



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA DETERMINACIÓN
DE HUMEDAD EN ARROZ CON CÁSCARA

Autora

Sara Gabriela Quinchiguango Andrade

Año
2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD
EN ARROZ CON CÁSCARA

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

Sara Gabriela Quinchiguango Andrade

Año

2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Comparación de metodologías para determinación de humedad en arroz con cáscara, a través de reuniones periódicas con la estudiante Sara Gabriela Quinchiguango Andrade, en el semestre 201920, 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
Doutor em Tecnología de alimentos
CI: 0912277480

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado el trabajo, Comparación de metodologías para determinación de humedad en arroz con cáscara, de Sara Gabriela Quinchiguango Andrade, en el semestre 201920, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Darío Miguel Posso Reyes

Máster en Ciencia e Ingeniería de los Alimentos

CI: 1713040952

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”

Sara Gabriela Quinchiguango Andrade

CI: 1717851586

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios y a mis padres, por ayudarme a llegar al punto en el que hoy me encuentro.

A mis abuelitos Luca y Pepito por haberme apoyado durante el transcurso de mi carrera.

A mi tutor y a mi profesor corrector por guiarme durante todo este trabajo.

DEDICATORIA

A mis padres y a mi ñaña por brindarme su apoyo incondicional.

A mis abuelitos Luca y Pepito por haberme apoyado durante el transcurso de mi carrera.

A mi Chetini por acompañarme durante las noches de desvelo.

RESUMEN

El arroz con cáscara de nombre científico *Oryza sativa* es el cereal más consumido a nivel mundial, la humedad del arroz es importante en la inocuidad y calidad en todas las etapas desde la cosecha hasta su comercialización. Existen diferencias de valores de humedad entre metodologías y no se registra evidencia científica de trabajos anteriores en arroz con cáscara con humedad alta, por esta razón en el presente estudio se plantean dos objetivos: a. Desarrollar estándares y evaluar su homogeneidad en muestras de granos de arroz con cascara con seis diferentes tipos de humedad (16, 18, 20, 22, 24 y 26%) y b. comparar siete métodos de determinación de humedad en los rangos especificados en el objetivo a; para el desarrollo de los estándares se realizaron ensayos de acondicionamiento y medición de homogeneidad, aplicando la ecuación de Gough, 1986 y se aplicó un DBCA estadístico, confirmando si los granos de las respectivas humedades en las fundas y entre las fundas estaban homogéneas, mientras que para la comparación de metodologías; para la comparación de metodologías y se aplicó análisis de varianza (ANOVA), seguido de una prueba de Tukey al 5%. Para la verificación de resultados de homogeneidad dentro y entre fundas se obtuvieron valores ≤ 0.05 que indican que las muestras de las respectivas humedades estaban homogéneas. Todos los métodos presentaron un comportamiento lineal. En el valor de humedad de 16%, existieron diferencias significativas entre el método de estufa USDA, infrarrojo y los dos utilizados en capacitancia (Agratronix y Steinlite) con relación al método estándar INEN 1235, mientras que el método ISTA Y ASAE 3522 no tuvieron diferencia significativa; mientras que en el rango de 26% todos presentan diferencias significativas con relación al método patrón. En el rango de humedades de 16 al 26%, la diferencia de humedad en puntos porcentuales entre métodos, es menor que 1, cabe recalcar en el rango de 26% existen diferencias de 1.8 puntos porcentuales de humedad entre métodos. En conclusión, se obtuvieron patrones homogéneos de

humedad en el rango de 16-26% y hubo diferencias significativas entre los métodos.

Palabras clave: humedad, arroz con cáscara, homogeneidad, métodos, comparación

ABSTRACT

Paddy rice or Paddy rice with scientific name *Oryza sativa* is the most consumed cereal worldwide, rice moisture is important in safety and quality in all stages from harvest to marketing. There are differences in moisture values between methodologies and there is no scientific evidence of previous work in rice with high moisture shell, for this reason in the present study two objectives are proposed: a. Develop standards and evaluate their homogeneity in samples of grains of rice with skin with six different types of humidity (16, 18, 20, 22, 24 and 26%) and b. compare seven methods of determining humidity in the ranges specified in objective a; the development of the standards was carried out only with a conditioning test since drying was not necessary when using high humidity ranges, while for the comparison of methodologies a homogeneity test was performed applying the Gough equation, 1986 and it was applied a statistical DBCA, that confirms if the grains of the respective humidities in the covers and between the covers were homogeneous; methodologies were compared and variance analysis (ANOVA) was applied, followed by a Tukey test at 5%. For the verification of homogeneity results within and between covers, values ≤ 0.05 were obtained that indicate that the samples of the respective humidities were homogeneous. All the methods presented a linear behavior. At the humidity value of 16%, there were significant differences between the USDA, infrared and the two used in capacitance (Agratronix and Steinlite) method in relation to the standard method INEN 1235, while the ISTA and ASAE 3522 method did not differ meaningful while in the range of 26% all have significant differences in relation to the standard method. In the range of humidity from 16 to 26%, the humidity difference in percentage points between methods is less than 1, it should be emphasized in the range of 26% there are differences of 1.8 percentage points of humidity between methods. In conclusion, homogeneous moisture patterns were obtained in the range of 16-26% and there were significant differences between the methods.

Keywords: moisture, rice with peel, homogeneity, methods, comparison

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
2. Marco Teórico	3
2.1 Generalidades del arroz	3
2.2 Cosecha	5
2.3 Transporte	6
2.4 Comercialización	8
2.5 Parámetros de evaluación de calidad e inocuidad	8
2.6 Metodología de determinación de humedad en arroz	9
2.6.1 Métodos directos	10
2.6.2 Métodos indirectos	12
2.8 Comparación de metodologías de determinación de humedad ..	12
3. Materiales y métodos	15
3.1 Localización.....	15
3.2 Materia vegetal	16
3.3. Métodos.....	16
3.3.1 Desarrollo de estándares y ensayo de homogeneidad	16
3.3.3 Comparación de metodologías	18
3.3.3.1 Método de estufa para grano entero (método ISTA).....	18
3.3.3.2 Método de estufa para grano entero (ASAE S352.2).....	19
3.3.3.3 Método de estufa para grano molido (MÉTODO USDA)	19
3.3.3.4 Método estándar para grano molido para determinación de humedad INEN 1235 (ESTUFA).....	20
3.3.3.5 Método de capacitancia Agratronix MT-16	20
3.3.3.6 Método con equipo eléctrico STEINLITE MT400	20
3.3.3.7 Método con equipo infrarrojo	21

3.4. Estadística	21
3.4.1 Diseño experimental	21
3.4.2 Tratamientos	22
3.4.3 Análisis de factibilidad.....	22
3.4.4 Variables evaluadas.....	22
4. Resultados	23
4.1 Desarrollo de estándares y ensayo de homogeneidad	23
4.1.1 Ensayo de Homogeneidad	24
4.1.1.1 Ensayo de homogeneidad dentro de las fundas	24
4.1.1.2 Ensayo de homogeneidad entre las fundas	25
4.2 Comparación de metodologías	26
5. Conclusiones y Recomendaciones	35
5.1 Conclusiones	35
5.2 Recomendaciones	35
ANEXOS	44

1. Introducción

El arroz con cáscara o arroz Paddy de nombre científico *Oryza spp.* Y principalmente *Oryza sativa*, más conocido por que durante el proceso de trillado y aventado no ha sido sometido a ningún proceso adicional por lo cual mantiene su recubrimiento inicial (FAO, 2018); por lo general en su proceso en el campo este no ha sufrido ninguna transformación, pero se mantienen la estructura/revestimiento dura del grano sin embargo se realiza una previa limpieza para eliminar impurezas tales como lodo, ramas u hojas (European Comisión, 2015).

El cultivo de este cereal empezó hace un poco más de 7000 años y se desarrollaron en diferentes países especialmente en Asia incluyendo países como Japón, Tailandia, Vietnam y Camboya; posteriormente se extenderían los cultivos hacia India, Filipinas e Indonesia; gracias a esto se conocen dos especies japónica (propio nombre que se caracteriza por granos mediano /pequeños más conocidos como grano redondo) e indico (granos delgados, largos y planos). (Ramírez, 2018).

El grano de arroz hoy por hoy es uno de los cereales más consumidos a nivel mundial y proporciona el 50% de calorías en la dieta diaria; en Ecuador el cultivo de arroz se propaga por la zona costera principalmente en provincias como Guayas y Los Ríos. Actualmente en el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias se han desarrollado siete variedades de arroz (INIAP11, INIAP14, INIAP15, INIAP16, INIAP17, INIAP FL01, INIAP CRISTALINO). (INIAP, 2014).

Una de los principales determinantes de calidad e inocuidad es la humedad del grano ya que gracias a esto se mantiene intacta la calidad molinera del grano debido a esto se recolecta el grano con un 22 – 26% de humedad; mientras que para la germinación del mismo está comprendida en rangos de 22 – 24%(FAO, 2015; INIAP, 2017). Se han considerado estos rangos de humedad ya que esto

aplica para humedad de germinación de grano destinado para semilla sin embargo al estar con un contenido alto de humedad se debe tener extrema precaución ante el ataque de plaga, generación de hongos y por ende producción de mico toxina que afecta directamente a la calidad del grano.

