, industrialización, comercialización y distribución, comercio exterior y consumo final, además de las actividades de apoyo, como insumos y servicios, así como el sector institucional que involucra las leyes, normas y políticas. Sobre la producción de arroz, ésta se realiza durante dos periodos en el año, siendo el primero el que presenta la mayor cobertura de la producción total (Sánchez Picado & Vega Solano, 2018).

3.3. Características y composición del grano de arroz

El arroz es una especie monocotiledónea perteneciente a la familia de las poáceas, subfamilia de las *Panicoideas*, tribu *Oryzae*, subtribu oryzíneas, género *Oryza*, especie sativa. Existe una gran variabilidad genética dentro del género *Oryza*, de las que sobresale *Oryza sativa* L. Esta especie es originaria del sudeste de Asia, en la región cercana a al sur de la India, es decir, la antigua Cochinchina (región meridional de la

península de Indochina). Los grupos indica y aromático son genéticamente más cercanos, caracterizados por una mala adaptación a los climas fríos (Becerra *et al.*, 2015; Degiovanni, Berrío & Charry, 2010).

El grano de arroz recién cosechado está compuesto por la cáscara (granza), conformado por las glumelas (palea y lema), y por el fruto cariopse, el cual está compuesto por el embrión, el endosperma, capas de aleurona (rico en proteína), tegmen (cubierta seminal) y el pericarpio (cubierta del fruto), el cual es piloso y tiene un espesor de aproximadamente 10 μm . En el caso de las capas de aleurona, estas corresponden entre 1 y 7 capas de células de parénquima, con 1-3 μm de espesor. El embrión está ubicado en la zona ventral del cariopse, mientras que el endosperma consiste en células de parénquima elongadas de forma radial, compuestas por gránulos de almidón y algunas proteínas. Cada una de estas capas en el grano cumplen una función importante en el rendimiento a nivel industrial (Pinciroli, 2010).

Sobre la composición del arroz, ésta varía también según el grado de procesamiento que se le aplique al grano. El arroz integral (antes de ser pulido) presenta una humedad de 13 g/100 g, un contenido proteico de 8,2 g/100 g, 1,9 g/100 g de lípidos y 75,6 g/100 g de carbohidratos. En el caso del arroz pilado (posterior a la operación de pulido) presenta valores de humedad de 12 g/100 g, 7,6 g/100 g de proteína, 1,0 g/100 g de lípidos y 78,9 g/100 g de carbohidratos (Bejarano *et al.*, 2002). Estos compuestos están vinculados a las características finales del producto obtenido.

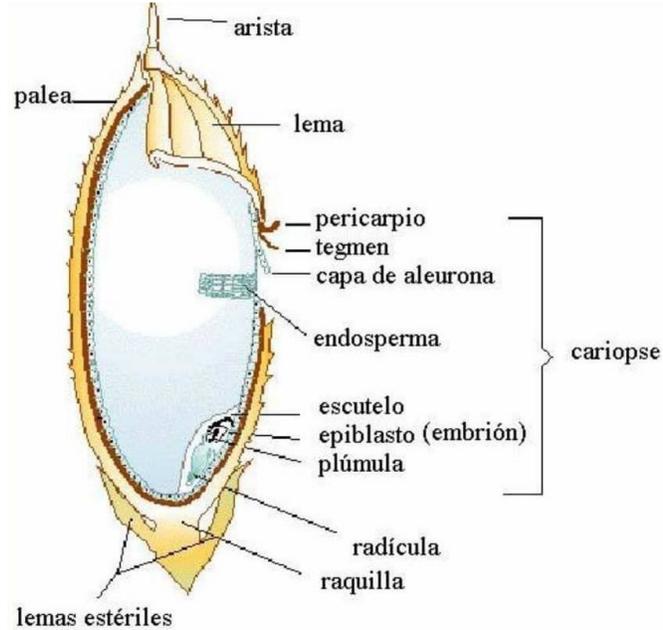


Figura 1. Partes constitutivas del grano de arroz (Pincirolí, 2010)

3.4. Proceso productivo del grano de arroz

A grandes rasgos, Sánchez-Solano & Vega-Picado (2018) mencionan que la actividad arrocera comienza con la preparación de los terrenos que garantice de esta forma el ambiente adecuado para el desarrollo de la semilla. Una vez que se siembra y se desarrolla la planta, se procede con la cosecha del arroz con cáscara. Este arroz es transportado y llevado al sector industrial que se encarga del secado, almacenamiento y molienda del arroz en granza hasta obtener el arroz pilado.

La preparación del terreno tiene como principal objetivo mejorar la distribución a fin de garantizar una buena siembra, permitiendo la incorporación de herbicidas pre-emergentes (antes del comienzo del cultivo). Luego se desarrollan la siembra de la semilla y una vez concluido el ciclo biológico de la planta se procede con la recolección del grano (que presenta una humedad entre 21% y 24%). El grano cosechado se seca hasta alcanzar una humedad entre 12% y 13%, para luego ser almacenado y procesado por la industria arrocera, quienes aplican las etapas posteriores de descascarillado y pulido (Ramírez, 2015).

El descascarillado que se realiza posterior a la cosecha y el secado, permite eliminar la cáscara dando como resultado el arroz integral. Para obtener el arroz blanqueado, producto tradicionalmente consumido, se realiza un pulido del grano integral donde se elimina el salvado. De esta operación de pulido se obtiene un subproducto denominado arroz partido (Ministerio de Agroindustria, 2016). Los granos de arroz descascarados y pulidos presentan diferentes grados de transparencia, ya sean translúcidos u opacos (Degiovanni, Berrío & Charry, 2010).

Del arroz cosechado, se estima que el 20% corresponde a la cáscara, mientras que el 10% aproximadamente pertenece al salvado. El 70% restante se asocia al grano pulido, conocido como arroz blanco, incluyendo las partes enteras y partidas. Este arroz pulido está constituido por el endosperma únicamente, mientras que el salvado contiene el embrión, la aleurona, el tegemen y el pericarpio (Pincirolí, 2010).

3.5. Almacenamiento y añejado del arroz

Una operación de gran valor en la industria arrocera es la del almacenamiento del grano con granza (que conserva más del 50% de la cáscara) y es un punto clave en los procesos productivos del arroz, pues la capacidad de almacenamiento del sector industrial resulta de vital importancia para el abastecimiento oportuno del mercado del arroz durante todo el ciclo, y por tanto, el grado de utilización de la capacidad instalada en los silos, que se traduce en rentabilidad (Jovel & Díaz, 2007).

Sobre las condiciones de almacenamiento, Sánchez *et al.* (2019) indican lo indispensable del control de la temperatura y la humedad (que podría diferir según la posición del grano dentro del silo), pues durante esta operación se puede dar el desarrollo de hongos e insectos que afectan directamente la inocuidad, a la vez que se pueden generar mermas de masa, disminución en la calidad del producto final y del valor comercial, lo que se podría traducir en pérdidas económicas considerables.

Sánchez *et al.* (2019) también mencionan que la tasa de respiración de los granos y los agentes biológicos (insectos, microorganismos), involucran el agua, por lo que resulta importante controlar la humedad relativa (<67%), el a_w o agua disponible, es decir, libre para propiciar interacciones químicas y el crecimiento de microorganismos (a_w de 1,0 aproximadamente), la humedad del grano (13%) y la temperatura del arroz (25 °C), a

fin de obtener grandes tiempos de almacenamiento (de hasta 17 meses) sin que se vea afectada la inocuidad y calidad del producto final.

Además de los factores ya mencionados, Rojas (2012) agrega que la tasa de respiración de los granos que no han recibido ningún tratamiento, es un proceso que genera incrementos en la humedad y la temperatura del grano, lo que a su vez acelera de forma natural la misma respiración del grano con granza. Además, menciona la influencia que tienen los granos quebrados y otras partículas generadas por daño mecánico durante la cosecha, que por el aumento en la superficie son más susceptibles a la absorción de humedad, afectando las condiciones generales del silo.

Durante el almacenamiento, el arroz es sometido a un proceso de aireación, entendido como el movimiento forzado del aire a través de la masa de granos, tiene como objetivo disminuir y homogenizar la temperatura dentro del espacio de almacenamiento, propiciando las condiciones necesarias para garantizar la calidad e inocuidad de los granos de arroz (Rojas, 2012).

En la operación de almacenamiento, el arroz sufre una serie de cambios físico-químicos y fisiológicos. Estos cambios influyen en las características finales del arroz, como lo son su soltura/pegajosidad, color, sabor, desarrollo de aromas y composición afectando así la calidad del arroz. Estos cambios corresponden al fenómeno de envejecimiento o añejado del arroz. Estudios han demostrado que a medida que el arroz envejece, la textura del arroz cocido se vuelve más dura y con mayor capacidad de retención del agua (Zhou, Robards, Helliwell, & Blanchard, 2002).

Este añejado incrementa el valor comercial del arroz gracias a las mejoras sensoriales, sin embargo, conseguir el grado de envejecimiento deseado implica mantener el arroz en almacenamiento durante un tiempo prolongado lo que se traduce en un aumento en los costos productivos y un incremento en los riesgos de desarrollo de plagas. Este proceso puede demorar un mínimo de 3 a 4 meses donde se deben controlar las condiciones para garantizar la calidad e inocuidad del producto. En el caso de Costa Rica, la etapa de almacenamiento se realiza por aproximadamente 180 días (6 meses) en algunos sectores industriales, antes de iniciar con las etapas posteriores para la comercialización, y existen evidencias del impacto negativo que tienen los tiempos

prolongados de almacenamiento sobre la calidad molinera, vinculable a pérdidas económicas (Saikrishna *et al.*, 2018; Acosta *et al.*, 2018; Rojas, 2012).

3.6. Pruebas de calidad en la industria arrocera

Para garantizar la calidad del arroz, existen pruebas físico-químicas y sensoriales, como apariencia, longitud y contenido de amilosa; así como pruebas de calidad culinaria, como cocción y palatabilidad que permiten determinar rendimiento, sabor, textura y pegajosidad, y asegurar el cumplimiento de aquellos atributos que el consumidor espera. En el caso de Costa Rica, la legislación establece una serie de pruebas obligatorias para garantizar la calidad del grano que se ofrece a los costarricenses, que incluyen pruebas de temperatura y olor, análisis de infestación, impurezas, humedad, rendimiento de pilado y de semolina, número de semillas objetables y granos dañados por calor, grano dañado, manchado, rojo y yesoso, puntilla, determinación de grano quebrado grueso y grano entero, además del rendimiento (CONARROZ, 2008; Rojas, 2012).

