UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Evaluación del contenido de amilosa en arroz mediante espectroscopia de infrarrojo cercano-NIRS

Johana Katerine Loaiza De La Pava

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Administración

Palmira, Colombia

2016

Evaluación del contenido de amilosa en arroz mediante espectroscopia de infrarrojo cercano-NIRS

Johana Katerine Loaiza De La Pava

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería Agroindustrial

Director:

Esp. Helmer Larrahondo

Codirector

Ph. D. Jesús Larrahondo

Línea de Investigación:

Agroindustria de Productos Alimentarios

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Administración

Palmira, Colombia

2016

(Dedicatoria o lema)

A Jacobo, mi hijo, mi mayor ilusión

A Jorge Luis, mi esposo con amor

A mis padres Luis Conrado y Martha Lucia

Agradecimientos

Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego FLAR por el apoyo para el desarrollo de los trabajos en el Laboratorio de Calidad de Arroz

Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT por el apoyo institucional

Dr. Gonzalo Zorrilla, Director FLAR (2008 - 2013 por darme la oportunidad de continuar mis estudios de posgrado

Dr. Eduardo Graterol, Director FLAR, por el apoyo que me brindo durante mis estudios

Compañeros de trabajo en FLAR por el permanente apoyo

Dr. Jesús Larrahondo por sus orientaciones y valiosos aportes

Resumen

La espectroscopia de infrarrojo cercano es una técnica usada como alternativa para el control de calidad de los alimentos. El objetivo de este trabajo fue establecer un método de bajo costo rápido y confiable para evaluar el contenido de amilosa del arroz. Se utilizaron 540 materiales de arroz originarias de especies indicas y japónicas obtenidas de los bancos de colección de semilla del FLAR y del CIAT, y un panel sub especies indicas del banco de semillas del IRRI. Inicialmente se determinó el estado del arroz adecuado para evaluar el contenido de amilosa de forma rápida y más eficiente. Se realizaron análisis de PCA y evaluación del RMS y R^2 en arroz paddy, integral y arroz pulido. Los parámetros de selección de la ecuación fueron MPLS, SNV and Detrent utilizados como correctivo y segmentación de la longitud de onda entre 1100-2498 nm. Se obtuvieron en la ecuación: SD 3,70, SEC 0,33, SECV 1,23, RSQ 0,99. Se puede concluir, que esta ecuación permite cuantificar contenido de amilosa en arroz integral con un $R^2 \geq 0,63$, minimizando el tiempo de análisis, pasando de 5 minutos por muestras a 3.30 minutos, logrando una reducción del costos de $710 por muestras, lo cual es representativo para el Laboratorio de Calidad del FLAR.

Palabras clave: Amilosa, NIRS, Ecuación de calibración, Arroz, Parámetros estadísticos

Abstract

NIR spectroscopy is a technique used as an alternative for quality control of food. The aim of this study was to establish a low-fast and reliable for predicting amylose content of rice cost. 540 materials originating indica rice and japonica species obtained from the collection of seed banks FLAR and CIAT and sub panel indica species seed bank IRRI were used. Initially suitable rice status was determined to evaluate the amylose quickly and more efficiently. PCA analysis and assessment of RMS and R2 in paddy rice, brown and polished rice were conducted. The selection parameters of the equation were MPLS, SNV and Detrent used as corrective and segmentation of the wavelength range from 1100 to 2498. They were obtained in the equation: SD 3.70, SEC 0.33 SECV 1.23 0.99 RSQ. It can be concluded that this equation quantifies amylose in rice with R2≥0,63 minimizing analysis time, from 5 minutes to 3.30 minutes samples, achieving a reduction in costs for the $ 710 interesting for Laboratory Quality FLAR.

Keywords: Amylose, NIRS, Calibration equation, Rice, Statistical parameters

Contenido

Pág.

Resumen ..... **IX**

Lista de figuras ..... **XIII**

Lista de tablas ..... **XIV**

Lista de Cuadros ..... **XV**

Introducción **1**

Área del Problema **2**

Hipótesis **4**

Objetivos **5**

1. Marco Conceptual **7**
1.1 Generalidades del Arroz. 7
1.1.1 Caracterización nutricional. 7
1.1.2 Clasificación del arroz. 8
1.2 El Almidón en la calidad culinaria del arroz. 8
1.2.1 Clasificación del almidón. 9
1.2.1.1 Amilopectina 9
1.2.1.2 Amilosa. 9
1.3 Método colorimétrico para la determinación del contenido de amilosa. 10
1.4 Técnica NIRS. 11
1.4.1 Quimiometría para calibración NIRS. 13
1.4.2 Selección de una ecuación NIRS. 14
1.5 Tecnología NIRS en la evaluación del contenido de amilosa. 14
1.5.1 NIRS como técnica para medir parámetros de calidad en arroz. 15

2. Materiales y Métodos **17**
2.1 Localización 18
2.2 Preparación de la muestra 18
2.2.1 Preparación de muestras para evaluación del contenido de amilosa por el método de NIRS en harina. 18
2.3 Etapas del proceso 19
2.3.1 Etapa uno: Selección de accesiones 19
2.3.2 Etapa dos: Determinación del estado de arroz 20
2.3.3 Etapa tres: Desarrollo de la ecuación de calibración. 21
2.3.3.1 Determinación espectral en NIRS 21
2.3.3.2 Construcción del Modelo Quimiométrico de la nueva ecuación de arroz para determinar el contenido de amilosa 22

2.4 Etapa cuatro: Desarrollo de actividades para la validación interna y externa de la ecuación calibrada con arroz integral. 23
2.4.1 Validación interna de la capacidad predictiva de evaluación del contenido de amilosa en granos de arroz integral. 23
2.4.1.1 Validación externa de la capacidad predictiva de evaluación del contenido de amilosa en granos de arroz integral. 23
2.5 Relación por tiempo y costo en la optimización de la evaluación del contenido de amilosa en el arroz. 24
2.6 Preparación de la muestra. 24
2.7 Análisis de rutina en NIRS. 25

