



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA MEDICIÓN DE
HUMEDAD EN EL GRANO DE ARROZ SIN CASCARA DE LA
VARIEDAD INIAP 12.

AUTORA

Katherine Vanessa Salazar Álvarez

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLIADAS

Comparación de metodologías para la medición de humedad en el grano de arroz sin cáscara de la variedad Iniap 12.

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de Ingeniera Agroindustrial y de Alimentos

Profesor Guía

Ph. D. Héctor Abel Palacios Cabrera

Autora

Katherine Vanessa Salazar Álvarez

Año

2020

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Comparación de metodologías para la medición de humedad en el grano de arroz sin cáscara de la variedad Iniap 12, a través de reuniones periódicas con el estudiante Katherine Vanessa Salazar Álvarez, en el semestre 202010, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.



Héctor Abel Palacios Cabrera

PhD en Tecnología de Alimentos

CI: 0912277480

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Comparación de metodologías para la medición de humedad en el grano de arroz sin cáscara de la variedad Iniap 12, de Katherine Vanessa Salazar Álvarez, en el semestre 202010, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".



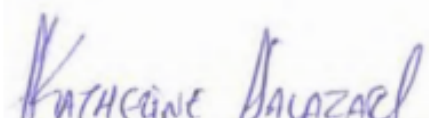
Mauricio Andrés Racines Oliva

Doctor of Bioscience Engineering

CI: 1710902162

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”



Katherine Vanessa Salazar Álvarez

CI: 1715046072

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mi Madre Cecilia Álvarez, mi tía María Eugenia Álvarez y toda mi familia por su apoyo incondicional. Agradezco al Ing. Héctor Palacios e Ing. Mauricio Racines por guiarme en la finalización de este trabajo.

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi mamá y familia, por apoyarme en cada una de mis decisiones. A mi hijo por ser mi motor de vida.

RESUMEN

El arroz (*Oriza sativa*), es considerado como el segundo cereal más consumido a nivel mundial después del trigo. Permaneciendo, así como uno de los productos de la canasta básica de los ecuatorianos, por lo que el garantizar la calidad e inocuidad del mismo es de suma importancia. Mediante el desarrollo de nuevas variedades se ha logrado mejorar tanto el rendimiento de producción como la resistencia a plagas y calidad del grano. La variedad de arroz INIAP 12 proviene del cruce 17719/5738//IR21015-72-3-3-3-1. La humedad juega un papel importante en especial durante el almacenamiento del grano, ya que si no se controla la humedad puede haber proliferación de microorganismos, y como consecuencia una pérdida de la calidad del grano. En el presente estudio se trazan los siguientes objetivos: 1.- Evaluar la homogeneidad de diferentes matrices de granos de arroz sin cascara con diferentes valores de humedad (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16%) y 2.- Establecer la comparación de siete métodos de determinación de humedad. La evaluación de la homogeneidad se realizó en tres pasos: Verificación de humedad, secado y acondicionamiento. El acondicionamiento se realizó mediante la ecuación de (Gough, 1986), y se analizó mediante un (DBCA) estadístico. La humedad fue determinada por los siguientes métodos a) 4 métodos de estufa, donde 2 métodos fueron con grano entero y dos métodos con grano molido, siendo el método INEN 1235 el método de referencia, b) Agratronix (Capacitancia), c) Infrarrojo, d) y el método del INIAP con el equipo Steinlite. La comparación de metodologías se realizó mediante un (ANOVA), en el programa de InfoStat con una prueba de Tukey al 5%. Para los resultados de homogeneidad el valor de F calculado no supera al valor de F crítico, siendo $2,74912E-12$ y 2,131. Por lo que se comprueba que las muestras con rango de humedad del 10-16% fueron homogéneos. Para los resultados de comparación de metodologías se encontró diferencias significativas, siendo el método más preciso el de estufa con grano entero ISTA, y el menos preciso el Agratronix. Finalmente se estableció un factor de corrección, donde todos los resultados fueron confiables con valores cercanos a 1.

Palabras claves: Humedad, arroz, metodologías, INEN, INIAP

ABSTRACT

Rice (*Oriza sativa*) is considered the second most consumed cereal worldwide after wheat. Thus, it remains one of the products of the basic basket of Ecuadorians, so ensuring its quality and safety is of the utmost importance. Through the development of new varieties it has been possible to improve both the production yield and the resistance to pests and grain quality. The INIAP 12 rice variety comes from crossing 17719/5738 // IR21015-72-3-3-3-1. Moisture plays an important role especially during the storage of the grain, since if humidity is not controlled there may be proliferation of microorganisms, and as a consequence a loss of the quality of the grain. In the present study, the following objectives are outlined: 1.- Evaluate the homogeneity of different matrices of rice husks with different moisture values (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16%) and 2.- Establish the comparison of seven moisture determination methods. The homogeneity evaluation was carried out in three steps: Verification of humidity, drying and conditioning. Conditioning was performed using the equation (Gough, 1986), and analyzed using a statistical (DBCA). The humidity was determined by the following methods a) 4 stove methods, where 2 methods were with whole grain and two methods with ground grain, the INEN 1235 method being the reference method, b) Agratronix (Capacitance), c) Infrared, d) and the INIAP method with the Steinlite team. The methodologies were compared using an (ANOVA) in the InfoStat program with a 5% Tukey test. For homogeneity results, the calculated F value does not exceed the critical F value, with 2,74912E-12 and 2,131. Therefore, it is verified that the samples with a humidity range of 10-16% were homogeneous. For the results of comparison of methodologies, significant differences were found, the most precise method being that of an ISTA whole grain stove, and the less precise the Agratronix. Finally, a correction factor was established, where all the results were reliable with values close to 1.

Keywords: Humidity, rice, methodologies, INEN, INIAP

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1. Generalidades del arroz	2
2.2. Producción mundial y nacional	3
2.3. Importancia comercial	5
2.4. Variedades.....	7
2.4.1. Clasificación del arroz de acuerdo a su largo y variedad.....	8
2.4.1.1. Variedad INIAP 12.....	8
2.5. Importancia del manejo de humedad en el arroz	9
2.6. Pilado del arroz.....	10
2.6.1. Descripción del proceso del pilado de arroz	12
2.6.2. Clasificación del arroz pilado	13
2.7. Tecnologías diversas de secado de arroz.....	14
2.7.1. Secado en horno (Gravimetría)	15
2.7.2. Secado fluidizado:	15
2.7.3. Radiación por microondas (Secado).....	16
2.7.4. Secado solar:.....	16
2.7.5. Secado por retorno:	16
2.7.6. Método de referencia nacional	16
2.8. Comparación de metodologías realizadas en el arroz y otros granos.....	17
2.9. (Materiales de referencia)-Homogeneidad.....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1. Materiales.....	18
3.1.1. Material vegetal	18
3.1.2. Materiales y equipos de laboratorio	19

3.2.	Descripción de los lugares donde se realizó el trabajo de investigación.....	19
3.2.1.1.	Ubicación en laboratorio.....	19
3.3.	Metodología.....	20
3.3.1.	Proceso de secado.....	21
3.3.2.	Desarrollo de estándares.....	22
3.3.3.	Ensayo de homogeneidad.....	23
3.3.4.	Descripción de metodologías establecidas.....	23
3.3.4.1.	Métodos de estufa.....	24
3.3.4.2.	Equipo de infrarrojo.....	25
3.3.4.3.	Equipo Agatronix MT-16 (Capacitancia).....	26
3.3.4.4.	Método con equipo Steinlite (Metodología de humedad de granos INIAP).....	27
3.4.	Estadística.....	28
3.4.1.	Diseño experimental.....	28
3.4.2.	Tratamientos.....	28
3.4.3.	Análisis estadístico.....	28
3.4.4.	Variables evaluadas.....	28
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1.	Ensayo de homogeneidad.....	29
4.2.	Comparación de metodologías.....	31
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
5.1.	Conclusiones.....	37
5.2.	Recomendaciones.....	38
	REFERENCIAS:.....	39
	ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales Productores de arroz cáscara a nivel mundial del año 2018 (Tm).....	4
Figura 2. Superficie cosechada (ha) por provincia (2013-2016).....	5
Figura 3. Proceso industrial del pilado del arroz.....	11
Figura 4. Analizador de humedad. BOECO BMA I50.....	26
Figura 5. Medidor de humedad en granos. Agratronix MT-16.....	27
Figura 6. Medidor de humedad con equipo Steinlite	27

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Uso del arroz en las Industrias	6
Tabla 2. Variedades de arroz obtenidas por el Programa Nacional del Arroz del INIAP	7
Tabla 3. Diferencia de la composición nutricional entre el arroz blanco y arroz integral (por 100 g de porción comestible, en crudo)	14
Tabla 4. Ejemplos de comparación de metodologías en arroz y otros granos .	17
Tabla 5. Ubicación de la localidad que proporcionó las muestras de arroz sin cáscara.....	19
Tabla 6. Ubicación del laboratorio de la Universidad de las Américas	19
Tabla 7. Ubicación del laboratorio INIAP-Santa Catalina	20
Tabla 8. Métodos de Estufa para Determinar el Contenido de Humedad en el Arroz sin cáscara.....	24
Tabla 9. Desviación dentro de cada funda (Arroz, INIAP 12).....	29
Tabla 10. Análisis de varianza del ensayo de homogeneidad entre fundas (Arroz INIAP 12)	30
Tabla 11. Análisis de varianza de 7 metodologías para evaluar la variabilidad respecto a 7 humedades de arroz sin cáscara INIAP 12	32
Tabla 12. Ecuación de regresión y coeficiente de corrección entre el porcentaje de humedad determinado por otras metodologías (X) y el método INEN 1235 (Y) (arroz sin cáscara INIAP 12).....	35

1. INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oriza sativa L*), cuyo nombre resulta del árabe ar-ruzz. Se domesticó hace más de 8,000 años en China, introduciéndose a Japón, Corea, Europa, Italia, Francia y a principios del siglo XVIII fue cuando los españoles introdujeron el arroz a Sudamérica (Abcrice, 2017). El famoso chino Confucio dijo que “*Una cocina sin arroz es como una hermosa mujer a la que le faltase un ojo*”.

La producción mundial del arroz blanco en el 2019 fue de 515 millones de toneladas según la (FAO, 2020). La estructura productiva del arroz en el Ecuador, está concentrada en pequeños productores, donde alrededor del 87% de la producción es de las provincias de Guayas y Los Ríos. Según el INEC el arroz se encuentra como el segundo producto con mayor superficie sembrada y cosechada en la región costa, englobada entre el 16% y 18% respectivamente. (Mendez del Villar, 2019)

A partir de la década de los 80, se inició el programa de mejoramiento genético con el propósito de obtener variedades de arroz de alto rendimiento y tolerantes a enfermedades y plagas, siendo este un gran paso para poder abastecer la demanda nacional y a su vez exportar el 4 % de la producción a Colombia, Perú, Cuba, Guatemala, Costa Rica y la Unión Europea (La Hora, 2019).

La humedad del arroz en la cosecha debe ser entre un 20-25%, ya que a partir de esto se va a determinar la calidad del arroz y el rendimiento del mismo. Durante la molienda el grano se puede partir o volverse pastoso por una mala cosecha que tiene que ver con la humedad del grano (CIAT, 1989). Por esto la importancia de determinar el contenido de humedad en los cereales. Según la FAO el arroz debe tener un contenido de humedad máximo del 15% y deberá estar libre de sabor y olores anormales, además libre de ácaros e insectos, garantizando así la calidad comercial (CODEX STAN, 1995)

Mediante matrices homogéneas se pretende establecer guías para que el agricultor al hacer uso de cualquier equipo que mida el porcentaje de humedad en el grano de arroz sin cáscara, pueda realizar las debidas correcciones para un adecuado almacenamiento del grano.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Comparar metodologías de determinación de humedad en granos de arroz sin cáscara.

1.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar la homogeneidad de diferentes matrices de granos de arroz sin cáscara con diferentes valores de humedad (10-16%).
- Establecer la comparación de metodologías de determinación de humedad para arroz sin cáscara.
- Realizar la correlación y corrección de los valores de humedad a una metodología patrón previamente establecida.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades del arroz

Conocido comúnmente como arroz a la planta cuyo nombre científico es *Oryza sativa*, esta es una planta monocotiledónea que pertenece a la familia de las Poaceae de las gramináceas. (FAO, 2004) Este es considerado como un alimento básico predominante en la mayoría de países; actúa como combustible

para el cuerpo humano, proporcionando el 20% del suministro de energía metabólica en el mundo, por lo que el arroz no solo aporta energía si no también constituye una buena fuente de vitaminas y minerales como la tiamina, riboflavina y niacina. (Barahona, Salazar, & Hidalgo, 2017).

El arroz es un cultivo milenario, el cual durante la edad media fue un producto muy caro, no obstante, en la actualidad es muy consumido no solo por su bajo precio sino también por sus múltiples propiedades nutricionales. Destinando así más del 90% de la producción de arroz a la alimentación humana sobre todo en países subdesarrollados o en vías de desarrollo (Franquesa, 2016).