Aún así, la determinación de la calidad del arroz resulta de la combinación de factores subjetivos y objetivos, considerando tres puntos de vista: la apariencia, la calidad molinera y la calidad culinaria (Rojas, 2012). Específicamente al arroz cocido se le realizan pruebas de determinación de textura que se vinculan con el contenido de amilosa, compuesto relacionado con la consistencia, viscosidad y pegajosidad del arroz (Guadamuz, 2019). Sin embargo, no existen parámetros claros que permitan garantizar el cumplimiento de las características más subjetivas en el sector arrocero, sobre todo aquellas relacionadas al añejado del grano, siendo ésta una de las áreas con oportunidades de mejora en la industria.

Un recurso aplicable son las pruebas descriptivas, que permiten obtener una completa descripción de las propiedades sensoriales de un producto, a través del desarrollo de un panel entrenado, donde al inicio los participantes generan un lenguaje consensuado para describir cada una de las características que posee la muestra por analizar, asegurando que estas sean comprensibles para todos en un nivel muy similar y evitando redundancias frente a los atributos. Una vez que se desarrolla una clara comprensión de los atributos, se procede con la evaluación de las muestras para definir a través de una escala qué tanto posee cada uno de los parámetros sensoriales establecidos (Solís, 2016).

Las pruebas descriptivas con jueces entrenados, son muy usadas en la industria alimentaria para reducir y eliminar la subjetividad de pruebas de degustación, pues no es la preferencia del juez lo que define la calidad del producto final, ni tampoco si estos detectan o no diferencias, sino la intensidad con que están presentes los diferentes atributos evaluados. Esta prueba permite describir dichas diferencias entre muestras durante los estudios de calidad, o para definir los atributos y parámetros sensoriales que más influyen en la calidad del producto que se ofrece al consumidor. Por lo tanto, es necesario que los jueces sean capaces de identificar los componentes que caracterizan al producto, así como la intensidad con que se encuentra en el alimento. Dentro de estas pruebas descriptivas, el análisis descriptivo cualitativo busca desarrollar un perfil completo e integral de todos los atributos que presenta la matriz, y que incluyen aquellos vinculados al sabor, el aroma, la textura y la apariencia, para identificar la calidad sensorial del producto que se ofrece al consumidor, producto del conjunto de dichos atributos (Cordero-Bueso, 2013; Torricella *et al.*, 2007).

3.7. Análisis físico-químicos en la identificación de los cambios que ocurren durante el añejado del arroz

Como se ha mencionado, identificar los cambios que ocurren durante el añejado del arroz resulta indispensable para tener una clara comprensión del proceso que permite obtener un arroz cocido más suelto, y este es un campo que demanda mucha más exploración. Una posibilidad para esclarecer este proceso es la aplicación de pruebas físico-químicas que revelen el comportamiento molecular dentro del grano de arroz.

El principal componente en el arroz son los carbohidratos, constituidos principalmente por almidón, cuyo contenido varía entre variedades. Este a su vez se compone de amilosa (estructura lineal) y amilopectina (estructura ramificada) en proporciones variadas según la fuente de este almidón. Esta distribución se asocia a la funcionalidad del almidón, como lo es su capacidad de solubilizarse, retener agua, hincharse, retrogradarse, modificar la textura y la consistencia durante la cocción de los granos de arroz. Para determinar el contenido de almidón se pueden recurrir a distintos métodos, sin embargo, los métodos enzimáticos son ampliamente aplicados y consisten en realizar, a través de digestiones enzimáticas, la conversión del almidón en maltodextrinas, aplicando condiciones controladas de pH y temperatura, para luego

transformar la maltodextrina en D-glucosa por acción de la amiloglucosidasa (Guadamuz, 2019; Megazyme, 2020).

El contenido de amilosa es un parámetro comunmente utilizado para definir la calidad de cocción y textura del arroz, asociando niveles bajos de amilosa con arroces cohesivos, tiernos y brillantes, mientras que aquellos con mayores contenidos de esta molécula son capaces de absorber mayor cantidad de agua, alcanzar una mayor expansión y cocinarse de forma esponjosa y suelta. Existe una clasificación según este contenido de amilosa: arroces cerosos o *waxy* (0-5%), muy bajo (5-12%), bajo (12-20%), intermedio (20-25%) y alto (25-33%). Un método aplicable para determinar el contenido de amilosa en arroz es el método AACC 61-03, donde por colorimetría a 620 nm se determina el porcentaje en la muestra (Darandakumbura *et al.*, 2013).

El almidón resistente es una fracción del almidón total capaz de resistir la digestión en el organismo, esto debido a la estructura física caracterizada por un alto contenido de amilosa (Villarroel *et al.*, 2018). Esta estructura tiene gran importancia en la dieta debido a sus propiedades beneficiosas para la salud. Comprende menos del 3% del arroz cocido que puede escapar casi en su totalidad de la digestión y por lo tanto, sus calorías no están disponibles para que las células las utilicen. Por sus propiedades físico-químicas, el almidón resistente tiene una alta capacidad de hinchamiento, brinda viscosidad y tiene la capacidad de formar geles. Estos factores podrían favorecer una mejor textura, según lo que espera el consumidor local, durante la cocción del arroz. Para su determinación es muy común la utilización de pruebas enzimáticas, descubiertas en 1982 y mejoradas a través del tiempo. Se realiza una digestión con α -amilasa pancreática y luego una incubación a pH 6,9 para asegurar la mayor determinación de almidón resistente en la muestra (Ordonio & Matsuoka, 2016; Hernández *et al.*, 2008; McCleary *et al.*, 2002).

En la evaluación de los alimentos, el análisis proximal resulta importante para el sector agroindustrial por la capacidad que tienen éstos de definir la calidad y el valor nutricional de los productos que se ofrecen al consumidor. Entre estas pruebas se encuentran la determinación de humedad y del contenido de proteína. En el caso de la determinación de humedad, existen métodos tradicionales como el uso de estufa, donde el resultado se obtiene a partir del principio de diferencia de masas. Sin embargo, esta técnica puede resultar muy lenta y durante el proceso se pueden introducir errores en la

medición. Por esta razón, optimizar los procesos de cuantificación de humedad a través del uso de equipos como la balanza de humedad, facilitan la obtención de resultados viables y certeros (Vano *et al.*, 2009; Tirado *et al.*, 2014).

Respecto a la determinación en el contenido de proteína, un método tradicionalmente utilizado es el desarrollado por Johann Kjeldahl, quien diseñó la forma de cuantificar de forma experimental el contenido de nitrógeno orgánico a partir de la digestión con ácido sulfúrico concentrado, una neutralización y destilación, buscando convertir la materia carbonosa en dióxido de carbono, sulfatar los minerales y transformar el nitrógeno en sulfato de amonio. El resultado obtenido por este método es una buena aproximación del contenido de proteína cruda del alimento, además de que presenta resultados favorables en muestras con contenidos menores al 10% de proteína (como el arroz), incluso comparándose con métodos como el de Dumas (Mera, 2015).

4. Materiales y métodos

4.1. Localización del proyecto

Los análisis físico-químicos se realizaron en el Laboratorio de Química de la Escuela de Tecnología de Alimentos, del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) y en el Laboratorio de Micotoxinas del Centro para Investigación en Granos y Semillas (CIGRAS) de la Universidad de Costa Rica. Las pruebas sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos.

4.2. Materia prima

Se utilizaron las variedades Lazarroz FL (del sub tipo índico) y desarrollada por la empresa Semillas del Nuevo Milenio S.A. (SENUMISA). El segundo material, UCR-168-10, del subgrupo javánico, fue desarrollado por el Laboratorio de Mejoramiento de los Cultivos del CIGRAS. Para el presente estudio y con la finalidad de contar con granos de reciente cosecha y generados en las mismas condiciones de cultivo, las variedades fueron cultivadas y cosechadas previamente en la localidad de Ciudad Cortés, cantón de Osa, provincia de Puntarenas.

4.3. Tratamiento de la muestra

Se colocaron las dos variedades en un silo de base cuadrada de 0,60 m de lado y 0,90 m de altura, con una pared divisora interna para separar las dos variedades. El silo contó con un sistema de inyección de aire activo 12 horas al día, rango definido por la humedad relativa y temperatura del ambiente, medido con registradores marca HOB0®, modelo H12.

Se recolectaron muestras de aproximadamente 450 g de cada variedad de arroz en diferentes puntos del silo (de forma superficial) para cada uno de los tiempos de interés, con el fin de asegurar la homogeneidad de la muestra, dependiendo de la cantidad de arroz cosechado, de cada una de las variedades de arroz del silo en los periodos de almacenamiento (en meses): 0 (sin almacenar); 1; 2; 2,5; 3,5 y 4,5; considerando la limitada cantidad de materia prima para el experimento y buscando detallar los cambios ocurridos en periodos cortos de tiempo, específicamente después de los dos meses.

El beneficiado del grano de arroz; descascarado, pulido, determinación de los porcentajes de grano quebrado, puntilla y grano entero, entre otros, se realizó según el procedimiento y criterios técnicos indicados en la metodología “Determinación de Factores de Calidad en Arroz en Granza (IT-LG-01)” y del Reglamento Técnico RTCR 406:2007. Arroz en Granza, aplicados por el Laboratorio de Granos del CIGRAS (Figura 1). La determinación de las diferentes variables se realizó sobre muestras finales de arroz pulido con la presentación 80:20 (grano entero:grano quebrado). Además, para la prueba de amilosa se utilizó una fracción del arroz molido fino (Figura 1). Estas muestras se almacenaron a -60 °C a lo largo del periodo de investigación hasta su análisis, para asegurar la estabilidad de sus componentes.

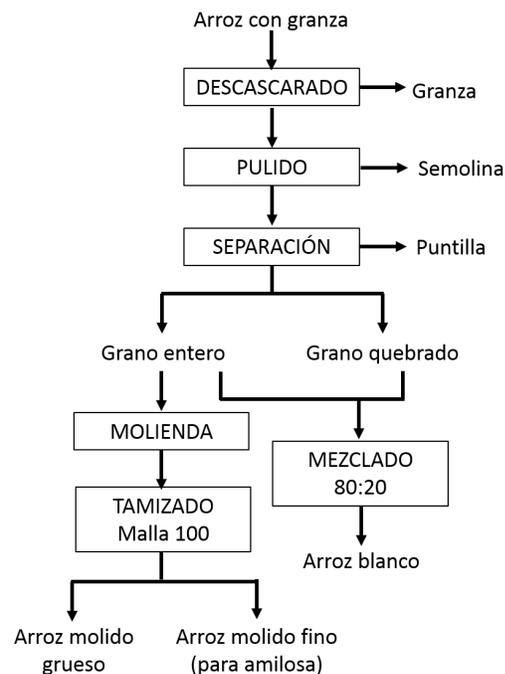


Figura 2. Flujo de proceso para la obtención de las muestras de arroz blanco (pruebas sensoriales), arroz molido grueso (pruebas almidón total, almidón resistente, humedad y proteína) y arroz molido fino (prueba de amilosa) (Fuente: elaboración propia).