3. Resultados y Discusiones 27
3.1 Distribución poblacional de las accesiones a utilizar para determinar el estado del arroz en la nueva ecuación NIRS. 27
3.1.1 Análisis espectral con los materiales seleccionados en la distribución poblacional. 28
3.2 Comportamiento espectral de las 185 accesiones pasadas por el NIRs en arroz integral. 30
3.3 Desarrollo de la nueva ecuación de calibración NIR para evaluar amilosa en arroz. 31
3.3.1 Distribución poblacional de las accesiones a utilizar para determinar la nueva ecuación NIRS para evaluar el contenido de amilosa. 32
3.3.2 Análisis de componentes principales (PCA). 33
3.3.3 Quimiometría y determinación del modelo matemático de calibración. 34
3.4 Validación interna y externa de la ecuación seleccionada. 38
3.4.1 Validación Interna. 38
3.4.2 Validación externa 39
3.5 Relación por tiempo y costo en la optimización de la evaluación del contenido de amilosa en el arroz. 46
3.5.1 Relación del tiempo demandado en el análisis del contenido de amilosa desde la preparación de la muestra por medio de la técnica NIRS. 46
3.5.2 Costo demandado en el análisis del contenido de amilosa desde la preparación de la muestra por medio de la técnica NIRS. 48
3.5.3 Tiempo y costo de evaluación del contenido de amilosa en generaciones tempranas con arroz integral, y en harina de arroz en líneas avanzadas. 50

4. Conclusiones y recomendaciones 51
4.1 Conclusiones 51
4.2 Recomendaciones 52

A. Anexo: Clúster estadístico para calidad de arroz realizado en el año 2010, para selección poblacional. 53

B. Anexo: Regresiones múltiples para determinar el mejor estado del arroz en el proceso calibración. 67

C. Anexo: Valores de referencia y calculados por la ecuación 2inte.eqa. Validación Interna 73

Bibliografía 77

Lista de figuras

Pág.

Figura 1. Diagrama de proceso para evaluar contenido de amilosa en los diferentes estados del arroz 4
Figura 2. Estructura Química del Almidón..... 9
Figura 3. Reacción del Método Colorimétrico para Determinación de Contenido de Amilosa en Arroz. 11
Figura 4. Espectros NIR y radiación de longitud de onda reflejada en 1/R (Reflectancia) 12
Figura 5. Diferentes Regiones de absorción de Luz 13
Figura 6. Molino Suzuki (Izq) y Molino Ciclone (Dcha), equipos para preparación de la muestra y empaque..... 19
Figura 7. Estados del arroz: Paddy, Integral, Blanco y Harina 20
Figura 8. Equipo empleado para la toma de espectros (NIR System 6500 Foss) 22
Figura 9. Histograma de frecuencia para desarrollar una calibración en arroz. 29
Figura 10. Información espectral del colectivo de muestras de arroz integral 31
Figura 11. Histograma de distribución de las accesiones utilizadas en la calibración del método NIR 33
Figura 12. Coeficiente de determinación (R2) de datos de referencia y predichos en la validación interna 39
Figura 13. Coeficiente de determinación (R2), de datos de referencia y datos predichos en la validación externa con 75 muestras, utilizando el programa de cálculo Excel Windows 2007..... 40

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Medidas estadísticas de las accesiones seleccionadas para establecer el estado del arroz adecuado en el desarrollo de la calibración 28
Tabla 2. Resumen estadístico de las características de las accesiones utilizadas para el desarrollo de la nueva calibración 32
Tabla 3. Parámetros del PCA de los materiales utilizados en la calibración de NIR 33
Tabla 4. Registros estadísticos de las ecuaciones desarrolladas y de los datos de predicción. 37
Tabla 5. Parámetros estadísticos de predicción de la validación interna..... 38
Tabla 6. Parámetros estadísticos de predicción de la validación externa con 75 muestras 40
Tabla 7. Parámetros estadísticos de predicción en la validación externa con 47 muestras de arroz para la determinación de amilosa..... 41
Tabla 8. Análisis de varianza para establecer diferencias entre valores de referencia y valores arrojados por la ecuación 2inte.eqa 42
Tabla 9. Porcentaje de aciertos y no aciertos y relación de la predicción anual del número total de muestras por año..... 46
Tabla 10. Relación de tiempo y costo para evaluar el contenido de amilosa empleando los dos modelos matemáticos: arroz integral, y harina de arroz. 50

Lista de Cuadros

Cuadro 1. Resultados estadísticos analizados para determinar el mejor estado del arroz en el proceso de calibración 29
Cuadro 2. Combinaciones matemáticas de los parámetros utilizados en el proceso de calibración 36
Cuadro 3. Aciertos y no aciertos con base en valores de amilosa de referencia y calculados 44
Cuadro 4. Tiempo requerido para evaluar contenido de amilosa con harina de arroz utilizando la técnica NIRS 47
Cuadro 5. Tiempo requerido para evaluar contenido de amilosa con arroz integral utilizando la técnica NIRS 48
Cuadro 6. Costo total de la muestra, utilizando el método NIR con muestras en harina de arroz pulido 49
Cuadro 7. Costo total de la muestra, utilizando el método NIR con muestras arroz integral 49

Introducción

El arroz, el trigo y el maíz son los tres cereales de mayor importancia en el mundo y juntos suplen más del 42% de todas las calorías consumidas a nivel mundial (GRiSP, 2013). La fuente principal de energía en el arroz es el almidón, el cual representa aproximadamente el 90% del peso seco en grano pulido (Gaviria, 2007). El almidón, el cual esta compuesto por una fracción lineal llamada amilosa y una fracción ramificada llamada amilopectina, los cuales se considera que determinan la calidad culinaria de los diferentes cultivares de arroz (Kusano et al., 2012), siendo la preferencia de consumidores de América Latina el arroz de amilosa alta >28% y en ocasiones intermedia (25 a 27%), es decir, son parámetros que correlacionan con granos sueltos, secos y de textura suave después de la cocción (Martínez y Cuevas, 1889; Martínez, 2009).

