

**Análisis comparativo de calidad físico-
química y organoléptica del arroz (*Oryza
sativa*) producido en Honduras vs arroz de
origen Estados Unidos**

Carlos Andres Gavica Vera

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2019

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Análisis comparativo de calidad físico-
química y organoléptica del arroz (*Oryza
sativa*) producido en Honduras vs arroz de
origen Estados Unidos**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Carlos Andres Gavica Vera

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2019

Análisis comparativo de la calidad físico-química y organoléptica del arroz (*Oryza sativa*) producido y procesada en Honduras vs arroz de origen Estados Unidos

Carlos Andres Gavica Vera

Resumen. El arroz es un cereal indispensable en la dieta básica de muchas culturas. Este cereal, aporta diversos nutrientes al consumidor siendo los hidratos de carbonos los principales. Además, el arroz contiene micronutrientes como fósforo, potasio, riboflavinas, niacinas, vitaminas, en pequeñas cantidades. El objetivo de este estudio fue, analizar las propiedades físicas, químicas y organolépticas del arroz de Honduras y de Estados Unidos e identificar el atributo de mayor efecto en la calidad del arroz pulido producido y procesado en Honduras. Se realizó una prueba t estudiante con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$. Los resultados de los análisis físicos que presentaron significativamente ($P \leq 0.05$) mejores cualidades en el arroz de Estados Unidos fueron: densidad del arroz en granza $540.0\text{kg}/\text{m}^3$, densidad del arroz pulido $800.6\text{kg}/\text{m}^3$, daños por insecto 0.00%, daños por calentamiento 0.46%, total de granos dañados 1.97%, granos quebrados 18.23%, granos yesosos 9.89%, y calidad de U.S.No. 5. Los resultados de los análisis físicos y químicos que presentaron significativamente ($P \leq 0.05$) mejores cualidades en el arroz de Honduras fueron: daños por hongos 0.50% y capacidad de retención de agua $3.39\text{g H}_2\text{O}/\text{g}$ arroz seco, con una calidad final de U.S.No. 6. Los resultados de las evaluaciones organolépticas indicaron que existe una diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en la apariencia general de los granos siendo mejor evaluado el arroz de Estados Unidos con una puntuación de 4.00. Finalmente, el punto crítico que más afectó la calidad del arroz en general fue el porcentaje de granos yesosos.

Palabras claves: Apariencia, densidad, daños, genética, retención de agua.

Abstract. Rice is an extremely important cereal in the basic diet of many cultures. This cereal provides various nutrients to the consumer, being the main carbohydrates. In addition, rice contains micronutrients such as phosphorus, potassium, riboflavin, niacin, vitamins, in small amounts. The objective of this study was to analyze the physical, chemical and organoleptic properties of rice from Honduras and the United States and identify the attribute of greater effect on the quality of polished rice produced and processed in Honduras. A t students test was performed with a level of significance of $P \leq 0.05$. The results of the physical analysis that showed significantly ($P \leq 0.05$) better qualities in the United States rice were: rice density in pellets $540.0\text{kg} / \text{m}^3$, density of polished rice $800.6\text{kg} / \text{m}^3$, insect damage 0.00%, damage by heating 0.46%, total grains by 1.97%, broken grains 18.23%, gypsum grains 9.89%, and US No quality. 5. The results of the physical and chemical analysis that showed significantly ($P \leq 0.05$) better qualities in Honduran rice were: fungal damage 0.50% and water retention capacity $3.39\text{g H}_2\text{O} / \text{g}$ dry rice, with a final quality of No. 6. The results of the organoleptic evaluations indicated that there is a significant difference ($P \leq 0.05$) in the overall appearance of the grains, with US rice being better evaluated with a score of 4.00. Finally, the critical point that most affected the quality of rice in general was the percentage of gypsum grains.

Keywords: Damage, density, genetic appearance, water retention.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen	iii
Contenido.....	iv
Indice de Cuadros y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	8
4. CONCLUSIONES.....	15
5. RECOMENDACIONES.....	16
6. LITERATURA CITADA	17
7. ANEXOS	21

INDICE DE CUADROS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de las repeticiones realizadas.	7
2. Resultados de análisis físicos de muestra de arroz en granza provenientes de Honduras y Estados Unidos.....	9
3. Resultados de análisis físico-químicos de muestras de arroz pulido provenientes de Honduras y Estados Unidos.....	9
4. Resultados de análisis de daños de muestras de arroz provenientes de Honduras y Estados Unidos.	13
5. Resultados de análisis organoléptico de muestra de arroz provenientes de Honduras y Estados Unidos.....	14
Anexos	Página
1. Secuencia analítica de análisis de calidad de granos.....	21
2. Análisis de calidad de granos del laboratorio de granos.	21
3. Tabla de referencia para la clasificación de calidad según USDA (2009).	22

1. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa L*) es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia de las gramíneas. El cultivo de arroz es una planta semiacuática, ya que tiene un tejido especial que le permite transportar el oxígeno desde las hojas hacia las raíces adaptándose muy bien a la inundación (Kraemer *et al.* 2005). Además, mediante la fotosíntesis puede transformar el dióxido de carbono en oxígeno útil para la planta. Muchas investigaciones plantean que el arroz se desempeña mucho mejor en condiciones de inundación que en secano (Fan *et al.* 2005).

La especie *Oryza sativa* se divide en cinco grupos: índica, aus, aromático, japónica templado y japónica tropical. Diferentes culturas poseen diversas preferencias en cuanto a sabor, textura, color y viscosidad del arroz que consumen. Por ejemplo, en Asia Meridional y el Medio Oriente, se consume arroz seco hojaldrado. En Japón, Taiwán y Egipto se consumen variedades de arroz húmedas y pegajosas. En algunas partes del sur de India, se consume arroz rojo. Honduras produce, importa y consume preferentemente la variedad índica, la cual será evaluada. La variedad índica se cultiva en clima tropical, en suelos bajos con abundante recurso hídrico. Morfológicamente presenta mayor número de macollas, hojas largas, tamaño de grano de mediano a largo, y un contenido de amilosa entre medio y alto que le da un aspecto seco y blando en comparación con las demás variedades (USAID 2010).

El arroz es un cereal indispensable en la dieta básica de muchas culturas, consumido en diversas porciones diarias. Este cereal, aporta diversos nutrientes al consumidor siendo los hidratos de carbonos los principales. Además, el arroz contiene micronutrientes como fósforo, potasio, riboflavinas, niacinas, vitaminas, en pequeñas cantidades. Investigaciones muestran que el consumo de arroz disminuye el riesgo de padecer hipertensión debido a sus propiedades antioxidantes (Vargas *et al.* 2010).

El hondureño común tiene una dieta de granos basada en frijoles, maíz y sorgo. Sin embargo, es muy habitual que incluyan el arroz en su dieta. Actualmente en Honduras existe una demanda interna de 4.2 millones de quintales de arroz blanco por año, para lo que es necesario 7 millones de quintales de arroz granza, de los cuales Honduras solo produce 1.2 millones de quintales. Este arroz es producido mayormente en los departamentos de Comayagua, Intibucá, Atlántida y Yoro. Para cubrir el resto de la demanda se importan de 5.8 millones de quintales de arroz granza, del cual el gobierno importa 44% que es proveniente de Estados Unidos, el resto es importado por empresas privadas de distintos países (FAO 2016).