Existen diferentes métodos para corroborar que la humedad sea la indicada tanto para su reserva y comercialización como para corroborar su desarrollo durante su germinación; en este estudio se utilizaron métodos tanto directo como indirectos dentro de estos dos grupos se analizaron siete métodos entre los cuales se ocuparon cuatro métodos de estufa incluido el método del Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), dos de capacitancia y uno de infrarrojo que son los equipos más utilizados dentro del país: sin embargo la variabilidad de los resultados obtenidos crea un problema al arrojar diferentes resultados, la comparación de metodologías beneficiara tanto a productores como intermediarios de arroz con cascara determinando de una manera más precisa el porcentaje de humedad que proporciona cada equipo utilizado.

1.1 Objetivo general

Comparar diferentes metodologías de determinación de humedad en arroz con cascara (*Oryza sativa*).

1.2 Objetivos específicos

- a. Desarrollar estándares y evaluar su homogeneidad en muestras de granos de arroz con cascara con seis tipos de humedad (16, 18, 20, 22, 24 y 26%).
- b. Comparar siete diferentes metodologías de determinación de humedad en los rangos especificados en el objetivo a.

2. Marco Teórico

2.1 Generalidades del arroz

El arroz (*Oryza sativa*) y su cultivo tiene origen en Asia tropical y sub tropical, este cereal es uno de los más cultivados a nivel mundial y se lo ha considerado como uno de los principales alimentos dentro de la alimentación diaria; ocupa el segundo lugar de superficie cosechada por hectárea después del trigo. Se piensa que el cultivo empezó hace 7000 años atrás en el sudeste asiático, el crecimiento de este ocurre en suelos inundados ideales para el crecimiento y nutrición. Según Pérez, 2019 para el año 2018 el mayor productor de arroz con cascara a nivel mundial fue China con un total aproximado de 208 millones de toneladas métricas, seguido por India e Indonesia con 169 y 75 millones de toneladas métricas respectivamente. Según la FAO la producción de arroz con cascara en América fue de 9.2 millones de toneladas producidas en Estados Unidos, en Sudamérica se ubica como mayor productor a Argentina con 1.3 millones de toneladas, posicionado en el cuarto lugar se encuentra Ecuador con una producción de 1.2 millones de toneladas métricas esta cifra se ha mantenido desde el año 2015 para el año 2018 la cifra registra una baja de 2.3% de la producción anual.

El consumo de arroz y su comercio esta diferenciado por los tipos y calidad de estos por tanto se consideran los siguientes tipos de arroz categorizados por la actual norma vigente correspondiente al país de origen en este caso:

Clase 1. Extra largo: longitud del grano mínima de 9.0mm y se tolera máximo de 20% de mezcla de granos largos.

Case 2. Largo: longitud del grano entre 8.0mm y 8.99mm y se tolera un máximo de 20% de mezcla de otros granos medios.

Clase 3. Medio: longitud de grano entre 7.0mm y 7.99mm y se tolera máximo de 10% de otros granos cortos.

Clase 4. Corto: longitud de grano menor a 7.0mm

Clase 5. Mezcla: granos mezclado de dos ornas o más de las clases mencionadas. (Debe especificarse el porcentaje de cada clase).

Tomado de NTE INEN 0186, 1986

Según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) existen 7 variedades de arroz producidas en suelo ecuatoriano a continuación se presenta el siguiente cuadro con las diferentes variedades y sus principales características:

Tabla 1.

Variedades de arroz producidas en INIAP y sus características principales.

Características	Variedades						
	INIAP 11	INIAP 12	INIAP 14	INIAP 16	INIAP 17	INIAP 18	INIAP FL-0
Origen	CIAT	INIAP	IRRI	INIAP	INIAP	INIAP	FLAR
Rendimiento riego	5-9 (T/ha)	5-9 (T/ha)	5.8-11 (T/ha)	5-9 (T/ha)	6.2-10 (T/ha)	6.4-9.8 (T/ha)	6-10.5 (T/ha)
Rendimiento secado	5.5-6.8 (T/ha)	5.5-6.8 (T/ha)	4.8-6 (T/ha)	4.8-8.0 (T/ha)	-	-	5.8-9.4 (T/ha)
Ciclo vegetativo (días)	110 - 115	110 - 115	113-117	106 -120	127	127	120 -140
Altura plantas (cm)	100 -111	100 - 111	99 -107	93 - 109	119	119	94 -115
Longitud (grano)	LARGO	EXTRA LARGO	LARGO	EXTRA LARGO	EXTRA LARGO	EXTRA LARGO	EXTRA LARGO
índice de pilado	68%	67%	66%	68%	62%	68%	64%

Desgrane	INTER MEDIO						
LATENCIA (SEMANAS)	4 - 6	4 - 6	4 - 6	7 - 8	6 - 8	6 - 8	4 - 6

Tomado de Quiroz, J. (INIAP), 2012.

Según la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (Agrocalidad) el peso promedio de 1000 granos (con 14% de humedad), es determinado en la fase de maduración, esto incluye desde que el grano se encuentra en la fase de floración hasta la cosecha, algunas variedades tienen un mayor peso promedio es decir 1000 granos que pesen 30g a comparación de otras que sus 1000 granos tienen un peso aproximado de 28g. (Agrocalidad, 2015; Quiroz, 2014)

2.2. Cosecha

El arroz es una planta anual semi-acuático, crece en una gran variedad de regiones, desde planos inundados hasta laderas secas, en el sudeste de Asia el arroz se cultiva en tierra extremadamente inundadas y es muy común que se coseche con un contenido de humedad más alto del que se puede almacenar sin riesgo alguno, el proceso de secado empieza en el campo una vez que el grano a alcanzado el pleno desarrollo dependiendo de factores como clima y humedad. En la cosecha el arroz debe ser secado hasta obtener una humedad que sea adecuada para almacenar el grano. (FAO, 2015; Robbe, 2010)

Durante la cosecha del grano de arroz el indicador más importante es su humedad; cuando se cosecha el grano a una humedad ideal este mantiene la calidad molinera del grano, su variedad y reduce la perdida de granos sean estos por desgrane de panícula o acame, daño por pájaros o ratas, entre otros. La humedad del grano es considerada necesaria para cosechar el arroz con cáscara

(granza) esta debe oscilar entre 22-26%; determinado por equipos especializados. (FAO, 2003; Agrocalidad, 2015).

En base a la relación grano versus humedad se tiene en cuenta algunas indicaciones; si la humedad del grano está por encima del 26% el grano entero tiene un menor rendimiento por lo que aumenta el porcentaje de granos yesosos, por lo cual conlleva un mayor costo en el secado, incrementa el costo de transporte de granza húmeda debido a que el peso del grano incrementa (peso del agua).

La humedad óptima para realizar la cosecha debe encontrarse en rangos de 22-26% lo cual resulta en mayores rendimientos en campo, mayor rendimiento y mejor calidad de grano entero; una humedad menor del 22% representa un menor rendimiento de grano entero; es recomendable que se coseche el grano con un 24% de humedad previniendo la afectación del grano y la viabilidad del embrión de la semilla ya que si se demora el secado no se caliente a misma. (Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 2003).

2.3 Transporte

Como los menciona Agrocalidad en el capítulo VII art. 29 el transporte hasta la piladora debe realizarse bajo medidas que aseguren la inocuidad y que no maltraten el grano para ello se rescata el punto más importante el mismo que se redacta aquí “el medio de transporte del producto, tanto dentro del predio, como hacia el exterior, debe estar limpio y en buen estado. Se deben revisar sus paredes y piso.” Para tomar en consideración para evitar la contaminación del grano de arroz.

El arroz que normalmente es embolsado en el caso de exportación como lo hace Vietnam por lo general llegan a los puertos de descarga con presencia de moho aun cuando las bolsas se encuentren en buenas condiciones y sin ninguna

mojadura; esto lo causa el alto contenido de humedad en el arroz al momento de cargarlo

El contenido de humedad máximo permisible es del 14% y en su preferencia se debe considerar el menor; en algunas investigaciones como la de Josep Franquet se ha demostrado que el arroz blanco almacenado a 30°C con un contenido de humedad con el 14,5% desarrolla moho 60 días más tarde. Por lo que en países como en Vietnam se menciona un contenido de humedad máximo del 14% cifra que debe ser considerada cuidadosamente.

La detección de un cargamento demasiado húmedo puede causar daño en el mismo, es recomendable tomar, muestras de las bolsas por embarque usando equipo adecuado como un muestreador de lanza, se recomienda que los envases fueran sellados en presencia de los embarcadores; en caso de no poseer alguno se recomienda dejar caer el arroz en una jarra, y bajo ninguna circunstancia tocar el arroz con la mano ya que puede influenciar el verdadero contenido de humedad.

Las bodegas de carga y almacenaje deben estar limpias, secas y libres de olor, las bodegas de los cargueros (avión, tren o camiones) deben estar limpias y libres de exceso de agua.