La Espectroscopia de Infrarrojo Cercano NIRS (por sus siglas en inglés), es una técnica utilizada en la determinación de atributos de índole cualitativa y cuantitativa usada como alternativa para el control de calidad de los alimentos (Williams y Norris, 2001), la cual consiste en desarrollar un modelo de calibración que permita relacionar los valores químicos requeridos y predecir parámetros de calidad esperados a partir de otras muestras con características similares, requiriendo de un tiempo de análisis mínimo y de poca cantidad de muestra. La técnica NIRS para determinar características de calidad en arroz puede ser utilizada en grano integral, pulido y harina integral o pulida (Wu y Shi, 2003). Esta técnica se viene empleando en el laboratorio de calidad de arroz del Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT y Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego FLAR desde 1998 para determinar contenido de amilosa con un modelo de ecuación desarrollada con base en harina de arroz pulido.

Dada la importancia de la amilosa en la calidad culinaria, se hace necesaria la cuantificación de este componente a través de métodos más eficientes y económicos, que faciliten a los fitomejoradores, molineros, industriales, semilleristas y demás integrantes de la cadena arrocera, optimizar el proceso de incorporación y determinación de este

macronutriente en el arroz. La calibración NIRS a partir del modelo matemático para determinar amilosa en muestras en harina de arroz, implica un proceso de preparación de la muestra que es costosa y con mayor tiempo de respuesta. Por esta razón, es posible optimizar el proceso para determinar contenido de amilosa en NIRS mediante muestras de arroz en una presentación del arroz menos elaborada que requiere de menor costo y tiempo.

El presente estudio tuvo como objetivo encontrar a través del NIRS una ecuación que permite cuantificar amilosa en arroz integral. Que ofrezca beneficios en reducción del tiempo y costo de preparación de las muestras al igual que brinden al laboratorio de calidad de arroz del CIAT y FLAR optimización en la evaluación de amilosa.

Área del Problema

Para los fitomejoradores de arroz, uno de los parámetros más importantes en la determinación de la calidad culinaria del arroz, es el contenido de amilosa. El modelo de evaluación de amilosa por el método NIRS utilizado en los programas de mejoramiento de arroz del Fondo Latinoamericano de arroz para Riego FLAR y del Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, es por medio de muestras en forma de harina; lo que representa mayor tiempo en la entrega de resultados y un alto costo en la preparación de la muestra. Para hacer más eficaz dicho proceso, es necesario un modelo de calibración NIRS que sea confiable y más eficiente que el actual.

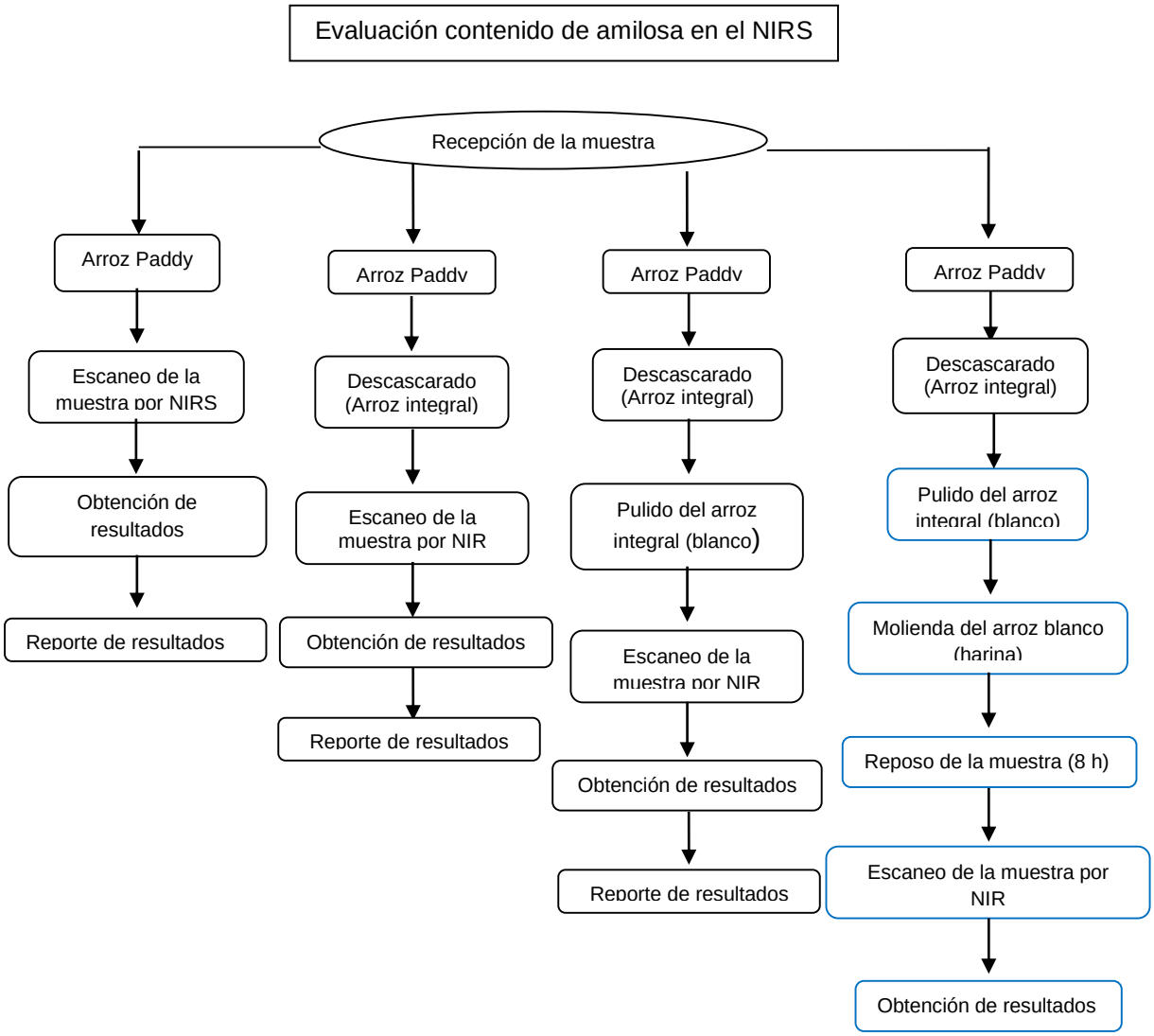
El NIRS ha sido ampliamente usado en la determinación de las características de calidad en arroz integral y pulido con resultados favorables. Para la cuantificación del contenido de amilosa aparente, se ha determinado una fuerte correlación con el método colorimétrico (Villareal et al., 1994; Delwiche et al., 1995; Delwiche et al., 1996 citado en Shenk y Workman, 2001; Westerhaus, 2001; Wu y Shi, 2003; Natsugay Kawamura, 2006 y Wu y Shi, 2006; Stephen et al., 1995 y Stephen et al., 1996). El NIRS para la determinación del almidón puede ofrecer suficiente información para descartar o aceptar líneas de interés en los programas de mejoramiento (Bao et al., 2001), ya que es una herramienta analítica que facilita el proceso de clasificación de las muestras en grupos (Juliano, 2007). Sin embargo, la eficiencia del método depende del modelo de calibración (Bao et., al. 2001; Wu y Shi, 2003 y 2007).