El almidón del arroz es la mezcla de dos polisacáridos: la amilosa y la amilopectina. Ambos están formados por unidades de glucosa, en el caso de la amilosa unidas entre ellas por enlaces α 1-4 lo que da lugar a una cadena lineal y en el caso de la amilopectina, aparecen ramificaciones debidas a enlaces α 1-6. En función de la proporción amilosa:amilopectina, afectarán las dos propiedades fundamentales que presenta el arroz. Estas propiedades son absorción y retención de agua y capacidad de formación de gel (Rodríguez 2015).

El contenido de amilosa del almidón del arroz es el principal factor para su aceptabilidad. Guarda relación directa con la expansión del volumen y la absorción de agua durante la cocción y con la dureza o consistencia, blancura y opacidad del arroz cocido (Juliano 1994). Se reportó que las variaciones en los contenidos de amilosa, amilopectina y la estructura molecular del almidón son altamente influenciadas por la genética y las condiciones agronómicas y ambientales (Lawal *et al.* 2011).

Se realizó este estudio con el fin de poder ver las diferencias significativas entre el arroz hondureño en comparación con el que es producido en Estados Unidos, realizando una evaluación físico-química y organoléptica, que permitan determinar el grano de mejor calidad. Con esto se busca darle un respaldo científico para ayudar a los fitomejoradores nacionales con el fin de que produzcan una semilla de mayor calidad y que se adapte a las condiciones nacionales. Comparar el arroz nacional *vs* el arroz Estadounidense dará una idea del posicionamiento en el que se encuentra la calidad del grano. Las propiedades físicas del grano de arroz como longitud, anchura, transparencia, color y envejecimiento del arroz pulido son indicadores de la calidad del grano (Aldaco 2010). Teniendo en cuenta la demanda del arroz con el fin de evaluar la calidad. El presente estudio incluyó los siguientes objetivos:

- Realizar un análisis comparativo de las propiedades físico-químicas y organolépticas del arroz de Honduras y Estados Unidos.
- Identificar el atributo de mayor impacto en la calidad de arroz producido y procesado en Honduras.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio.

El estudio, los análisis organolépticos y físicos se realizaron en la Laboratorio de Procesamiento de Granos y Semillas de Zamorano. Los análisis químicos se realizaron en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), todos ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano (EAPZ), en el Valle del Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, km 30 carretera de Tegucigalpa a Danlí, Honduras.

Muestreo.

Se utilizó arroz proveniente de dos fuentes (Honduras e importado de Estados Unidos), ambos de la variedad índica los cuales fueron proporcionados por tres diferentes molinos arroceros, dos ubicados en Tegucigalpa (Maturave y Elim) y uno en Villa nueva (Mr Dicek). En cada molino se extrajeron muestras representativas de ambas fuentes. Se tomó una muestra compuesta del 10% del total de cada lote evaluado, utilizando una sonda de alveolo para extraer las muestras. En total se extrajeron 3 kg de cada lote y se trasladó la muestra al laboratorio para ser analizada.

Homogenización y división de muestra.

Se tomó cada muestra y se colocó en la homogeneizador tipo Boerner modelo 34 Boerner Divider, con el fin de separar la muestra en dos partes iguales de manera totalmente aleatoria hasta obtener una muestra representativa de 500 y 100 g para los análisis físico-químicos y organolépticos del laboratorio. Además, se obtuvo una muestra de 25 g para el análisis selectivo. Este procedimiento se lo realizó tres veces ya que todos los análisis fueron evaluados de manera triplicada (Reyes 2009).

Análisis físico-químicos.

Temperatura. Para la medición de la temperatura se utilizó GRAIN ANALYSIS COMPUTER, modelo GAC 2500 INTL, número de serie 1815-10064. Se introdujo al equipo muestras de 500 g de arroz en granza y pulido (Reyes 2009).

Densidad. Para la medición de densidad se utilizó GRAIN ANALYSIS COMPUTER, modelo GAC 2500 INTL, número de serie 1815-10064. Se introdujo al equipo muestras de 500 g de arroz en granza y pulido (Reyes 2009).

Rendimiento. Se utilizó el probador Zaccaria para arroz, modelo PAZ-1 DTA. Se introdujo al equipo muestras de 100 g de arroz en cáscara, se procedió a pilar el arroz y se procedió a pesar el arroz pulido. Para la medición del rendimiento se utilizó la ecuación 1 (Reyes 2009).

$$\text{Rendimiento} = (\text{AP}) \div (\text{AC}) \times 100 \quad [1]$$

Donde:

PAP = Peso del arroz pulido.

PAC = Peso del arroz con cascara.

Impurezas y materiales extraños. Se utilizó una balanza en la cual se pesaron 25 g de arroz pulido previamente homogenizados. Las muestras de arroz pulido se esparcieron en una cartulina de color oscuro con el fin de poder separar el arroz de aquellos materiales extraños e impurezas. Para la medición de impurezas y materiales extraños se utilizó la ecuación 2 (Reyes 2009).

$$\% \text{ Impurezas y materiales extraños} = (\text{PIME}) \div (\text{PM}) \times 100 \quad [2]$$

Donde:

PGDI = Peso impurezas y materiales extraños

PM = Peso de muestra

Daño por insecto. Se pesaron 25 g de arroz pulido previamente homogenizado y luego se procedió a realizar la clasificación entre los granos que se encontraron afectados por algún insecto y sin ningún daño. Se tomó en cuenta cómo daño por insecto, a todo grano que se le encontró alguna incisión u orificio. Para la medición de daño por insecto se utilizó la ecuación 3 (Reyes 2009).

$$\% \text{ Daño por insecto} = (\text{PGDI}) \div (\text{PM}) \times 100 \quad [3]$$

Donde:

PGDI = Peso de granos dañados por insecto

PM = Peso de muestra

Daño por hongo. Se utilizó una balanza en la cual se pesó 25 g de arroz pulido previamente homogenizado y posteriormente, se realizó la clasificación de los granos afectados por hongos y los sanos. Se tomó como grano dañado por hongo a todo grano que se encontró con un color negro o con una fina capa de micelio. Para la medición de daño por hongo se utilizó la ecuación 4 (Reyes 2009).

$$\% \text{ Daño por hongo} = (\text{PGDH}) \div (\text{PM}) \times 100 \quad [4]$$

Donde:

PGDH = Peso de granos dañados por hongo

PM = Peso de muestra

Daño por calentamiento. Se utilizó una balanza en la cual se pesó 25 g de arroz pulido previamente homogenizado y posteriormente, se realizó la clasificación entre los granos que estén dañados por calentamiento y los que no fueron afectados, finalmente se procedió a pesar los granos dañados. Como parámetro de daño por calentamiento se tomó a todo aquel grano de color café a café oscuro, ya que es el color que tiende a tornar el grano por un exceso de calor, el cual da una mala percepción de este. Para la medición de daño por calentamiento se utilizó la ecuación 5 (Reyes 2009).

$$\% \text{ Daño por calentamiento} = (\text{PGDC}) \div (\text{PM}) \times 100 \quad [5]$$

Donde:

PGDC = Peso de granos dañados por calentamiento

PM = Peso de muestra

Otros daños. Se utilizó una balanza en la cual se pesó 25 g de arroz pulido previamente homogenizado y posteriormente, se separó los granos que presentaron otro daño, los no maduros. Finalmente, se procedió a pesar la muestra para obtener el valor porcentual de granos con otros daños. Para este parámetro se tomó en cuenta todo grano al que no se le determinó un daño en específico y aquellos que no han madurado completamente. Para la medición de otros daños se utilizó la ecuación 6 (Reyes 2009).

$$\% \text{ Otros daños} = (\text{PGOD}) \div (\text{PM}) \times 100 \quad [6]$$

Donde:

PGOD = Peso de granos con otro daño.