4.4. Metodología

4.4.1. Procedimiento para la caracterización físico-química de las muestras de arroz a diferentes tiempos de añejamiento.

4.4.1.1. *Diseño experimental*

Para caracterizar los cambios que ocurren en la composición del arroz durante el almacenamiento se aplicó un diseño factorial con 2 factores, variedad de arroz con dos niveles (Lazarroz FL y UCR-168-10) y tiempo de almacenamiento con 6 niveles (0; 1; 2; 2,5; 3,5 y 4,5 meses). Las variables respuesta fueron: contenido de humedad, proteína, almidón total, almidón resistente y amilosa para el arroz pulido. Para cada uno de los tiempos de almacenamiento, se tomaron tres muestras de cada variedad, en diferentes posiciones de la superficie del silo.

4.4.1.2. *Métodos de análisis*

A continuación, se presentan los métodos de análisis que se aplicaron:

- Contenido de humedad

Para la muestra de arroz pulido crudo se usó la balanza de humedad marca Sartorius, del Laboratorio de Química de la Escuela de Tecnología de Alimentos, siguiendo el principio de la diferencia de la masa de la muestra producto de la pérdida de agua, realizando la prueba por duplicado para cada una de las réplicas de cada variedad en los diferentes tiempos de almacenamiento.

- Contenido de proteína

La cuantificación del contenido de proteína a las muestras de arroz se realizó según lo planteado en el método CITA P-SA-MQ-003 (2016) "Nitrógeno total por el método de Kjeldahl utilizando un equipo Foss Tector™, (referencia AOAC 990.03, 2006), empleando un factor de 6,25. Se realizó una medición para cada una de las réplicas de cada variedad en los diferentes tiempos de almacenamiento y se utilizó un patrón de referencia.

- Contenido de almidón total

El contenido de almidón total se determinó por el método AQCITA-M018 (CITA, 2005) partiendo del método de referencia AOAC 979.10 (2006), donde se aplicó una

hidrólisis enzimática con α -amiloglucosidasa para luego determinar la concentración de glucosa (producto de la hidrólisis) por medio de una reacción con la enzima glucosa oxidasa, realizando una medición para cada una de las réplicas de cada variedad en los diferentes tiempos de almacenamiento y utilizando un patrón de referencia.

- Contenido de almidón resistente

Se aplicó el método AOAC 2002.02 (2000) utilizado por el CITA en el manual del kit para la determinación de almidón resistente de Megazyme (2015), donde se aplicó a la muestra de arroz un tratamiento con las enzimas amiloglucosidasa y α -amilasa pancreática con el fin de solubilizar e hidrolizar el almidón no resistente. Se finalizó la reacción con la adición de etanol, se centrifugó, se trabajó con el precipitado agregando hidróxido de potasio y se neutralizó con un buffer de acetato de sodio. Se agregó amiloglucosidasa concentrada para hidrolizar el almidón resistente y convertirlo en D-glucosa, a la cual se le agregó glucosa oxidasa/peroxidasa (GOPOD) y se le midió la absorbancia. Se utilizó un patrón de referencia y se realizó una medición para cada una de las réplicas de cada variedad en los diferentes tiempos de almacenamiento.

- Contenido de amilosa

Se aplicó la metodología propuesta por Martínez & Cuevas (1989) para cuantificar el contenido de amilosa de las muestras de arroz a diferentes tiempos de almacenamiento (referencia método AACC 61-03, 2000). Éste se realizó midiendo la transmisión de la luz a través de la solución de un complejo coloreado con una solución de yodo-yoduro y utilizando una curva patrón para conseguir el valor cuantitativo de amilosa en el arroz. Las muestras de arroz se trabajaron por duplicado para cada una de las réplicas de cada variedad en los diferentes tiempos de almacenamiento.

4.4.1.3. Análisis de datos

Para los datos obtenidos en las pruebas físico-químicas aplicadas a cada una de las muestras de arroz en los diferentes tiempos de almacenamiento, se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) para cada una de las variables respuesta con la intención de identificar cuál de los factores presentaba significancias, con un 95% de confianza. En caso de existir diferencias significativas entre los tiempos de almacenamiento, se planteó

aplicar una prueba de Tukey. Sin embargo, al no haber diferencias significativas se reportó la potencia de prueba.

4.4.2. Caracterización sensorial de dos variedades de arroz a diferentes tiempos de añejamiento.

4.4.2.1. *Diseño experimental*

Para definir los cambios que ocurren en el arroz a lo largo del tiempo de almacenamiento a nivel sensorial, se entrenó un panel sensorial, con el cual se definieron los atributos que caracterizan al arroz pulido y cocido. Se utilizó un diseño irrestricto aleatorio de 12 tratamientos obtenidos al combinar las dos variedades y los tiempos de almacenamiento. La variable respuesta fue la intensidad de cada uno de los atributos que se generaron en las sesiones de entrenamiento.

4.4.2.2. *Entrenamiento del panel*

Se aplicó un *Bench testing* con 13 variedades de arroz para identificar las posibles características perceptibles en el arroz, de las cuales se escogieron 5 variedades que permitan a los panelistas generar los atributos a evaluar. Se convocó a 12 panelistas con los que se trabajó en varias sesiones de entrenamiento.

Generación de términos y alineación: La primera etapa fue la generación de atributos para el arroz. Posterior a esto, se realizó una alineación de términos, es decir, que todos los panelistas comprendieran de una forma similar el atributo y los términos que se emplearon para caracterizarlo, utilizando referencias que definan los límites máximos y mínimos para cada atributo (para anclar la escala).

Se verificó que los panelistas entendieran de la misma forma todos los atributos por medio de la prueba de reproducibilidad, para ello se evaluaron dos pares de muestras en mínimo 5 sesiones, donde a uno de los pares que se presentó se les modificó resaltando un atributo en específico en cada sesión. Una vez que los jueces fueron homogéneos en la evaluación de los atributos de las muestras, se comenzó con la evaluación de las dos variedades a los distintos tiempos de almacenamiento.

4.4.2.3. *Análisis sensorial de las dos variedades de arroz*

Con el panel entrenado previamente, se trabajó con las muestras de las dos variedades de arroz en estudio. Las determinaciones se realizaron a los 0; 1; 2; 2,5; 3,5 y

4,5 meses. Las muestras presentadas se prepararon según la metodología de cocción oficial propuesta por CONARROZ (2017b), la cual fue seleccionada por Guadamuz (2019) como el mejor método de cocción.

4.4.2.4. Análisis de datos

Con los datos obtenidos en las pruebas sensoriales aplicadas se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) mixto con el juez como un efecto aleatorio. A los valores que presentaron diferencias significativas se les aplicó una prueba de LSD para ver cuáles muestras eran diferentes entre sí. Se realizó un análisis de componentes principales (PCA) usando la matriz covarianza para encontrar la relación que existe entre los parámetros sensoriales.

5. Resultados y discusión

5.1. Análisis físico-químico durante el almacenamiento del arroz.

En el Cuadro I se presentan los resultados físico-químicos obtenidos para la identificación de los cambios ocurridos durante el proceso de almacenamiento de dos variedades de arroz a diferentes tiempos. Al analizar los resultados cuantitativos de las pruebas físico-químicas realizadas a las muestras de arroz se encontró que durante el tiempo almacenamiento y entre las variedades no existen diferencias significativas en el contenido de almidón total, almidón resistente, amilosa y humedad (Cuadro VI, Anexo A1). La potencia de prueba muestra valores altos para los resultados de almidón total, amilosa y humedad, lo que evidencia una muy baja probabilidad de no haber detectado alguna posible diferencia en al menos una medición. En el caso del almidón resistente, el método AOAC 2002.02 (2000) establece que para muestras con un contenido de almidón resistente menor al 2% es posible obtener errores altos durante la determinación. Al observar los valores promedio se observa que todos se encuentran por debajo del 2%, por lo que es de esperar una potencia de prueba con valores mucho menores al 50%.

Cuadro I. Composición promedio del arroz determinada a partir de dos variedades (UCR-168-10 y Lazarroz FL) a diferentes tiempos de almacenamiento (0; 1; 2; 2,5; 3,5 y 4,5 meses), con el nivel de significancia (P) para cada uno a un $\alpha = 0,05$.

Parámetro	Promedio (%)	P _{Variedad}	P _{Tiempo}	Potencia de prueba (%)
Almidón total	64,84±6,35	n.s.	n.s.	83,5
Almidón resistente	0,49±0,78	n.s.	n.s.	5,4
Humedad	9,81±0,71	n.s.	n.s.	98,2

n.s. diferencias no significativas

Sobre el contenido de almidón total presente en las muestras analizadas, se observa un valor promedio cercano al 65%. Guadamuz (2019) reporta rangos entre 39,37% y 48,96% de almidón total para variedades tipo índico y para la variedad Basmatico (aromático) se reporta un contenido de 40,02% de almidón total, mientras que Vanegas *et al.* (2013) reportan un contenido de 51,48% de extracción de almidón en el arroz variedad índica. Esto evidencia las diferencias existentes entre las variedades de arroz y el impacto que tiene esto en su composición, sin embargo, todos coinciden en que este es el principal componente dentro del grano.

En el caso del almidón resistente, Villaroel *et al.* (2018) explica que este se ve determinado por las características de su estructura física, como el tamaño y tipo de gránulo (estructura cristalina y de mayor densidad) o la relación amilosa/amilopectina, donde un alto contenido del primero permite generar estructuras más compactas. Considerando los resultados mostrados en el cuadro I, donde se observa que no existen diferencias significativas en las diferentes muestras (para cada variedad y tiempo de almacenamiento), es posible identificar que, por su relación con la amilosa no hay variaciones importantes en este último compuesto.

Al analizar los contenidos de amilosa de las muestras, se identifican diferencias significativas a lo largo del tiempo de almacenamiento ($P_{\text{Tiempo}}=0,0044$), no así para los resultados obtenidos entre variedades ($P_{\text{Variedad}}=0,0848$). Sin embargo, estas diferencias en las muestras no reflejan un comportamiento progresivo, es decir, no existe una tendencia clara en los cambios que ocurren a lo largo del almacenamiento (Figura 3), por lo que estas diferencias podrían atribuirse más a errores durante la aplicación de la técnica experimental para determinar este parámetro.