Ecuador ha sido un país tradicionalmente agrícola, en lo que se refiere a la producción de arroz inicia en el siglo XVIII, pero el consumo y comercialización se fortalecieron en el siglo XIX. Desarrollándose en un principio en las provincias del Guayas, Manabí y Esmeraldas y con el pasar del tiempo se extendió hasta la región Sierra (Ambitoeconómico, 2012). Es importante recalcar que las condiciones climáticas y geográficas de la región costa, son idóneas para que el cultivo de arroz se pueda desarrollar sin ningún problema realizándose hasta tres ciclos de cultivo anuales (Ecured, 2018).

2.2. Producción mundial y nacional

Se cuenta con 80.000 variedades diferentes de plantas de arroz, según estudios y registros del Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI). Las variedades que más se conocen son arroz semiblanqueado o blanqueado, partido, paddy y descascarillado o pardo. En la actualidad el arroz es cultivado en 113 países con un nivel de producción según la USDA de 481,5 millones de toneladas en el 2017. El continente Asiático es el primer productor seguido de América el cual tiene una participación del 6% del total de la producción mundial, siendo Brasil como el principal productor con un 33%, seguido de Estados

Unidos, y en menor proporción Ecuador, Argentina, Venezuela y Uruguay produciendo aproximadamente 3,5% cada uno (De Bernardi, 2017).

Según la FAO, en el 2017, la producción se estableció a 756,3 millones de toneladas de arroz cáscara, habiendo un incremento con el año anterior del 1% (FAO, 2017) y (INFOARROZ, 2018). Como se puede observar en la (Figura 1), el mayor productor es Asia con el 90% de la producción mundial, seguido de América del sur y África.

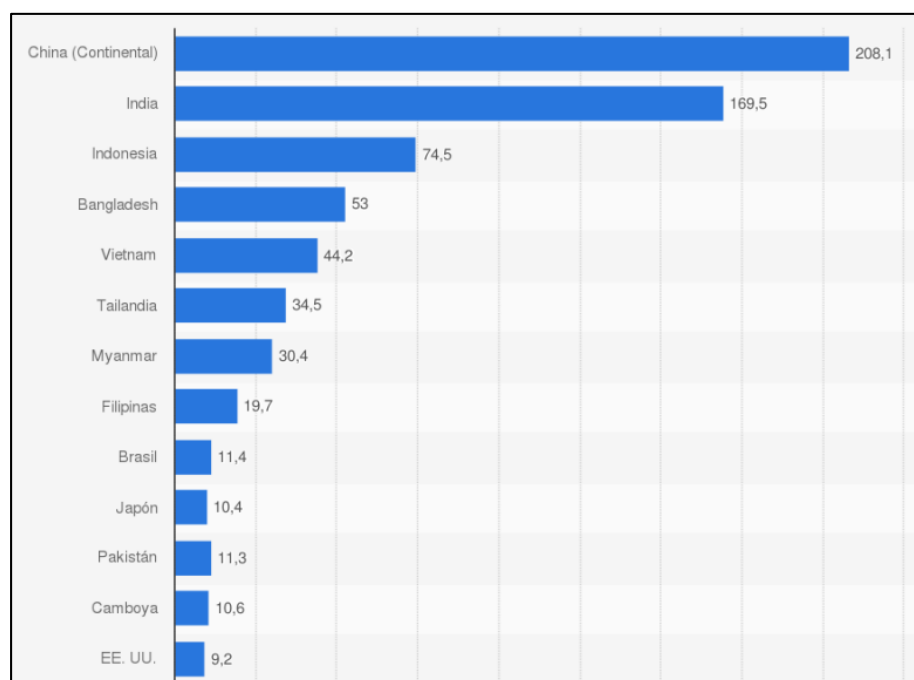


Figura 1. Principales Productores de arroz cáscara a nivel mundial del año 2018 (Tm).

Tomado de (FAO, 2018).

En cuanto a la producción nacional, el arroz se cultiva especialmente en la región de la Costa, en las provincias del Guayas, Manabí y los Ríos, alcanzando más del 98% de la producción (Alava Vera, Poaquiza Cornejo, & Castillo López, 2018).

Guayas es la provincia con mayor superficie cosechada de arroz, con un 55 a 70% de producción debido a que ahí se trabaja hasta con tres ciclos. Mientras que las provincias de Los Ríos y Manabí trabajan con un ciclo anual, debido a las condiciones climáticas desfavorables. Como se aprecia en la (Figura 2).

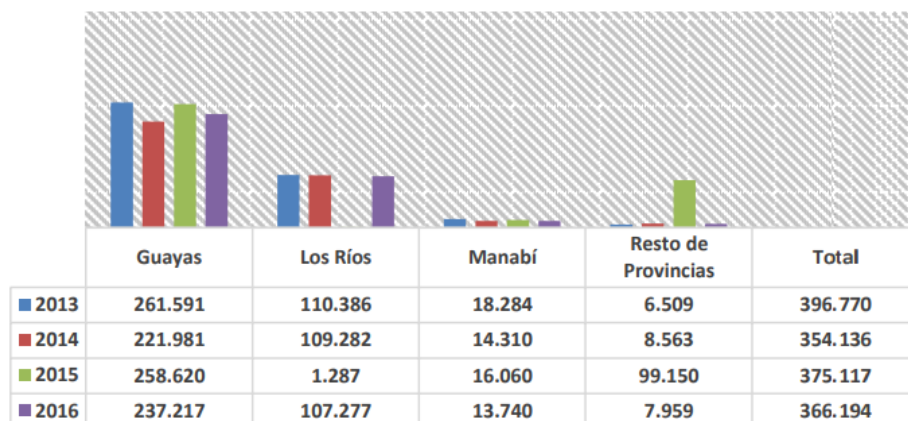


Figura 2. Superficie cosechada (ha) por provincia (2013-2016)

Tomado de (CFN, 2018)

En Ecuador en promedio cada persona consume al año 53,2 kg, siendo un total de 117,04 libras por habitante, según el MAGAP; el elevado consumo de este grano lo coloca como una de las principales plantaciones por hectáreas. Por consecuente el sector arrocero es uno de los principales contribuyentes del PIB con un 9,1% de participación (eltelégrafo, 2014).

2.3. Importancia comercial

Debido a su alto valor sociocultural y económico el arroz es uno de los recursos de gran importancia agrícola a nivel mundial, por lo que no solo se estima el valor económico por la producción directa del grano, sino además por los productos procedentes que se generan como es la harina, fibra, aceite y fécula (Navarrete, 2017).

El arroz puede ser un alimento de sustento ya que según algunos investigadores a pesar del bajo contenido en vitaminas, proporciona un mayor contenido calórico en relación con otros cereales, por esta razón existe una correlación entre el crecimiento de la población y la expansión del cultivo. Es importante mencionar que el arroz no contiene gluten por lo puede ser consumido por personas celiacas o con sensibilidades al gluten (USAID, 2010) (Mendez del Villar, 2008)

Tabla 1.

Uso del arroz en las Industrias

Industria	Proceso	Producto	Uso
Agroindustrial	Molienda	Harina de arroz	Panadería, balanceado para animales
	Mezcla		Bebidas
	Fermentación	Bebida de arroz	Ensaladas
	Fermentación y destilación	Vinagre de arroz Licor de arroz	Bebidas
	Resultado de Molienda	Aceite de arroz	Ensaladas, frituras
	Molienda y mezcla	Papel de arroz	Confitería, panadería, pastelería
	Molienda	Cascarilla de arroz	Fertilizante orgánico
	Resultado de extracción de aceite	Cera de salvado de arroz	Recubrimiento de frutas y verduras

Cosmética y farmacológica	Molienda, mezcla-homogenización	Agua de arroz Almidón de arroz (Eccemas y enrojecimientos de la piel)	Cremas, tónicos
	Resultado de molienda	Cascarilla de arroz	Producción de silicio orgánico
Industrial	Destilación	Derivado salvado de arroz	Pinturas, resinas
	Molienda	Cascarilla de arroz	Biocombustible

Adaptado de (GuíaMetabolica, 2019); (El Tiempo, s.f.); (Murguía, s.f.)

2.4. Variedades

En el Ecuador la siembra del arroz inicio con materiales nativos y variedades que ingresaron desde Colombia, como la Orizica 1. Pero con el transcurso del tiempo el Programa Nacional del Arroz del INIAP ha entregado 13 variedades de arroz al MAGAP, siendo las siguientes como se indica en la (Tabla 2).

Tabla 2.

Variedades de arroz obtenidas por el Programa Nacional del Arroz del INIAP

Variedad	Origen
INIAP 2, INIAP 6, INIAP 14	IRRI-Filipinas
INIAP 7, INIAP415, INIAP 10, INIAP 11, INIAP 12	CIAT-Colombia
INIAP 15, INIAP 16, INIAP 17 y el INIAP 18	INIAP

Adaptado de (Quiroz, 2012)

Las variedades INIAP 11, 12, 14, 15, 16,17 e INIAP 18, son variedades que permiten sembrar de forma directa con tres ciclos de producción al año. Estas variedades contribuyen así a una producción autosuficiente en arroz y que así se exporte los excedentes principalmente a Colombia desde el año de 1990. (INIAP, s.f.)

2.4.1. Clasificación del arroz de acuerdo a su largo y variedad

Algunas variedades del arroz se clasifican de acuerdo a su forma y tamaño, ya sea largo, mediano, cortó o redondo, existiendo también el extra largo.

La variedad de arroz extra largo, presenta una longitud mayor a 7,5 mm, siendo las variedades conocidas como INIAP 12, INIAP 15 y la INIAP 17. En cuanto a la variedad de arroz largo, presentan una longitud de 6,6mm y 7,5 mm, conocidos como INIAP 415, INIAP 11 e INIAP 14. Por último la variedad de arroz con longitud corta o redonda, de 5,2 mm y 6mm, conocidos como INIAP 2, INIAP 6, y INIAP 18 (INIAP, 2007).

Las variedades de arroz largo, tienen alto contenido de amilosa, por lo que estas variedades absorben mayor cantidad de agua, aumentando el volumen del arroz al momento de cocinar.

2.4.1.1. Variedad INIAP 12

La variedad INIAP 12 es un grano de alto rendimiento, vigor y calidad, que permite a los productores obtener hasta 3 cosechas al año. Esta variedad fue introducida del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en 1990, con

pedigrí CT 8008-3-5-8P-M-2P, y proviene del cruce 17719/5738//IR21015-72-3-3-3-1 (Abad, 2010).

El grano descascarado y pulido tiene una longitud de 8mm y un índice de pilada del 73%, teniendo una calidad culinaria buena. Con un rendimiento promedio de producción de 6807 Kg/ha y en época lluviosa de 5403Kg/ha (Andrade, Quispe, Peñafiel, Calle, & Celi, 1994)

2.5. Importancia del manejo de humedad en el arroz

Es importante tomar en cuenta que el grano de arroz no debe ser cosechado con una humedad superior al 26%, debido a que los granos se vuelven yesosos o pastosos. Por lo tanto, son susceptibles a romperse y como consecuencia de esto se tiene un bajo rendimiento. De igual manera si se cosecha el grano cuando su humedad es menor al 21%, tienen mayor susceptibilidad a quebrarse, por esto se ha llegado a determinar que el tiempo óptimo de cosecha es cuando el grano tiene entre el 21-26% de humedad (CIAT, 1989).

Los granos son higroscópicos, por lo tanto, se humedecen o secan dependiendo de la temperatura y humedad relativa del aire que los rodea, por lo que es importante secar adecuadamente para que no pierdan su integridad (Augusto & Molina , 1994). El secado es una de las tareas más sensibles ya que el arroz es cosechado con altos valores de humedad, por lo que el procesamiento de este grano consume más tiempo que otros cultivos y el proceso es más costoso. Es preciso saber secar adecuadamente el producto para que este no pierda la integridad; por esto es importante que el grano se seque hasta que su humedad baje entre un 12-14% de humedad (Suquilanda , 2003).

En el almacenamiento la meta principal es preservar la calidad del grano, por lo tanto, el contenido de humedad del 12-14%, con un rango de temperatura ambiente máximo de 20-40°C, es considerado seguro para el almacenamiento del arroz hasta un periodo de 4-5 meses. Según el INIAP el grano puede ser almacenado con este porcentaje de humedad sin peligro de que contraiga enfermedades (Ponce, 2015).

El límite de humedad que debe contener el grano de arroz es de 15% máximo ya que el momento de transportarlo y comercializarlo se puede contaminar si superó el 20% de humedad, dando lugar a la proliferación de hongos, por lo tanto, se debe tener un manejo adecuado de la humedad en el almacenamiento del arroz para evitar pérdidas. (CODEX, 1995).

El arroz el momento de su comercialización deberá ser inocuo y apto para el consumo humano por lo que deberá estar libre de sabor y olor extraños, libre de insectos y ácaros vivos. Se acepta como mínimo que tenga el 0,1% m/m% de impurezas y materias extrañas (NTE INEN, 1986).

2.6. Pilado del arroz

Es el principal producto final obtenido del procesamiento en el molino de arroz. El grano apilado corresponde al endospermo, es blanco perlado o cristalino. Las envolturas (cáscaras y cutícula) se han eliminado y los embriones se han desprendido (Rojas, 2020). El arroz pilado representa del 68-71% del peso de arroz con cáscara. En la (Figura 3), se explica el proceso de pilado de arroz desde su recepción hasta el momento de su venta.