PM = Peso de muestra

Total de granos dañados. Para este parámetro se realizó la suma de todos los daños anteriormente evaluados (Reyes 2009).

Grano rojo. Se utilizó una balanza en la cual se pesó 25 g de arroz pulido previamente homogenizado y posteriormente se separó los granos rojos. El grano rojo encontrado en la producción de arroz se refiere a una variedad de arroz salvaje que debido a su bajo rendimiento, es considerado por la mayoría de agricultores asiáticos como una mala hierba, dándole una apariencia no aceptada por el consumidor. Para la medición de grano rojo se utilizó la ecuación 7 (Reyes 2009).

$$\% \text{ Granos rojos} = (\text{PGR}) \div (\text{PM}) \times 100 \quad [7]$$

Donde:

PGR = Peso de granos rojo

PM = Peso de muestra

Relación entero : quebrado. Se utilizó una balanza en la cual se pesó 25 g de arroz pulido previamente homogenizado y posteriormente se separó los granos enteros y quebrados. Se procedió a pesar los granos quebrados. Se consideró como grano quebrado al grano que perdió el 25% de su longitud original. El arroz que se evaluó se clasifica como grano medio

largo el cual tiene como parámetros de medición de 6 a 7 mm. Para la medición de relación entero:quebrado se utilizo la ecuación 10 (Reyes 2009).

$$\% \text{ Grano quebrado} = (PGQ) \div (PM) \times 100 \quad [8]$$

$$\% \text{ Grano entero} = (\%GQ) - (100\%) \quad [9]$$

$$\text{Entero:quebrado} = (\%GE) \div (\%GQ) \quad [10]$$

Donde:

PGQ = Peso de granos quebrados

PM = Peso de muestra

%GQ = Porcentaje de Grano quebrado

%GE = Porcentaje de Grano entero

Grano yesoso. Se utilizó una balanza en la cual se pesó 25 g de arroz pulido previamente homogenizado y posteriormente se separó los granos granos yesoso. El grano yesoso es el grano que posee en su composición un porcentaje mayor de 30% de amilosa el cual, produce un cambio en la estructura del grano haciéndolo más frágil y más susceptible. Se pueden diferenciar los granos blancos de los granos yesosos por la forma estructural ya que los granos yesoso presentan una apariencia más compacta, esférica, central que los arroces blancos. Para la medición de grano yesoso se utilizo la ecuación 11 (Reyes 2009).

$$\% \text{ Granos yesosos} = (PGY) \div (PM) \times 100 \quad [11]$$

Donde:

PGY = Peso de granos yesosos

PM = Peso de muestra

Grano con gluma. Se utilizó una balanza en la cual se pesó 25 g de arroz pulido previamente homogenizado y posteriormente se separó los granos granos con gluma. El grano con gluma es el arroz que no ha sido procesado o que en el proceso no se ha logrado descascarillar el cual posee la gluma como se recubierta. Para la medición de grano con gluma se utilizo la ecuación 12 (Reyes 2009).

$$\% \text{ Granos con gluma} = (PGG) \div (PM) \times 100 \quad [12]$$

Donde:

PGG = Peso de granos con gluma

PM = Peso de muestra

Humedad. Para la medicion de porcentaje de humedad se utilizó GRAIN ANALYSIS COMPUTER, modelo GAC 2500 INTL, numero de serie 1815-10064. Se introdujo al equipo muestras de 500 g de arroz en granza y pulido (Reyes 2009).

Capacidad de retención de agua. Se tomó 250 g de arroz pulido y agrego 1000 g de agua con una temperatura inicial de 35 °C que se calentó a una temperatura de 85 °C a una velocidad de 5.5 °C por min con el objetivo que el almidón del arroz se vuelva más soluble, la amilosa se lixivie. Se mantuvo a esta temperatura durante 15 minutos, se dejó reposar el arroz por cinco minutos en un colador y procedió a desechar el agua sobrante poniendo el arroz en una maya, por último se procedió a pesar el arroz para obtener el peso muestra final. Para la medición de capacidad de retención de agua se utilizo la ecuación 13.

$$CRA = (PMF) - (PM) \div (PM) \quad [13]$$

Donde:

CRA= Capacidad de Retención de Agua

PMF = Peso de muestra final

PM = Peso de muestra

Análisis organoléptico.

Se tomó 500 g de muestra de arroz pulido previamente homogeneizada de cada empresa para determinar la apariencia general, color y olor. La apariencia general se evaluó bajo una escala establecida por Reyes (2009) (buena, regular-buena, regular, regular-mala y mala). El color fue determinado con la metodología de USDA (2009). Se procedió a agrupar la muestra en una bolsa para realizar la práctica de olor de manera subjetiva y determinar si el arroz posee o no olores extraños o fuera de lo común (Reyes 2009).

Calidad.

La calidad fue medida según los parametros establecidos por el USDA (2009). En base a estos parametros se dió la calificación de 1 a 6 tomando la calificación por la calidad más baja en las series de parámetros.

Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de muestras independientes, con tres repeticiones. Se definió el arroz de mayor calidad a través de una prueba t estudiante. Los datos se analizaron usando el programa “Statistical Analysis System” (SAS® versión 9.4). El cuadro 1 muestra la proveniencia de las muestras evaluadas y la descripción de las repeticiones.

Cuadro 1. Descripción de las repeticiones realizadas.

País de proveniencia	Empresa
Honduras	A
	B
	C
Estados Unidos	A
	B
	C

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físico-químicos.

La calidad de los granos de arroz varía de una región a otra, dependiendo de las preferencias locales y de las exigencias extrarregiónales por el mercado internacional. También, depende del interés de los actores en los distintos sectores del flujo de la cadena del arroz. Los fitomejoradores buscan desarrollar variedades que ayuden a los agricultores a obtener altos rendimientos y reducir los riesgos en campo. También buscan desarrollar un arroz con menor porcentaje de grano yesoso, con alto rendimiento y bajo porcentaje de grano quebrado, para satisfacer a los procesadores quienes a su vez buscan satisfacer el mercado que exige un arroz de alta calidad. La calidad del arroz proveniente de Estados Unidos fue significativamente ($P \leq 0.05$) mejor que la de Honduras según los estándares de USDA (2009), obteniendo una puntuación de U.S.No. 5 y de U.S.No. 6 respectivamente.