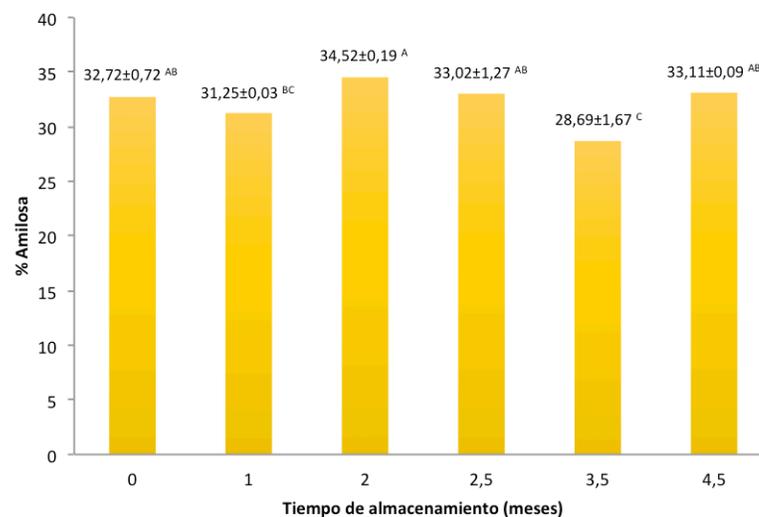


Figura 3. Cambios a través del tiempo en el contenido de amilosa presentes en las muestras de arroz (en promedio) analizadas ($\alpha= 0,05$). Muestras con letras iguales no presentan diferencias significativas.

Los valores promedio del contenido de amilosa para cada uno de los tiempos de almacenamiento son en general muy cercanos a los reportados en la literatura.

Guadamuz (2019) expresa valores entre 24,69% y 41,40% para el contenido de amilosa determinados en cuatro variedades de arroz índica y reporta para la muestra Basmatico un contenido del 30,23%. Singh *et al.* (2007) por su parte, reportan un contenido de amilosa entre 9,7% y 28,3% para arroces tipo Índica, incluyendo a dos variedades aromáticas (Basmati-370 y Basmati-386) en su investigación. Estos resultados demuestran que existen muchas variaciones en el contenido de amilosa, según el tipo de arroz, así sean parte de la misma variedad.

Loubes y Tolaba (2013) mencionan que una de las formas en que se clasifica el arroz, y que es un parámetro para determinar la calidad de este, es basándose en el contenido de amilosa en el grano. Un arroz con menos del 5% de amilosa se clasifica como céreo o *waxy*. Si el contenido se encuentra entre 16% y 20% es un arroz con baja amilosa, y si este está entre 21% y 25% entonces se clasifica como arroz con contenido intermedio. Un arroz con 26%-30% de amilosa se define como uno con contenido alto, mientras que aquellos con un porcentaje de amilosa superior al 30% se identifican como con contenido muy alto. En esta última categoría se pueden agrupar las muestras analizadas de arroz Lazarroz FL y UCR-168-10, tal como se observa en el tiempo cero, 2,5 meses y 4,5 meses de almacenamiento, donde no se encuentran diferencias significativas.

Este contenido de amilosa en el arroz define la facilidad tanto de procesamiento como de cocción, ya que está directamente relacionado con la absorción de agua, la expansión de volumen, la esponjosidad y la capacidad de los granos cocidos para separarse (Saikrishna, 2018). Particularmente en presencia de lípidos, la amilosa actúa como diluyente e inhibidor de la hinchazón. Variedades como Basmatico han presentado valores altos en evaluaciones sensoriales de agrado, en comparación con la variedad Miravalles (Guadamuz, 2019). Esto podría atribuirse no solo a sus características aromáticas, sino también al mayor contenido de amilosa que posee, favoreciendo ciertas características durante la cocción. En el mismo estudio de Guadamuz (2019), la variedad Basmatico no presentó diferencias significativas en cuanto a agrado, con respecto a variedades como Chinchin o CR5272, que también se caracterizan por un alto contenido de amilosa. Sin embargo, es probable que la cantidad de amilosa presente en el arroz dependa de las diferencias que existen entre las variedades y no por cambios que ocurran en el grano durante el almacenamiento, pues no existen evidencias de cambios en el

contenido de amilosa que sean consideradas significativas a lo largo del tiempo de añejado de las muestras de arroz.

Peng *et al.* (2019) menciona que en diferentes variedades de arroz de diversos contenidos de amilosa y almacenadas a distintos tiempos, no se logran detectar diferencias en el contenido de amilosa a lo largo del tiempo en ninguna muestra, inclusive después de 13 semanas de almacenamiento. Esto demuestra que a lo largo del almacenamiento no se dan cambios significativos en la composición del grano en lo que refiere al almidón y sus componentes, sino cambios estructurales gracias a la interacción entre los lípidos y las proteínas con el almidón, generando cambios en la temperatura de gelatinización y otras propiedades del almidón durante el añejado. La oxidación de proteínas junto con el aumento en la fuerza de unión de las micelas del almidón, inhibe el hinchamiento de los gránulos del almidón, afectando de esta forma la textura del arroz cocido (Saikrishna, 2018).

Sobre el contenido de humedad (Cuadro I), los resultados alcanzados en promedio para las dos variedades a lo largo del almacenamiento muestran un valor similar al determinado en otros estudios. Aquino (2018) indica que para las variedades de arroz IR-43 y Tinajones (desarrolladas en Perú) se alcanzan humedades de 7,30%-7,45% y 8,75%, respectivamente. En el caso de variedades costarricenses, Guadamuz (2019) plantea valores de humedad para cinco diferentes variedades de arroz, entre 11,04% y 12,69%. Este parámetro impacta directamente sobre la conservación del grano y puede estar vinculado a actividades bioquímicas como actividades enzimáticas, reacciones dentro del grano, y desarrollo de plagas como hongos, parásitos y bacterias ubicadas en el interior o en la parte externa de la cascarilla del arroz. La legislación nacional establece que el contenido de humedad del arroz debe ser menor al 13%, sin embargo, esta especificación es aplicable únicamente al arroz con granza. Aún así, los resultados alcanzados son esperados y menores a los límites establecidos, esto favorecido por las operaciones aplicadas para obtener el arroz pilado, donde la pérdida de materiales (cascarilla y semolina), así como las operaciones que generan fricción y por tanto pérdidas de humedad (Franquet & Borràs, 2004; MEIC/MAG/MS, 2007; Aldaco, 2010).

En el caso del contenido de proteína (Cuadro II), se observa una reducción significativa en el contenido a lo largo del tiempo ($P_{\text{Tiempo}}=0,0039$), sin identificarse diferencias significativas entre las variedades ($P_{\text{Variedad}}=0,0760$).

Cuadro II. Composición proteica promedio determinado en el arroz a diferentes tiempos de almacenamiento, con un $\alpha= 0,05$.

Tiempo	Promedio (%)
0	8,82±0,03 ^A
1	8,83±0,29 ^A
2	9,04±0,48 ^A
2,5	8,62±0,01 ^{AB}
3,5	7,53±0,13 ^{BC}
4,5	7,03±0,68 ^C

Las diferentes letras expresan diferencias significativas entre los tiempos de almacenamiento.

Al observar los resultados presentes en el cuadro II, se interpreta que en los tres primeros tiempos (0, 1 y 2 meses), no existen diferencias significativas en la cantidad de proteína presente en las muestras de arroz. A los 2,5 meses se observa una reducción no tan importante, mientras que a los 3,5 meses se encuentran diferencias significativas respecto a los primeros dos meses de almacenamiento. La reducción en el contenido de proteína no presenta diferencias entre los 3,5 meses y los 4,5 meses de almacenamiento.

En un estudio realizado por los Zhou *et al.* (2003), se evidenció una disminución en el contenido de proteína de tres variedades de arroz (una de estas aromática y otra con alto contenido de amilosa) después de 16 meses de almacenamiento (considerado este tiempo el periodo máximo para almacenar arroz en las prácticas comerciales). Los autores explican que existe una reducción significativa en la cantidad de proteína extraíble a lo largo del tiempo durante la etapa del almacenamiento del arroz, por lo que es posible encontrar más diferencias en un estudio que supere los 4,5 meses de almacenamiento. Sin embargo, esto no resulta eficiente para la industria por los costos implicados en esta operación. También señalan que estas diferencias en la composición de la proteína del arroz generaron un efecto sobre la disminución en el fenómeno de lixiviación del almidón. Es decir, estos cambios en las estructuras proteicas fueron vinculados al mejoramiento en la rigidez o resistencia de los gránulos de almidón, lo que favorece la retención de agua y que se podría traducir en granos de arroz más esponjosos y duros.

Las proteínas del arroz se dividen en cuatro tipos: albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas, según la solubilidad que presente. Las albúminas y globulinas se ubican en la aleurona que se pierde durante el procesamiento del grano, dejando principalmente a las prolaminas y glutelinas. Estas proteínas interactúan con los gránulos del almidón (ubicándose tanto dentro como fuera de las micelas de almidón), implicando afectaciones directas sobre la capacidad de gelatinización del almidón. Además, otras propiedades como la capacidad de “pegado” del arroz, así como su viscosidad, se ven también afectadas por las proteínas presentes. Por lo tanto, resulta relevante la caracterización y cuantificación de las proteínas, pues éstas se consideran las principales responsables de los cambios reológicos asociados al añejado del arroz, quitando relevancia al contenido de amilosa y descartando la posibilidad de cambios en este factor durante el añejado (Zhou *et al.* 2003).

5.2. Análisis sensorial de las muestras de dos variedades de arroz durante el almacenamiento.

Al aplicar el método descriptivo durante las pruebas sensoriales, se desarrolló un panel entrenado de jueces, quienes escogieron los atributos para describir las principales características sensoriales presentes en el arroz: aroma a granza, aroma almidonoso, color, brillo, soltura, sabor salado, sabor almidonoso, sabor integral, dureza y pegajosidad (Cuadro V, Anexo A2).

Peng *et al.* (2019) explica que los cambios en las características sensoriales del arroz, como el color, sabor y aquellas alcanzadas por la gelatinización del grano durante la cocción; ocurren de forma espontánea al prolongar el tiempo de almacenamiento. Estos cambios se lograron evidenciar para la mayoría de atributos analizados, aunque las variaciones no siguen tendencias claras durante el estudio o del todo no lograron ser determinadas.

Las diferencias alcanzadas durante la evaluación de los atributos definidos por los jueces, entre las muestras de cada variedad de arroz determinadas en los diferentes tiempos de almacenamiento, se ven expresadas en el Cuadro III.

Cuadro III. Resultados promedio obtenidos para las pruebas sensoriales aplicadas a dos variedades de arroz (A: UCR-168-10 y L: Lazarroz FL), a diferentes tiempos de almacenamiento (0; 1; 2; 2,5; 3,5 y 4 meses), utilizando un 95% de confianza.