En caso de lluvia durante la carga se deberá mantener seco el carguero, se debe secar las cubiertas de escotilla (en casi de barcos) y cubrirla, en el caso de camiones y trenes mantener secas las superficies de contacto y procurar que no gotee en las bodegas de los cargueros; revisar manchas de mojadura y en caso de que se encontraran rechazar para su carga.

Si el destino de la carga tiene una temperatura ambiente que pueda crear condensación dentro de los cargueros, las instalaciones de estas deberán ser cubiertas con cualquier material que pueda atrapar este goteo, las bodegas deben estar ventiladas dependerá del punto de rocío; y se levare u registro de temperaturas y ventilación probando que se tomaron las debidas precauciones dura te su transporte. (Franquet, 2010; Robbe, 2010).

2.4 Comercialización

Según la FAO la comercialización para el período 2017-2018 incrementó en 1.1% alcanzando los 170 millones de toneladas aproximadamente posicionando a China en el primer lugar de países comercializadores y consumidores, sin embargo, las recuperaciones de países como Bangladesh y Brasil lo que ha compensado la disminución de la comercialización de países como Arabia Saudita e Indonesia

Durante el periodo 2018-2019 la comercialización incremento en 1.2% alcanzando los 172 millones de toneladas aproximadamente, los precios internacionales del arroz han sufrido un crecimiento constante desde finales del 2016 para 2018 esta tendencia no disminuyo.

Parte importante depende de su precio; China estableció para 2018 su precio de compra en 381 dólares por tonelada el precio fue reducido un 8% del precio fijado en 2017, en Estados Unidos para el 2018 el arroz llego a un precio de 262 dólares la tonelada, mientras que en Ecuador según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) el precio de la saca de 200 libras con un 20% de humedad y 5% de impurezas se fijó en un mínimo de 32,30 dólares y máximo de 35,50 dólares.

2.5 Parámetros de evaluación de calidad e inocuidad

Se han considerado parámetros que garanticen la inocuidad de los granos de arroz, primeramente, el someterse a un análisis sensorial que excepto a los granos de sabores y olores extraños, que se encuentre libre de plagas (insectos, larvas y/o huevos), e impurezas que impliquen inseguridad (peligro de contaminación) en los consumidores. (FAO, 2017).

La norma nacional estipula el parámetro de control para el contenido de humedad no superior a 14% para grano comercial y un rango de humedad más bajos para

transporte o ambiente según sea el caso, en el caso de presente estudio la humedad estipulada para semilla según INIAP es de 24 al 26% de humedad con estricto cuidado ya que al ser altos los porcentajes de humedad corre el riesgo de germinación o de la aparición de hongos y mico toxinas.

Tabla 2.

Duración del almacenamiento por porcentaje de humedad en días (Adaptado)

DURACIÓN DEL ALMACENAMIENTO EN DÍAS						
TEMPERATURA						
HUMEDAD	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
16%		130	50	30	20	8
18%	130	40	25	17	8	2
20%	45	22	15	8		
22%	23	13	8	6		
24%	13	8	4	4		
25%	10	3	6	3		

Adaptado de FAO, 2017

2.6 Metodología de determinación de humedad en arroz

Para determinar el contenido de agua que está presente en los alimentos por lo general se aplican métodos desecado; los datos se obtienen en base a la cantidad de agua que se perdió en este; esto se debe a su eliminación de calentamiento bajo condiciones normales. Aunque estos métodos obtienen buenos resultados los resultados se pueden interpretar sobre comparaciones.

Existen varios métodos para determinar humedad en el grano de arroz uno de ellos es la implementación de un sensor debido que el 50% de la producción mundial de arroz con cascara es vaporizado (se cuece el arroz al vapor o en agua mientras este aún se encuentra en la cáscara) posteriormente se lo seca.

Durante este proceso se pone en remojo el arroz para conseguir un nivel de humedad óptimo, aproximadamente el 30%; se procede a cocinar el arroz a vapor o en agua hasta que el nivel de humedad de arroz sea del 38% aproximadamente. Finalmente, el arroz se seca hasta que el nivel de humedad sea del 12-14% aproximadamente; en esta etapa final se prepara para almacenarlo o someterlo a diferentes procesos. (Morales, 2013)

Es necesario que el proceso de secado se controle de forma precisa, si el nivel no es el correcto los granos de arroz se pueden romper durante la molienda o el descascarillado y de humedad mayor puede ocasionar variaciones en el color después del pulido; por ende, conlleva desperdicio de materiales y costos elevados al productor.

En el Ecuador se ha determinado un método aprobado con normativa nacional como es la norma INEN 1235 que determina la humedad en los granos de arroz mediante una metodología ya determinada.

Existen métodos para determinar humedad ya sea directamente o indirectamente

2.6.1 Métodos directos

Secado en estufa de aire: se caracteriza por la pérdida de agua mediante evaporación, es importante que la muestra utilizada no contenga compuestos volátiles; su principio requiere una balanza analítica y una estufa (incluye muestra preparada, secado, enfriado y pesado).

Se elimina el agua mientras se le agrega presión (el vapor eliminado debe ser menor al alcanzado en la muestra), deberá existir movimiento de aire (abrir compuertas).

Secado en estufa de vacío: Está relacionado con presión y vapor a temperaturas determinadas; para la estufa de vacío se extrae el aire lo que aumenta la velocidad de secado. La presión debe mantenerse menor a 100mmHg a una temperatura menor o igual a 70°C

Secado en termo balanza: Funciona con el principio de evaporación continua en la muestra, una vez que la muestra se encuentre en un peso constante se registra su pérdida de peso, la precisión es mejor si no se expone a temperatura ambiente.

Destilación azeotrópica: utiliza destilación únicamente de agua y un líquido que pueda mezclarse con esta con relación 1: una es que se destila el agua a punto de ebullición altos como los que se presentan en el recuadro inferiores se recolecta en la trampa Bidwell y se mide el volumen obtenido.

Estos son los disolventes utilizados:

DISOLVENTES	PUNTO DE EBULLICION (°C)
Tetracloruro de carbono	77
Benceno	80
Metilciclohexano	100
Tolueno	111
Tetracloroetileno	121
Xileno	137-140

Tomado de UNAM (2015).

2.6.2 Métodos indirectos

Estos son aquellos que no remueven el agua de la mezcla general o del grano, se mide alguna propiedad presente en la muestra; los métodos que más se conocen son

Espectroscopia: Es una técnica que se la utiliza para determinar la composición cualitativa y cuantitativa de una muestra (Cabrera, 2015), este análisis se mide mediante patrones conocidos de otras muestras; el análisis detecta la absorción de radiación electromagnética. Los métodos más comunes que se encuentran dentro de esta técnica son:

- Infrarrojo
- Infrarrojo cercano
- Resonancia magnética
- Capacitancia dieléctrica
- Absorción por microondas
- Absorción sónica/ultrasónica
- Conductividad

2.8 Comparación de metodologías de determinación de humedad

Desde el punto matemático la importancia de realizar matrices homogéneas es la obtención de distintas ecuaciones con el fin de igualarlas a cero y obtener un único resultado, este tipo de matriz encuentra una amplia aplicación en ciencia y tecnología; y se puede afirmar que en un sin número de ramas es aplicable es por esta razón que en el presente trabajo se busca encontrar un estándar de resultados para determinar el porcentaje de humedad de los granos en este caso de arroz, una vez obtenido este resultado se procede a comparar los resultados.

Se han registrado ciertas metodologías de comparación de humedad en diferentes granos uno de estos es el garbanzo según Martínez, 2013 se utilizaron dos métodos para comparación e primero el secado en estufa de ventilación forzada temperaturas y tiempos establecidos y el otro método fue de capacitancia para el estudio de estos análisis se utilizó granos de garbanzo para ser estudiados y como testigo de la funcionalidad d los equipos se utilizaron muestras de soja.

Sin embargo, la utilización de métodos directos según lo recomienda Raspo, 2014, la estufa como método tradicional es más precisa y confiable que aquellas que se hacen con equipos tecnológicos; para el método de estufa (ventilación forzada) se introdujo el garbanzo a 105°C por 38 horas mientras que para la soja fueron 105°C durante 20 horas las dos muestras fueron aproximadamente de 10 gramos (Raspo, 2014).

Tabla 3.

Trabajo de investigación de comparación de metodologías en diferentes especies de granos/semillas.

ESTUDIO	MUESTRA	METODOLOGIA	DIFERENCIA	
			%	AUTOR
			HUMEDAD	
SEMILLAS DE ESPECIES FORRAJERAS (COMPARACION DE HUMEDAD)	Agropiro/Fe stuca/Ryegr ass	Equipo de estufa/ Equipo de capacitancia (DICKEY-John GAC 2100)	2.86/ 2.36/ 2.2	Ricardo Bartosik, Leandro Cardoso y Enzo Piñeiro

MEDICION DE HUMEDAD EN EL EQUIPO MOTOMCO 919	Arroz en granza/fréjol	Método de horno, Destilación utilizando tolueno/ Método Brow Duvel	5.8/ 1.45	Ramiro Alizaga y Miguel Mora
MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE AGUA (SECADO) PARA BAGAZO (Estudio comparativo)	Bagazo	Método de estufa/Horno Microondas	1.11	Gimena Zamora, Cynthia Gutiérrez, Gabriela Mistretta y Florencia Peralta
Humedad en Garbanzo y soja por diferentes métodos	Garbanzo/Soja	Método de estufa/ Aparatos electrónicos (Delver 1021)	1.85	Julia Carreras y Gustavo Giambastiani

Adaptado de (Bartosik, R.; Cardoso, L.; Piñeiro E. (2009); Alízaga R.; Mora, M. (1982); Zamora, G. (2015).; Carrea, J.; Giambastiani, G. (2014)).