La base de datos del FLAR indica un incremento en el número de análisis al año. Entre 1998 y 2007, empleando NIRS, el número de análisis para amilosa fue de 13.000 muestras año. Para el 2008 se incrementó la evaluación de amilosa a 16.000 muestras año y, en el 2012 se registraron 20.000 materiales evaluados. Lo cual indica que, de 1998 al 2012, el número de muestras analizadas por amilosa incrementó en más de 55%. Sin embargo, la preparación de las 20.000 muestra/año requieren de un tiempo total acumulado de 208 días/año; el tiempo, costo invertido en este proceso, el incremento de líneas para evaluación por este parámetro de selección, y los requerimientos de los mejoradores para obtener resultados rápidos, genera la necesidad de modificar el modelo actual por uno que optimice el proceso, desde la entrada de muestras al laboratorio hasta la entrega de resultados.

La curva de calibración del NIRS para cuantificar amilosa en el laboratorio de calidad de arroz FLAR y CIAT se basa en muestras hechas a partir de harina. Para obtener la harina se requiere secar la muestra de arroz en paddy (cáscara), descascarar, pulir y moler. Obtenida la harina, se deja en reposo durante ocho horas para estabilizar la humedad de la muestra. Evaluar contenido de amilosa en NIRS en menor tiempo, implica realizar un nuevo modelo de calibración, donde la muestra se caracterice por estar entera y no en harina, por ejemplo: en arroz pulido, integral o en paddy; siendo el último el más óptimo ya que requiere de menor tiempo y proceso de preparación de muestra de acuerdo a la Figura 1. Por lo anterior, es de considerar la viabilidad de realizar una ecuación de calibración NIRS que cuantifique amilosa en arroz en estado paddy, integral o pulido. No obstante, una nueva ecuación en el NIRS demanda de un proceso sistemático de calibración y validación, donde el desafío es que se obtengan valores de amilosa con la misma precisión como se hace con la ecuación en harina de arroz.

Por lo anterior, se planteó la siguiente pregunta de investigación ¿Es posible utilizar muestras de arroz en un estado diferente a la harina, para cuantificar en forma repetible y reproducible el contenido de amilosa por medio de la tecnología NIRS, en un tiempo razonablemente menor y económicamente más viable al que se necesita para determinar amilosa en harina de arroz?

Figura 1. Diagrama de proceso para evaluar contenido de amilosa en los diferentes estados del arroz



Hipótesis

El NIRS permite cuantificar contenido de amilosa de forma repetible y reproducible en muestras de arroz en estado: paddy, integral o pulido.

Objetivos

Objetivo General

Establecer un método alternativo de bajo costo rápido y confiable que permita evaluar el contenido de amilosa, para las diferentes variedades de arroz basado en la forma y presentación física del arroz.

Objetivos Específicos

- Desarrollar a través del NIRS una ecuación, previo a la calibración, para evaluar el contenido de amilosa en arroz en estado paddy, integral o pulido basado en un método de referencia NIRS establecido por harina de arroz.

- Validar la capacidad predictiva de la ecuación para evaluar contenido de amilosa en arroz en estado paddy, integral o pulido, basados en los resultados y calibración NIRS para harina de arroz.

1. Marco Conceptual

1.1 Generalidades del Arroz.

El arroz (*Oryza sativa*) es una monocotiledónea perteneciente a la familia *Poaceae,* originaria del Asia. La mayoría de especies silvestres se encuentran en la India, por lo cual se considera que sus primeros cultivos se dieron en *este país* (Acevedo et al., 2006). Sin embargo, el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China desde sus tierras bajas a sus tierras altas (Rivas, 2008), siendo este país el primer productor y consumidor de arroz del mundo (FAO, 2012). A nivel mundial el arroz se cultiva en más de 113 países; en el 2011 se registró una producción de 745 millones de toneladas (Faostat, 2013). En la región de América Latina y el Caribe (ALC) se cultivan en 17 países [1](GRiSP, 2013) y se producen en promedio 38 millones de toneladas de arroz paddy (Faostat, 2013), lo cual representan 5% de la producción mundial. Para el 2011 Colombia, registró una producción de 2,4 millones de toneladas (Faostat, 2013), que la ubica como el quinto país productor de arroz en América Latina (GRiSP, 2013).