Muestra	Aroma a granza	Aroma almidonoso	Color	Brillo	Soltura	Sabor salado	Sabor amargo	Sabor almidonoso	Dureza
AT0	7,51 ^A	3,34 ^{BC}	7,38 ^A	3,09 ^{EF}	3,57 ^F	4,68 ^{BC}	2,67 ^A	5,30 ^{AB}	5,28 ^{BC}
AT1	7,21 ^{AB}	2,59 ^C	7,01 ^{AB}	4,19 ^{BC}	3,83 ^{EF}	5,05 ^{BC}	1,84 ^B	4,17 ^{BCD}	3,76 ^D
AT2	6,00 ^{BCD}	3,13 ^{BC}	6,09 ^{BC}	3,21 ^{DEF}	5,58 ^{ABC}	4,61 ^{BC}	1,63 ^{BC}	4,30 ^{BCD}	6,35 ^{AB}
AT2,5	6,58 ^{ABC}	3,76 ^{ABC}	6,29 ^{ABC}	3,37 ^{CDE}	4,88 ^{BCDE}	5,31 ^{AB}	1,49 ^{BC}	4,47 ^{BCD}	3,44 ^{DE}
AT3,5	5,57 ^{CD}	3,38 ^{BC}	5,30 ^{CD}	5,42 ^A	4,77 ^{BCDEF}	5,86 ^{AB}	1,28 ^{BC}	3,36 ^D	6,61 ^{AB}
AT4,5	6,48 ^{ABC}	2,82 ^{BC}	3,63 ^{EF}	3,45 ^{BCDE}	4,63 ^{CDEF}	5,44 ^{AB}	1,57 ^{BC}	4,35 ^{BCD}	5,34 ^{BC}
LT0	5,12 ^D	4,64 ^A	2,53 ^F	4,07 ^{BCD}	3,93 ^{DEF}	4,82 ^{BC}	1,20 ^{BC}	5,82 ^A	5,56 ^{BC}
LT1	4,91 ^D	3,69 ^{ABC}	6,94 ^{AB}	2,32 ^{FG}	4,56 ^{CDEF}	3,92 ^C	1,45 ^{BC}	3,83 ^{CD}	2,34 ^E
LT2	6,05 ^{BCD}	3,26 ^{BC}	6,16 ^{BC}	1,85 ^G	6,59 ^A	3,80 ^C	1,20 ^{BC}	4,92 ^{ABC}	6,95 ^A
LT2,5	5,44 ^{CD}	4,03 ^{AB}	4,10 ^E	4,09 ^{BCD}	5,10 ^{BCD}	5,08 ^{BC}	1,14 ^{BC}	4,55 ^{BCD}	4,45 ^{CD}
LT3,5	5,01 ^D	3,06 ^{BC}	4,49 ^{DE}	3,05 ^{EF}	4,92 ^{BCDE}	6,47 ^A	0,95 ^C	4,23 ^{BCD}	4,24 ^{CD}
LT4,5	5,38 ^{CD}	2,55 ^C	6,29 ^{ABC}	4,37 ^B	5,95 ^{AB}	5,29 ^{AB}	1,49 ^{BC}	3,61 ^D	6,93 ^A

Las diferentes letras expresan diferencias significativas en cada columna para cada una de las muestras.

Sobre estos atributos, se observan comportamientos muy variados para todas las muestras evaluadas. En el caso del aroma a granza, la variedad Lazarroz FL no presenta diferencias significativas a lo largo del tiempo de almacenamiento, como se observa en el Cuadro III, mientras que el aromático refleja una reducción de esta característica, aunque con valores intermedio y final sin diferencias respecto a los iniciales. En el caso de la variedad UCR-168-10, esta presenta valores mayores para este atributo, en comparación con Lazarroz FL. Es de esperar que los atributos aromáticos sean determinados con mayor intensidad en la variedad UCR-168-10 que es tipo aromática, ya que después de la cocción, estos tipos de arroces suelen despedir aromas particulares, similares al del arroz tostado, las palomitas de maíz, nueces tostadas, entre otros. Se han llegado a detectar más de 100 compuestos vinculados al aroma de estos granos, siendo el 2-acetil-1-pirrolina el principal responsable, con contenidos entre 100 y 2000 ppb en arroces aromáticos, respecto a 20 ppb en arroces que no lo son (Bretó *et al.*, 2012).

Por otro lado, el aroma almidonoso no presenta diferencias significativas a lo largo del tiempo en el caso de la variedad UCR-168-10, mientras que para Lazarroz FL se observa una reducción en el atributo al comparar los valores en L0 y L4,5, pero sin diferencias significativas entre los valores intermedios.

Los aromas almidonosos están vinculados al (E)-2-hexenal y (E)-2-heptenal, especialmente en aquellas variedades no aromáticas. Estos compuestos volátiles pueden

verse afectados por los cambios que ocurren a nivel físico-químico dentro del grano, como las reacciones de los lípidos y las proteínas que generan diversas interacciones, incluidas aquellas con compuestos carbonilos, por lo tanto, la composición y percepción de estos puede variar a lo largo del tiempo (Limpawattana *et al.*, 2008; Wilkie *et al.*, 2007; Mejía & Mondragón, 2019).

En el caso del sabor almidonoso, también se percibe una reducción general a lo largo del tiempo, diferencias que de nuevo no son significativas para UCR-168-10, pero sí para Lazarroz FL entre el tiempo 0, tiempo 1 y tiempo 4,5; tendiendo a una reducción, aunque no se encuentran diferencias significativas entre los otros tiempos. De nuevo, este fenómeno se puede atribuir al (E)-2-hexenal y (E)-2-heptenal, tal como ya se explicó, ya que presenta una conducta similar al aroma almidonoso.

El brillo no evidencia una tendencia clara sobre los cambios presentados entre las muestras, aunque existen diferencias significativas entre algunos resultados, como lo muestra el cuadro III. Respecto al color, se observa que este atributo va cambiando, donde los tonos amarillentos son los valores más altos en la escala y aquellos más blancos los valores bajos en la escala. Lazarroz FL posee colores más blancos al final del almacenamiento, al compararse con UCR-168-10 que mantiene tonos amarillentos hasta el último mes donde se reduce un poco, sin embargo, no se logra definir una tendencia clara para este atributo entre las muestras. Al observar el PCA (Figura 4), se logra interpretar cómo este atributo explica la mayor variabilidad en las muestras de arroz cocido, esto por la alineación del atributo a lo largo de los ejes con mayor porcentaje de variabilidad.

Estos resultados coinciden con lo presentado por Singh *et al.* (2003), donde se evaluaron los cambios en el color que sufrían dos variedades de arroz (Sharbati y Basmati-370, ambas variedades aromáticas), después de uno y dos años de almacenamiento. Para las dos variedades se presentó una reducción del color, tendiendo hacia tonos más blancos a lo largo del almacenamiento.

Park *et al.* (2012) explica que los cambios en el color durante el añejado se deben principalmente a la oxidación de lípidos y a reacciones de Maillard durante la cocción entre las proteínas y azúcares del arroz. Estas reacciones tienden a generar tonos más amarillentos, sin embargo, considerando la reducción en el contenido de proteínas a lo

largo del almacenamiento, es de esperar que la disponibilidad de reactivos disminuya, dando como resultados arroces más blancos.

La soltura aparente, que corresponde al grado de separación de los granos determinado a través de un análisis visual, mostró que a lo largo del tiempo se da un incremento para este atributo en ambas variedades. Esto coincide con lo esperado para las dos variedades de arroz a lo largo del tiempo de almacenamiento. Como se ha mencionado antes, a través de los procesos que ocurren a nivel interno en el grano, tales como la interacción de los lípidos, proteínas y almidón (que influyen en la gelatinización de este último compuestas), se desarrollan cambios a nivel sensorial, siendo la soltura del grano uno de los más importantes, pues es una de las principales características que buscan muchos de los consumidores, por lo que se vuelve un factor determinante para la calidad culinaria del arroz (Peng *et al.*, 2019; Zhou *et al.*, 2007).

Es importante identificar que a partir del tiempo 2,5 meses se dejan de percibir diferencias significativas en la soltura aparente para las dos variedades estudiadas. Considerando este atributo como uno de los más importantes en las pruebas de cocción para definir la calidad del arroz, descubrir este comportamiento permite a la industria arrocera considerar el reducir de forma significativa el tiempo de almacenamiento del arroz, ya que la evidencia señala que no habrían cambios notorios sobre en las características del grano suelto. Esto se traduce en beneficios para el sector productivo, pues permite un pronto abastecimiento del mercado y una reducción en los controles y costos asociados al mantenimiento del arroz en el silo, que a su vez reducen los riesgos de deterioro por problemas durante el almacenamiento del grano, más si se considera que el tiempo de almacenamiento aproximado para el arroz comercializado es de aproximadamente entre 4 y 6 meses (Pisfil, 2021; Sánchez *et al.*, 2019, Soponronnarit *et al.*, 2008).

Para el sabor salado, se muestra que en el caso de ambas variedades existe una tendencia a aumentar esta característica, sin embargo, solo Lazarroz FL presenta diferencias significativas entre los dos últimos tiempos de almacenamiento y los anteriores a estos (específicamente entre L1, L2 y L3). Aún así, en promedio el arroz UCR-168-10 resulta un poco más salado que Lazarroz FL. El sabor amargo residual únicamente

presenta diferencias significativas entre el UCR-168-10 A0 y el resto de las muestras, esto indica que la variedad es más amarga cuando no se ha almacenado.

Sobre los cambios que experimentan variedades aromáticas a lo largo del tiempo, Singh *et al.* (2003) afirma que el añejado del arroz Basmati-370 y Sharbati (variedades aromáticas), experimentan incrementos en la dureza, la pegajosidad y el sabor. Sobre este último atributo, se podría vincular al incremento del sabor salado que, como explica López (2013), es un factor muy vinculado al gusto de los alimentos por su capacidad para potenciar sabores.

Al analizar los resultados para la dureza, determinada a través de la fuerza aplicada en la mordida para cada una de las muestras de arroz, se observa un comportamiento inconsistente a lo largo del tiempo: los valores aumentan y disminuyen de forma irregular con cada muestra. Estas diferencias se reflejan en el análisis de varianza (Cuadro III), donde existen variaciones significativas entre una muestra y la siguiente en la mayoría de los casos. Aún así, la variedad Lazarroz FL presentó un aumento de dureza al final del almacenamiento, fenómeno que no ocurrió con la variedad aromática.

Pérez *et al.* (1981), indican que a lo largo de tres meses de almacenamiento, el arroz debería experimentar un incremento en la dureza, tal como ocurre con las siete variedades de arroz que los autores analizaron a través de equipos especializados capaces de alcanzar mediciones bastante precisas. Con las pruebas sensoriales no es tan sencillo alcanzar ese grado de precisión y sensibilidad, por lo que existen variaciones que podrían no ser determinadas por los jueces o que resulten más difíciles de estandarizar. Al considerar la forma de evaluación del atributo, donde influye la fuerza ejercida al morder la muestra, es un reto mayor la identificación del grado puntual de dureza que pueda presentar la muestra.

Sin embargo, se puede observar que los arroces más sueltos en las dos variedades también fueron los más duros, es decir, aquellos arroces que no tenían una apariencia masuda fueron los que implicaron una mordida de mayor fuerza, tal como lo explican Zhou *et al.* (2002), donde la dureza del arroz se asocia a la retención del agua y del almidón durante la cocción, brindando una apariencia más suelta.