Los principales factores que afectan la calidad del arroz son el número de semillas, el porcentaje de arroz rojo, el porcentaje de arroz dañado, el porcentaje de grano yesoso y el porcentaje de grano quebrado según estudios realizados por Lanceras *et al.* (2000) y USDA (2009).

En el arroz en granza se observó que el porcentaje de humedad de ambos países (Honduras y Estados Unidos) cumple con el estándar de calidad de secado, que sugiere llevar el grano en un rango de 12 a 14% de humedad. En el grano proveniente de Estados Unidos no se observó diferencia significativa ($P > 0.05$) en comparación con el arroz de Honduras (cuadro 2). Estados Unidos tiende a secar al mismo porcentaje de humedad que Honduras por ya que con este rango se evita la proliferación de microorganismos que puedan deteriorar la calidad y además, representar un riesgo para los consumidores. Con porcentajes de humedad mayores al 15%, el grano tiene a estar más blando, lo que causa un mayor porcentaje de grano quebrado en el trillado y pulido (Lanceras *et al.* 2000).

Se evaluó la densidad del arroz en granza (cuadro 2). Existe una relación directa entre la densidad y factores como el rendimiento y la calidad del grano. Los resultados mostraron que a mayor densidad del arroz en granza se obtiene un mayor rendimiento y una mayor calidad del grano pulido, lo que coincide con Perea *et al.* (2005) quienes encontraron resultados similares. Hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre el arroz de Honduras y el arroz de Estados Unidos, siendo el arroz de Estados Unidos el que se encontró con una mayor densidad. La densidad del arroz, estará determinada por la etapa fenológica de llenado del grano (CIAT 1989).

Cuadro 2. Resultados de análisis físicos de muestra de arroz en granza provenientes de Honduras y Estados Unidos.

¹ Análisis físicos	² Honduras	² Estados Unidos	Pr > F	³ CV (%)
Humedad (%)	12.82 ± 0.35	13.10 ± 0.85	0.0627	5.16
Densidad (kg/m ³)	504.8 ± 10.4	540.0 ± 18.3	0.0001	2.85

¹Descripción de los análisis físicos y químicos de cada tratamiento (Honduras y Estados Unidos). ²Cada resultado representa el promedio y la desviación estándar de tres repeticiones. ³CV (%)= coeficiente de variación expresado en porcentaje.

Se evaluó el porcentaje de humedad del arroz pulido de ambos países (Honduras y Estados Unidos). No se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre la humedad de los dos países (cuadro 3). Se observó que cumplen con los parámetros de calidad que se deben tener los granos con un porcentaje de humedad menor al 15% de humedad. Esto debido a que a mayor porcentaje de humedad la A_w es superior a 0.80 y se corren riesgos de contaminación con *Staphylococcus aureus*, hongos productores de micotoxinas, levaduras del género, *Saccharomyces*, *Debaryomyces* y de *Bacillus cereus* siendo este patógeno el mas importante en el arroz (Castaño 2012).

Se evaluó la densidad del grano pulido de ambos países (cuadro 3), en la cual el arroz de Estados Unidos tuvo una mayor densidad que el arroz de Honduras. Diversas investigaciones afirman que a mayor densidad del arroz pulido, este será de mejor calidad. Al lograr un proceso correcto de madurado en campo, hay una buena compactación de los macronutrientes en el grano. Según CIAT (1989) si se cosecha un arroz no maduró, al momento de secarse este tiende a convertirse en un grano opaco y de baja densidad.

Cuadro 3. Resultados de análisis físico-químicos de muestras de arroz pulido provenientes de Honduras y Estados Unidos.

¹ Análisis físico-químicos	² Honduras	² Estados Unidos	Pr > F	³ CV (%)
Humedad (%)	12.91 ± 0.59	13.26 ± 0.63	0.2469	4.660
Densidad (kg/m ³)	763.7 ± 6.63	800.6 ± 9.13	<.0001	1.020
Rendimiento (%)	68.76 ± 0.49	69.00 ± 0.52	0.3235	0.730
Impureza y materiales extraños(%)	0.25 ± 0.24	0.08 ± 0.16	0.0988	126.0
Total de granos dañados (%)	2.92 ± 0.41	1.97 ± 0.76	0.0049	25.07
Granos quebrados (%)	38.61 ± 9.95	18.23 ± 4.08	<.0001	26.77
Granos rojo (%)	0.52 ± 0.61	0.31 ± 0.50	0.4378	136.0
Granos yesoso (%)	12.04 ± 1.14	9.89 ± 1.44	0.0029	11.83
Capacidad de retención de agua (g H ₂ O/g arroz seco)	3.39 ± 0.05	3.13 ± 0.08	<.0001	2.040

²Descripción de los análisis físicos y químicos de cada tratamiento (Honduras y Estados Unidos). ²Cada resultado representa el promedio y la desviación estándar de tres repeticiones. ³CV (%)= coeficiente de variación expresado en porcentaje.

El rendimiento es uno de los parámetros más importante a evaluar la calidad de parte de los molinos, ya que es aquí en donde los molineros encuentran su ganancia. El rendimiento se va a ver afectado por temas de genética del grano, por manejo en el campo, tipo de secado, almacenamiento y porcentaje de pulido. La gluma representa aproximadamente 18% del peso del grano del arroz (CIAT 1989). El grado de pulido del gránulo del arroz varía de región en región. En Honduras, se tienen establecido remover el 15% del peso del grano de arroz durante el proceso de pulido y esto se aplica tanto para el arroz de Honduras como al de Estados Unidos. Dependiendo de la calidad del grano de arroz varía el grado de pulido, por lo general, el grano de menor calidad y mayor opacidad se tiende a pulir más, tomando como base el 15% establecido en la región; a mayor grado de pulido, menor rendimiento. Se observó que no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) en la densidad entre el arroz de Estados Unidos y el arroz de Honduras (cuadro 3). Degiovanni (2010) considera las temperaturas altas en campo como un factor adverso a la producción, ya que se acorta la maduración del grano causando granos vanos y causando rendimientos bajos. También se considera que en la fase reproductiva del arroz, la radiación solar influye en el rendimiento ya que este factor es el responsable de la translocación de carbohidratos desde la hojas hacia el grano de arroz, observando que la radiación no solo es necesaria para la asimilación del carbono en carbohidratos sino que también para la translocación de los azúcares. El rendimiento del arroz tiende a aumentar en sitios del trópico de mayor altitud por que las fases de desarrollo se prolongan en condiciones de temperaturas bajas y altas radiación solar.

Se evaluó el porcentaje impurezas y materiales extraños del arroz pulido de Estados Unidos y del arroz pulido de Honduras (Cuadro 3). No hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) de los dos arroces manteniéndose dentro de los parámetros establecidos por el USDA (2009), los cuales establecen que no debe pasar del 1% del peso total del arroz pilado. Este parámetro de calidad está bien controlado por los beneficios, gracias a sus procesos de selección, pre-limpieza con zarandas de aire y otros procesos de limpieza que se hacen con alta rigurosidad tanto para el arroz de Honduras como para el de Estados Unidos.