Cabe recalcar que la diferencia significativa en la comparación de humedad puede darse entre metodologías mas no entre lotes (fundas), la humedad deberá estar

homogénea y esto se medirá mediante un análisis de estufa cogiendo muestras aleatorias, una vez homogenizado se procederá a realizar los diferentes análisis.

Este estudio tiene como objetivo comparar las metodologías a utilizarse para determinar humedad en arroz con cascara en porcentajes de 16, 18, 20, 22, 24 y 26% a través de diferentes métodos validados:

Tabla 4.

Métodos utilizados e instituciones que lo validan.

MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE HUMEDAD	INSTITUCIÓN QUE LO VALIDA
Estufa (grano molido)	INEN 1235
Estufa (grano molido)	USDA
Estufa (grano entero)	ASAE S3522
Estufa (grano entero)	ISTA
Agratronix MT16	
Steinlite MT 400	INIAP
Infrarrojo	

3. Materiales y métodos

3.1 Localización

El proyecto fue realizado en las instalaciones de la Universidad de las Américas (UDLA), se ocupó el laboratorio LQ2 tanto para el acondicionamiento de las muestras como para el molido de la muestra (en caso de requerirlo); en cuanto para la realización y verificación de la homogenización y comparación de metodologías se realizaron en las instalaciones del centro de investigación de

postgrado; para el ensayo final se utilizó el equipo de capacitancia localizado en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Estación Experimental Santa Catalina.

3.2 Materia vegetal

Se utilizó la variedad de arroz de inundación con cáscara (*Oryza sativa*) INIAP 12, el material fue adquirido del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) de la estación experimental Litoral Sur (Boliche, Guayas, Ecuador).

3.3. Métodos

Para la realización de este proyecto se llevarán a cabo dos partes; en este caso no aplica un secado previo ya que el arroz de este proyecto es destinado para semilla (humedad superior del 14% estipulado en el INEN para arroz comercial); por ende, en la primera se desarrollaron los estándares para las muestras pertinentes de arroz con cáscara con humedad de 16, 18, 20, 22, 24 y 26%. En la segunda parte se desarrollaron los ensayos de homogeneidad (en la funda y entre fundas) una vez que se obtengan los resultados tanto de la primera como de la segunda parte, se realizaran las comparaciones entre metodologías

3.3.1 Desarrollo de estándares y ensayo de homogeneidad

Se acondicionaron las muestras de arroz con cascara a las de 16, 18, 20, 22, 24, 26% se realizaron 6 fundas con un peso de 150g por cada humedad. Para el acondicionamiento del grano al trabajar con humedades altas, para prevenir la formación de hongos o su pudrición como tal se utilizó conservantes para el

manejo de la muestra en este caso benzoato de sodio 0,5% y sorbato de potasio 0,5%; es decir en su totalidad 1% de conservante.

La humedad inicial se determinó por la metodología estipulada en la norma INEN 1235.

Para el proceso de homogenización se lo realizo con la metodología que especifica Gough con la siguiente ecuación. (Gough, 1986):

Ecuación 1.

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

Tomado de: Gough, 1986

Dónde:

Q = Peso del agua a añadirse

A = Peso inicial de la sub-muestra

a = Contenido de humedad inicial de la sub-muestra

b = Contenido de humedad final de la sub-muestra

Una vez que se obtenga la cantidad de agua añadida se sellan las fundas y se las lleva a refrigeración ($4 \pm 2^{\circ}\text{C}$) durante 5 días en el lapso de este tiempo se deberá agitar diariamente.

Durante todo el proceso de homogeneidad de las fundas se verificará si dentro y entre las fundas que contienen los granos condicionados a las humedades respectivas no existe diferencia significativa en el valor de humedad requerido, para su verificación de humedad se procedió a utilizar el método INEN 1235 proporcionándonos los valores iniciales de cada humedad, se tomaron cinco muestras de cinco fundas aleatoriamente (se hicieron 6 fundas por cada humedad)

estas muestras se colocaron en la estufa durante cuatro horas como lo dicta la INEN 1235. La obtención de datos se aplicó la fórmula siguiente:

Ecuación 2.

$$H = \frac{(M1 - M02) * 100}{(M1 - M2)}$$

Tomado de: INEN 1235, 2014

Dónde:

M1 = Masa de la cápsula, la tapa con la muestra, sin secar (g)

M02 = Masa de la cápsula, la tapa con la muestra seca (g)

M0 = Masa da la cápsula vacía y tapa (g)

H = Contenido de humedad en porcentaje de la masa (%)

3.3.3 Comparación de metodologías

En la parte final del presente trabajo se aplicaron los siete métodos mencionados: cuatro métodos de estufa (incluye INEN) divididos en dos para grano molido y dos para grano entero, método de capacitancia (dos) y método de infrarrojo. Las comparaciones se realizaron en quintuplicata detallados a continuación:

3.3.3.1 Método de estufa para grano entero (método ISTA)

Este método se lo realiza con la ayuda de una estufa, su funcionamiento es termo gravimétrico es decir mide el peso de una muestra cualquiera con relación al tiempo en temperatura controlada. (Riley, 2000).

Inicialmente se pesaron 15g de arroz con cascara, se coloca el arroz con cáscara (grano entero) estas muestras se colocan en capsulas de aluminio, una vez pesada la muestra se las coloca dentro de la estufa Memmert SNB400 a una temperatura de 130°C por un lapso de 16 horas. Para la obtención de la humedad final se utilizó la misma ecuación del proceso de homogenización; (Nijenstein, 2008).

3.3.3.2 Método de estufa para grano entero (ASAE S352.2)

Este método es similar al primero, es decir mide las muestras por termo gravimetría, la diferencia es la relación con respecto al tiempo, ya que en este método el tiempo es de 20h. (Riley, 2000).

Inicialmente se pesaron 15g de arroz con cascara, se coloca el arroz con cáscara (grano entero), estas muestras se colocan en capsulas de aluminio, una vez pesada la muestra se coloca en la estufa Memmert SNB400 a una temperatura de 130°C por un lapso de 20 horas. Se aplica la fórmula que se utilizó para el proceso de homogenización. Esta metodología se utilizó para determinar la humedad de arroz Paddy en el estudio de Nijenstein, 2008.

3.3.3.3 Método de estufa para grano molido (MÉTODO USDA)

Su principio gravimétrico influye en este método debido a que también su procedimiento se lo realiza en la estufa.

Inicialmente se pesan 2.5g de la muestra molida (arroz con cáscara), se coloca en cada cápsula, estas ingresan a la estufa Memmert SNB400 durante 1 hora a una temperatura de $130^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Finalmente se aplicó la ecuación que se utilizó en el proceso de homogenización. Metodología utilizada en el artículo de Grinding in ista moisture testing (A discussion paper by Harry Nijenstein, 2008).

3.3.3.4 Método estándar para grano molido para determinación de humedad INEN 1235 (ESTUFA)

Este método utiliza el equipo Memmert SNB400 (estufa). Su funcionamiento por ende es termo gravimétrico descrito en los dos procedimientos anteriores se colocaron 5g de muestra de arroz con cascara molido (estipulado por tamaño de partícula en la misma norma), se coloca en capsulas de aluminio, se coloca dentro de la estufa por un tiempo de 2 horas a peso constante a 130°C, y por último se calcula la humedad final de la muestra mediante la fórmula especificada en la norma. (INEN 1235, 2016).

3.3.3.5 Método de capacitancia Agratronix MT-16

A diferencia de los otros métodos este equipo funciona mediante capacitancia eléctrica, y para llevar a cabo la medición de la muestra se pesan 40g (varía dependiendo de la muestra), la muestra no debe contener granos rotos o triturados, se coloca la muestra dentro del equipo (Agratronix MT16) a temperatura ambiente (temperatura registrada en los laboratorios de investigación de postgrado), el equipo se enciende se configura para la muestra a medir (en este caso N°12), el resultado no tarda en aparecer más de 2 minutos.

3.3.3.6 Método con equipo eléctrico STEINLITE MT400

Este equipo también funciona mediante capacitancia eléctrica, pero a diferencia del primero la impedancia es característico de este. Inicialmente se pesan 150g (por humedad) y se colocan dentro del equipo; se debe esperar al menos dos

minutos dentro del equipo existe una compuesta con un termómetro incorporado, una vez que reposa el termómetro registra temperatura (temperatura del grano) y mediante una tabla de corrección ver Anexo 1. que viene con el equipo se obtiene la humedad final. el tiempo para la obtención de la medición es de 3 minutos

3.3.3.7 Método con equipo infrarrojo

El principio de este método es el termo gravimétrico, este equipo determina el peso de la muestra cuando se calienta (halógena desecadora), esta unidad evapora el agua y este proceso se lo realiza en el tiempo que lo describa el procedimiento para los diferentes tipos de granos en este caso se requirieron 15 minutos. Se molieron 3g de muestra en la base del equipo a 130°. Aunque es poco común el uso de infrarrojo en el arroz este método se lo está aplicando en la planta piloto de Ciencia y Tecnología de los alimentos de la Universidad de Zaragoza para determinación de humedad en alimentos.