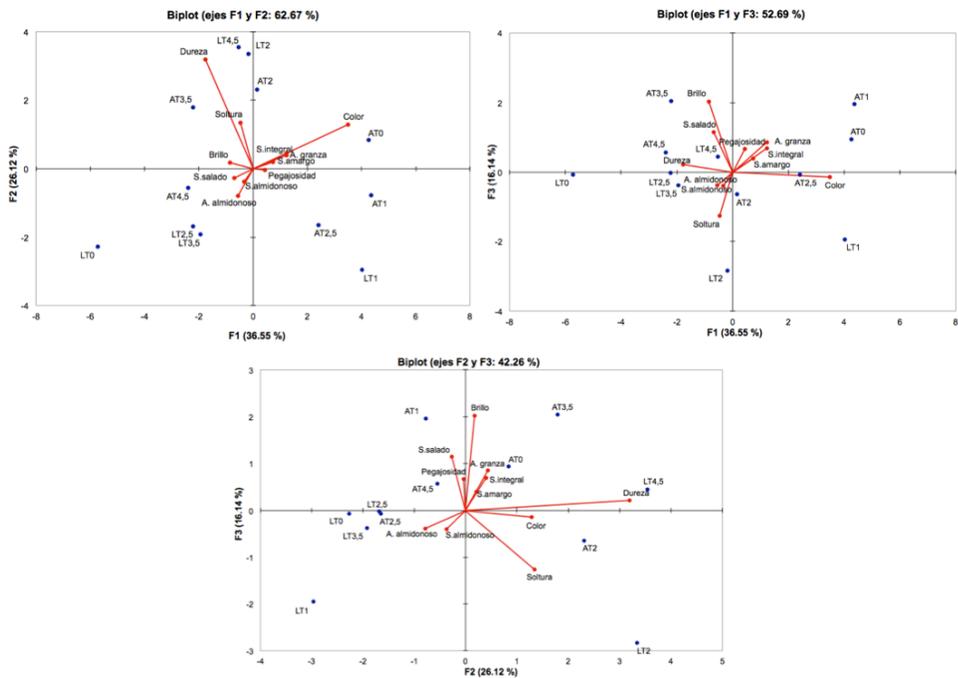


Figura 4. Análisis de componentes principales de las características de las muestras analizadas: A (UCR-168-10) y L (Lazarroz FL) en los tiempo 0; 1; 2; 2,5; 3,5 y 4,5 meses.

Como ya se indicó, la mayor variabilidad entre las muestras se explicó por medio del atributo color. Si bien las diferencias son muy generales, la variedad UCR-168-10 se ubica en el mismo cuadrante del vector color en los tiempos menores a los 2,5 meses, mientras que las muestras de esta misma variedad y de Lazarroz FL con un tiempo de almacenamiento mayor se ubicaron en la posición opuesta.

El PCA muestra también que los atributos que aportan variabilidad son la dureza, soltura y sabor almidonoso, tal como lo muestra el gráfico con los ejes F1 y F3 (Figura 4). En general, la mayoría de las muestras de Lazarroz FL están opuestas al vector dureza, mientras que los tiempos de almacenamiento mayores para UCR-168-10 se encuentran cercanos a este vector, que se asocia con el atributo soltura. Las muestras poco añejadas de Lazarroz FL y las de mayor tiempo de almacenamiento están más cercanas al aroma almidonoso. El gráfico con los ejes F2 y F3 muestra que el brillo, sabor salado, aroma a granza y sabor integral están más relacionadas con el arroz aromático que con Lazarroz FL.

Sobre el sabor integral y la pegajosidad, los resultados revelan que no existen diferencias significativas entre las muestras que corresponden a las dos variedades de arroz en los diferentes tiempos de almacenamiento (Cuadro VII, Anexo A4). Esto se puede apreciar también en el PCA, donde se escogieron 3 componentes que explican un 75,81% de la variabilidad de los datos. En el caso de estos atributos, al observar los vectores que los representan en cada uno de los gráficos, se determina que estos son los más cortos, es decir, son los más cercanos al eje desde las tres perspectivas del espacio. La percepción en promedio del sabor integral es de $(5,48 \pm 0,62)\%$ y para la pegajosidad, que hace referencia a una textura gomosa en boca, se obtuvo un promedio en la evaluación de todas las muestras de $(3,03 \pm 0,43)\%$.

Como lo plantea Badii *et al.* (2008), el PCA permite contemplar el efecto que tienen los resultados obtenidos para cada atributo tomando en cuenta las diferencias que puedan existir producto de los jueces, así como eliminar cualquier error sistemático que pueda sesgar los resultados. En el caso de la prueba sensorial aplicada en la investigación, se observa en general cómo la mayoría de los atributos presenta en alguno de los gráficos un punto alejado del eje central, esto significa que eliminando cualquier posible sesgo sobre los resultados, estos seguirían presentando diferencias significativas entre muestras.

Al considerar el efecto del almacenamiento sobre los cambios sensoriales y en el contenido de proteína, se observa una relevancia entre los 2,5 y los 3,5 meses donde la percepción de la soltura alcanza el valor máximo antes de que los jueces dejen de detectar diferencias significativas, y donde la reducción de la proteína cobra significancia. También podría vincularse a la percepción de sabores como el almidonoso, que presenta una reducción a lo largo del tiempo en términos generales, o al sabor salado que a partir de los 2,5 meses se detecta un incremento en los promedios.

Está claro que las proteínas del arroz tienen un efecto significativo en los cambios que sufre el grano durante el añejado. La proteína forma una red fuerte alrededor del almidón, lo que limita la expansión y suavidad del almidón. Por lo tanto, después de la cocción, la dureza del arroz añejado se incrementa, en comparación con uno recién cosechado donde las interacciones del almidón con la proteína aún no tienen lugar. Es esta interacción la que determina reducciones en la viscosidad del arroz cocido, un atributo

que influye en la percepción sensorial no solo de atributos como la soltura del grano cocido, sino también aquellos referentes al sentido del gusto, ya que se ha vinculado a la textura de los alimentos, y sobre todo la viscosidad, con variaciones en los estímulos sensoriales relacionados al gusto y al olfato (Enríquez, 2018).

Estos cambios a nivel sensorial, producto de la viscosidad, se asocian al efecto que tiene este factor sobre la permanencia en la boca por parte del alimento. Cuando la viscosidad es mayor, el producto degustado permanece más tiempo sobre la lengua, permitiendo al alimento interactuar por más tiempo con los receptores gustativos y por tanto, percibir con mayor intensidad ciertos sabores. Aún así, la matriz resulta importante, y es por esta razón que se podría vincular la reducción del sabor almidonoso con la viscosidad, más no justificar el incremento del sabor salado, pues como ya se explicó, depende en gran medida de la variedad de arroz (Carrapiso *et al.*, 2004).

6. Conclusiones

El tiempo de almacenamiento del arroz no tiene influencia significativa en el contenido de almidón total, almidón resistente y humedad, hay diferencias en el contenido de amilosa, aunque estas no reflejen un impacto que se pueda atribuir directamente al proceso de añejado.

El almacenamiento influye en el contenido de proteína, implicando una reducción de esta hasta los 3,5 meses. Posterior a este tiempo los resultados no presentan diferencias significativas. Esta reducción puede ser el resultado de la interacción de las proteínas con otros componentes, influyendo en las características sensoriales como la soltura o el color.

Las variedades Lazarroz FL y la aromática UCR-168-10 no presentan diferencias en su contenido de almidón total, almidón resistente, amilosa, humedad y proteína.

El tiempo de almacenamiento de la variedad Lazarroz FL no afectó los atributos de aroma a granza y sabor amargo residual, pero sí existe una reducción significativa del aroma almidonoso entre la muestra en tiempo 0 y en tiempo 4,5 meses.

La variedad UCR-168-10 presenta valores promedio mayores, respecto a Lazarroz FL, para los atributos de aroma a granza, color, sabor salado; mientras que para el sabor almidonoso no evidencia diferencias significativas.

La soltura aparente evidencia un incremento con cambios significativos para las dos variedades hasta los 2,5 meses de almacenamiento. Sin embargo, considerando los demás parámetros, como el contenido de proteína, la dureza y el sabor salado, se podría sugerir un tiempo de almacenamiento de 3,5 meses para ambas variedades.

Se puede considerar el hecho de que a los 3,5 meses se detecta el valor más bajo en porcentaje de amilosa, lo que permite deducir la poca influencia de este parámetro en los procesos de añejado.

7. Recomendaciones

Se recomienda profundizar aún más en los cambios que ocurren a nivel estructural en el grano de arroz, considerando las interacciones que puedan presentarse entre el almidón, las proteínas y los lípidos que componen al arroz, con el fin de identificar los factores que afectan las características sensoriales del arroz durante la operación de añejado.

Se recomienda correlacionar los análisis físico-químicos con cambios estructurales en el arroz a través de análisis microscópicos en el grano para visualizar las interacciones presentes e identificar su vinculación con las variaciones en la composición durante el almacenamiento.

Se recomienda hacer estos análisis con mezclas de variedades de arroz, en un silo con dimensiones mayores a las utilizadas en esta investigación, siendo esta la metodología más usada en la industria arrocera nacional, lo que podría tener un efecto importante en la calidad culinaria del arroz comercial.

Se recomienda fortalecer el entrenamiento de los jueces para garantizar evaluaciones sensoriales que permitan vincular los resultados físico-químicos con los obtenidos en las evaluaciones por parte de los panelistas.

Se recomienda a la industria arrocera aplicar un tiempo de almacenamiento de 3,5 meses, con el fin de generar un impacto menor a nivel de costos y logística del que se alcanzaría con un tiempo mayor.

Se recomienda a la industria arrocera el desarrollo de un panel entrenado para la determinación de los atributos sensoriales que caracterizan al arroz y la calidad culinaria aceptable por parte de los consumidores, con el fin de definir una metodología objetiva y estandarizada para establecer el tiempo óptimo de añejado del arroz durante su almacenamiento en silo.