El porcentaje de quebrado se ve afectado por factores como el manejo en el campo, genética, tipo de secado, almacenamiento, pilado, pulido y su composición química. En el cual Según Degiovanni (2010) el arroz que se almacena para el proceso de envejecimiento con un porcentaje de humedad de 12 al 14%, ayuda gradualmente a una mayor uniformidad y equilibrio cualitativo de los granos. El almidón del gránulo tiende a compactarse, volverse más translucido y más fuerte. Según el estudio de Ortiz (2000) se obtiene un mayor porcentaje de grano quebrado después del pulido cuando hay una mayor diversificación de los granos, ya que estos varían tanto en lo largo como en el espesor. Investigaciones afirman que la siembra a partir de una semilla comercial causa segregación de las características deseables del gránulo, causando una cosecha de ese grano tenga una menor uniformidad. Además, se obtiene un mayor porcentaje de granos yesoso y mayor cantidad de granos más cortos y largos. En Honduras los arroceros se encuentran protegidos por subsidios y precios fijos, por lo que no tratan de mejorar la calidad y el rendimiento del arroz. En la mayoría de los casos, los arroceros realizan siembra del arroz que cosecharon causando una segregación y desuniformidad. El arroz de Estados Unidos presentó un menor porcentaje de grano quebrado que el arroz de Honduras (cuadro 3). Esto se encuentra relacionado con el porcentaje de grano yesoso y la genética de los dos arroces.

Se denomina "arroz rojo" a una serie de arroces salvajes muy emparentados con el arroz cultivado y cuya principal característica distintiva, es la de poseer pericarpio de color rojizo o marrón (Zorrilla 1992). El arroz rojo proviene del cultivo de *Oryza glaberrima*. El principal efecto negativo de una invasión de esta maleza, es la disminución en rendimiento debido a la competencia que esta ejerce por luz, espacio y nutrientes, así como por el alto porcentaje de desgrane del arroz rojo que se produce. No hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) en el porcentaje de grano rojo según la procedencia de los dos arroces. Ambos parámetros fueron menores del 0.51% (cuadro 3). Por cada panícula de arroz rojo que se encuentre en 1 m^2 , se tienen disminución en el rendimiento hasta de 12 y 34 kg/ha (Pulver 1986).

El arroz yesoso ocurre por la presencia de zonas opacas en el endospermo que afectan la apariencia del grano de arroz (CIAT 1989). En los arroces no glutinosos, es causado por la falta de compactación de las partículas de almidón y proteínas de las células. Los granos de almidón en las áreas opacas son esféricos y poco compactos, en contraste con los granos poliédricos compactados, que son propios de las áreas sin centro blanco y no permiten el paso adecuado de la luz (CIAT 1989). La interacción genotipo \times ambiente se refiere a la condición en la cual, el comportamiento de los genotipos difiere a través de distintos ambientes de siembra. Se presenta cuando los ambientes no tienen la misma influencia sobre los genotipos. Muchas evidencias indican que el centro blanco está influenciado por el ambiente. En el análisis combinado a través de épocas y localidades, la variación en el factor genotipos explicó el 49.57%. Este hecho indica que los efectos genotípicos son los más importantes en la expresión de la característica centro blanco en arroz. La interacción genotipo \times ambiente, explicó el 25.9% y el factor de localidad el 19.5% (Torres *et al* 2002). El porcentaje de grano yesoso también está asociado a una heterogeneidad en el cultivo (crecimiento no uniforme), Esencialmente, son granos inmaduros debido a una desincronización en la aparición de macollas.

Estas áreas opacas son indeseable para la industria molineras y el consumidor. El principal factor ambiental que influye en la opacidad del endosperma es la temperatura ambiente después de la floración, el arroz exige una temperatura relativamente fresca. Temperaturas altas provocan un llenado acelerado del grano, dificultando el transporte de fotosintatos a las células de parte interna y dejando espacios llenos de aire en el endospermo que provocan la opacidad (Matsuo 1997). El almidón en el grano está compuesto por amilosa y amilopectina, la amilosa es la fracción lineal del almidón causando un color translucidos mientras que la amilopectina que es la fracción ramificada causando colores opacos. La temperatura alta durante la maduración del grano hace disminuir el porcentaje de amilosa de este (Degiovanni 2010). El origen del arroz influyó significativamente ($P \leq 0.05$) sobre el porcentaje de grano yesoso. Se encontró que el arroz proveniente de Estados Unidos posee un menor porcentaje de grano quebrado que el arroz de Honduras (cuadro 3).

En el estudio de Torres (2002) se observó que existe una relación directa entre la absorción de agua y el contenido de amilosa. La capacidad de retención de agua también se vio afectada por el porcentaje de amilopectina en el grano ya que esta tiene una estructura elocoidal dejando espacios entre ellas causando que tenga una mayor capacidad de retención de agua. Se observó (cuadro 3) que el arroz de Honduras tiene un mayor

porcentaje de arroz yesoso, ya que esta relacionado directamente con el porcentaje de amilosa causando un aumento en la capacidad de retención de agua. La capacidad de retención de agua del arroz de Honduras fue significativamente ($P \leq 0.05$) mayor que la del arroz de Estados Unidos. Con mayor contenido de amilosa, menor será la temperatura de gelatinización y mejores serán los resultados obtenidos en productos procesados a base de estas harinas. Por otro lado, en Honduras se madura el arroz antes de procesarlo, lo cual consiste en dejar reposar el arroz por un tiempo mínimo de tres meses, con el fin de que el arroz quede menos pegajoso. Con este proceso, las proteínas de la superficie del grano se oxidan y forman una fina capa que limita la absorción de agua e impide que el almidón salga.

En la producción de arroz pulido, el grano puede sufrir una serie de daños las cuales bajan la calidad del mismo, estos se clasificaron en cuatro grupos (Reyes 2009). El primer daño a evaluar fue el daño por insecto. El arroz se ve afectado por más de 100 especies de insectos en las cuales 20 causan daños económicos en la producción. El daño causado por picadores, mordedoras, chupadores y raspadores son los que afectaron de manera directa causando orificios al grano dañando su estructura. Según Rodríguez *et al.* (2006), niveles de infestación del chinche del arroz *Oebalus insularis* con una incidencia menor a 0.7 chinches por panícula no influyen significativamente en el rendimiento de arroz en cáscara ni en el pulido. La novia de arroz (*Rupela albinella*) es un barrenador que ocasiona pérdidas en el cultivo atacando la planta, pero no está correlacionada con pérdidas de rendimiento. La procedencia del arroz, influyó significativamente ($P \leq 0.05$) en el daño causado por insecto, el arroz de Honduras presentó un porcentaje mayor de daño, esto causado por el manejo en general del grano desde campo (cuadro 4). La plaga más influyente en el almacenamiento es el Gorgojo del arroz (*Sitophilus oryzae*).