3.4. Estadística

3.4.1 Diseño experimental

Para la tabulación de datos antes realizar el diseño experimental de homogeneidad entre las fundas y dentro de las fundas se realizaron con la ayuda del programa Excel 2016.

Para la comparación de metodologías se ordenaron los datos en un DBCA estadístico.

3.4.2 Tratamientos

Los siete tratamientos corresponden a las siete metodologías (INEN 1235, Metodología USDA, Metodología ASAE, Metodología ISTA, Metodología equipo infrarrojo, Metodología de capacitancia Agratronix y Steinlite) una vez obtenidos los resultados por cada tratamiento se realizó la comparación entre ellos, para el análisis estadístico ANOVA y un análisis de Tukey al 5% con la herramienta InfoStat.

3.4.3 Análisis de factibilidad

La factibilidad se medirá con un análisis de Tukey al 5%, las diferencias significativas no deben ser mayores al 0.05, y las muestras se ordenarán en un diseño de bloque completamente al azar (DBCA); este análisis se realizó únicamente para el ensayo de homogeneidad.

3.4.4 Variables evaluadas

En el ensayo de homogeneidad la variable evaluada fue el porcentaje de humedad del grano, para determinar las humedades iniciales de los rangos estipulados se utilizó el método estándar INEN 1235, esto se deberá realizar justo después de acondicionar las muestras de arroz con cascara respetando el tiempo del mismo (5 días), las muestras se realizaron en seis fundas aluminizadas por cada humedad acondicionada; las fundas contienen 150g de arroz con cáscara, midiendo la humedad entre y dentro de las fundas. Con un total de 30 ensayos, por cada humedad se escogieron seis fundas y se tomaron 5 muestras de cada funda con un peso de 5g para la evaluación de homogeneidad dentro y entre estas; este ensayo se realizó en las 6 humedades a evaluarse (16, 18, 20, 22, 24 y

26%), esto se realizó con la ayuda del programa SPSS y un análisis estadístico de Tukey al 5%

Para la comparación de metodologías se evaluaron los rangos de humedad 16, 18, 20, 22, 24 y 26%, a fin de comparar las siete metodologías diferentes; este procedimiento puede realizarse una vez comprobada la homogeneidad del grano.

4. Resultados

4.1 Desarrollo de estándares y ensayo de homogeneidad

Se procedió con el acondicionamiento aplicando la fórmula de Gough descrita en la metodología y adicionalmente para evitar la formación de hongos y/o pudrición del grano se colocó conservante al 1% (0,5% Sorbato de potasio y benzoato de sodio respectivamente), se realizó el mismo para cada lote y para las seis diferentes humedades. Los valores teóricos se confirmaron posteriormente por el método INEN 1235. La investigación partió con una humedad de 13.71% para acondicionar las muestras nos basamos en la siguiente ecuación:

Ecuación 1.1

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

Tomado de: Gough, 1986

Dónde:

Q = Peso del agua a añadirse

A = Peso inicial de la sub-muestra

a = Contenido de humedad inicial de la sub-muestra

b = Contenido de humedad final de la sub-muestra

Poniendo a consideración un ejemplo de acondicionamiento para 16%:

$$Q = \frac{150(16 - 13.71)}{100 - 16}$$

$Q = 4.08g$ de agua a adicionarse

De la misma manera se procedió a realizar el mismo procedimiento para las muestras restantes, cabe recalcar que se utilizó el valor inicial obtenido en el punto anterior a través del método INEN 1235.

4.1.1 Ensayo de Homogeneidad

4.1.1.1 Ensayo de homogeneidad dentro de las fundas

Para este análisis se realizó un ANOVA para encontrar homogeneización mediante la ayuda del programa SPSS, se analizaron un total de 25 muestras por humedad; es decir que por cada funda se analizaron 5g de muestra.

El porcentaje de error es del 5%.

Tabla 5.

Análisis de homogeneidad con respecto al porcentaje de humedad de las muestras de arroz con cascara dentro de las fundas.

HUMEDADES (%)	EST. LEVENE	gl	SIGNIFICANCIA
16	6,892	4	0,001 ^{ns}
18	2,843	4	0,051 ^{ns}
20	4,829	4	0,007 ^{ns}
22	3,270	4	0,032 ^{ns}
24	2.843	4	0.051 ^{ns}
26	2,845	4	0,050 ^{ns}

Nota: Los valores menores a 0,05 indican que la muestra se encuentra homogéneo caso contrario existe heterogeneidad en muestras.

Como se observa en la tabla 5 la estadística de Levene (homogeneidad), esta prueba determina que el nivel de significancia debe ser menor o igual a 0,05 para que las muestras sean consideradas homogéneas, en este caso en las seis humedades evaluadas los valores de significancia son menores o iguales a 0,05 demostrando que las muestras dentro de las fundas se encuentran homogéneas.

4.1.1.2 Ensayo de homogeneidad entre las fundas

Para el ensayo de homogeneidad también se aplicó el mismo análisis entre las fundas aplicando los mismos rangos de humedad, se utilizó el programa SPSS en un total de 30 repeticiones; es decir 5 repeticiones por cada humedad.

Tabla 6.

Análisis de homogeneidad del contenido de humedad de las muestras de arroz con cascara entre fundas.

HUMEDADES (%)	EST. LEVENE	gl	SIGNIFICANCIA
16	7,000	4	0,001 ^{ns}
18	3,723	4	0,020 ^{ns}
20	5,188	4	0,005 ^{ns}
22	12,913	4	0,000 ^{ns}
24	3,724	4	0,021 ^{ns}
26	4,013	4	0,015 ^{ns}

Nota: Los valores menores a 0,05 indican que la muestra se encuentra homogéneo caso contrario existe heterogeneidad en muestras.

Como se muestran en las tablas anteriores el ensayo de homogenización dentro de las fundas como entre las fundas (tabla 5 y tabla 6 respectivamente), son menores al 5% de error lo que nos indica que no existe significancia entre el rango de humedades a evaluarse. Es importante que las fundas donde se acondicionaron los granos y se los va a mantener sean impermeables para que no escape humedad ni tampoco ingrese.

Es importante determinar la humedad inicial para el desarrollo de estándares, para determinar la humedad inicial es recomendable utilizar el método estándar establecido por las normas que rigen en cada país de acuerdo al grano/alimento que se vaya a analizar, según los autores Tirado, D., Montero, P., Acevedo, D., en el estudio comparativo de métodos para determinación de humedad en matrices alimentarias, aseguran que para la determinación de humedades patrones se basaron en las varias normas establecidas por el país de origen (Colombia) para cada grano analizado. En el artículo presente se evidencia un acondicionamiento previo para llegar a la humedad requerida antes de realizar la comparación de metodologías. (Tirado, F., Montero, P., Acevedo, D., 2015).

Mientras que, para este estudio, evaluar un rango de humedades de hasta el 26% el tiempo es importante, debido a que la presencia de agua en el grano forma hongos o pudrición del mismo; la temperatura ayuda a la conservación de las muestras.

4.2 Comparación de metodologías

En la tabla a continuación se muestran los resultados obtenidos en la comparación de 7 tipos de metodología para los rangos de 16, 18, 20, 22, 24 y 26%. Este análisis se realizó con el programa InfoStat el mismo arrojó un coeficiente de variación de 0,57.

Tabla 7.

Evaluación de variabilidad para análisis de varianza de 7 metodologías con respecto a 6 porcentajes de humedades en muestras de arroz con cascara.

MÉTODOS	16%	18%	20%	22%	24%	26%
INEN	16,00 ± 6,53 A	17,90 ± 7,30 A	20,00 ± 8,16 A	21,96 ± 8,96 A	23,99 ± 9,79 A	26,01 ± 10,61 A
ISTA	16,00 ± 6,53 A	17,84 ± 7,28 B	19,79 ± 8,08 B	21,83 ± 8,91 A	23,90 ± 9,75 A	25,82 ± 10,54 B
ASAE S3522	16,19 ± 6,60 A	17,91 ± 7,31 A	19,95 ± 8,14 A	21,88 ± 8,93 A	24,04 ± 9,81 B	26,86 ± 10,96 C
USDA	15,18 ± 6,19 B	17,51 ± 7,14 C	19,91 ± 8,12 A	21,49 ± 8,77 B	23,84 ± 9,73 A	25,82 ± 10,54 B
INFRARROJO	16,58 ± 6,76 C	17,60 ± 7,18 C	19,18 ± 7,83 C	21,60 ± 8,81 C	24,14 ± 9,85 C	25,62 ± 10,45 B
AGRATRONIX	15,68 ± 6,40 D	17,82 ± 7,27 B	19,37 ± 7,90 D	21,74 ± 8,87 D	23,74 ± 9,69 D	25,76 ± 10,51 B
STEINLITE	15,66 ± 6,39 D	17,60 ± 7,18 C	19,59 ± 8,00 D	21,59 ± 8,81 C	23,54 ± 9,60 D	25,06 ± 10,22 D

Mediante el análisis estadístico realizado en InfoStat comparamos los métodos utilizados, los mismos están representados entre letras desde la A hasta la D la comparación se hace desde el método estándar utilizado en el país basado en la norma INEN 1235.