8. Referencias

- AACC Authors. (2000). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. AACC, United States of America.
- Acevedo, M., & Castrillo, W. (2006). Trabajo Especial Origen , Evolución Y Diversidad Del Arroz. *Agronomía Tropical*, 56(2), 151–170.
- Acosta, K., Fonseca, B., & Varela, D. (2018). Cadenas agroindustriales en Centroamérica, estrategias de marketing en la cadena agroindustrial del arroz: caso Corporación Arrocería Costa Rica (CACSA). Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Nacional de Costa Rica.
- Aldaco, F. (2010). Evaluación físico química de dos variedades de arroz, blanco (*Oryza sativa* L) y morado (*Oryza sativa violácea*) para determinar cualidades nutricionales. Tesis de grado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- AOAC Authors. (2000). Resistant starch AOAC 2002.02. AOAC International.
- AOAC Authors. (2006). Official methods of analysis proximate analysis and calculations total nitrogen or crude protein (CP) - item 76. Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD. 17th edition. Reference data: Method 990.03; NITR; NT.
- AOAC Authors. (2006). Official methods of analysis proximate analysis and calculations starch - item 5. Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD. 17th edition. Reference data: Method 979.10 (32.2.05); NFNAP; CHO; STAR.
- Aquino, F. (2018). Caracterización físicoquímica, reológica y tecnológica de almidón de dos variedades de arroz (*Oryza sativa*) IR 43 y Tinajones, extraídos con NaOH y metabisulfito de sodio, procedentes de la provincia de Pacasmayo-Departamento La Libertad. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería. Universidad César Vallejo.
- Badii, M., Castillo, J., & Wong, A. (2008). Uso de Análisis de Covarianza (ANCOVA) en investigación científica. *Innovaciones de Negocios*, 5(1), 25-38.
- Becerra, V., Paredes, M., Rojo, C., Gutiérrez, E., & Saavedra, F. (2015). Germoplasma de arroz utilizado en el país en M. Paredes, V. Becerra (Eds.), *Manual de producción de*

arroz: *Buenas prácticas agrícolas (BPA)* (pp. 22-25). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile.

Bejarano, E., Bravo, M., Huamán, M., Huapaya, C., Roca, A., & Rojas, E. (2002). Tabla de composición de alimentos industrializados. *Ministerio de Salud* (pp. 1-56). [http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla de Composicion ALIMENTOS.pdf](http://www.ins.gob.pe/insvirtual/images/otrpubs/pdf/Tabla_de_Composicion_ALIMENTOS.pdf)

Bretó, M., Cebolla, R., García, A., & Carreres, R. (2012). Selección asistida por marcadores de variedades de arroz con alto valor culinario. *Agrícola Vergel*, 133-139.

Carrapiso, M., Aguayo, C., & Carrapiso, A. (2004). Efecto de la grasa sobre el *flavor* de la leche con un aromatizante de vainilla. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4(4), 246-250. <https://doi.org/10.1080/11358120409487766>

Chaudhari, P., Tamrakar, N., Singh, L., Tandon, A., & Sharma, D. (2018). Rice nutritional and medicinal properties: a review article. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 150-156.

CITA. (2005). Almidón por método enzimático. AQCITA-M018. San José, Costa Rica.

CITA. (2016). Nitrógeno total por el método de Kjendahl utilizando el equipo Foss Tecator. P-SA-MQ-003. San José, Costa Rica.

CONARROZ. (2006). Conservación de granos almacenados. San José. <https://www.conarroz.com/pdf/6Conservaciondegranos.pdf>

Cordero-Bueso, G. (2013). *Aplicación del análisis sensorial de los alimentos en la cocina y en la industria alimentaria*. Universidad Pablo de Olavide.

Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ). (2008). Reglamento técnico del arroz en granza. San José, Costa Rica.

CONARROZ. (2017). Informe estadístico período 2016/2017 unidad de inteligencia de mercados dirección de operaciones. San José.

CONARROZ. (2019). Informe estadístico período 2018/2019 unidad de inteligencia de mercados dirección de operaciones. San José

CONARROZ. (2020). Informe anual 2020. *Centro Estadístico Arrocerero*. San José

- Darandakumbura, H., Prasantha, B., & Wijesinghe, D. (2013). Effect of processing condition and polishing rate on apparent amylose content of some Sri Lankan rice varieties. *Tropical Agricultural Research*, 24(4), 317-324. DOI: 10.4038/tar.v24i4.8017
- Dgiovanni, V., Berrío, L., & Charry, R. (2010). Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (*Oryza sativa* L.). En: V. Degiovanni, C. Martínez, F. Motta (Eds.), *Producción eco-suficiente del arroz en América Latina* (pp. 35-59). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Enriquez, J. (2018). Efecto de la viscosidad en la percepción de dulzura en una bebida. Tesis de licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana.
- Franquet, J., & Borràs, C. (2004). Variedades y mejora del arroz (*Oryza sativa*, L.). Universitat Internacional de Catalunya.
- Guadamuz, C. (2019). Estudio de las principales propiedades físico-químicas y sensoriales que influyen sobre la calidad del grano cocido de diferentes variedades de arroz (*Oryza sativa*) utilizando un método de cocción determinado. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agroalimentarias. Universidad de Costa Rica.
- Hernández, M., Torruco, J., Chel, L., & Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(3), 718-726. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a31v28n3.pdf>
- Jovel, R., & Díaz, R. (2007). El sector arrocero en Costa Rica desde la perspectiva de cadenas globales de mercancías. *Centroamericana de Administración Pública*, (52-53), 63-95. Retrieved from https://publicaciones.icap.ac.cr/images/PDF-REVISTA/revista-52-53/rafael_diaz.pdf
- Juliano, O. (1994). El arroz en la nutrición humana. Instituto internacional de investigación sobre el arroz (FAO). Roma.
- Keawpeng, I., & Venkatachalam, K. (2015). Effect of aging on changes in rice physical qualities. *International Food Research Journal*, 22(6), 2180-2187. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/222532880_Ageing_of_Stored_Rice_Chang

es_in_Chemical_and_Physical_Attributes

- Laval, E. (2020). Arroz: temporada 2019/20 – 2020/21. *Oficina de Estudios y Políticas Agrarias*.
- Limpawattana, M., Yang, D.S., Kays, S.J., & Shewfelt, R.L. (2008). Relating Sensory Descriptors to volatile components in flavor of specialty rice types. *Journal of Food Science*, 73(9), 456-461. doi: 10.1111/j.1750-3841.2008.00952.x
- López, N. (2013). El gusto por el sabor salado. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 16(1), 99-109.
- López & Ozaeta. (2013). “Extracción de almidón a partir de arroz de rechazo molido como viscosante en la elaboración de cinco cosméticos,” 1–74. <https://doi.org/10.1002/cjce.21787>
- Loubes, M., & Tolaba, M. (2013). Arroz: rendimiento de molienda mediante análisis de imágenes. *La Alimentación Latinoamericana*, (308), 44-49.
- MEIC/MAG/MS. Reglamento Técnico RTCR 406: 2007. Arroz en Granza. Especificaciones y métodos de análisis para la comercialización (2007). Costa Rica.
- Maraseni, T., Deo, R., Qu, J., Gentle, P., & Neupane, P. (2018). An international comparison of rice consumption behaviours and greenhouse gas emissions from rice production. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2288-2300. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.182>
- Martínez, C., & Cuevas, F. (1989). Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. CIAT, Colombia.
- McCleary, B., McNally, M., & Rossiter, P. (2002). Measurement of resistant starch by enzymatic digestion in starch and selected plant materials: collaborative study. *Journal of AOAC International*, 85(5), 1103-1111. DOI: 10.1093/jaoac/85.5.1103
- Megazyme. (2015). Resistant starch: assay procedure. Megazyme International Ireland, Ireland.
- Megazyme. (2020). Total starch: assay procedure. Megazyme International Ireland, Ireland.

- Mejía, E., & Mondragón, D. (2019). Efecto de la temperatura y el tiempo en el proceso de añejamiento artificial de arroz, sobre sus características fisicoquímicas. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Mera, L. (2015). Comparación de los métodos Kjeldahl y Dumas para análisis de proteína cruda en materias primas y productos terminados en una planta de alimentos balanceados. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Central de Ecuador.
- Monteza, C. (2019). Relación entre la humedad inicial del arroz en cáscara y el método de secado en la industria arrocera. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/5349>
- Najar, C., & Alvarez, J. (2007). Mejoras en el proceso productivo y modernización mediante sustitución y tecnologías limpias en un molino de arroz. *Industrial Data*, 10(1), 22–32. Retrieved from http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/vol10_n1/a05.pdf
- Ordonio, R. L., & Matsuoka, M. (2016). Increasing resistant starch content in rice for better consumer health. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(45), 12616–12618. <https://doi.org/10.1073/pnas.1616053113>
- Park, C., Kim, Y., Park, K., & Kim, B. (2012). Changes in physicochemical characteristics of rice during storages at different temperatures. *Journal of Stored Products Research*, 48, 25-29. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.08.005>
- Peng, B., He, L., Tan, J., Zheng, L., Zhang, J., Qiao, Q., Wang, Y., Gao, Y., Tian, X., Liu, Z., Song, X., Sun, Y., Pang, R., Li, J., & Yuan, H. (2019). Effects of rice aging on its main nutrients and quality characters. *Journal of Agricultural Science*, 11 (17), 44-56. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n17p44>
- Perera, I., Seneweera, S., & Hirotsu, N. (2018). Manipulating the phytic acid content of rice grain toward improving micronutrient bioavailability. *Rice*, 11(4). DOI 10.1186/s12284-018-0200-y
- Pérez-Almeida, I., & Montoya, M. A. (2009). Calidad Del Grano Y Variabilidad Genética De

- Variedades Y Líneas De Arroz Del Instituto Nacional De Investigaciones Agrícolas (Inia). *Agronomía Tropical*, 59(4), 445–456.
- Pérez, C., & Juliano, B. (1981). Texture changes and storage of rice. *Journal of Texture Studies*, 12, 321-333.
- Petrecolla, D. (2006). Costa Rica agrocadena del arroz. Estudio sectorial de competencia. *Banco Mundial*.
- Pincioli, M. (2010). Proteínas de Arroz, propiedades estructurales y funcionales. *Cidca*, 66(167), 93. Retrieved from http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento_completo__.pdf?sequence=3
- Pisfil, D. (2021). Evaluación del efecto de la temperatura y tiempo de añejamiento artificial en la calidad culinaria de arroz (*Oryza sativa*). Tesis de grado. Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. Universidad Señor de Sipán.
- Ramírez, V. (2015). Proyecto de inversión para una planta de procesamiento de arroz en el cantón Daule. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8975>
- Rojas, S. (2012). Evaluación de la calidad del arroz en granza (*Oryza sativa*) almacenado en silo de compañía arrocera industrial Planta Industrial Río Claro. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica.
- Saikrishna, A., Dutta, S., Subramanian, V., & Moses, J. (2018). Ageing of rice: a review. *Journal of Cereal Science*, 81, 161-170. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.04.009>
- Sánchez, A., Gómez, B., & Billiris, A. (2019). Almacenamiento de arroz: influencia en la inocuidad del grano. *Laboratorio Tecnológico del Uruguay*, (19), 109-124. DOI: 10.26461/19.08
- Sánchez Picado, Y., & Vega Solano, M. F. (2018). Situación del mercado del arroz en Costa Rica: una mirada a la realidad. *Revista ABRA*, 38(56), 22. <https://doi.org/10.15359/abra.38-56.1>
- Singh, N., Singh, N., Arora, M., & Singh, J. (2003). Changes in physico-chemical, thermal,

cooking and textural properties of rice during aging. *Journal of Food Processing Preservation*, 27, 387-400.