El daño por hongo es causado por el manejo del arroz en el campo y el mal almacenamiento de los granos. En el almacenamiento se deben guardar los granos con un bajo porcentaje de humedad y en lugares secos. La presencia de hongo es un factor importante evaluar ya que a mayor presencia de hongo van haber mayor presencia de micotoxinas, compuestos causantes del cáncer. En el porcentaje de daños por hongos no influyó significativamente ($P > 0.05$) la procedencia de los arroces (cuadro 4). *Magnaporthe oryzae* es un hongo patógeno del arroz que produce la enfermedad denominada piriculariosis. Es el patógeno de plantas que mayores pérdidas produce mundialmente, siendo el más relevante para los fitopatólogos (Dean 2012).

El secado del arroz con altas temperaturas causa granos dañados por calentamiento. Hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en el porcentaje de granos dañados por calentamiento, siendo el arroz de Honduras el que presentó un mayor porcentaje en comparación del arroz de Estados Unidos (cuadro 4). Los granos dañados por calentamiento se presentan cuando el aire utilizado para secar los granos de arroz supera los 70 °C por un tiempo prolongado, causando la reacción del Maillard (empañamiento no enzimático). Según Pedrera *et al* (2013) hay relación inversamente proporcional en la temperatura de secado de granos de arroz en granza y el rendimiento de los granos enteros pulido.

No hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) en la evaluación de otros daños según su procedencia. En general, el grano de ambos países presentó un porcentaje igual de daños (cuadro 4).

Cuadro 4. Resultados de análisis de daños de muestras de arroz provenientes de Honduras y Estados Unidos.

¹ Total de daños (%)	² Honduras	² Estados Unidos	Pr > F	³ CV(%)
Daños por insectos	0.15 ± 0.12	0.00 ± 0.00	0.0024	118.1
Daños por hongos	0.50 ± 0.19	0.56 ± 0.33	0.6532	50.83
Daños por calentamiento	1.28 ± 0.25	0.46 ± 0.24	<.0001	28.22
Otros daños	0.98 ± 0.31	0.96 ± 0.47	0.9161	40.97

³Descripción de los Daños de cada tratamiento (Honduras y Estados Unidos). ²Cada resultado representa el promedio y la desviación estándar de tres repeticiones. ³CV (%)= coeficiente de variación expresado en porcentaje.

Evaluación organoléptica.

La evaluación organoléptica del arroz se determinó a través de las mediciones de color, olor y apariencia general. El estado de conservación del arroz se estima generalmente por el olor. La rancidez hidrolítica de las grasas insaturadas puede ser determinada químicamente por el grado de lipólisis que ocasiona la liberación de los ácidos grasos, responsables de la modificación del olor, ya que estos se oxidan y forman metil cetonas, que a su vez son catalizadas por las enzimas de los hongos (Brumovsky 2014). No se encontraron malos olores en las muestras de arroz analizadas. El origen del arroz no influyó significativamente ($P > 0.05$) sobre el olor, se encontró un arroz en buen estado con un olor característico de grano seco (cuadro 5). Los arroces aromáticos, poseen naturalmente mayor contenido de hierro y zinc que las comerciales (García *et al* 2011). El consumidor típico de América Latina y el Caribe, asocia el arroz aromático con un arroz dañado y de mala calidad.

No hubo diferencia significativa ($P > 0.05$) en la evaluación de color según su procedencia. En general, el grano de ambos países presentó un color blanco, crema y ligeramente gris (cuadro 5). El arroz que se evaluó es de tipo índica y presenta características de un arroz de color blanco, crema y puede aumentar su opacidad dependiendo del manejo en el campo y el manejo en molino. El color del arroz está dado principalmente por su genética, las condiciones de almacenamiento, el descascarillado y el pulido. Resultados similares encontraron García *et al* (2011) donde se evaluó el arroz con una escala de 1 (“negro”) a 4 (“Blanco”), la aceptabilidad del arroz alcanzó un promedio de $3,0 \pm 0,8$ para el atributo de color, donde el grano del arroz presentó características de colores blancas y cremás.

El color del grano, que viene dado por la capa más externa de la cariósida, suele variar desde amarillo claro a negro. El color negro es generalmente un defecto, con excepción de algunos arroces de pericarpio rojo utilizados en la gastronomía europea (Aluko *et al*. 2004). El pulido del arroz se hace para remover la semolina que recubre el grano por medio de fricción, Se requiere hasta tres etapas de pulido en conos blanqueadores para darle al grano la características de arroz comercial la cual tendrá un color más traslucido. Para brindarle

un color brillante y ayudar a evitar se que se enrancie en el almacenamiento, se trabaja bajo el mismo principio de los cono blanqueadores, la diferencia es que la superficie es más suave y se utiliza agua, glucosa y silicato de magnesio (Marín y Aguinaga 2015).

Factores como el tamaño, forma, uniformidad, cristalinidad, opacidad, color y presencia de granos dañados, determinan la apariencia general del arroz. Las dimensiones del grano son atributos muy condicionados por la genética de la variedad, con escasa o nula influencia de las condiciones que acontecen durante su desarrollo, lo que reafirma su importancia como criterios de calidad. No hay disponible ningún instrumento para medir objetivamente la apariencia general; por lo tanto, este factor de calidad es juzgado subjetivamente utilizando los sentidos, los cuales varían en cada persona (CIAT. 1989). Al analizar el puntaje establecido a la apariencia general (cuadro 5), se observó que el arroz proveniente de Estados Unidos es significativamente ($P \leq 0.05$) de mejor apariencia general que el de Honduras.

Cuadro 5. Resultados de análisis organoléptico de muestra de arroz provenientes de Honduras y Estados Unidos

¹ Características Organolépticas	² Honduras	Estados Unidos	Pr > F	³ CV (%)
Olor	Acceptable	Acceptable	-	-
⁴ Color	5.89 ± 0.33	6.00 ± 0.00	0.3322	3.970
⁵ Aparencia General	2.00 ± 0.87	4.00 ± 0.87	0.0002	28.86

¹Descripción de parámetros organolépticos medidos a cada tratamiento (Honduras y Estados Unidos). ²Cada resultado representa el promedio y la desviación estándar de tres repeticiones. ³CV (%) = coeficiente de variación expresado en porcentaje. ⁴Escala hedónica de 1 a 6 (1=Negro y 6=Blanco). ⁵Escala hedónica de 1 a 5 (1=No me gusta y 5=Me gusta).

4. CONCLUSIONES

- En base a los análisis físico-químicos y organolépticos el arroz de Estados Unidos presentó una mejor calidad en comparación al arroz de Honduras.
- El atributo de mejora que más afectó de manera directa e indirecta a la calidad del arroz fue el porcentaje de grano yesoso.

5. RECOMENDACIONES

- Elaborar un estudio que incluya un análisis sensorial de aceptación y preferencia del arroz pulido ya cocido.
- Realizar muestreo en las dos cosechas del año con el fin de evaluar como afecta el clima en la calidad del grano.
- Realizar una microscopía electrónica de barrido de los almidones.
- Evaluar la calidad de una semilla comercial de arroz y de la cosecha de la misma para definir cuanto es la pérdida de la calidad por la segregación de las características del grano.