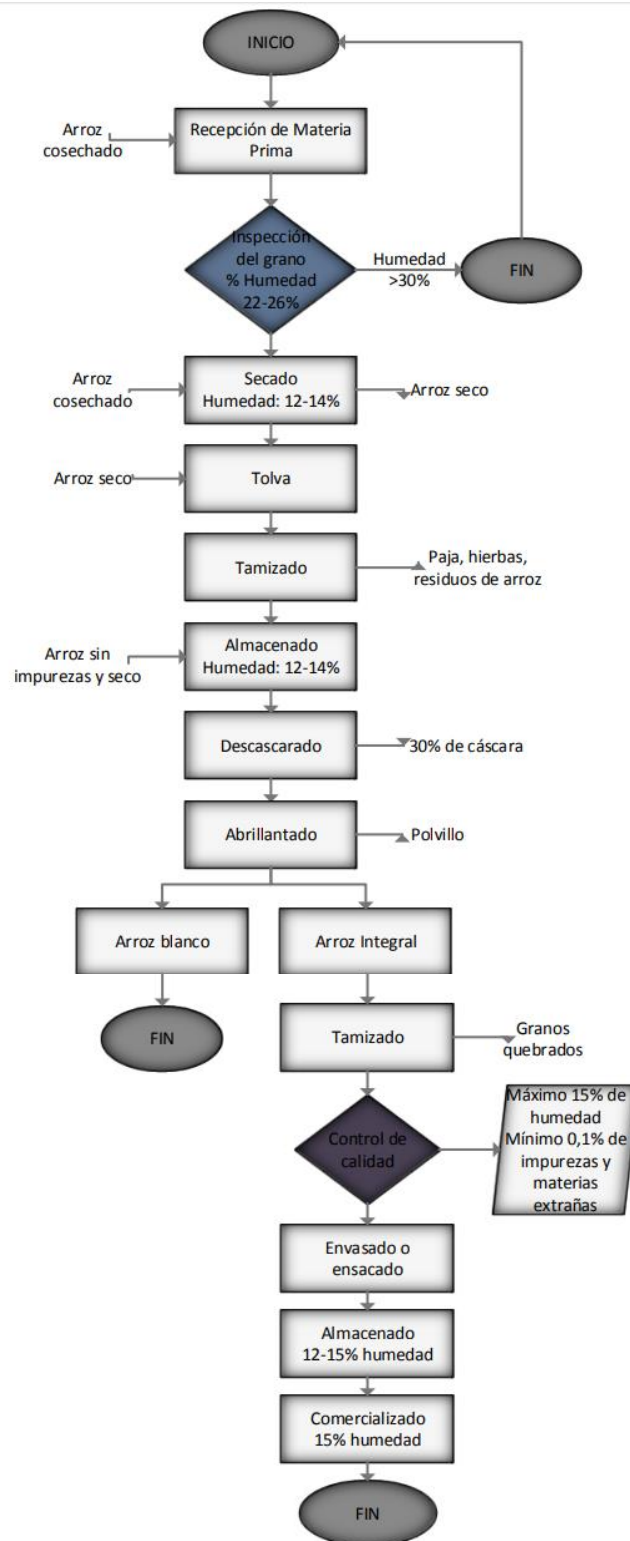


Figura 3. Proceso industrial del pilado del arroz

2.6.1. Descripción del proceso del pilado de arroz

El arroz con cáscara ingresa con una humedad mínima de 22% y máxima de 30%, tomando en cuenta que el arroz pudo haber sido cosechado en la época de invierno o verano. Durante la inspección se verifica que el grano no supere el 30% de humedad, y si sucede esto debe ser devuelto, con el fin de garantizar la calidad final del grano (Najar & Álvarez, 2007).

El secado es un proceso muy importante que requiere tiempo prudencial. Si el secado es muy lento, puede darse el desarrollo de microorganismos debido al alto contenido de humedad, lo que hará que la masa se caliente y, en consecuencia, la deteriore. Por otro lado, si el secado es muy rápido, existe el riesgo de que el grano sufra daños en su cariósido y la muerte del embrión debido al calor excesivo. Existen diferentes métodos de secado, como puede ser al sol, en tandas o mediante el uso de aire caliente, llegando a una humedad del 12-14% (Najar & Álvarez, 2007).

El periodo de almacenamiento no debe sobrepasar los 4-5 meses para garantizar la calidad del grano. Deben mantenerse las condiciones adecuadas de temperatura (17-18°C), humedad relativa del aire por debajo del 65-70% y almacenamiento en medios con poco oxígeno. Esto reduce el riesgo de degradación del grano alcanzando un periodo de almacenamiento más prolongado. La limpieza del grano se realiza por medio de un tamizador-vibratorio, para que el grano ingrese a la siguiente etapa libre de impurezas. (Najar & Álvarez, 2007).

En el descascarado, el arroz llega por medio de un elevador y es descascarillado por medio de rodillos de goma que giran en forma contraria. Se obtiene como resultado el arroz descascarillado y la pajilla de arroz que es expulsada a través de un tubo a un área fuera del proceso. En esta etapa el arroz tiene un color

marrón debido a que todavía es integral. Con el vaivén de la maquina divide el grano en 3 grupos: arroz, arroz y grano moreno y grano descascarillado moreno. El primero regresa a la descascaradora, el segundo regresa a la mesa a través del sinfín y el tercero pasa a la pulidora. Posterior a esto se realiza el abrillantado, este es un proceso para eliminar los tegumentos del arroz integral, las partículas de embrión y harina que permanecen unidas al grano, para darle una apariencia lisa y brillante (Najar & Álvarez, 2007).

El arroz pulido pasa hacia un tamiz, donde se separa el grano de impurezas como polvo; aquí se dividen los granos enteros de los rotos. Para el control de calidad el arroz se somete a una selección electrónica, la cual separa los granos tizosos, manchados y otros defectos. El arroz que se rechaza en este proceso también es envasado para su venta como arroz rechazo. Para el almacenamiento, los sacos de arroz son colocados a temperatura ambiente en camas, el arroz puede permanecer un periodo de 2 hasta 3 meses, siempre y cuando el ambiente se encuentre inocuo. No debe superar una humedad de 14%. Por último, para el despacho del arroz, camiones llegan a la empresa piladora de arroz, transportando el arroz pilado a las diferentes partes del país. De igual manera el arroz para exportación se trasladada hasta el aeropuerto (molineraamazonas, 2018).

2.6.2. Clasificación del arroz pilado

En el proceso de pilado se obtienen dos tipos de arroz, el primero que es el arroz blanco o pulido y el arroz integral al cual se le ha quitado únicamente la cáscara; este último es el de nuestro interés.

El arroz integral tiene desventajas frente al arroz blanco, debido a que su almacenamiento es mucho menor por su alto contenido de lípidos lo que lo hace susceptible a una oxidación lipídica (Abad, 2010).

Es importante hacer una diferencia entre la composición del arroz blanco y el arroz integral, para poder observar las diferencias que existen en cuanto a valores lipídicos, vitaminas, proteínas, etc. (Ver tabla 3).

Tabla 3.

Diferencia de la composición nutricional entre el arroz blanco y arroz integral (por 100 g de porción comestible, en crudo)

Componente	Arroz integral	Arroz blanco
Carbohidratos	76,2	81,6
Proteínas	7,5	6,67
Fibra	3,4	1,4
Calcio	33	14
Hierro	1,8	0,8
Fosforo	164	150
Lisina	0,29	0,24
Metionina	0,17	0,16
Triptófano	0,10	0,08

Adaptado de (Abad, 2010).

2.7. Tecnologías diversas de secado de arroz

En los países en desarrollo se pierde entre el 20-30% del grano antes de llegar a los consumidores, debido a que la mayoría de los agricultores no cuentan con equipos adecuados que midan la humedad sin margen de error. Por lo tanto, no existe un control adecuado de la humedad del arroz, viéndose obligados a

vender su producto en el menor tiempo posible para evitar pérdidas durante el almacenamiento (Marques, 1993).

El grano por lo general es almacenado a una humedad superior a la óptima, ya que existen una amplia variedad de medidores de humedad, pero la mayoría no está al alcance de los pequeños productores. Las pérdidas posteriores a la cosecha es un punto clave para mantener la seguridad alimentaria frente al crecimiento de la población y la reducción de la superficie del cultivo (Marques, 1993).

2.7.1. Secado en horno (Gravimetría)

Consiste en la pérdida de peso de la muestra por medio de la evaporación de agua, este método se realiza en estufa con circulación forzada de aire, a presión atmosférica o a vacío. El fundamento incluye la preparación de la muestra, pesado, secado, enfriado (García & Fernández, 2000).

El contenido de agua se calcula por diferencia de peso y se expresa en % de humedad (g de H₂O/100g de muestra).

2.7.2. Secado fluidizado:

Este método permite elevar en muy poco tiempo la temperatura del grano, se debe tener en cuenta la humedad inicial del grano, ya que influye en la capacidad de secado y la calidad final del grano. De acuerdo con los conceptos de transición vítrea, los granos con alta humedad son más suaves y flexibles a bajas temperaturas entre 23-35°C. A medida que el grano pierde humedad, es necesario subir la temperatura para evitar que el grano ingrese al estado vítreo y se fisure, debido a la pérdida de elasticidad (Orrego, 2008).

2.7.3. Radiación por microondas (Secado)

El uso del horno microondas para determinar el contenido de humedad es muy útil en la industria. Debido al menor consumo de energía, mayor comodidad y velocidad y, en consecuencia, mayor economía operacional. Operan a una frecuencia de 2,45 MHz. Es importante saber que la radiación de microondas no es una forma de calor, sino de energía que se manifiesta en forma de calor a través de su interacción con los materiales (Moreno, Hernández, & Ballesteros, 2017).

2.7.4. Secado solar:

Este método es utilizado por muchos países, para cantidades pequeñas o medianas, se trata de exponer al grano al sol en capas de pocos centímetros y removiendo periódicamente (Marques, 1993).

2.7.5. Secado por retorno:

Este método se asemeja al secado por aireación (dryer), este método consiste en emplear la secadora caliente a 40°C en la primera pasada, como si fuera aire seco, luego pasarlo a un silo por un periodo de 8-10 horas y volver a colocarlo en la secadora con los quemadores apagados y los ventiladores funcionando, por un periodo de 3-4 horas. (Alberto de Dios, 1996)

2.7.6. Método de referencia nacional

Este método es tomado de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1235. El principio se basa en moler y acondicionar una muestra en un laboratorio.

Después de esto se seca una porción de 5g a una temperatura entre 130° a 133°C bajo condiciones que permitan obtener un resultado comparable. Los equipos utilizados deben ser una balanza analítica, estufa y molino (NTE INEN, 2013).

2.8. Comparación de metodologías realizadas en el arroz y otros granos

Existen evidencias sobre la comparación de metodologías para demostrar las variaciones al momento de medir la humedad con un determinado equipo.

Se puede mencionar que hay variedades de métodos ancestrales, para medir la humedad, que hasta la actualidad se siguen utilizando como por ejemplo morder el grano para saber la humedad en la que se encuentra el grano; pero estas no son maneras adecuadas de medir la humedad. Por lo general va a existir un rango de error del 4-5% debido a que el método utilizado no es el más preciso.

A continuación, ver (Tabla 4). Se pueden observar los diferentes métodos que han sido utilizados y las diferencias significativas en los resultados.

Tabla 4.

Ejemplos de comparación de metodologías en arroz y otros granos

Granos Analizados	Metodología usada	Diferencia significativa	Autores y año
Arroz en granza y frejol	Método e horno/Destilación con tolueno/	5,8 puntos de diferencias para el arroz en granza	(Alizaga & Mora, 1982)

	Método Brow Duvel	y entre el 1,2- 1,7 para el frejol 0 -3,2 % para la arena y de 5-30% para el arroz paddy	(Saenz & Gómez, 2003)
Arena y Arroz paddy	Método de ultrasonido	Existen diferencias de + - 0,5% en humedades menores a 20%	(Morales, 2013)
Arroz pulido, descascarado, paddy, Cebada, Trigo y Cebada pelada	Método de Resistencia Eléctrica		(Akter, Islam, Haque, & Lowenberg- DeBoer, 2018)
Arroz	Método del recipiente de sal	2-3%	

2.9. (Materiales de referencia)-Homogeneidad.

Cuando no existe homogeneidad en las muestras pueden existir valores erróneos que distorsionan los resultados al momento de medir la muestra. Por esta razón es necesario trabajar con muestras homogéneas, donde ya se haya verificado mediante un método de referencia la homogeneidad de las mismas, además se debe contar con balanzas que estén calibradas para evitar errores (Juárez, 2011).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Material vegetal

Las muestras vegetales, fueron proporcionadas por el INIAP-Boliche, ubicado en el cantón Milagro ver (Tabla 5).

Tabla 5.

Ubicación de la localidad que proporcionó las muestras de arroz sin cáscara

Características del lugar	
Provincia	Guayas
Cantón	Milagro
Lugar	INIAP- Boliche
Altitud	11msnm
Temperatura	24 a 28 °C
Humedad	68%
Coordenadas	2°08'05"S 79°35'14"O

3.1.2. Materiales y equipos de laboratorio

- Estufa.
- Balanza analítica de precisión.
- Deshidratador.
- Medidor de capacitancia.
- Medidor de infrarrojo.

3.2. Descripción de los lugares donde se realizó el trabajo de investigación

3.2.1.1. Ubicación en laboratorio

El presente trabajo de titulación se llevó a cabo en las instalaciones de laboratorio de investigación de la Universidad de las Américas, como se muestra en la (Tabla 6).