Singh, N., Nakaura, Y., Inouchi, N., & Nishinari, K. (2007). Fine structure, thermal and viscoelastic properties of starches separated from *Indica* rice cultivars. *Starch Journal*, 59, 10-20. DOI: 10.1002/star.200600527

Solis, A. (2016). Descripción de la situación actual sobre el uso y consumo, perfil sensorial y grado de aceptación del queso seco tradicional elaborado en la región Huetar Norte y región Chorotega de Costa Rica. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica.

Soponronnarit, S., Chiawwet, M., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P., & Taechapairoj, C. (2008). Comparative study of physicochemical properties of accelerated and naturally aged rice. *Journal of Food Engineering*, 85(2), 268–276. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.07.023>

Tirado, D., Montero, P., & Acevedo, D. (2014). Estudio comparativo de métodos empleados para la determinación de humedad de varias matrices alimentarias. *Información Tecnológica*, 26(2), 3-10. doi: 10.4067/S0718-07642015000200002

Torricella, R., Zamora, E., & Pulido, H. (2007). *Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de la calidad en la industria alimentaria*. Universitaria.

Umaña, R. (2011). Laboratorio en control de calidad. Beneficio en investigación y generación de nuevas variedades. *Revista Arrocera CONARROZ*, 7, 17.

Vanegas, R., Murillo, E., & Murillo, W. (2013). Caracterización de almidón extraído de arroz de tercera de las variedades Índica y Fedearroz 60. *Tumbaga*, 2(8).

Vano, K., Jiménez, Y., & de Núñez, M. (2009). Evaluación de la incertidumbre en la determinación gravimétrica de humedad, cenizas, grasa y fibra cruda. *Ingeniería UC*, 16(2).

Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Almidón resistente: características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(3), 271-278. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., & Blanchard, C. (2007). Effect of storage temperature on cooking behaviour of rice. *Food Chemistry*, 105, 491-497. doi:10.1016/j.foodchem.2007.04.005

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., & Blanchard, C., Baxterb, G. (2003). Rice ageing. I. Effect of changes in protein on starch behaviour. *Starch*, 55, 162-169. <https://doi.org/10.1002/star.200390030>

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., & Blanchard, C. (2002). Ageing of stored rice: Changes in chemical and physical attributes. *Journal of Cereal Science*, 35(1), 65–78. <https://doi.org/10.1006/jcra.2001.0418>

9. Anexos

A1. Cuadro IV. Resultados promedio de las pruebas físico-químicas palicadas a las muestras de dos variedades de arroz (UCR-168-10 y Lazarroz FL), a diferentes tiempos de almacenamiento (0; 1; 2; 2,5; 3,5 y 4,5 meses). $\alpha= 0,05$.

Variedad	Tiempo	%AT	%AR	%Amilosa	%Humedad	%Proteína
UCR-168-10	0	67,25±3,38	1,43±1,98	32,22±0,37	9,56±0,06	8,84±0,56
UCR-168-10	1	63,99±8,43	0,63±0,84	31,23±0,39	9,59±0,22	8,62±0,08
UCR-168-10	2	58,84±4,34	0,72±1,20	34,39±0,29	10,20±0,12	8,70±0,07
UCR-168-10	2,5	63,25±7,81	0,68±0,72	32,12±0,71	9,48±0,95	8,63±0,16
UCR-168-10	3,5	68,09±3,25	0,06±0,03	27,51±0,77	9,31±0,51	7,43±0,24
UCR-168-10	4,5	68,78±2,14	0,16±0,21	33,18±0,42	10,44±0,10	6,55±0,62
Lazarroz FL	0	74,88±1,03	0,55±0,28	33,23±0,41	10,12±0,15	8,80±0,41
Lazarroz FL	1	63,66±6,18	0,22±0,03	31,28±0,38	9,00±0,37	9,04±0,10
Lazarroz FL	2	54,86±6,38	0,24±0,32	34,65±0,68	10,44±0,13	9,39±0,25
Lazarroz FL	2,5	65,23±5,11	0,87±1,04	33,92±0,16	8,71±0,76	8,61±0,46
Lazarroz FL	3,5	63,22±2,05	0,24±0,29	29,87±0,24	10,10±0,52	7,62±0,29
Lazarroz FL	4,5	66,09±1,62	0,07±0,02	33,04±0,59	10,73±0,21	7,52±0,28

A2. Cuadro V. Referencias desarrolladas para la identificación de los atributos generados por los jueces.

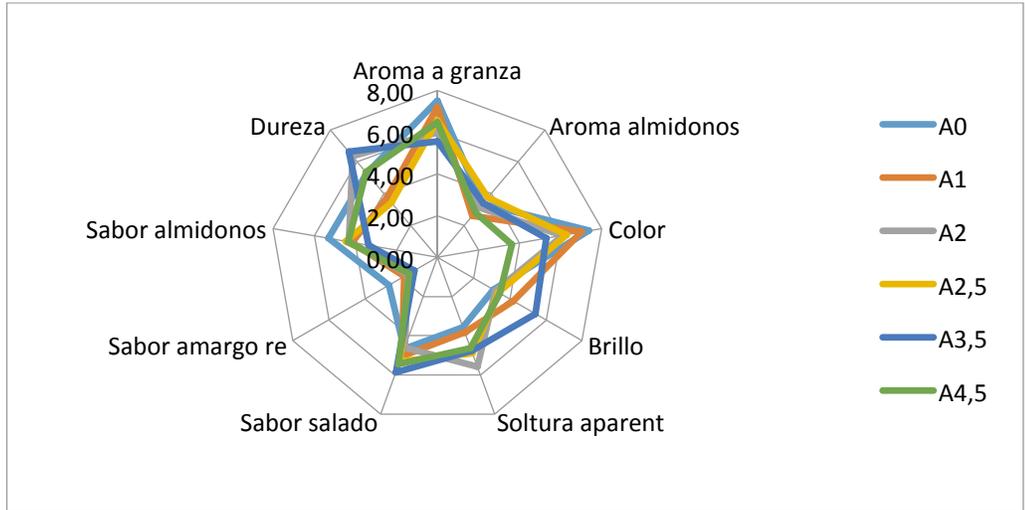
Atributo	Referencia baja (valor mínimo)	Referencia alta (valor máximo)
Aroma a granza	Arroz puitá	Arroz con granza
Aroma almidonoso	Arroz puitá	Arroz con harina de arroz
Color	Cuadro de color blanco	Cuadro de color amarillo
Brillo	Arroz con almidón	Arroz con goma de almidón
Soltura	Arroz para sushi	Arroz comercial
Sabor salado	Arroz puitá	Arroz con % de sal extra
Sabor amargo	Arroz puitá	Arroz con cafeína
Sabor almidonoso	Arroz puitá	Arroz con harina de arroz
Dureza	Arroz cocido con 1,5 veces más agua	Arroz cocido con menor porcentaje de agua, recalentado en microondas
Pegajosidad	Arroz 99%	Arroz para sushi

A3. Cuadro VI. Probabilidades asociadas a los resultados físico-químicos de las muestras de arroz estudiadas, después de aplicar un análisis de varianza.

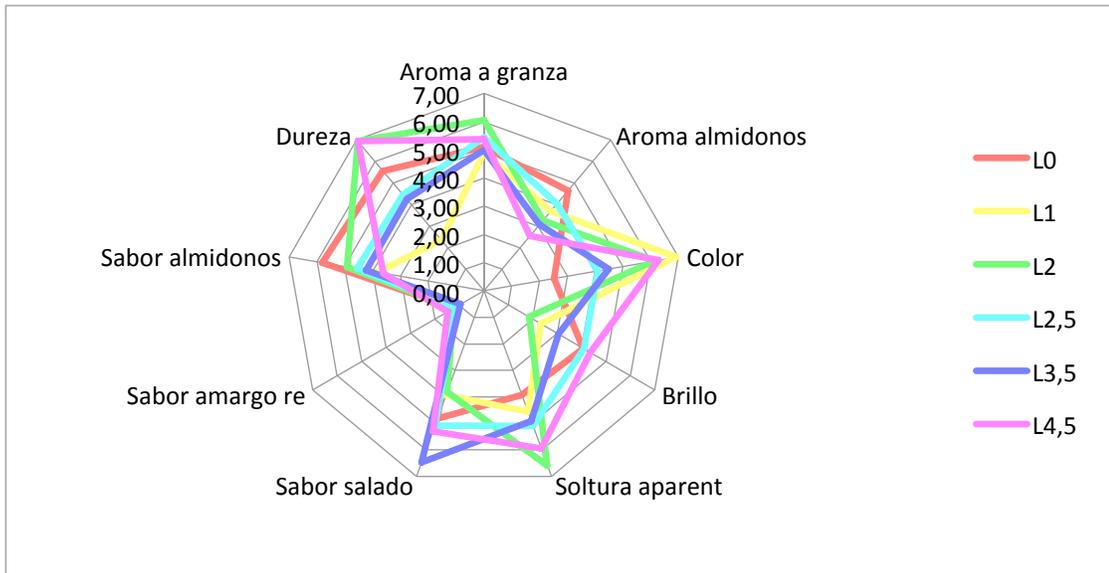
Factor	Fuente	Prob > F
% AT	Variedad	0,8506
	Tiempo	0,0732
% AR	Variedad	0,2066
	Tiempo	0,1506
% Amilosa	Variedad	0,0848
	Tiempo	0,0044
% H	Variedad	0,7493
	Tiempo	0,1059
% Proteína	Variedad	0,0760
	Tiempo	0,0039

A4. Cuadro VII. Probabilidades asociadas a los atributos sensoriales evaluados en cada una de las muestras de arroz, después de aplicar un análisis de varianza mixto.

Factor	Fuente	Prob > F
Aroma a granza	Repetición	0,4977
	Muestra	0,0004
Aroma almidonoso	Repetición	0,5303
	Muestra	0,0427
Color	Repetición	0,2332
	Muestra	<0,0001
Brillo	Repetición	0,0343
	Muestra	<0,0001
Soltura	Repetición	0,2017
	Muestra	<0,0001
Sabor salado	Repetición	0,3734
	Muestra	0,0053
Sabor amargo	Repetición	0,8813
	Muestra	0,0072
Sabor integral	Repetición	0,5404
	Muestra	0,0618
Sabor almidonoso	Repetición	0,4654
	Muestra	0,0110
Dureza	Repetición	0,6041
	Muestra	<0,0001
Pegajosidad	Repetición	0,4332
	Muestra	0,3174



A5. Figura 5. Resultados promedio de las pruebas sensoriales para la variedad UCR-168-10 (A) a diferentes tiempos de almacenamiento (meses).



A6. Figura 6. Resultados promedio de las pruebas sensoriales para la variedad Lazarroz FL (L) a diferentes tiempos de almacenamiento (meses).