1.1.1 Caracterización nutricional.

El arroz tiene gran influencia en la nutrición humana y en la seguridad alimentaria (GRiPS.2013) Se considera fuente de energía por el 90% de su composición (FAO, 2004 y Chen et al., 2006). Contiene 8% de sustancias nitrogenadas y 1% en grasas. Por lo tanto; su mayor componente es energético y proporciona; más calorías por hectárea que cualquier otro cultivo de cereal (Rivas, 2008). Más de la mitad de la población mundial depende del arroz para suplir las necesidades calóricas (FAO, 2004).

---

[1] *Global Rice Science Partnership* (por sus siglas en Ingles). Plan estratégico de impacto en la investigación de arroz para el mundo

1.1.2 Clasificación del arroz.

Entre las especies de arroz más cultivadas se tiene la *Oryza sativa* y la *Oryza glaberrima*. La primera es originaria de Asia y se extendió por todas las regiones tropicales y templadas del mundo. La segunda se encuentra específicamente en África occidental (Dalrymple, 1986). La especie *O. sativa* se considera que presenta mayor diversidad genética entre las demás especies de oryzas. Se clasifican en dos sub especies basada en su ecología y morfología: una es la sub especie Indica, y la otra es Japónicas (Acevedo et al., 2008).

Se estima que existen más de 7.000 variedades de arroz *O. sativa* entre las indicas y las japónicas. Los denominados índicos son de origen tropical, y los japónicos se producen en zonas frías o templadas. Estos tipos de arroz tienen características similares, las variaciones están en la calidad culinaria e industrial (Bustamante et al., 2010). La calidad culinaria está ligada al comportamiento esperado del arroz luego de ser cocinado, y el cual está limitado a los hábitos culturales (Gazólaz et al., 2010), y la calidad industrial depende del rendimiento del pilado el cual tiene parámetros universales (Gaviria, 2007).

1.2 El Almidón en la calidad culinaria del arroz.

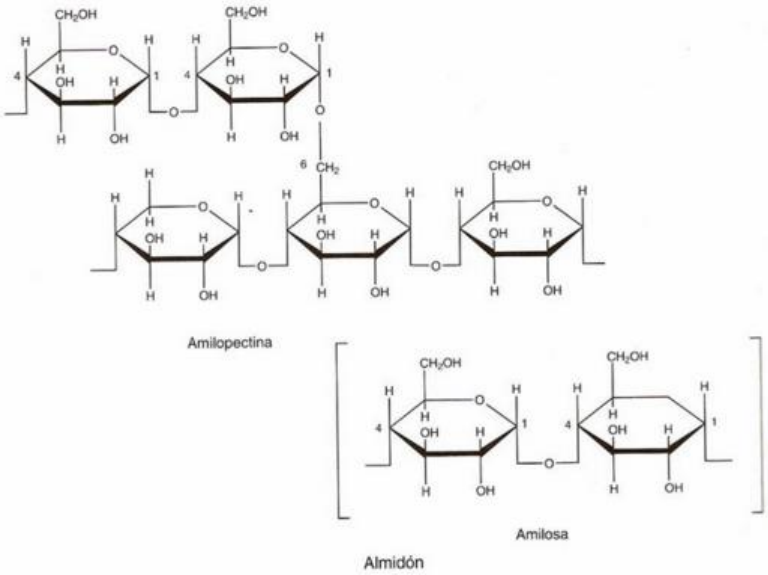
La calidad del arroz es la sumatoria de varios factores; algunos tienen relación con las características fisicoquímicas del grano, lo cual está más asociado con la calidad culinaria y apariencia del grano. Otros factores están relacionados con características de cosecha y su manejo, a su vez asociados con la calidad industrial o molinera del arroz (Martínez y Cuevas, 1989; Juliano, 2007).

El almidón del arroz es un polímero compuesto por amilosa y amilopectina, de los cuales se considera que determinan la calidad en los diferentes cultivares de arroz. El valor total de amilosa es el factor más importante que permite predecir las características fisicoquímicas y las propiedades culinarias del arroz (Kusano et al., 2012). El almidón bajo luz polarizada presenta una estructura cristalina. De esta estructura es responsable la amilopectina ya que esta permite la formación de puentes de hidrógeno entre la cadena ramificada (Fernandez, 2005).

1.2.1 Clasificación del almidón.

El almidón del arroz se clasifica en amilosa y amilopectina (Figura 2):

Figura 2. Estructura Química del Almidón



Fuente: Campbell y Farrell, 2004

1.2.1.1 Amilopectina. Polímero compuesto por unión de unidades de α glucosa mediante enlaces 1- 4 ramificado, con uniones 1- 6 cada 20 a 25 restos de glucosa. Se caracteriza por ser insoluble. Gracias a la formación de puentes de hidrogeno su estructura es estable (Juliano, 2007; Chen et al., 2007).

1.2.1.2 Amilosa. Polímero compuesto por unión de unidades de α glucosa (OH del carbono anomérico en posición axial). La amilosa es la fracción de almidón de los cereales de función estructural constituida por una red lineal de unidades de glucosa unidas mediante enlaces α 1,4 (Gaviria, 2007; Juliano, 2007; Chen et al, 2006). Las cadenas lineales con 200 a 2500 unidades de glucosa y peso molecular de hasta un millón, tienen la facilidad de adquirir una conformación tridimensional helicoidal con 6 residuos por vuelta (Campbell y Farrell, 2004).