Tabla 6.

Ubicación del laboratorio de la Universidad de las Américas

Características del Lugar	
Provincia	Pichincha
Cantón	Quito
Lugar	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratorio de procesamiento de alimentos • Laboratorio de Ciencias Biológicas y Químicas • Laboratorio de Investigación Científica
Altitud	2850 msnm
Temperatura	9 a 21°C
Humedad	70 – 90%
Coordenadas	0.1675° S, 78.4710° W

La investigación se llevó a cabo en conjunto con el laboratorio de granos y semillas del INIAP de Santa Catalina, como se muestra en la (Tabla 7).

Tabla 7.

Ubicación del laboratorio INIAP-Santa Catalina

Características del Lugar	
Provincia	Pichincha
Cantón	Mejía
Lugar	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación experimental Santa Catalina
Longitud	O 78° 32' 37.32"
Altitud	3058 msnm
Latitud	S 0° 18' 59.76"
Temperatura	5 a 15 °C
Humedad	85 %

3.3. Metodología

Este estudio se llevó a cabo en cuatro etapas. La primera etapa fue el secado del grano de arroz sin cáscara. La segunda etapa se basó en el desarrollo de estándares con humedades de 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16%, acondicionando las muestras con agua destilada. La tercera fase se realizó el ensayo de homogeneidad, donde se verificó que los porcentajes de humedad estaban homogéneos. Por último, la cuarta etapa donde se desarrolló la comparación de siete metodologías de determinación de humedad.

3.3.1. Proceso de secado

Para iniciar el secado, se verificó en qué porcentaje de humedad se encontraba el arroz obtenido de INIAP-Bolicho. Este porcentaje se obtuvo mediante el muestreo de todo el costal. Posterior a esto con el método de referencia NTE INEN 1235, se obtuvo que la humedad inicial promedio del grano es de 13,372%. A partir de este porcentaje de humedad se procedió a secar el arroz.

Para la primera etapa se secó el grano de arroz sin cáscara con la ayuda del secador de alimentos Proingel (Modelo 0A), a una temperatura promedio de 60-65°C. Se colocó la cantidad de 1.25 Kg, en cada una de las bandejas, por un periodo de tiempo de 30 minutos. Durante el secado se rotó las latas cada 15 minutos para que los resultados sean homogéneos. Al finalizar el secado se dejó enfriar por 20-30 minutos los granos de arroz para posterior a esto se envasó en las fundas de aluminio selladas.

Esto se repitió por dos días, secando un total de 10 Kg de arroz sin cáscara. Se realizó un muestreo de cada bandeja para saber la humedad en la que se encontraban los granos con ayuda del equipo Agratronix.

Esto se verificó con la NTE INEN 1235, donde se confirma que la humedad después del secado llegó al 8,7982%, y se avanza con el trabajo de investigación.

Con ayuda de la siguiente fórmula se calcula el peso que equivale a la humedad deseada en el secado.

$$W2 = W1 - \left(\frac{W1(M1 - M2)}{100 - M2} \right)$$

Donde:

W1: Peso de grano a secar (Kg)

W2: Peso del grano seco (Kg)

M1: Humedad del grano a secar (%)

M2: Humedad del grano seco (%)

(Ecuación 1)

3.3.2. Desarrollo de estándares

La humedad con la que se inició el acondicionamiento fue de 8,7982%, donde se realizaron 5 lotes de 250g cada uno. Teniendo un total de 1,25 Kg por porcentaje de humedad.

Las fundas se acondicionaron con agua destilada de acuerdo a la fórmula de (Gough, 1986), donde se estandarizó el proceso.

$$Q = \frac{A(b - a)}{100 - b}$$

Donde:

Q: Peso del agua que se va a añadir

A: Peso inicial de la sub-muestra

- a: Contenido de humedad inicial de la sub muestra
- b: Contenido de humedad final deseada de la sub muestra

(Ecuación 2)

Las fundas acondicionadas se sellaron con ayuda de la selladora manual y fueron almacenadas en el cuarto frío de la Universidad de las Américas a una temperatura de 0-5°C.

3.3.3. Ensayo de homogeneidad

Se verificó que la humedad esté homogénea tanto dentro como entre las fundas, esto se realizó con el medidor de humedad Agratronix (MT-16). Una vez comprobado se toma de manera aleatoria 5 porciones de cada funda y se lleva a la estufa para comprobar mediante la NTE INEN 1235. Para esto se utilizó la siguiente formula:

$$H = \frac{(M1 - M2)}{M} (100)$$

Donde:

H: Contenido de humedad de la masa (%)

M: Masa de la muestra húmeda (g)

M1: Masa de la muestra húmeda + masa de la capsula con tapa (g)

M2: Masa de la muestra seca + masa de la capsula (g)

(Ecuación 3)

3.3.4. Descripción de metodologías establecidas

La cuarta etapa se basa en la aplicación de 7 metodologías que fueron: Método de estufa (INEN 1235, ASAE Standard S352.2, AACC 44-19, ISTA método 44-15), equipo Infrarrojo, método de capacitancia (Agratronix), y el equipo eléctrico (Steinlite).

3.3.4.1. Métodos de estufa

En este método, la muestra se seca por medio de aire caliente a una temperatura y tiempo determinado, este método es considerado un método básico, pero también de referencia, los resultados dependen del tiempo y temperatura de secado y la humedad se calcula por la pérdida de peso posterior a la evaporación del agua absorbida por el horno. (Rodríguez, 2013)

El fundamento operativo del método de estufa, inicia con la preparación de la muestra, pesaje, secado, enfriado y pesado de nuevo en algunos casos. (Nollet, 1996).

A continuación, se muestra en la (Tabla 8), cada uno de los métodos de estufa que fueron llevados a cabo en esta investigación:

Tabla 8.

Métodos de Estufa para Determinar el Contenido de Humedad en el Arroz sin cáscara

Método		Fundamento	Fuente
ASAE S352.2		24 horas, a una temperatura de 130°C, con 25 g de muestra	(ASAE, 2000)
	Grano Entero	17 ± 1 hora, a una temperatura de 103°C con 4 o 5g de muestra	(Moreno, 1984)
ISTA 44-15			
AACC 44-19		2 horas, a una temperatura de 135°C con 2 g de muestra	(AACC International, 2000)
	Grano Molido	Método de referencia: 4 horas, a una temperatura de 130°C, con 5g de muestra	(NTE INEN, 1987)
INEN 1235			

3.3.4.2. Equipo de infrarrojo

El equipo infrarrojo es de marca BOECO, modelo BMA 150. Este equipo trabaja según el principio termo gravimétrico, de manera que se guarda el peso inicial de la muestra y el proyector de halógeno metálico seca la muestra. Por otro lado una balanza integrada mide continuamente el peso, por lo tanto la disminución de peso total es el contenido de humedad de la muestra (Mettler Toledo, 2015). Como se puede observar en la (Figura 4).

La emisión de calor hacia el interior de la muestra puede bajar el tiempo de secado necesario entre los 5 -25 minutos. Para la determinación de humedad en el arroz sin cáscara este fue molido y se colocó la cantidad de 3g sobre el plato de la balanza, exponiendo los rayos infrarrojos por un tiempo de 20 minutos a una temperatura de 130°C.



Figura 4. Analizador de humedad. BOECO BMA I50

Tomado de: (Secoin, 2019)

3.3.4.3. Equipo Agratronix MT-16 (Capacitancia)

Es un método de determinación de humedad eléctrico, se basa en la medición de propiedades eléctricas del material, siendo dependientes a la humedad. De esta forma se mide la constante dieléctrica del grano que se coloca entre las dos placas de un capacitor (Gomez, 2002). La capacitancia es el vínculo entre la carga eléctrica de cada conductor y la tensión entre ellos (Fluke, 2019).

El equipo Agratronix Mt-16, mide rango de humedades entre 5-40% dependiendo del grano y a una temperatura de 0-45°C. Para la medición de la humedad del arroz se pesaron 50g, los cuales estaban a una temperatura entre 5-10°C. Al activar el botón, inmediatamente se generó el valor con el porcentaje de humedad (Agratronix, 2016).

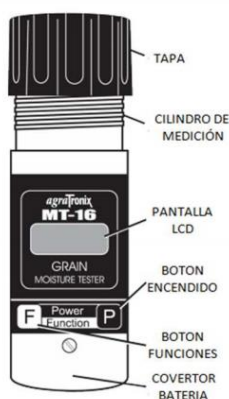


Figura 5. Medidor de humedad en granos. Agratronix MT-16

Tomado de: (Castellanos Juárez, 2017)

3.3.4.4. Método con equipo Steinlite (Metodología de humedad de granos INIAP)

Su función se basa en las propiedades dieléctricas del grano para evaluar el contenido de humedad, son de rápida medición y precisos, una de las ventajas es que la muestra no se destruye. Para la medición de la humedad se pesó la cantidad de 150g de arroz. Se esperó aproximadamente de 3-5 minutos y se realizó la corrección de temperatura donde se esperó otros 3 minutos. El equipo tiene una matriz de corrección donde indica el resultado final del contenido de humedad. Los valores marcados en el equipo deben ser interpretados por las tablas (Anexo 1).

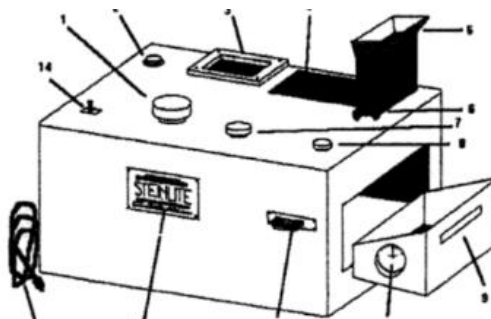


Figura 6. Medidor de humedad con equipo Steinlite

Tomado de: (Ospina Machado, 2001)

3.4. Estadística

3.4.1. Diseño experimental

Se realizaron 7 lotes, cada uno con una humedad diferente de (10, 11, 12, 13, 14, 15, 16%), donde se realizó 5 repeticiones de cada humedad, por tratamiento. Para la homogeneidad entre y dentro las fundas del grano de arroz, se aplicó la estadística con ayuda del programa Excel 2018 en conjunto con el programa IBM SPSS Statistics Visor.

Mientras que para la comparación de metodologías se aplicó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) en conjunto con el programa InfoStat.

3.4.2. Tratamientos

Para la comparación de metodologías, se tomó en cuenta 7 tratamientos, siendo estos cada una de las metodologías a evaluar, (ASAE S352.2, AACC 44-19, ISTA 44-15, equipo infrarrojo, equipo Agratronix y equipo Steinlite). Siendo el método INEN 1235 el método de referencia.

3.4.3. Análisis estadístico

Para la comparación de metodologías se realizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), y se aplicó un análisis de separación de medias de Tukey al 5%.

3.4.4. Variables evaluadas

Para la homogeneidad la variable que se evaluó fue la humedad del grano (%). Esta fue medida por el método de referencia que establece el INEN 1235. Para verificar la homogeneidad del grano, se midió justo después de acondicionar el

grano de arroz. Se realizó un total de 25 observaciones de cada funda. Esto se separó 5 repeticiones al azar para la determinar la homogeneidad dentro de la funda, en 7 humedades en el rango de 10-16%.

Después de confirmar la homogeneidad del grano se realizó la comparación de metodologías, donde las variables que se evaluaron fueron los rangos de humedad de 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16%, y las 7 metodologías diferentes.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Ensayo de homogeneidad

Una vez que se obtienen los resultados, se puede decir que las muestras son homogéneas y para esto se realiza un ensayo de homogeneidad para comprobar mediante un análisis estadístico, que las muestras analizadas son homogéneas dentro de las fundas. Se tuvo un total de 25 muestras por humedad; es decir, por cada funda se analizaron 5g de muestra.

Tabla 9.

Desviación dentro de cada funda (Arroz, INIAP 12)

Desviación dentro de lote							
Humedad (%)	10	11	12	13	14	15	16
Desviación (s)	0,104	0,110	0,073	0,137	0,071	0,099	0,095

Nota: Estos valores son el resultado de cada funda con las 5 repeticiones, representando el ensayo de homogeneidad.

Como se puede observar en la (tabla 9), la desviación dentro de cada funda es menor a ($<1,0$), por lo tanto, se considera que las muestras de Arroz (INIAP 12) son homogéneas.

Además de esto se realizó un Análisis Estadístico (EXCEL) entre las fundas para comprobar de una manera más exacta que los valores son homogéneos como se observa en la (tabla 10).

Tabla 10.

Análisis de varianza del ensayo de homogeneidad entre fundas (Arroz INIAP 12)

(%) Humedad ($\bar{x} \pm DE$)	Homogeneidad	F calculado	F critico
10% (10,134 \pm 0,021)	Sub-humedad	2,74912E-12	2,131
11% (10,791 \pm 0,045)	Sub-humedad	3,87874E-10	2,131
12% (12,347 \pm 0,016)	Sub-humedad	3,34376E-10	2,131
13% (12,982 \pm 0,024)	Sub-humedad	2,81686E-10	2,131
14% (14,264 \pm 0,029)	Sub-humedad	1,67028E-10	2,131
15% (15,129 \pm 0,008)	Sub-humedad	1,95881E-09	2,131
16% (16,088 \pm 0,040)	Sub-humedad	9,24899E-11	2,131

Nota: Si el F Crítico es mayor a F Calculado la muestra es homogénea.