6. LITERATURA CITADA

- 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]. Universidad autónoma agraria antonia narro. Mexico. 43 p. [consultado el 23 de jun. de 2019]. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/422>.
- Aluko G, Martinez C, Tohme J, Castano C, Bergman C, Oard JH. 2004. QTL mapping of grain quality traits from the interspecific cross *Oryza sativa* x *O. glaberrima*. Theoretical and applied genetics. 109(3):630–639. eng. doi:10.1007/s00122-004-1668-y.
- Brumovsky L. 2014. Química del almidón [internet]. Argentina: Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Exactas, Químicas y Naturales. [consultado el 02 de jun. de 2019]. <https://es.ecribd.com/doc/258330066/Almidon>.
- Castaño Z. 2012. Microorganismos asociados con el Manchado de Grano del Arroz en Colombia. Revista Zamorano. 26(2): 245-253.
- CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1989. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. 3th ed. /edited by CIAT. Colombia: Cali. 77 P. [consultado el 23 de jun. de 2019]. URL : <https://books.google.com.co/books?id=wC9yMXQwAbwC&lpg=PP1&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>
- Dean R, Van L, Pretorius Z, Hammond K, Pietro A, Spanu P, Rudd J, Dickman M, Kahmann R, Ellis J. 2012. The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. Molecular Plant Pathology. [consultado el 25 de sep. de 2019]. 13(4):414–430. eng. doi:10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x.
- Degiovanni V, Martínez C, Motta O. 2010. Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. 1th ed. /edited by CIAT, FLAR, UNICORDOBA. Cali: CIAT. 513 p. ISBN:978-958-694-103-7.
- Dilbaghi N, Sharma S. 2007. Food spoilage, food infections and intoxications caused by microorganisms and methods for their detection [Tesis]. India: University of Science and Technology, Hisar; Biology. [consultado el 25 de sep. de 2019]. 1-42 p.

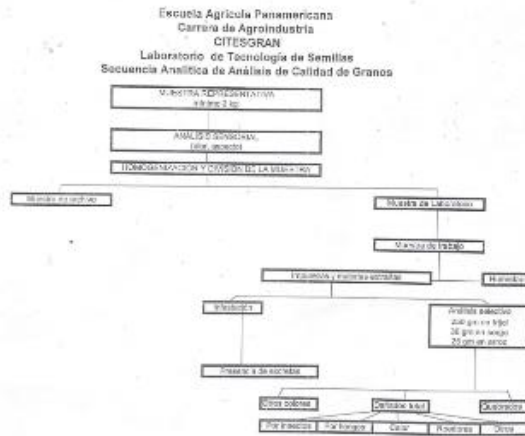
- Fan CC, Yu XQ, Xing YZ, Xu CG, Luo LJ, Zhang Q. 2005. The main effects, epistatic effects and environmental interactions of QTLs on the cooking and eating quality of rice in a doubled-haploid line population. *Theor. Appl. Genet.* 110(8):1445–1452. doi:10.1007/s00122-005-1975-y.
- FAO, Food and Agriculture Organization. 2016. Marco de programación país para la cooperación de la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO) Honduras. Tegucigalpa: FAO. [consultado el 25 de jun de 2019]; <http://www.fao.org/3/a-i5397s.pdf>.
- García K, Godoy J, Carrillo P, Pachón H. 2011. Evaluación sensorial de arroz (*Oryza sativa*) variedad Azucena en la Región Autónoma del Atlántico Norte en Nicaragua *Perspect Nutr Humana*; [consultado el 14 de jul. de 2019]. 13(2):135–146. ISSN: 0124-4108.
- Juliano O. 1994. El arroz en la nutrición humana. Instituto internacional de investigación sobre el arroz. Dirección de selección, genética y bioquímica vegetal. 26:1-178. ISBN: 92-5-303149-2.
- Kraemer A, Moulin, J, Marín A, Kruger D, Herber L. 2011. Manual del aguador arrocero: Principios básicos para manejo del riego en el cultivo de arroz. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Proyecto Arroz. URL: http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Manual_Aguador.pdf.
- Lanceras J, Huang Z, Naivikul O, Vanavichit A, Ruanjaichon V, Tragoonrung S. 2000. Mapping of genes for cooking and eating qualities in Thai Jasmine Rice (KDML105). *DNA Research.* 7:93–101. Eng. Doi.10.1093/dnares/7.2.93.
- Lawal OS, Lapasin R, Bellich B, Olayiwola TO, Cesàro A, Yoshimura M, Nishinari K. 2011. Rheology and functional properties of starches isolated from five improved rice varieties from West Africa. *Food Hydrocolloids.* [consultado el 25 de sep. de 2019]. 25(7):1785–1792. doi:10.1016/j.foodhyd.2011.04.010.
- Marín M, Aguinaga J. 2015. Diagnóstico de situación actual de procesos productivos en empresas para la implementación de técnicas orientadas al mejoramiento del proceso (BPM, HCCP, otros): Diagnóstico de situación actual del proceso de pulido de arroz en trillo Río Viejo para la implementación de mejores prácticas productivas en el departamento de Matagalpa, durante el segundo semestre del año 2014. Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Matagalpa; [consultado el 19 de ago. de 2019]. 90 p. URL: <http://repositorio.unan.edu.ni/6632/1/6369.pdf>.
- Matsuo T. 1997. Science of the rice plant. 2 th ed. University of Missouri: Food and Agriculture Policy Research Center. 1240 p. ISBN 978-454-097-019-1.
- Ortiz A. 2000. Efecto de algunos ecotipos de arroz rojo sobre el rendimiento en molino y transparencia de los cultivares de arroz FONAIAP 1, Cimarron y Zeta- 15.