Clasificación del arroz de acuerdo al contenido de amilosa: waxy con el 0-5%, muy bajo (5,1-12,0%), bajo (12,1-20%), intermedio (20,1-25%) y alto (> 25%) (Rauf Ahmad, 2011; Chen et al., 2006). Las variedades con muy bajo contenido de amilosa son glutinosas o "waxy", que dan granos húmedos y pegajosos cuando están cocidos; los de altos contenidos de amilosa son duros y sueltos al estar cocidos (Juliano y Villareal, 1993; Juliano, 2007; Chen et al., 2007). El porcentaje de amilosa permite predecir la calidad culinaria de arroz, es una medida indirecta de su palatabilidad y comportamiento en cocción (Martinez et al., 1989).

1.3 Método colorimétrico para la determinación del contenido de amilosa.

Existen varias técnicas utilizadas para la determinación de amilosa, una de las técnicas universales es el método colorimétrico descrito por Juliano en 1971, y con modificaciones por la Asociación Americana de Química de Cereales AACC (2000) y por la Organización Internacional de Estandarización ISO (2007). Este método consiste en la medición de absorbancia del color azul generado por la integración del yodo con la amilosa (Fitzgerald et al., 2009).

La estructura helicoidal de la molécula de amilosa permite la absorción de moléculas de yodo; permitiendo la integración del almidón que deja como resultado un color azul como se puede observar en la figura 3. Es posible que la molécula de amilopectina por su estructura ramificada no absorba yodo, se tiene establecido que la reacción amilopectina con yodo forma un color café o rojizos (Campbell y Farrell, 2004). Los diferentes laboratorios de arroz, realizan la determinación de amilosa por medio del método de color-estándar siguiendo el protocolo establecido por el método 61-03 de la AACC (2000) y otros laboratorios siguen el protocolo de Norma ISO 6647 (2007). Estos métodos son aceptados para análisis de rutina en programas de mejoramiento, y ambos métodos consisten en una técnica colorimétrica, que se basa en una curva patrón con un estándar de amilosa-amilopectina, donde la absorbancia es medida a 620 nm por espectrofotometría UV.

Figura 3. Reacción del Método Colorimétrico para Determinación de Contenido de Amilosa en Arroz.

Fuente: LCA-FLAR, 2015

1.4 Técnica NIRS.

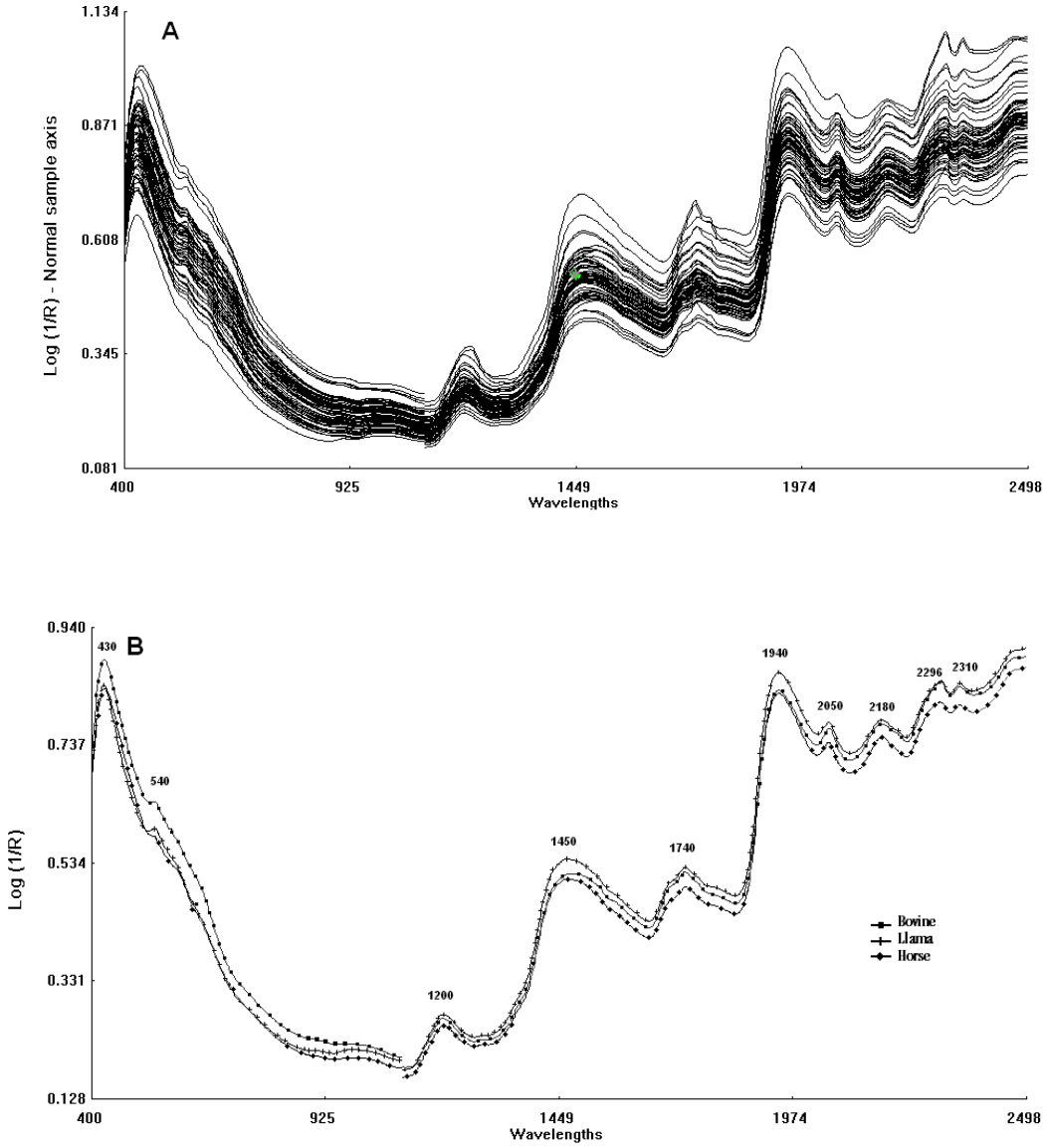
La técnica analítica NIRS es usada para control de la calidad de los alimentos específicamente en la determinación de atributos de índole cualitativa y cuantitativa (Williams y Norris, 2001). Definida como una técnica no destructiva, utilizada como alternativa o método secundario para reemplazar los métodos tradicionales de análisis químicos (Whu y Shi, 2003 y 2006).