Como se muestra en la tabla 7, para la humedad de 16% los mejores métodos fueron de estufa (INEN, ISTA, ASAE) ya que estos métodos tienen resultados más cercanos a la humedad a la cual se desarrollaron los estándares, para la humedad

en el rango de 18% las mejores metodologías fueron las de estufa (INEN, ASAE) ya que como se muestran en la tabla 7 los resultados fueron los más cercanos al estándar propuesto, para la humedad de 20% los resultados más precisos fueron los de los métodos de estufa (INEN, ASAE, USDA), para la humedad de 22% los mejores resultados se muestran en los métodos de estufa de INEN que tiene el resultado más aproximado al estándar desarrollado y los métodos de estufa ISTA y ASAE, para el estándar de 24% los mejores resultados se encuentran en los métodos de estufa (INEN, ISTA, USDA) ya que los resultados fueron más aproximados en comparación a los otros métodos utilizados y para el 26% el método con resultados más precisos es el método de estufa INEN.

Los resultados más cercanos al estándar de humedad se registraron en los métodos de estufa, sin embargo, los equipos de capacitancia para las humedades de 16%, 20% y 24% presentan resultados sin diferencias significativas.

En otros estudios se han comparado el promedio y la desviación estándar, en este caso se utilizó el equipo KETT PQ 510 que utiliza el principio de capacitancia eléctrica específicamente para determinar humedad de arroz con cascara de esta manera se obtuvo el promedio y la desviación estándar para realizar la diferencia entre los equipos utilizados en este estudio en este caso Agratronix MT 16 y Steinlite MT400.

Tabla 8.

Comparación de equipos de capacitancia encontrado en la primera investigación para determinar humedad en arroz con cáscara.

INVESTIGACIÓN REALIZADA	MÉTODOS		INVESTIGACIÓN ENCONTRADA	MÉTODO
Comparación de metodologías	STEINLITE MT400	AGRATRONIX MT6	Dispersión del	KETT PQ-510

para		contenido de		
determinación de		humedad del		
humedad en		grano de arroz		
arroz con cascara		evaluada con el		
		medidor Kett		
		pq510		
HUMEDAD (%)	19.37	19.18	HUMEDAD (%)	19.53
DIFERENCIAS	0.08	0.10	DIFERENCIA	0.13
SIGNIFICATIVAS			SIGNIFICATIVA	

Nota: Para la comparación de las diferencias significativas se calculó la desviación estándar de cada humedad por cada método evaluado.

Se tomaron rangos aproximados de humedad para realizar la comparación respectiva, como se muestra en la tabla 8, en este caso se comparan los resultados del equipo de capacitancia utilizados en este trabajo (Agratronix MT16 y Steinlite MT400) aplicado para 20% de humedad; dando como resultado una diferencia que va en rango de 0.03-0.05 en comparación con el equipo KETT PQ-510, las diferencias son mínimas entre equipos, en la industria arrocera son de uso común, ya que los resultados se obtienen de inmediato, al comparar los resultados las diferencias no presentan significancia, por lo cualquiera de estos equipos pueden ser utilizados sin que los resultados influyan en la humedad final del grano, los resultados con relación al método INEN 1235 (estándar), presentan diferencias de 0.82 para el equipo de Agratronix MT16 y 0.63 para equipo Steinlite MT400, sin embargo el método INEN (estufa) tiene resultados más precisos, y para el uso industrial del arroz es recomendable medir la humedad por el método estándar.

Tabla 9.

Comparación de equipos de estufa encontrado en la segunda investigación para determinar humedad en arroz con cáscara.

INVESTIGACIÓN REALIZADA	MÉTODOS		INVESTIGACIÓN ENCONTRADA	MÉTODOS	
Comparación de metodologías para determinación de humedad en arroz con cascara	USDA (Enter o)	ASAE S3522 (Molido)	Grinding in ISTA moisture testing a discussion paper by Harry Nijenstein)	AOAC (Molido)	AOAC (Entero)
HUMEDAD (%)	16.00	15.18	HUMEDAD (%)	15.68	16.20
DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	1.18		DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	0.52	

En la tabla 9 existen diferencias de 1.18 en los métodos analizados, mientras que el método AOAC existe una diferencia de 0,52; según el estudio planteado por Harry Nijenstein con respecto al método AOAC se ha planteado un nivel de probabilidad menor al 0.01, según este estudio según Nijenstein el factor por el que puede deberse esta diferencia significativa es el proceso de molido ya que durante este puede existir pérdida de humedad -0.1, se debe mencionar que las muestras deben ser molidas tanto los métodos ASAE como INEN. Sin embargo, como se muestra la tabla 7 el mejor método para determinar la humedad es el método estándar, ya que los resultados fueron más exactos con una diferencia significativa de 0.

Tabla 10.

Comparación de equipos de infrarrojo encontrado en la tercera investigación para determinar humedad en arroz con cáscara.

INVESTIGACIÓN REALIZADA	MÉTODOS	INVESTIGACIÓN ENCONTRADA	MÉTODOS
Comparación de metodologías para determinación de humedad en arroz con cascara	Termo balanza (infrarrojo)	Evaluación de un método para la determinación de humedad en un medio poroso empleando ultrasonido	Equipo infrarrojo
RANGO HUMEDAD (%)	15.66 – 25.06	HUMEDAD (%)	5 - 30
DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	0.03 – 0.36	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	0.005 – 0.032

Según el estudio comparado las diferencias van dependiendo del tiempo de exposición al secado de la muestra, ya que para ambas investigaciones la muestra debe ser molida, en esta investigación el tiempo de determinación de humedad fue de 15 minutos a una temperatura de 150°C, mientras que para el estudio de Saenz,2003 el tiempo fue de 20 horas para el arroz con temperaturas que van desde los 45° hasta los 60°C, sin embargo los rangos en los que se encuentran las diferencias significativas son parecidos a los obtenidos en este trabajo.

En comparación de este método con el de estufa se puede observar que el método INEN (estándar) para determinar humedad es más eficiente ya que las diferencias significativas van desde los 0.00 a 0.05, mientras que en esta

investigación el método de infrarrojo tiene diferencias que van desde 0.03 a 0.38; en comparación con el método utilizado por Sáenz, 2003 las diferencias significativas van desde 0.005 a 0.032, aunque los resultados varían en función del grano y el tiempo de exposición, incluso entre humedades como muestra la tabla 7 en el caso de 16% excede en 0.58 mientras que para 20% la muestra se encuentra en 19,18% (-0,82). Debido al costo del equipo, el tiempo en el análisis y la variación de resultados, son pocas las empresas que lo utilizan para determinar humedad.

Tabla 11.

Ecuaciones de regresión lineal y coeficientes de correlación entre el método estándar (INEN 1235) (Y) y el porcentaje de humedad obtenido por las 6 metodologías restantes (X)

ESTADÍSTICA	METODOLOGÍAS					
	ISTA (Estufa grano entero)	ASSAE S3522 (Estufa grano entero)	USDA (Estufa grano molido)	Infrarrojo	Agratronix MT16	Steinlite MT400
Ecuación de regresión	y = 0,9483x +0,9333	y = 0,9514x +1,3778	y = 0,963x +0,9977	y = 1,0502x - 0,5566	y = 1,028x - 0,3905	y = 0,9944x +0,4094
Coefficiente de correlación	0,9942	0,9966	0,9975	0,9977	0,9981	0,9839

Una vez obtenidos los resultados correspondientes a la comparación de metodologías se estableció un factor de corrección el resultado de la comparación de metodología se procedió a establecer un factor de corrección para la uniformidad de datos en relación del método estándar que establece el INEN 1235.

Como se puede observar (tabla 11) los resultados son lineales con un R^2 (coeficiente de correlación); lo que indica que puede realizarse una corrección entre valores independientes a métodos y rangos específicos como los que se han utilizado en este trabajo. El método Agratronix MT16 (capacitancia) presento el mejor valor seguido del método de infrarrojo, USDA (estufa para grano molido), ASAE S3522 (estufa para grano entero), ISTA (estufa para grano entero) y por último el método Steinlite MT400, cabe recalcar que las ecuaciones de corrección pueden aplicarse siempre que se utilicen en la variedad de arroz que se utilizó (INIAP 12) y en los rangos de humedad que se aplicaron en este estudio (16, 18, 20, 22, 24 y 26%).

La ecuación hace referencia a las seis metodologías que se realizaron (colocadas en el eje X) en relación al método estándar de referencia INEN 1235 (Y); los resultados de esta tabla pueden cambiar Pueden cambiar las ecuaciones en base a la metodología patrón (especificada por norma) con la que se desee trabajar.