- Venezuela. *Agronomía Trop.* 50(4): 633-642. URL: https://www.researchgate.net/publication/32935888_Efecto_de_Algunos_Ecotipos_de_Arroz_Rojo_Sobre_el_Rendimiento_en_Molino_y_Transparencia_de_los_Cultivares_de_Arroz_FONAIAP_1_Cimarron_y_Zeta-_15.
- Perea P, Ortiz F, Román A, López P, Guzmán O, Santos L, Prieto G, Alma D, Román G. 2005. Calidad física de diferentes variedades de cebada (*Hordeum sativum* Jess) cultivadas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala. *Revista chilena de nutrición*. [consultado el 25 de ago. de 2019]. 32(3): 1-3. URL: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182005000300010>.
- Pedreira D, Solís S, Rivera R, Pedreira N. 2013. Influencia de la temperatura del grano, durante el proceso de secado, en la calidad del arroz blanco. *Avances* 15(4), 394-405. ISSN: 1562-3297.
- Pulver E, Fisher M, Souza P. 1991. Daño económico ocasionado por arroz vermelho. Centro Internacional de Agricultura Tropical(CIAT). Colombia: Cali. 40(732):10–12. URL: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/71422>.
- Reyes J. 2009. Elaboración de manual de calidad para el Elaboración de manual de calidad para el laboratorio de granos y semillas de zamorano bajo la norma ISO/IEC 17025 [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 186 p.
- Rodríguez D. 2015. Potencial agroalimentario del almidón de arroz de tres variedades cultivadas en el departamento del Tolima. Tolima [Tesis]. Universidad del Tolima. Ibagué. 69 p; [consultado el 20 de ago. de 2019]. URI : <http://repository.ut.edu.co/handle/001/2149>
- Rodríguez P, Navas D, Medianero E, Chang R. 2006. Cuantificación del daño ocasionado por *Oebalus insularis* (Heteroptera: Pentatomidae) en el cultivo de arroz (*Oryzica-1*) en Panamá/Quantification of *Oebalus insularis* (Heteroptera: Pentatomidae) damage in rice crop (Oryzica-1) in Panama. *Revista Colombiana de Entomología*. [consultado el 25 de jul. de 2019]. 32(2): 131-135. URL: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v32n27v32n2a04.pdf>.
- Torres E, Jeninngs P, Duque M, Kuri V, Corredor E, Sierra J. 2002. Análisis de estabilidad para centro blanco en arroz (*Oryza sativa*). Foro Arroceros Latinoamericano. Colombia. [consultado el 25 de jul. de 2019]. 8(1):9–13. URL: <https://hdl.handle.net/10568/88905>.
- USAID, United States Agency International Development. 2010. Arroz negocio creciente. Paraguay: USAID. [consultado el 17 de abr. de 2019]. <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/arroz.pdf>.

- USDA, United States Department of Agriculture. 2009. United states standards for rice. Washington, D.C: USDA. [consultado el 17 de abr. de 2019]. <https://www.gipsa.usda.gov/fgis/standards/ricestandards.pdf>
- Vargas E, Aguirre M, Parra D, Bourdon R, Rodriguez L, Duran L, Alvarez D. 2010. Estabilización y usos potenciales del salvado de arroz Colombiano para su aprovechamiento industrial sin afectar su calidad nutricional y funcional [Tesis]. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano – UTADDEO. 25 p. [consultado el 10 de ago. de 2019]; <http://hdl.handle.net/11348/4684>.
- Zorrilla G. 1992. Arroz rojo conózcalo y combátalo. 1 th ed. Uruguay: INIA, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. 18 p. ISBN: 9974-556-32-5.

7. ANEXOS

Anexo 1. Secuencia analítica de análisis de calidad de granos



Anexo 2. Análisis de calidad de granos del laboratorio de granos.

INSTITUTO AGRÍCOLA PANAMERICANO
 DIVISION DE AGROINDUSTRIA
 LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE GRANOS
 ANALISIS DE LABORATORIO

Generalidades
 Centro: _____
 Oficina o departamento: _____
 Unidad de procedencia: _____
 Almacén: No. ____ Calle No. ____ Pto. ____

Características Representativas
 Cultivo: _____ No. Tal de muestra: _____ Voto: _____ Muestra: _____
 Temporales: _____ No. de tal de muestra: _____
 Fecha: _____ Hora: _____ Lugar: _____

Análisis de Laboratorio

<input type="checkbox"/> Humedad	<input type="checkbox"/> Cereales y derivados	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Inocuidad	<input type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Dato por peso	<input type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Dato por volumen	<input type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Dato por superficie	<input type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Dato por área	<input type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Dato por peso	<input type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Dato por volumen	<input type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Dato por superficie	<input type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No
<input type="checkbox"/> Dato por área	<input type="checkbox"/> Alimentos	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No

Reservados todos los derechos. No se permite la explotación económica ni la transformación de esta obra. Queda permitida la impresión en su totalidad.

Formas de Calidad

Bono CA-1 Total de calor 1 a 20% CA-2 Total de calor 21 a 30% CA-3 Total de calor 31 a 40% CA-4 Total de calor 41 a 50% CA-5 Total de calor 51 a 60% CA-6 Total de calor 61 a 70% CA-7 Total de calor 71 a 80% CA-8 Total de calor 81 a 90% CA-9 Total de calor 91 a 100%	Fideicomiso CA-1 Total de calor 1 a 20% CA-2 Total de calor 21 a 30% CA-3 Total de calor 31 a 40% CA-4 Total de calor 41 a 50% CA-5 Total de calor 51 a 60% CA-6 Total de calor 61 a 70% CA-7 Total de calor 71 a 80% CA-8 Total de calor 81 a 90% CA-9 Total de calor 91 a 100%
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Observaciones: _____

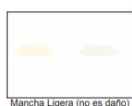
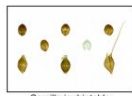
Fecha de Expedición: _____
 Expedido por: _____
 Fecha de Expedición: _____
 Expedido por: _____

Anexo 3. Tabla de referencia para la clasificación de calidad según USDA (2009).



GRADOS Y REQUERIMIENTOS DE LOS GRADOS

Grado	Numero máximo en 500 gramos		Limite máximo (por ciento)									Nivel mínimo		
	Semillas Dañadas por calentamiento y arroz de ancaul (solo o en combinación)	Grano dañado por calentamiento y semilla objetable (solo o en combinación)	Arroz rojo y grano dañado (solo o en combinación)	Grano Gredoso		Los granos quebrados				Other Types			Requisito de color	Requisito de fresado
				En grano largo	En grano medio o corto	Total	Eliminado con una placa 5	Eliminado con una placa 6	A través de un tamiz 6	Granos enteros	Granos enteros y granos quebrados			
U.S. No. 1	2	1	0.5	1.0	2.0	4.0	0.04	0.1	0.1	--	1.0	Será de color blanco o cremoso	Bien fresada	
U.S. No. 2	4	2	1.5	2.0	4.0	7.0	0.06	0.2	0.2	--	2.0	Puede ser ligeramente gris	Bien fresada	
U.S. No. 3	7	5	2.5	4.0	6.0	15.0	0.1	0.8	0.5	--	3.0	Puede ser color gris claro	Razonablemente bien fresada	
U.S. No. 4	20	15	4.0	6.0	8.0	25.0	0.4	2.0	0.7	--	5.0	Puede ser gris o rosado ligeramente	Razonablemente bien fresada	
U.S. No. 5	30	25	6.0	10.0	10.0	35.0	0.7	3.0	1.0	10.0	--	Puede ser gris oscuro o rosado	Ligeramente fresada	
U.S. No. 6	75	75	15.0	15.0	15.0	50.0	1.0	4.0	2.0	10.0	--	Puede ser gris oscuro o rosado	Ligeramente fresada	



Estas imágenes se han agrandado y se presentan sin el requerido guila escrito previsto con líneas interpretativas oficiales del USDA.
 Más información sobre las líneas interpretativas oficiales se puede encontrar en el sitio web GIPSA (www.gipsa.usda.gov) bajo el tema "Education and Outreach (Educación y Alcance)"
 Centro Nacional del Grano - 10383 N. Ambassador Drive, Kansas City, MO 64153 - (816) 891-0499
 USDA es un proveedor de oportunidades iguales y empleador

Semillas objetables
 Español Agosto 20127