La tecnología NIRS está basada en la emisión de un haz de luz sobre la muestra (Shenk et al., 2001). De cada muestra se obtiene un espectro único conocido como huella dactilar. El espectro NIRS está basado en valores de absorbancia (Workman y Shenk, 2004). La absorción en la región NIRS se fundamenta en la determinación de los grupos funcionales de los componentes (OH, CH, NH), como son las proteínas, lípidos, glucosas, almidones, y sus características fisicoquímicas (Pojie et al., 2012). La naturaleza de los enlaces interaccionan en el rango del infrarrojo cercano de 400 a 2500 nm con sobre tonos o vibraciones proyectadas en las longitudes de onda (Flores, 2009).

La técnica NIRS, se fundamenta en la absorbancia que presentan los diferentes compuestos orgánicos en ciertas regiones de longitud de onda de la luz visible e invisible (Adesogan, 2002; Garrido et al., 1993). La longitud de onda es la distancia entre dos picos, que se mide en nanómetros. Las uniones específicas entre átomos vibran a una cierta frecuencia y cada tipo de estas uniones absorben radiaciones de longitud de onda

específica (Huang et al., 2008). Una vez que se irradia en muestras en estado sólido, la luz difusa reflejada (R), es registrada como reflectancia log 1/R (Figura 4), y ligadas a las longitudes de onda, de modo que a cada valor de reflectancia le corresponde una longitud de onda, lo cual permite el procesamiento de los datos (Norris, 1989 citado en Alomar, 1998).

Figura 4. Espectros NIR y radiación de longitud de onda reflejada en 1/R (Reflectancia)

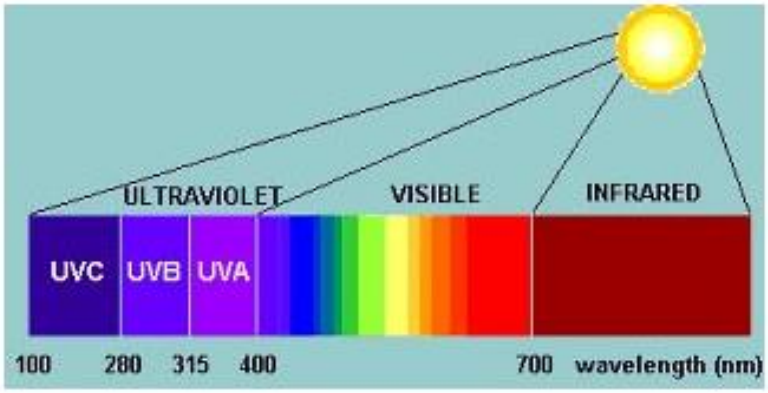


Fuente: Linares et al 2011

1.4.1 Quimiometría para calibración NIRS.

El NIRS depende de la quimiometría, es decir, de la aplicación de las matemáticas a la química analítica (Workman, 1996). Esta técnica combina la espectroscopia, la estadística y la computación y genera modelos matemáticos que relacionan la composición química (presencia de grupos químicos activos) con cambios de energía en la región correspondiente al rango infrarrojo cercano con longitudes de onda entre 700 y 2500 nm (Vasquez et al., 2004). La figura 5 presenta el rango de radiación electromagnética de luz de acuerdo a las diferentes.

Figura 5. Diferentes Regiones de absorción de Luz



Fuente: http://www.horticom.com/

Según Barton (2002), los análisis proximales con NIRS, requieren el desarrollo de modelos de regresión específicos para cada tipo de producto que reflejen la relación entre la absorbancia a ciertas longitudes de onda con los componentes individuales del producto. Dichos modelos deben presentar la suficiente flexibilidad para medir con exactitud el contenido de cada componente en los rangos con que generalmente son recibidas las muestras.

La quimiometría es la herramienta que permite correlacionar la señal analítica obtenida durante el proceso de toma de espectros con la propiedad físico-química o química que se busca medir; y elimina la matriz que no aporta información. Es decir; después de tener la información espectral, es necesario realizar una limpieza de ruidos, que permita mejorar la señal buscada en el modelo. Los cálculos requeridos son desarrollados con paquetes

estadísticos implícitos en los equipos. La matemática aplicada o método quimiométrico se determina teniendo en cuenta los criterios de calibración univariables o multivariables, lineales o no lineales, directos o indirectos, (Romero, 2002).

1.4.2 Selección de una ecuación NIRS.

La selección de un modelo de calibración se establece de acuerdo con la exactitud de la calibración. Para lo cual existen diferentes criterios que se puede determinar principalmente en base a la estadística: el coeficiente de determinación R^2 y el error estándar de calibración SEC. Se busca que una ecuación presente un alto coeficiente de determinación y un bajo error estándar de calibración (Shenk y Westerhaus, 1994). La forma de evaluar las ecuaciones NIRS en relación a su precisión y exactitud es a través de la relación de la desviación residual predictiva del RPD (por sus siglas en ingles), donde se considera que a mayor RPD mejor precisión, el RPD es calculado por la división de SD/SECV (Willians, 2001).