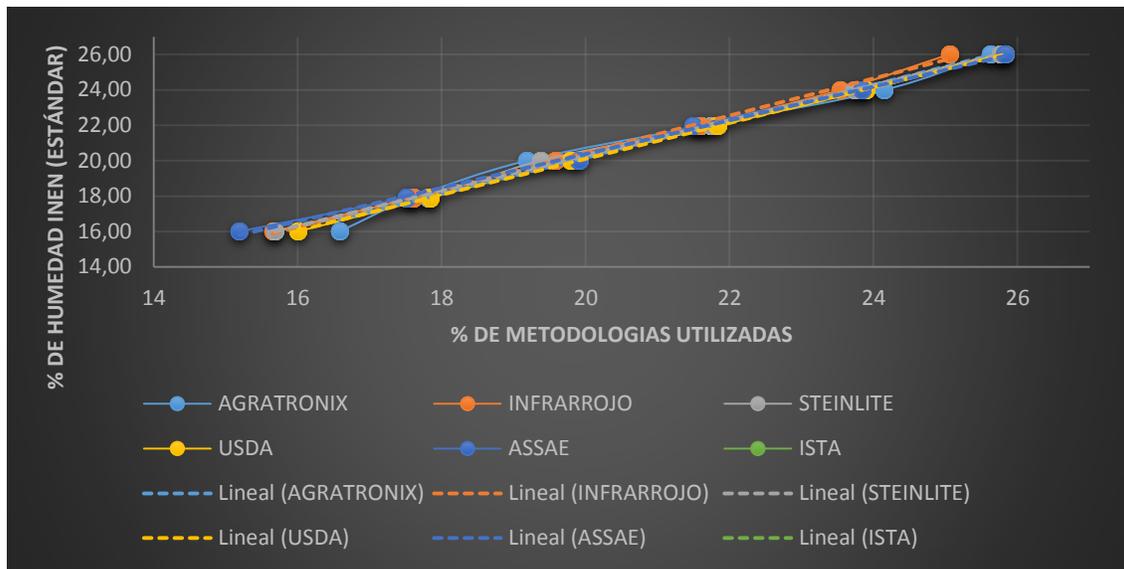


Figura 1.

Linealidad de los métodos utilizados para determinación de humedad en arroz con cáscara.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Se confirmó que existió homogeneidad entre fundas y dentro de ellas (Tabla 5 y Tabla 6) donde se evidencia que los valores de significancia no superan el 5% (0,05) en los rangos de humedad de 16, 18, 20, 22, 24 y 26% en los que se acondicionaron las muestras de granos de arroz con cáscara.

Se compararon las siete metodologías utilizadas en los rangos de humedad propuestos, entre ellas existieron diferencias significativas, esto ocurre por la lectura de los equipos o por las características del grano.

5.2 Recomendaciones

Realizar como mínimo cinco repeticiones con el fin de determinar la humedad inicial ya que de esto dependerá la cantidad de agua que se colocará para llegar a las humedades deseadas.

En caso de no llegar a las humedades deseadas se debe añadir agua adicional a la muestra, el tiempo de acondicionado será el mismo sin olvidar el agitación diario de los lotes o fundas.

Utilizar fundas impermeables de preferencia y que sean elaboradas con un material resistente con el fin de que soporten durante el tiempo de acondicionamiento y de almacenamiento.

Al trabajar con humedades superiores al 14% (estándar de norma), se debe utilizar un conservante durante el proceso de acondicionamiento ya que la

cantidad de agua tiende a formar hongos o pudrición en el grano (pérdidas de las muestras).

Una vez obtenido el grano asegurarse de que la muestra permanezca a una temperatura constante o no exista variación de temperatura ya que la muestra puede ganar humedad y la humedad inicial puede variar.

REFERENCIAS

- Agrocalidad. (2015). Buenas prácticas agrícolas para arroz. Resolución 029. Recuperado el 10 de marzo de 2019 de <http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/dia/GUIA-de-BPA-para-ARROZ.pdf>
- Atthajariyakul, S., & Leephakpreeda, T. (2006). Fluidized bed paddy drying in optimal conditions via adaptive fuzzy logic control. *Journal of Food Engineering*, 75(1), 104–114. Recuperado el 25 de abril del 2019 de <http://10.0.3.248/j.jfoodeng.2005.03.055>
- Bartosik, R., Cardoso, L., Enzo, D. (2009). Comparación de humedad de semillas de especies forrajeras por método de estufa y a través de instrumento de medición electrónico por capacitancia. Recuperado el 18 de junio de 2019 de <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-gacetillacomparacdetermhumedad.pdf>
- Caamaño, B. (2018). *BUENAS PRÁCTICAS PARA ARROZ*. Recuperado el 13 de abril de 2019 de <http://www.agrocalidad.gob.ec/documentos/dia/GUIA-de-BPA-para-ARROZ.pdf>
- Cabrera Errasti, M., Werner de Dios, A., Amauri Sánchez, A., & Fernández Aballí, C. (2015). APLICACIONES INDUSTRIALES cáscara de arroz Design of a system for integral use of the rice husk. *Ingeniería Energetica*, XXXVI, 50–60. Recuperado el 25 de abril del 2019 de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1815-59012015000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- Cárdenas, R. (2018). Análisis de oferta y demanda del arroz en la provincia de El Oro y Ecuador en los últimos ocho años. Recuperado el 19 de abril del

2019 de
http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12215/1/DE00001_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf

Carreras, J., & Giambastiani, G. (2014). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS*. Recuperado el 23 de abril del 2019 de [https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1840/Raspo - Comparaci3n de determinaci3n de humedad en garbanzo.pdf; sequence=1](https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1840/Raspo_-_Comparaci3n_de_determinaci3n_de_humedad_en_garbanzo.pdf;sequence=1)

Castro, M. A. (2015). *RENDIMIENTOS DE ARROZ EN C3SCARA TERCER CUATRIMESTRE 2016*. Recuperado el 11 de abril del 2019 de http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_arroz_tercer_quatrimestre2016.pdf

Centro internacional de agricultura tropical. (1989). Evaluaci3n de la calidad culinaria y Molinera del arroz. Recuperado el 18 de maro de 2019 de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=wC9yMXQwAbwC&oi=fnd&pg=PA5&dq=arroz+con+cascara&ots=3lBYcC_DDx&sig=no7yYU9-q_mcrTKPshzSeKP26z0&redir_esc=y#v=onepage&q=arroz%20con%20cascara&f=false

Chen, C. (2003). Evaluation of air oven moisture content determination methods for rough rice. *Biosystems Engineering*. Recuperado el 20 de junio del 2019 de https://www.researchgate.net/publication/248597591_Evaluation_of_Air_Oven_Moisture_Content_Determination_Methods_for_Rough_Rice

Christensen CM, Miller BS, Johnston JA (1992) Moisture and its measurement. In: Sauer DB (ed): Storage of cereal grains and their products. American Association of Cereal Chemists. Recuperado el 20 de junio del 2019 de

[https://books.google.com.ec/books?id=zdOF0H8sPPkC&pg=PA207&lpg=PA207&dq=Christensen+CM,+Miller+BS,+Johnston+JA+\(1992\)+Moisture+and+its+measurement.+In:+Sauer+DB+\(ed\):+Storage+of+cereal+grains+and+their+products.+American+Association+of+Cereal+Chemists&source=bl&ots=sMDarKVyzc&sig=ACfU3U3jwDQuklvhfzXTB4YTBiloCPM6vA&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiwy6zHtPTiAhVoUN8KHXAPBJIQ6AEwAHoECAkQAQ#v=onepage&q=Christensen%20CM%2C%20Miller%20BS%2C%20Johnston%20JA%20\(1992\)%20Moisture%20and%20its%20measurement.%20In%3A%20Sauer%20DB%20\(ed\)%3A%20Storage%20of%20cereal%20grains%20and%20their%20products.%20American%20Association%20of%20Cereal%20Chemists&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=zdOF0H8sPPkC&pg=PA207&lpg=PA207&dq=Christensen+CM,+Miller+BS,+Johnston+JA+(1992)+Moisture+and+its+measurement.+In:+Sauer+DB+(ed):+Storage+of+cereal+grains+and+their+products.+American+Association+of+Cereal+Chemists&source=bl&ots=sMDarKVyzc&sig=ACfU3U3jwDQuklvhfzXTB4YTBiloCPM6vA&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiwy6zHtPTiAhVoUN8KHXAPBJIQ6AEwAHoECAkQAQ#v=onepage&q=Christensen%20CM%2C%20Miller%20BS%2C%20Johnston%20JA%20(1992)%20Moisture%20and%20its%20measurement.%20In%3A%20Sauer%20DB%20(ed)%3A%20Storage%20of%20cereal%20grains%20and%20their%20products.%20American%20Association%20of%20Cereal%20Chemists&f=false)

Corporación financiera nacional (CFN). (2018). Ficha sectorial: cultivo de arroz molienda o pilado de arroz. Recuperado el 20 de marzo del 2019 de <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2018/04/Ficha-Sectorial-Arroz.pdf>

Domínguez, J. (2011). Determinación de humedad y cenizas en cereales. Recuperado el 20 de jun. de 2019 de <https://es.slideshare.net/ruddymin/determinacion-de-humedad-y-cenizas-en-cereales>

Don, R. 2006. Common RH (1951) Moisture determination. I. Some basis difficulties in testing for moisture. Report on the performance of grinders used in OSTs for Scotland. Seed Testing International. Recuperado el 20 de junio del 2019 de https://www.mt.com/my/en/home/library/white-papers/laboratory-weighing/Drying_Oven_vs_Halogen_Moisture_Analyzer.html.