Como se puede observar en la (Tabla 10), el valor de F calculado es menor al F crítico. De esta manera se comprueba que las muestras con rango de humedad de 10-16% son homogéneas.

Se demuestra que se realizó un buen proceso de secado y acondicionamiento del grano de arroz. Es importante señalar que el almacenamiento de los granos fue en fundas impermeables, y en un cuarto frío. Esto para evitar que la humedad

y temperatura tengan influencia en los resultados, evitando así la variabilidad de los mismos.

En una investigación de (Siebenmorgen, Banaszek, & Kocher, 1990), indica que previo a la comparación de metodologías, las muestras fueron refrigeradas a 4°C, y otras colocadas en una campana desecadora. Las muestras se conservaron en empaques cerrados, con el fin de evitar que exista ingreso de humedad a las fundas al igual que en la investigación realizada. Es importante mencionar que, en el presente trabajo de investigación, se indica el proceso y las formulas aplicadas en el ensayo de homogeneidad. Favoreciendo la confiabilidad de los resultados, especialmente cuando el estudio compara diferentes metodologías y diferentes equipos.

4.2. Comparación de metodologías

Mediante un análisis de varianza (ANOVA), con un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), se ingresaron los datos en el programa de InfoStat, con una prueba de Tukey al 5%.

Como se observa en la (tabla 11), se indican los resultados obtenidos de la comparación de 7 metodologías en 7 rangos porcentuales de humedad (10-16%).

El primer dato pertenece a la media de cada una de los porcentajes de humedad, seguido de la desviación estándar y una letra mayúscula. Por lo que al presentar letras similares no existe diferencia entre los métodos, de manera que las diferencias van aumentando dependiendo de la letra. Considerando la letra A como el método más eficiente y la F como el menos eficiente dentro de este estudio.

Tabla 11.

Análisis de varianza de 7 metodologías para evaluar la variabilidad respecto a 7 humedades de arroz sin cáscara INIIAP 12

Método	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%
ASAE	10,54± 0,02 C	11,29± 0,02 C	12,49± 0,04C	13,94± 0,02 D	14,27± 0,03 C	15,37± 0,05 D	16,31± 0,04 C
ISTA	10,41± 0,06BC	11,03± 0,06 B	11,59± 0,05 A	12,52± 0,05 A	13,50± 0,07 A	14,38± 0,07 A	15,42± 0,05 A
INEN 1235 (Referencia)	10,27± 0,02 B	10,76± 0,07 A	12,22± 0,07 B	12,82± 0,06 C	14,09± 0,06 B	15,07± 0,10 C	15,75± 0,05 B
AACC	10,53± 0,04C	11,17± 0,10BC	11,71± 0,07 A	12,62± 0,03AB	13,62± 0,06 A	14,44± 0,09 A	15,50± 0,10 A
Agratronix	14,78± 0,08E	15,36± 0,05E	15,78± 0,08 E	16,24± 0,05 E	16,76± 0,05 E	17,24± 0,05 F	17,82± 0,13 E
Steinlite	11,85± 0,12D	12,83± 0,12D	13,03± 0,08 D	14,07± 0,16 D	15,84± 0,08 D	16,22± 0,07 E	16,95± 0,16 D
Infrarrojo	9,27± 0,09A	10,77± 0,08A	11,60± 0,05 A	12,74± 0,12BC	13,56± 0,14 A	14,67± 0,02 B	15,59± 0,07 AB
CV%	0,69	0,65	0,51	0,64	0,54	0,47	0,52

Nota: Medias con una letra en común son estadísticamente iguales usando la prueba de Tukey al 5%.

Los métodos más eficientes de acuerdo a cada porcentaje de humedad son para el 10%, el infrarrojo, para el 11% son infrarrojo y el método de estufa (INEN 1235), para el 12% son infrarrojo, y de estufa (AACC, ISTA), para el 13% son el

de estufa (ISTA, AACC), para el 14% son el infrarrojo y estufa (ISTA, AACC), para 15% es el de estufa (ISTA, AACC). Por último, para el 16% el mejor método es estufa (ISTA, AACC) y el infrarrojo.

Los métodos menos eficientes en los 7 porcentajes de humedad fueron el Agratronix y el Steinlite, con letras desde la E hasta la F. como se puede observar en la (Tabla 11), sobrepasan el límite de humedad establecido, existiendo diferencias significativas.

Como se observa en la (tabla 11), el CV% más bajo es de 0,47% y el valor más alto de 0,69%, por lo que se determina que las diferencias significativas son menores al 10%, lo que indica que la variación que existe se debe únicamente a los métodos de estudio y no a causas externas.

En el (Anexo 17), en el trabajo de (Martines López, 2006), se compara un método de referencia ISO7700/1-2, ya establecido con un equipo de capacitancia eléctrico (GAC), solo con la humedad del 12%; con el fin de saber si existen diferencias significativas. Presentando una diferencia del 0,07, lo cual es un valor confiable, ya que no existen diferencias significativas.

En el presente estudio, se señala los rangos de humedad con los que se trabajó y la variedad del arroz. Aquí se muestra una diferencia de 0,85. Por lo tanto, se recomienda que las industrias arroceras realicen la verificación de humedad con el método de referencia. Los otros equipos que son de rápida medición solo sean tomados en cuenta para tener un dato aproximado.

En el (Anexo 18), en el trabajo de (Sáenz & Gómez, 2003). No se especifica la cantidad de arroz que se utilizó, y de esto también dependerá el tiempo de

secado. Se asume que debe ser una cantidad alta de gramos de arroz, debido a que el tiempo de exposición es de 20 horas.

En el presente trabajo se usó 3 g de arroz molido y el tiempo fue de 20 minutos. Las diferencias significativas, son bajas; por lo que concuerda con el presente trabajo donde se indica que el equipo infrarrojo es eficiente.

Es importante siempre manejarse con un método de referencia de acuerdo al país donde se realiza la investigación. El elevado costo de equipos de infrarrojo, hace que productores de arroz cuenten con equipos más baratos y por ende menos confiables.

En el (Anexo 19), en el trabajo de (Talpur, Changying, Chandio, Junejo, & Mari, 2011), se compararon dos métodos de estufa uno con grano molido y otro con grano entero, donde existe una diferencia de 0,67.

En el presente estudio de investigación se realizó un análisis con cuatro métodos de estufa de los cuales dos fueron para grano molido y dos para grano entero, tomando en cuenta la temperatura y tiempo se compara con el método de referencia INEN 1235 (Grano molido) y método de ASAE S352,2 (Grano entero), donde se encuentra una diferencia de 0,27.

Por lo que se concluye, que pueden existir variaciones dependiendo la cantidad y si el grano esta molido o no. Debido a que el grano molido es más susceptible a absorber humedad del medio en el que se encuentra.

Tabla 12.

Ecuación de regresión y coeficiente de corrección entre el porcentaje de humedad determinado por otras metodologías (X) y el método INEN 1235 (Y) (arroz sin cáscara INIAP 12)

Método	Ecuación de Regresión	Coefficiente de correlación
ASAE S352.2	$y = 0,9764x - 0,1422$	$R^2 = 0,976$
ISTA	$y = 1,1281x - 1,3218$	$R^2 = 0,979$
AACC	$y = 1,1408x - 1,6045$	$R^2 = 0,979$
Agratronix	$y = 1,9354x - 18,533$	$R^2 = 0,984$
Steinlite	$y = 1,0497x - 2,1188$	$R^2 = 0,961$
Infrarrojo	$y = 0,9298x + 1,2821$	$R^2 = 0,977$

Inmediatamente al conseguir los resultados de la comparación de metodologías se estableció un factor de corrección para ajustar los datos obtenidos vinculados a la metodología NTE INEN 1235. Como se puede observar en el (Anexo 20-25) y la (Tabla 12). Se toma en consideración que todos los resultados son confiables, obteniendo valores cercanos al 1, y con una ecuación lineal con su respectivo coeficiente de Correlación (R^2).

En el eje de las (X) se encuentran las 6 metodologías que fueron realizadas y en el eje de la (Y), el método de referencia que fue el INEN 1235. Estos datos están sujetos a cambios en relación a la metodología patrón con la que se quiera trabajar.

La (Tabla 12), indica que es posible llevar a cabo la corrección de los valores independientemente del método y rangos de humedad que fueron utilizados en este trabajo.

Los métodos desarrollados tuvieron un coeficiente de correlación muy alto, que oscila entre 0,976 y 0,984. En la investigación de (Chen, 2003), este informo un rango similar de coeficientes de correlación para el arroz crudo. Por lo tanto, se determina que los datos obtenidos son confiables.

Es importante mencionar que las ecuaciones de corrección deben ser aplicadas de acuerdo a la variedad de arroz con la que se trabajó (INIAP 12), y en los rangos de humedad establecidos (10, 11, 12, 13, 14, 15,16%).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Mediante esta investigación se observó que los granos no molidos, tienen mayor vida útil de almacenamiento y mayor calidad, estos granos pueden liberar agua más fácilmente en comparación con los granos molidos.

Se obtuvo la desviación estándar menor a 1, en el ensayo de homogeneidad, considerando así que las muestras tuvieron un buen proceso de secado y acondicionamiento. Sumado a esto se realizó un análisis estadístico de homogeneidad, donde se comprobó que no existen diferencias significativas teniendo en cuenta que el F calculado es menor al F crítico.

En la comparación de metodologías se estableció que el método más eficiente fue el infrarrojo y el de estufa (INEN 1235), para los rangos de humedad del (10-16%), y los menos eficientes el Agratronix y Steinlite. Existen diferencias entre métodos, pero estas no son significativas ya que el coeficiente de variación es menor al 10%.

En la comparación de metodologías, los valores de coeficiente de variación fueron de 0,47%-0,69%, siendo menores al 10%, por lo que se determina que hay diferencias, pero no son significativas, y estas se deben únicamente a los métodos de estudio y no a factores externos.

En el factor de corrección de cada metodología se obtuvo una ecuación lineal y un coeficiente de correlación con un valor mínimo de 0,96 y un máximo de 0,98, siendo valores cercanos a 1, manifestando que los métodos son confiables en función a la Norma Técnica INEN 1235. Estas ecuaciones deben ser tomadas en cuenta en base a la variedad de arroz y los rangos de humedad establecidos.

5.2. Recomendaciones

Es importante partir el análisis con materia prima que este en su mayoría libre de impurezas, debido a que esto puede interferir con la humedad de la misma, además de esto se debe almacenar correctamente para evitar el ingreso de humedad.

Es conveniente tener un buen secado controlando la temperatura del secador para obtener muestras iniciales homogéneas, y partir de esto para realizar un acondicionamiento adecuado con agua destilada, de esto va a depender la homogeneidad de las diferentes humedades.

Es fundamental que se tome en cuenta la cantidad de agua que se debe añadir al grano de arroz para llegar a los distintos porcentajes de humedad, por lo que se debe homogenizar las fundas por un periodo de 5 días como mínimo con movimientos repetitivos, con el fin de que el agua sea distribuya y absorba de mejor manera en los granos.

Para garantizar que no ingrese humedad a las muestras ya acondicionadas, estas deben ser almacenadas en un cuarto frío en fundas impermeables, y selladas con el fin de asegurar que no sufran ningún tipo de alteración externa.

REFERENCIAS

- AACC International. (2000). Method 44-19.01. Moisture-Air oven method, drying at 135°. En *Approved Methods of Analysis*. St. Paul, MN.
- Abad, C. (2010). Influencia del grado de madurez del arroz inap12 en el rendimiento de su pilado y la calidad del producto cocido. Recuperado el 02 de Febrero de 2019 de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/13457?show=full>
- Abcrice. (2017). La historia del arroz. Recuperado el 20 de Febrero de 2019 de <http://abcrice.com/es/cms/7-oryza-sativa>
- Agratronix. (2016). *Agratronix*. Recuperado el 05 de Febrero de 2019 de <https://www.agratronix.com/shop/grain/mt-16/>
- Akter, T., Islam, S., Haque, M., & Lowenberg-DeBoer, J. (2018). Un enfoque experimental para estimar el valor de la información de humedad del grano para los agricultores en Bangladesh. Recuperado el 18 de Marzo de 2019 de https://translate.google.com/translate?hl=es&sl=en&u=https://www.researchgate.net/publication/327844909_An_experimental_approach_to_estimating_the_value_of_grain_moisture_information_to_farmers_in_Bangladesh&prev=search
- Alava, M., Cornejo, T., & López, H. (2018). La Producción Arrocería del Ecuador Caso Samborondon 2011-2015. Recuperado el 05 de Marzo de 2019 de <https://www.revistaespacios.com/a18v39n34/a18v39n34p12.pdf>
- Alberto de Dios, C. (1996). Secado de granos y secadoras. Recuperado el 15 de Febrero de 2019 de <http://www.fao.org/3/X5028S00.htm#Contents>
- Alizaga, R., & Mora, M. (1982). Medición del contenido de humedad en granos básicos con el determinador Motomco 919. Recuperado el 14 de Abril de 2019 de https://www.mag.go.cr/rev_agr/v06n1-2_035.pdf

- Ambitoeconómico. (2012). La Producción de Arroz en el Ecuador. Recuperado el 26 de Abril de 2019 de <http://ambitoeconomico.blogspot.com/2012/10/la-produccion-de-arroz-en-el-ecuador.html>
- Andrade, F., Quispe, M., Peñafiel, W., Calle, O., & Celi, R. (1994). Nueva Variedad de Arroz INIAP-12 de alto potencial de rendimiento precos y alta calidad de grano. Recuperado el 01 de Mayo de 2019 de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1938/1/iniapls20.pdf>
- ASAE. (2000). Moisture measurement-Unground grain and seeds ASAE Standards 2000. En A. S. Engineers.
- Augusto, C., & Molina, V. (1994). Evaluación de la calidad del arroz. Colombia. Recuperado el 31 de Junio de 2019 de <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6773/1/218.pdf>
- Barahona, J., Salazar, V., & Hidalgo, C. (2017). Producción y Almacenamiento público de arroz y maíz en Ecuador entre los años 2012 y 2014 beneficios y retos. Recuperado el 04 de Marzo de 2019 de <https://www.mendeley.com/viewer/?fileId=40b4133c-baa1-9631-303d-3112ed69e2e6&documentId=1be6e264-47f4-38aa-852a-30aa58996d1d>
- Castellanos, R. (2017). Medidor de humedad para granos digital portátil MT-16 Farmex manual español. Recuperado el 10 de Mayo de 2019 de <https://docplayer.es/43100441-Medidor-de-humedad-para-granos-digital-portatil-mt-16-farmex-manual-espanol.html>
- Chen, C. (2003). *Evaluation of Air Oven Moisture Content Determination Methods*. Recuperado el 18 de Febrero de 2020 de <https://scihub.tw/https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2003.08.010>
- CIAT. (1989). Evaluación de la Calidad culinaria molinera del Arroz. Colombia, Cali: Serie 04SR-07.01. Recuperado el 22 de Febrero de 2019, de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wC9yMXQwAbwC&oi=fnd&pg=PA5&dq=almacenamiento+del+arroz&ots=3lzZjB1EFx&sig=097401V>

8jgoKX6oBxLk7D3nJsvQ#v=onepage&q=almacenamiento%20del%20arroz&f=false

CODEX STAN. (1995). *Norma del codex para el Arroz*. Recuperado el 15 de Agosto de 2019 de file:///C:/Users/DELL/Downloads/CXS_198s.pdf

De Bernardi, L. (2017). Perfil del Mercado de Arroz. Recuperado el 22 de Febrero de 2019 de <https://www.agroindustria.gob.ar/new/0-0/programas/dma/granos/Perfil%20de%20Mercado%20de%20Arroz%202017.pdf>

Ecured. (2018). Variedades de arroz. Recuperado el 08 de Junio de 2019 de https://www.ecured.cu/Variedades_de_arroz

El Tiempo. (1996). Los mil usos del Arroz. Recuperado el 11 de Noviembre de 2019 de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-444791>

Elteléfono. (2014). Ecuatorianos comen 53,2 Kg de arroz al año. Recuperado el 29 de Marzo de 2019 de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/ecuatorianos-comen-532-kg-de-arroz-al-ano>

FAO. (2004). Año Internacional del Arroz 2004 el arroz es vida. Recuperado el 28 de Abril de <http://www.fao.org/rice2004/es/f-sheet/hoja3.pdf>

FAO. (2020). Situación Alimentaria Mundial. Recuperado el 16 de Agosto de 2019 de <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>

Fluke. (2019). Que es la capacitancia. Recuperado el 13 de Diciembre de 2019 de <https://www.fluke.com/es-ec/informacion/mejores-practicas/aspectos-basicos-de-las-mediciones/electricidad/que-es-la-capacitancia>

Franquesa, M. (2016). Todo lo que debes saber sobre el cultivo del arroz. Recuperado el 31 de Octubre de <https://www.agroptima.com/es/blog/el-cultivo-de-arroz/>

García, E., & Fernández, I. (2000). Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación. Recuperado el 25

de Enero de 2020 de
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinaci%C3%B3n%20de%20humedad.pdf>

Gomez, M. (2002). Medidores de humedad. Recuperado el 04 de Febrero de 2019 de <https://www.seednews.com.br/edicoes/artigo/2159-medidores-de-humedad-edicao-janeiro-2002>

GuíaMetabolica. (25 de Febrero de 2019). *El Arroz*. Recuperaod el 11 de Mayo de 2019 de: <https://metabolicas.sjdhospitalbarcelona.org/consejo/arroz>

Hidalgo, R., & Pozzolo, O. (2013). Más Grano entero y mayor capacidad de secado de las plantas de acopio. Técnico, INTA, FCA. Recuperado el 26 de Junio de 2019 de http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/TEMPERING_EN_ARROZ.pdf

INFOARROZ. (2018). Fuerte Alza de los Precios Mundiales. Recuperado el 06 de Julio de 2019 de http://www.infoarroz.org/portal/uploadfiles/20180211112138_15_ia0118es.pdf

INIAP. (2007). Manual del cultivo de arroz. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Segunda. Recuperado el 07 de Diciembre de 2019 de https://books.google.com.ec/books?id=IXozAQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=largo&f=false

INIAP. (s.f.). El Arroz. Recuperado el 14 de Agosto de 2019 de <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/programa-1/>

Juarez, G. (2011). Instructivo para el muestreo y analisis de maíz, frijol y arroz. Recuperado el 16 de Abril de 2019 de <http://www.diconsa.gob.mx/normateca/Norma-Interna/NormatecaInterna/ApoyoOperaci%C3%B3n/Instructivo%20para%20el%20Muestreo%20y%20An%C3%A1lisis%20de%20Ma%C3%ADz,%20Frijol%20y%20Arroz.pdf>

- La Hora. (2019). Ecuador exportará más de 91,000 toneladas de arroz a Colombia en 2019. Recuperado el 28 de Junio de 2019 de <https://lahora.com.ec/carchi/noticia/1102216945/ecuador-exportara-mas-de-91000-toneladas-de-arroz-a-colombia-en-2019>
- Marques, J. (1993). Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Recuperado el 19 de Septiembre de 2019 de <http://www.fao.org/3/x5027s/x5027S05.htm#III.%20Secado%20de%20los%20granos>
- Martines, E. (2006). Evaluación de un medidor de contenido de humedad. Recuperado el 12 de Marzo de 2019 de <http://www.cenam.gob.mx/memsimp06/Trabajos%20Aceptados%20para%20CD/Octubre%2025/Bloque%20A/A5-Propiedades%20Termofisicas%20y%20Humedad/A5-2.pdf>
- Martines, E. (2012). Importancia de la metrología en la determinación del contenido de humedad en granos. Recuperado el 22 de Abril de 2019 de <http://www.cenam.mx/eventos/enme/docs/5%20Importancia%20metrolog%C3%ADa%20humedad%20en%20granos%20final.pdf>
- Martínez, G., Cortés, M., & Pérez, A. (2016). Metodología para el análisis de correlación y concordancia en equipos de mediciones similares. Recuperado el 12 de Julio de 2019 de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000400008
- Mendez del Villar, P. (2008). Analisis del Mercado Mundial del arroz. Recuperado el 11 de Abril de 2019 de http://www.infoarroz.org/portal/uploadfiles/20080212142543_9_analisis_del_mercado_mundial_de_arroz__patricio_mendez_del_villar.pdf
- Mendez del Villar, P. (2019). Los Precios Mundiales bajan dentro de un Mercado Atonico. Recuperado el 05 de Junio de 2019 de <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Paginas/InfoArroz-Mayo-2019.pdf>

- MettlerToledo. (2015). Determinacion de la humedad mediante el analizador halógeno de humedad. Recuperado el 25 de Septiembre de 2019 de https://www.mt.com/dam/P5/labtec/05_Moisture_Analyzer/00_Family/05_Documents/01_Broschures/Guide_To_Moisture_Analysis_ES.pdf
- Molineraamazonas. (2018). Pilado de arroz y su proceso. Recuperado el 11 de Julio de 2019 de <https://www.molineraamazonas.com/pilado-de-arroz-y-su-procesamiento/>
- Morales, A. (2013). Dispersión del contenido de humedad del grano de arroz, evaluada con el medidor Kett PQ510 y su relacion con la eficiencia del secado en la industria arrocera. Recuperado el 11 de Agosto de 2019 de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/2506/1/36520.pdf>
- Moreno, Á., Hernandez, R., & Ballesteros , I. (2017). Secado industrial con energía microondas. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019 de https://www.researchgate.net/publication/331652798_Secado_industrial_con_energia_microondas
- Moreno, B., & Salvador , S. (2014). Rendimientos del Arroz en el Ecuador segundo cuatrimestre del 2014. Recuperado el 23 de Octubre de 2019 de http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_arroz_2do_cuatrimestre_2014.pdf
- Moreno, E. (1984). Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. Recuperado el 11 de Octubre de 2019 de <https://books.google.com.ec/books?id=FTpGWUloo4UC&pg=PA268&lpg=PA268&dq=ista+metodo+44-15&source=bl&ots=4wHvIxYPiW&sig=ACfU3U0EKorvedfIkTdWdSBq1JQHhPnM0w&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwitqp7q6NHmAhXjxlkKHes8BK0Q6AEwAAnoECAsQAQ#v=onepage&q=ista%20metodo%2044-15&f=fa>
- Murguia, P. (s.f.). Procesamiento Industrial del Arroz. Recuperado el 03 de Diciembre de 2019 de

https://www.academia.edu/14675014/Procesamiento_industrial_del_arroz

Najar, C., & Álvarez, J. (2007). Mejoras en el proceso productivo y modernización mediante sustitución y tecnologías limpias en un molino de arroz. Recuperado el 14 de Octubre de 2019 de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/vol10_n1/a05.pdf

Navarrete, J. (2017). El Mercado del Arroz. Recuperado el 09 de Septiembre de 2019 de <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/El-mercado-del-arroz-l-20170612-0005.html>

NTE INEN. (1986). Granos y Cereales, Arroz pilado Requisitos. Recuperado el 11 de Enero de 2019 de <https://archive.org/stream/ec.nte.1234.1986#page/n1/mode/2up>

NTE INEN. (1987). Granos y Cereales. Determinación del contenido de humedad (Metodo de Rutina). Recuperado el 25 de Enero de 2019 de <https://archive.org/stream/ec.nte.1235.1987#mode/2up>

NTE INEN. (2013). Cereales y Productos de cereales determinación de contenido de humedad. Metodo de referencia. Recuperado el 15 de Octubre de 2018 de <https://docplayer.es/51227176-Quito-ecuador-norma-tecnica-ecuatoriana-nte-inen-iso-712-2013-extracto.html>

Orrego, C. (2008). Congelación y liofilización de alimentos . Recuperado el 31 de Enero de 2019 de <http://www.bdigital.unal.edu.co/7837/1/9789584444363.pdf>

Ospina, J. (2001). Características Físico Mecánicas y Análisis de Calidad de Granos. Bogota D.C. Recuperado el 18 de Diciembre de 2019 de https://books.google.com.ec/books?id=2DWmqb6xP3wC&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q=steinlite&f=false

Ponce, N. (2015). Importancia del almacenamiento y conservación de granos y semillas. Recuperado el 27 de Febrero de 2019 de:

<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/32464/secme-8641.pdf?sequence=1>

Quiroz, J. (2012). Variedades de Arroz Generadas por INIAP. Recuperado el 06 de Abril de 2019 de: <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/2024>

Rodriguez, R. (2013). Determinación de Humedad y Cenizas en Cereales. Recuperado el 11 de Mayo de 2019 de <https://es.slideshare.net/ruddymin/determinacion-de-humedad-y-cenizas-en-cereales>

Rojas, Y. (2020). Pilado de arroz. Recuperado el 21 de Junio de 2019 de: https://www.academia.edu/8287036/PILADO_DE_ARROZ

Saenz, L. & Gómez, É. (2003). Evaluación de un método para la determinación de humedad en un medio poroso empleando ultrasonido. Recuperado el 27 de Octubre de 2019 de [file:///C:/Users/DELL/Downloads/Dialnet-EvaluationOfAMethodToMeasureWaterContentInPorousMe-4902371%20\(5\).pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/Dialnet-EvaluationOfAMethodToMeasureWaterContentInPorousMe-4902371%20(5).pdf)

Siebenmorgen, T., Banaszek, M., & Kocher, M. (1990). *Kernel Moisture Content Variation in Equilibrated Rice Samples*. Recuperado el 16 de Julio de 2019 de <file:///C:/Users/DELL/Downloads/4fd5f323490bd6dca34004308995ed47b19a.pdf>

Silva, M. (2006). Agrotendencia. Recuperado el 12 de Julio de 2019 de: <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-arroz/>

Suquilanda, M. (2003). Manejo Integrado de Plagas en el Cultivo de Arroz. Recuperado el 11 de Septiembre de 2018 de <https://www.mendeley.com/viewer/?fileId=35b6d1b4-6cbb-a80f-5f61-3e2ac706fab2&documentId=58cb9fd9-a93a-3522-9b97-0cb2718b956d>

Talpur, M., Changying, J., Chandio, F., Junejo, S., & Mari, I. (2011). *Application of oven drying method on moisture content of ungrounded and grounded (long and short) rice for storage*. Recuperado el 11 de Diciembre de 2019

de

https://www.researchgate.net/profile/Mashooque_Ali_Talpur/publication/270272783_Application_of_oven_drying_method_on_moisture_content_of_ungrounded_and_grounded_long_and_short_rice_for_storage/links/5cc09602a6fdcc1d49acbd97/Application-of-oven-drying-meth