Du, X., Cheng, X., & Gao, M. (2017). Determination of the parameters of Modified Cam-Clay model for paddy grain. *Journal of Cereal Science*, 76, 1–7.

Recuperado el 11 de abril del 2019 de <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-cereal-science/vol/76>

Fabrication and evaluation of a Solar Grain Dryer: EBSCOhost. (2015).

Recuperado el 18 de abril del 2019 de <http://web.a.ebscohost.com/bibliotecavirtual.udla.edu.ec/ehost/detail/detail?vid=4&sid=ead088e5-4591-450d-ba80-fc377aa90671%40sdc-v-sessmgr01&bdata=JmxhbmMc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZI#AN=63009225&db=fua>

FAO. (2015). Arroz con cascara. Recuperado el 11 de abril del 2019 de <http://www.fao.org/WAICENT/faoinfo/economic/faodef/FAODEFS/H9F.HTM>

FAO. (2015). La ingeniería en el desarrollo- almacenamiento- controles de granos- limpieza de granos y tratamiento contra insectos. Recuperado el 20 de abril de 2019 de <http://www.fao.org/3/x5041s/x5041s04.htm>

Franquet, J., Borrás, C. (2010). Variedades y mejora de arroz (*Oryza sativa*, L.). recuperado el 18 de marzo del 2019 de http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:UNEDCentroAsociadoTortosa-Libros-5025/Franquet_Bernis_JoseMaria_Variedades.pdf

González, M., Castro, R., Morejón, R., Cárdenas, R. (2004). Relación del vaneo del grano en variedades de arroz (*Oryza sativa*) con las variables climáticas temperatura y humedad relativa. Recuperado el 20 de junio de 2019 de <https://www.redalyc.org/html/1932/193217916003/>

Hou, M., Kok, Y., Mohamad, N. (2014). Rice grain moisture determination using microstrip wide-ring and microstrip coupled-line sensors. Recuperado el 19 de junio de 2019 de <https://pdfs.semanticscholar.org/2e38/931f2dcf76650ef3bb63dc077a70549b326d.pdf>

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2012). Arroz y variedades de arroz. Recuperado el 18 de abril del 2019 de <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mcereal/rarroz>

Martínez, A. (2003). *MANUAL TÉCNICO PARA EL CULTIVO DE ARROZ. (ORYZA SATIVA)*. Dirección de ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA) Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). Recuperado el 3 de mayo del 2019 de <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf>

Martínez, E., Lira, L. (2010). Evaluación de la incertidumbre de algunos factores de influencia en la determinación del contenido de humedad en granos. Recuperado el 18 de junio de 2019 de https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/M2/SM2008-M219-1096.pdf

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1462:2013 Primera revisión CEREALES Y PRODUCTOS DE CEREALES. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD. MÉTODO BÁSICO DE REFERENCIA Primera edición CEREALS AND CEREAL PRODUCTS. DETERMINATION OF MOISTURE CONTENT. BASIC REFERENCE METHOD First edition. (2015). Recuperado el 16 de marzo del 2019 de <http://181.112.149.204/buzon/normas/1462-1.pdf>

NTE INEN 1234 GRANOS Y CEREALES. ARROZ PILADO. REQUISITOS. (2015). Recuperado el 9 de marzo del 2019 de http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_1234-1.pdf

Olano, R. (2012). Historia del arroz. Recuperado el 12 de marzo del 20149 de <https://www.scribd.com/doc/11880507/Historia-Del-Arroz>

Organización internacional de normalización, cereales y productos cereales, (2017). Determinación del contenido de humedad, método referencia ISO711. Recuperado el 19 de junio del 2019 de <https://www.iso.org/standard/4928.html>

Román, M. (2016). *TECNOLOGÍA DE CEREALES 2o Curso de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Notas de los temas 5 a 8*. Recuperado el 11 de abril del 2019 de <http://www.ugr.es/~mgroman/archivos/TC/mat.pdf>.

Secado de Arroz en Cáscara. (2018). Recuperado el 13 de abril de 2019 http://sgci.dyndns.org/view/ArquivosDambo/FP_04_P02_Secado.pdf

Valverde, A., Sarria, B., Monteagudo, J. (2007). Análisis comparativo de las características físico químicas del arroz con cascarilla. Recuperado el 20 de junio de 2019 de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/4055>

Vargas E., Murillo, G. (2000). Composición química de subproductos de trigo y arroz y de granos de maíz y sorgo utilizados en costa rica. Recuperado el 20 de junio de 2019 de http://www.mag.go.cr/rev_agr/v02n01_009.pdf

Zamora, G., Gutiérrez, C., Mistretta, G., Peralta, F. (2015). Comparación de metodologías de secado para determinación de humedad en bagazo. Recuperado el 20 de junio de 2019 de https://www.researchgate.net/publication/312039113_COMPARACION_DE_METODOLOGIAS_DE_SECADO_PARA_LA_DETERMINACION_DE_HUMEDAD_EN_BAGAZO

Zareiforouh, H., Komarizadeh, M., Alizadeh, M., Tavakoli, H., Masoumi, M. (2010). Efectos del contenido de humedad, la tasa de carga y la orientación del grano en la resistencia a la fractura del grano de arroz (*Oryza Sativa* L.). *International Journal of Food Properties*. Recuperado el 18 de

junio de 2019 de
<https://search.informit.com.au/documentSummary;dn=216683804375628;res=IELHSS>> ISSN: 1835-2693.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de corrección para obtención de humedad de las muestras de arroz con cascara requeridas por el equipo Steinlite MT400.

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

**TEMPERATURE
CORRECTION**

°F	%
40	Add 2.00
41	Add 1.95
42	Add 1.90
43	Add 1.85
44	Add 1.80
45	Add 1.75
46	Add 1.70
47	Add 1.65
48	Add 1.60
49	Add 1.55
50	Add 1.50
51	Add 1.45
52	Add 1.40
53	Add 1.35
54	Add 1.30
55	Add 1.25
56	Add 1.20
57	Add 1.15
58	Add 1.10
59	Add 1.05
60	Add 1.00
61	Add .95
62	Add .90
63	Add .85
64	Add .80
65	Add .75
66	Add .70
67	Add .65
68	Add .60
69	Add .55
70	Add .50
71	Add .45
72	Add .40
73	Add .35
74	Add .30
75	Add .25
76	Add .20
77	Add .15
78	Add .10
79	Add .05
80	Add .00
81	Sub. .05
82	Sub. .10
83	Sub. .15
84	Sub. .20
85	Sub. .25
86	Sub. .30
87	Sub. .35
88	Sub. .40
89	Sub. .45
90	Sub. .50
91	Sub. .55
92	Sub. .60
93	Sub. .65
94	Sub. .70
95	Sub. .75
96	Sub. .80
97	Sub. .85
98	Sub. .90
99	Sub. .95
100	Sub. 1.00

SOFT RED WINTER WHEAT

OR

WHITE WHEAT (EASTERN PRODUCTION)

WEIGHT PER BUSHEL CORRECTION TO 59 LB. BASE

Bushel Weight	Moisture	Bushel Weight	Moisture
48 lbs.	Add 1.10%	56 lbs.	Add .30%
49 lbs.	Add 1.00%	57 lbs.	Add .20%
50 lbs.	Add .90%	58 lbs.	Add .10%
51 lbs.	Add .80%	59 lbs.	Add .00%
52 lbs.	Add .70%	60 lbs.	Sub. .10%
53 lbs.	Add .60%	61 lbs.	Sub. .20%
54 lbs.	Add .50%	62 lbs.	Sub. .30%
55 lbs.	Add .40%	63 lbs.	Sub. .40%

EXAMPLE

Meter reading 40 C button	
Moisture on chart opposite above reading	13.60%
Temperature of sample 67° F.	
Temperature correction at 67° F (see temperature correction) add	.65%
	<u>14.25%</u>
Weight per bushel of sample 53 lbs.	
Weight correction at 53 lbs. (see wt. per bushel correction) add	.60%
Final moisture of sample	<u>14.85%</u>

IMPORTANT

Refer to the instruction manual for detailed operating and testing procedure.

For temperature differences outside of the temperature correction chart, refer to the instruction manual.

For tests on samples below 50° F. allow at least 3 minutes for temperature determinations; refer to instruction manual.

For weight per bushel differences outside weight per bushel correction chart, refer to the instruction manual.

This chart is tabulated to give comparable results against the Federal inspection. Because of the variables involved in testing of grain, we suggest that you advise us immediately if your tests are not in reasonable agreement with those of the Federal inspection.

Fred Stein Laboratories, Inc.

121 N. 4th St.

Atchison, Kansas

April 1, 1964