USAID. (2010). Arroz Negocio Creciente. Recuperado el 28 de Noviembre de 2019 de

<https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1862/arroz.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1



Figura 8. Secado del Arroz INIAP 12

ANEXO 2



Figura 9. Pesado y acondicionamiento del arroz (INIAP 12) para cada humedad

ANEXO 3



Figura 10. Arroz molido para método de estufa INEN 1235

ANEXO 4



Figura 11. Metodología INEN 1235-Estufa

ANEXO 5



Figura 12. Metodología de Infrarrojo, BOECO

ANEXO 6



Figura 13. Metodología mediante el equipo Steinlite, INIAP

ANEXO 7

STEINLITE® ELECTRONIC TESTER		MODEL G	
SOFT RED WINTER WHEAT		150 GRAMS	80° F
TRIGO BLANCO OR BLANCO		Sample Weight	Converts All Readings to 80° F.
WHITE WHEAT (EASTERN PRODUCTION)			
SELECTOR BUTTON			
Meter	B	C	D
PERCENT MOISTURE			
5			
6			
7			
8			
9			
10		10.12	
11		10.24	
12		10.36	
13		10.48	
14		10.60	
15		10.72	
16		10.84	
17		10.96	
18		11.08	
19		11.20	
20		11.32	17.51
21		11.44	17.59 23.05
22		11.56	17.67 23.15
23		11.68	17.75 23.25
24		11.80	17.83 23.35
25		11.92	17.91 23.45
26		12.04	17.99 23.55
27		12.16	18.07 23.65
28		12.28	18.15 23.75
29		12.40	18.23 23.85
30		12.52	18.31 23.95
31		12.64	18.39 24.03
32		12.76	18.47 24.11
33		12.88	18.55 24.19
34		13.00	18.63 24.27
35		13.10	18.71 24.35
36		13.20	18.79 24.43
37		13.30	18.87 24.51
38		13.40	18.95 24.59
39		13.50	19.03 24.67
40		13.60	19.11 24.75
41		13.70	19.19 24.83
42		13.80	19.27 24.91
43		13.90	19.35 24.99
44		14.00	19.43 25.07
45		14.08	19.51
46		14.16	19.59
47		14.24	19.68
48		14.32	19.75
49		14.40	19.83
50		14.48	19.91
51		14.56	19.99
52		14.64	20.07
Meter	B	C	D
PERCENT MOISTURE			
53		14.72	20.15
54		14.80	20.23
55		14.88	20.31
56		14.96	20.39
57		15.04	20.47
58		15.12	20.55
59		15.20	20.63
60		15.28	20.71
61		15.36	20.79
62		15.44	20.87
63		15.52	20.95
64		15.60	21.03
65		15.68	21.11
66		15.76	21.19
67		15.84	21.27
68		15.92	21.35
69		16.00	21.43
70	7.50	16.08	21.51
71	7.65	16.16	21.59
72	7.80	16.24	21.67
73	7.93	16.32	21.75
74	8.06	16.40	21.83
75	8.18	16.48	21.91
76	8.30	16.56	21.99
77	8.42	16.64	22.07
78	8.54	16.72	22.15
79	8.66	16.80	22.23
80	8.78	16.87	22.31
81	8.90	16.94	22.39
82	9.02	17.01	22.47
83	9.14	17.08	22.55
84	9.26	17.15	22.63
85	9.38	17.22	22.71
86	9.50	17.29	22.79
87	9.62	17.36	22.87
88	9.74	17.43	22.95
89	9.86	17.50	23.03
90	9.98	17.57	23.11
91	10.10	17.64	23.19
92	10.20	17.71	23.27
93	10.30	17.78	23.35
94	10.40	17.84	23.43
95	10.50	17.90	23.51
96	10.60	17.96	23.59
97	10.70	18.02	23.67
98	10.80	18.08	23.75
99	10.90	18.14	23.83
100	11.00	18.20	23.91

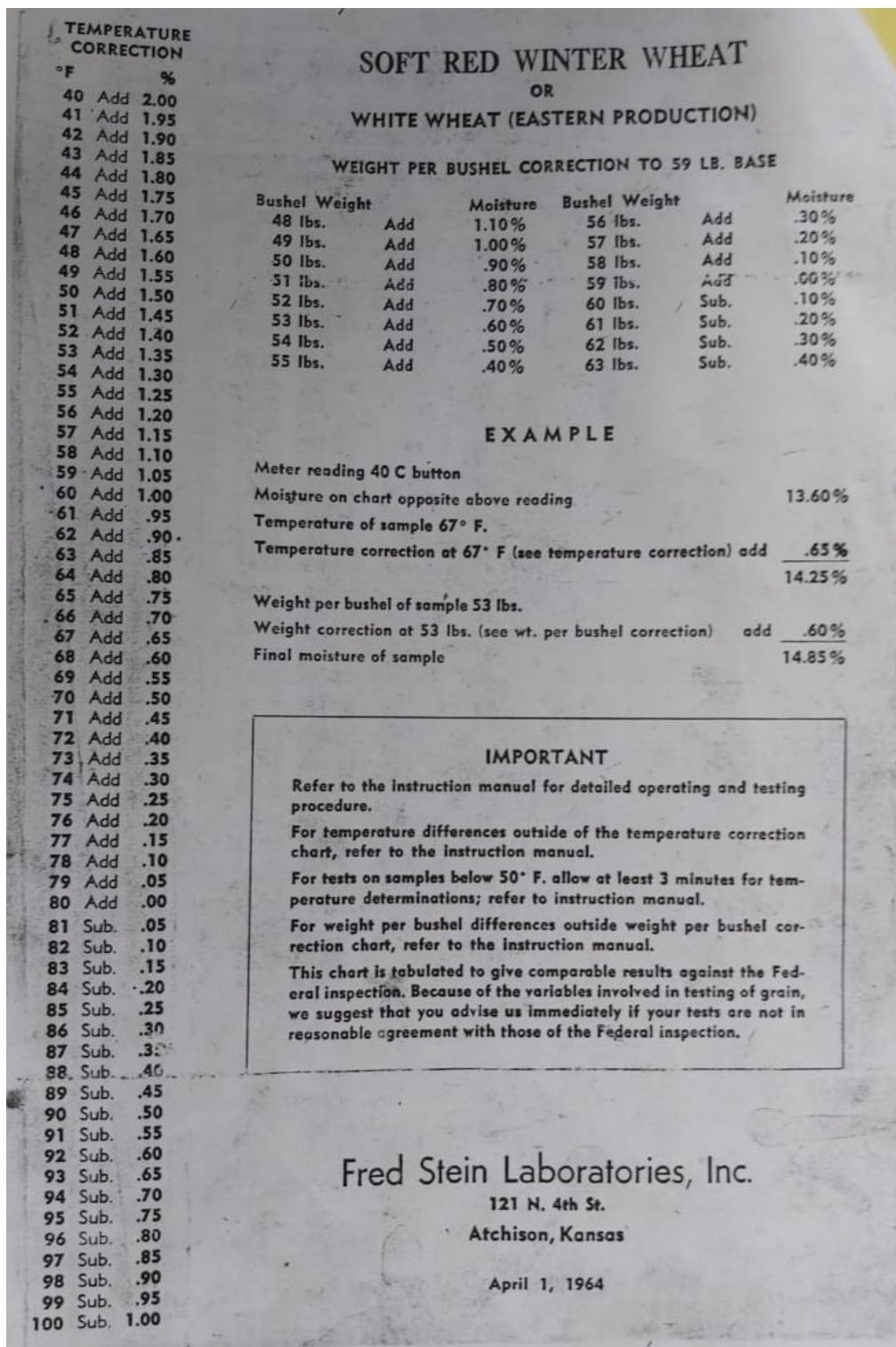


Figura 14. Matrices de corrección para la determinación de humedad de la muestra de arroz sin cascara (INIAP 12), mediante el equipo Steinlite MT400

ANEXO 8

Tabla. Resultados de la Comparación de Metodologías (Arroz 12)

Método	Repetición	10%	11%	12%	13%	14%	15%	16%
1	1	10,5032	11,2671	12,5019	13,9397	14,2526	15,3978	16,3115
1	2	10,5444	11,2814	12,4711	13,9168	14,2521	15,3007	16,3238
1	3	10,5550	11,3046	12,4381	13,9669	14,2316	15,3319	16,2462
1	4	10,5539	11,3090	12,4998	13,9664	14,3057	15,3987	16,3081
1	5	10,5339	11,2822	12,5437	13,9267	14,2871	15,3982	16,3396
2	1	10,3839	11,0811	11,6503	12,5968	13,5162	14,4219	15,4012
2	2	10,4727	10,9699	11,5873	12,5052	13,5264	14,4519	15,3677
2	3	10,4287	11,0193	11,5168	12,5080	13,5836	14,2714	15,3956
2	4	10,3160	11,1034	11,5805	12,4885	13,3945	14,3560	15,4615
2	5	10,4371	10,9989	11,6305	12,4893	13,4649	14,4013	15,4725
3	1	10,2617	10,6892	12,2374	12,7086	14,0890	14,9610	15,7429
3	2	10,2329	10,7295	12,1630	12,8639	14,0190	14,9854	15,8052
3	3	10,2766	10,7465	12,1472	12,8380	14,1747	15,1895	15,7424
3	4	10,2805	10,7676	12,2336	12,8398	14,0837	15,1641	15,6777
3	5	10,2805	10,8662	12,3145	12,8296	14,1022	15,0746	15,7635
4	1	10,5338	11,2375	11,6916	12,6077	13,6345	14,3366	15,4133
4	2	10,5968	11,1172	11,7268	12,5880	13,6435	14,5802	15,4139
4	3	10,5088	11,0534	11,6918	12,6385	13,5400	14,4562	15,4821
4	4	10,4871	11,1204	11,6200	12,6513	13,5728	14,4595	15,6604
4	5	10,5468	11,3064	11,8192	12,6083	13,6899	14,3869	15,5374
5	1	14,9000	15,4000	15,7000	16,2000	16,7000	17,2000	17,7000
5	2	14,8000	15,4000	15,8000	16,2000	16,8000	17,3000	17,7000
5	3	14,8000	15,3000	15,9000	16,3000	16,8000	17,3000	18,0000
5	4	14,7000	15,3000	15,7000	16,2000	16,7000	17,2000	17,9000
5	5	14,7000	15,4000	15,8000	16,3000	16,8000	17,2000	17,8000
6	1	11,8000	12,9500	13,0700	14,1500	15,9200	16,1600	16,8300
6	2	11,6800	12,7100	13,1200	13,9100	15,7600	16,2400	16,8000
6	3	11,8700	12,8300	12,9500	14,2500	15,7600	16,3200	16,9600
6	4	11,9900	12,9500	13,0700	14,1500	15,9200	16,1600	17,2000
6	5	11,9200	12,7100	12,9500	13,9100	15,8400	16,2400	16,9600
7	1	9,1630	10,7410	11,6080	12,7490	13,3290	14,6860	15,6030
7	2	9,3810	10,8610	11,5160	12,9310	13,5590	14,6340	15,5820
7	3	9,2620	10,6860	11,6130	12,6250	13,6670	14,6840	15,4830
7	4	9,3530	10,8530	11,6150	12,7340	13,5690	14,6830	15,6780
7	5	9,2010	10,7270	11,6320	12,6490	13,6570	14,6780	15,5940

1: ASAE

4: AACC

7: infrarrojo

2: ISTA

5: Agratronix

3: INEN

6: Steinlite

ANEXO 9

Tabla de Análisis de Varianza por medio de un Diseño de Bloques Completamente al Azar con 7 métodos y Humedades correspondiente

ADEVA DBCA (7 x 7) (H%)			
F de V	GI	SC	CM
Total	244	1135,74	
F1 (Método)	6	374,09	62,35 **
F2 (Humedad)	6	726,15	121,02 **
F1*F2 (Método x Humedad)	36	34,34	0,95 **
Repeticiones	4	0,03	
Error Experimental	192	1,15	
CV%	0,57		

*Nota: P de valor del 5% al 1% donde valores menores a los señalados se marcan con ***

ANEXO 10

Análisis estadístico de homogeneidad para la humedad del 10% (Arroz INIAP 12)

	<i>REPETICIÓN</i>	<i>TRATAMIENTO</i> <i>(10%)</i>
Media	1	10,26643673
Varianza	0	0,000410992
Observaciones	5	5
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-1022,071027	
P(T<=t) una cola	2,74912E-12	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	5,49825E-12	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

ANEXO 11

Análisis estadístico de homogeneidad para la humedad del 11% (Arroz INIAP 12)

	<i>REPETICIÓN</i>	<i>TRATAMIENTO</i> <i>(11%)</i>
Media	2	10,75979841
Varianza	0	0,004362741
Observaciones	5	5
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-296,5509987	
P(T<=t) una cola	3,87874E-10	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	7,75748E-10	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

ANEXO 12

Análisis estadístico de homogeneidad para la humedad del 12% (Arroz INIAP 12)

	<i>REPETICIÓN</i>	<i>TRATAMIENTO</i> <i>(12%)</i>
Media	3	12,2191387
Varianza	0	0,00448666
Observaciones	5	5
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-307,7611257	
P(T<=t) una cola	3,34376E-10	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	6,68753E-10	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

ANEXO 13

Análisis estadístico de homogeneidad para la humedad del 13% (Arroz INIAP 12)

	<i>REPETICIÓN</i>	<i>TRATAMIENTO</i> <i>(13%)</i>
Media	4	12,81599035
Varianza	0	0,00376572
Observaciones	5	5
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-321,241814	
P(T<=t) una cola	2,82E-10	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	5,63372E-10	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

ANEXO 14

Análisis estadístico de homogeneidad para la humedad del 14% (Arroz INIAP 12)

	<i>REPETICIÓN</i>	<i>TRATAMIENTO (14%)</i>
Media	5	14,09370697
Varianza	0	0,003085293
Observaciones	5	5
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-366,0814607	
P(T<=t) una cola	1,67028E-10	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	3,34056E-10	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

ANEXO 15

Análisis estadístico de homogeneidad para la humedad del 15% (Arroz INIAP 12)

	<i>REPETICIÓN</i>	<i>TRATAMIENTO (15%)</i>
Media	6	15,07493926
Varianza	0	0,010522769
Observaciones	5	5
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-197,8170489	
P(T<=t) una cola	1,95881E-09	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	3,91762E-09	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

ANEXO 16

Análisis estadístico de homogeneidad para la humedad del 16% (Arroz INIAP 12)

	<i>REPETICIÓN</i>	<i>TRATAMIENTO (16%)</i>
Media	7	15,74636026
Varianza	0	0,002123828
Observaciones	5	5
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-424,37784	
P(T<=t) una cola	9,24899E-11	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	1,8498E-10	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

ANEXO 17

Primera investigación donde se comparan valores obtenidos en un equipo de capacitancia eléctrica con el método de referencia (Estufa)

Título de Investigación	Comparación de metodologías para la medición de humedad en el grano de arroz sin cascara. INIAP 12		Evaluación de un medidor de contenido de humedad en granos basado en el principio de capacitancia eléctrica. (Martines López, 2006)	
	Método de referencia (INEN 1235)	Steinlite	Método de referencia (ISO7700/1-2)	GAC 2100
Temperatura	130°C ± 3	N/A	103°C ± 3	N/A
Tiempo	4 h	N/A	2 h	N/A
Humedad (%)	12,22	13,07	12,77	12,70

Diferencias Significativas	0,85	0,07
-----------------------------------	------	------

ANEXO 18

Segunda investigación, comparación de equipos de infrarrojo

Título de Investigación	Comparación de metodologías para la medición de humedad en el grano de arroz sin cascara. INIAP 12	Evaluación de un método para la determinación de humedad en un medio poroso empleando ultrasonido. (Sáenz Cruz & Gómez Acero, 2003)
Método	Termo balanza (Infrarrojo)	Equipo Infrarrojo
Temperatura	130°C	45°C
Tiempo	20 minutos	20 h
Humedad (%)	9,27 – 15,59	5 – 30
Diferencias Significativas	0,09 y 0,07	0,005 – 0,03

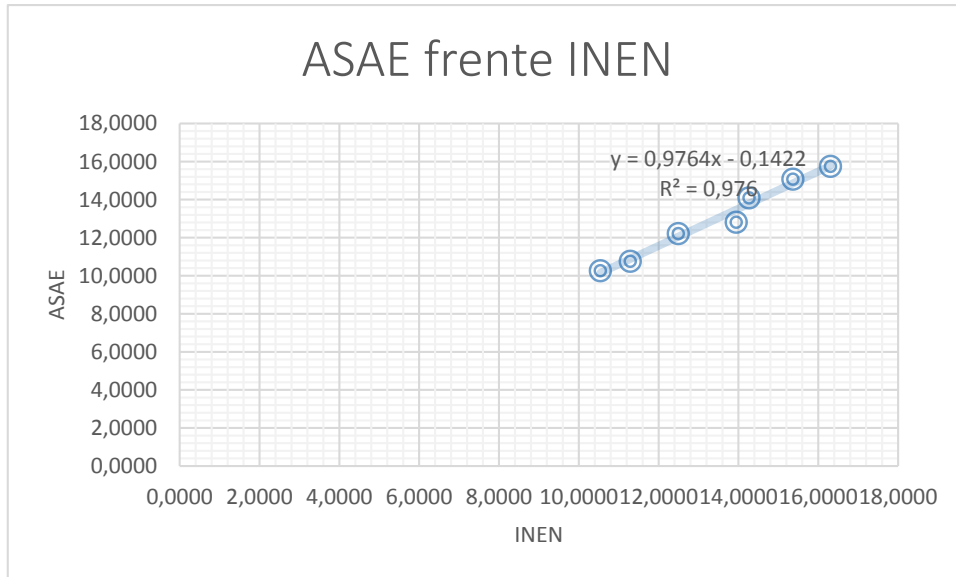
ANEXO 19

Tercera investigación. Comparación de métodos de estufa para determinar la humedad en el arroz molido y entero

Título de Investigación	Comparación de metodologías para la medición de humedad en el grano de arroz sin cascara. INIAP 12		Application of oven drying method on moisture content of ungrounded and grounded (long and short) rice for storage (Talpur, Changying, Chandio, Junejo, & Mari, 2011)	
	Método de estufa INEN 1235 (Grano molido)	Método de estufa ASAE S352.2 (Grano entero)	Método de estufa AOAC (Grano molido)	Método de estufa AOAC (Grano Entero)
Temperatura	130°C	130°C	105°C	105°C
Tiempo	4h	24h	4h	24h
Humedad (%)	10,27	10,54	9,62	10,29
Diferencias Significativas		0,27		0,67

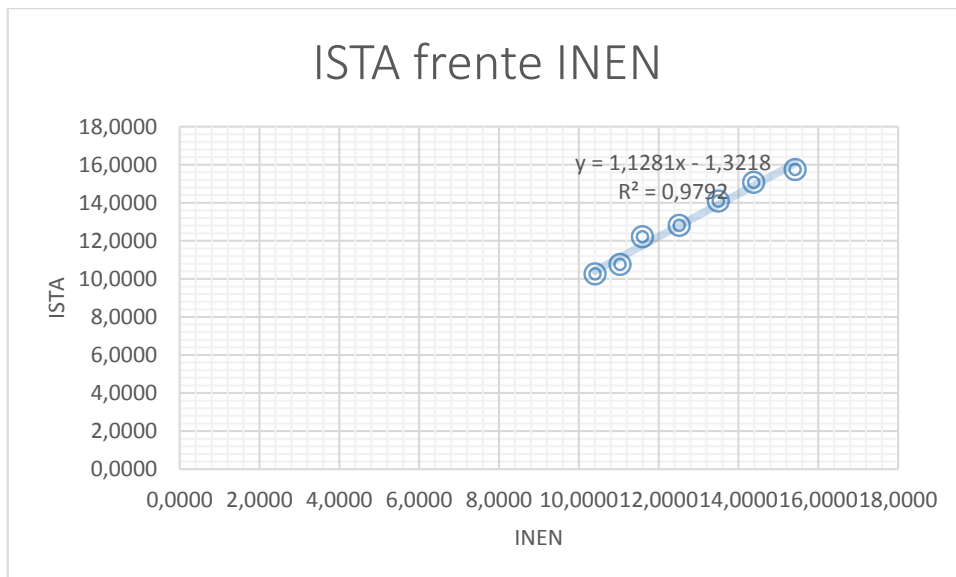
ANEXO 20

Gráfico: Comparación del método ASAE S352.2 con el método INEN 1235



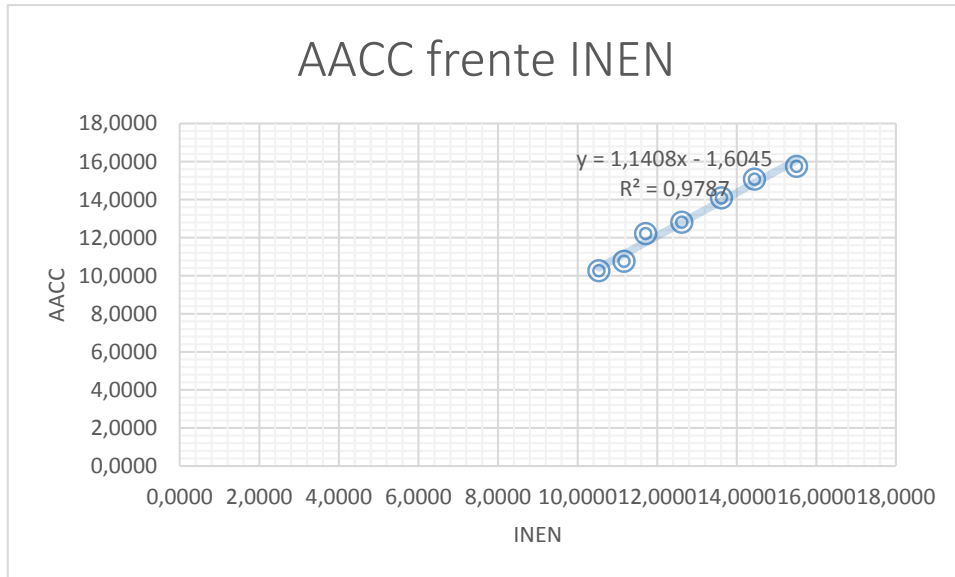
ANEXO 21

Gráfico: Comparación del método ISTA con el método INEN 1235



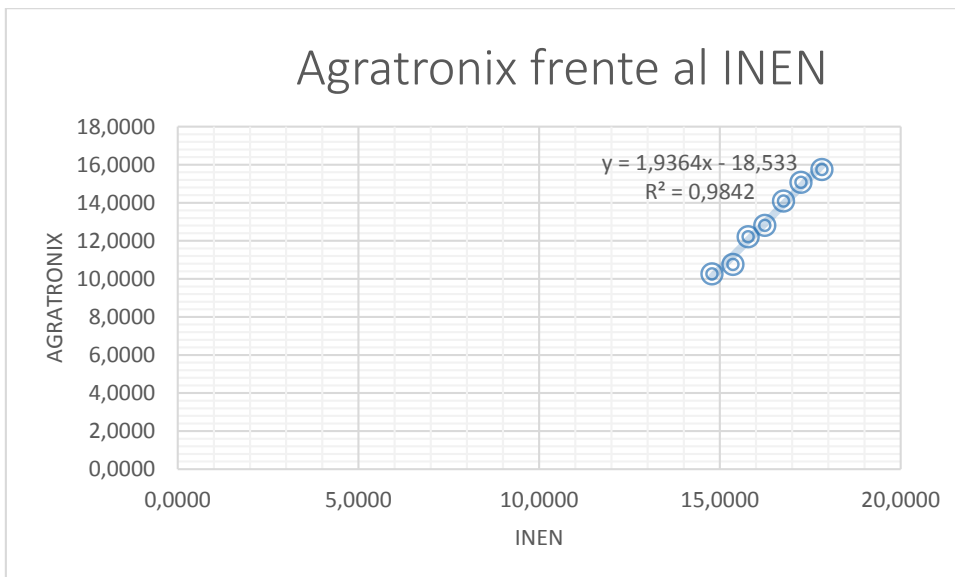
ANEXO 22

Gráfico: Comparación del método AACC con el método INEN 1235



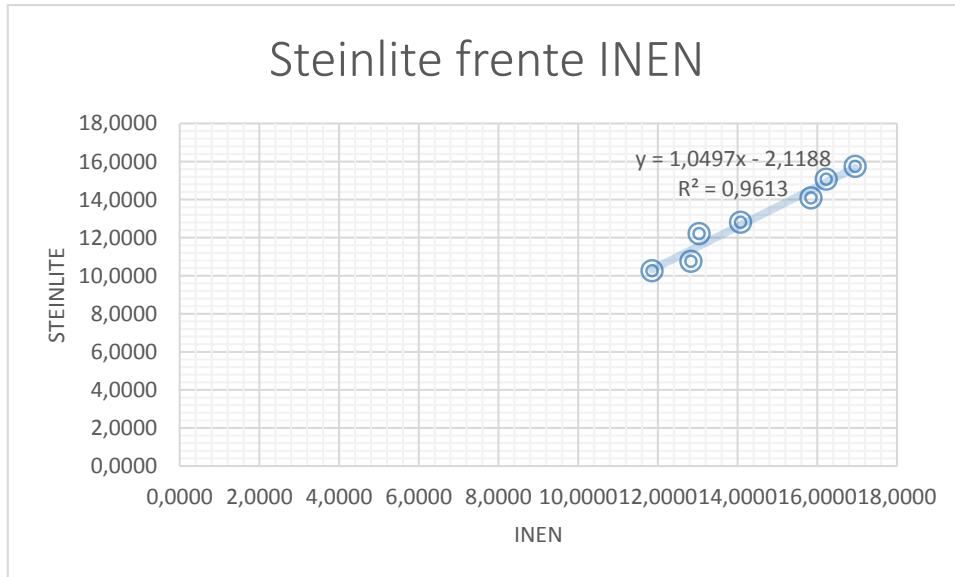
ANEXO 23

Gráfico: Comparación del método Agratronix con el método INEN 1235



ANEXO 24

Gráfico: Comparación del método Steinlite con el método INEN 1235



ANEXO 25

Gráfico: Comparación del método Infrarrojo con el método INEN 1235