En el desarrollo de las calibraciones se utiliza un procedimiento de validación cruzada, el cual consiste en dividir el total de muestras o set de calibración en varios grupos, hasta que cada uno de los grupos haya sido estimado; se calcula la incertidumbre o error estándar (SECV) y un coeficiente de determinación (1-VR), los que finalmente se promedian, arrojando un valor de SECV y de 1-VR final para la validación cruzada Las mejores ecuaciones de calibración son las que tienen menor valor de SECV y mayor valor de 1-VR (Shenk y Westerhaus, 1994).

1.5 Tecnología NIRS en la evaluación del contenido de amilosa.

Para los programas de mejoramiento de arroz es una herramienta analítica que facilita el proceso de clasificación de las muestras en grupos (Juliano, 2007). En estos programas, la determinación de amilosa es uno de los parámetros donde más se utilizan la técnica, justificado como un método rápido y óptimo para clasificar la amilosa y correlacionarla con la calidad culinaria del arroz. Desde finales de los 90 se han venido desarrollando diferentes estudios, con diferentes modelos de calibración NIRS, la mayoría de estos trabajos han concluido con resultados favorables (Delwiche et al., 1995; Kawamura et al.,

1999; Shimizu et al., 1999; Shu, Wu, Xia, Gao y McClung, 1999a; Shu, Wu, Xia, Gao y McClung, 1999b; Bao, Cai, y Corke, 2001; Whu y Shi, 2004; Zhang et al., 2007; Whu y Shi, 2006; Lee et., al 2007 y Rash y Meullent, 2010).

1.5.1 NIRS como técnica para medir parámetros de calidad en arroz.

La tecnología NIR es usada para medir características de calidad en grano y la confiabilidad del dato depende de la estabilidad del método químico (Kawamura et al., 2006). EL NIRS se ha utilizado para la medición exacta de la composición química del grano de arroz, incluyendo componentes tales como humedad, proteína, y contenido de amilosa (Sohn et al., 2004; Zhang et al., 2010). El uso de análisis NIRS podría dar lugar a la predicción más rápida de almidón de arroz obtenido a partir de grandes números de muestras (Bao et al., 2001; Bao et al., 2006). Existen varios estudios que reportan las aplicaciones del NIRS para determinar características de calidad, donde se utiliza poca muestra, lo cual es de gran utilidad para los programas de mejoramiento (Wu, y Shi, 2003; Wu, y Shi, 2007; Bao et al., 2006; Juliano, 2007).

El NIRS puede ser utilizado para medir componentes químicos, textura y sabor del arroz. Para la medición exacta de la composición química del grano de arroz se utiliza una curva de calibración (Natsuga et al., 1992; Villareal et al., 1994). Esta técnica permite determinar amilosa en arroz pulido, indicando la precisión y la exactitud para este parámetro (Delwiche et al., 1995). También se han desarrollado calibraciones para establecer el contenido de humedad y el contenido de proteína en arroz integral y arroz elaborado (Suzuki et al., 1996). Otros autores han usado el análisis NIRS para medir y cuantificar la calidad de la textura de arroz cuando se cocina (Kawamura et al., 1997).

Bao y Corke (2001) y Wu y Shi (2003) establecieron los beneficios del uso del NIRS en los programas de mejoramiento. En la determinación de amilosa bajo la metodología NIRS se puede resaltar el trabajo “calibración para optimizar características de cocción por la espectroscopia de infrarojo cercano (NIRS)” de Wu y Shi (2006), en el cual se evaluó el potencial del NIRS para determinar características de cocción del arroz. Para el estudio se concluyó que el arroz integral tiene mejor alineación con el NIRS, lo que permitió obtener una calibración con un R^2 de 0,92 para arroz integral. Zhang y colaboradores en el 2007,

realizaron una comparación para líneas recombinantes de arroz y líneas puras de arroz, donde se midió el contenido de amilosa y proteína en NIRS, en este se concluyó que es posible utilizar el NIRS como técnica rápida para medir estos parámetros en líneas puras y recombinantes. En el 2008 y 2009, Saleh y colaboradores desarrollaron una predicción para determinar lípidos, contenido de almidones y parámetros de color en el grano usando NIRS, estos investigadores resaltaron que la precisión de los modelos de ecuación depende de la robustez de la calibración.

2. Materiales y Métodos

Para el desarrollo del presente trabajo se llevó a cabo un orden lógico y secuencial en cuatro etapas de ejecución que permitieron cumplir con los objetivos planteados.

- En la primera etapa: Se realizó la distribución poblacional con 185 muestras de arroz seleccionadas por categorías de amilosa (altas, Intermedias y bajas), este procedimiento se desarrolló teniendo en cuenta valores históricos de amilosa (base de datos FLAR). Esto con el objetivo de establecer el estado del arroz más adecuado en el desarrollo de la calibración.

- En la segunda etapa: Se buscó el estado del arroz que se utilizó en el proceso de calibración del nuevo modelo, esto se definió en función de métodos matemáticos utilizando como base método referencia.

- La etapa tres: consistió en desarrollar la ecuación de calibración con las accesiones de arroz en el estado más indicado, que para este caso fue el arroz integral. Para esta etapa se utilizó 540 muestras de arroz integral, obtenidas de los bancos de colección de semilla del Fondo Latinoamericano de Arroz para Riego FLAR y del Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, y un panel de diversidad de sub especies indicas obtenido del banco de semilla del Instituto Internacional de Investigación de Arroz IRRI (por sus siglas en ingles).

- Etapa cuatro: Posterior a la calibración, se realizó el proceso de validación interna con 232 muestras tomadas al azar provenientes del mismo grupo de muestras utilizadas en la calibración. Finalmente, se realizó la validación externa en dos partes una con 75 muestras y la segunda con 47 muestras. Estas fueron obtenidas del banco de colección del FLAR. Las muestras fueron consideradas totalmente desconocidas por el colectivo de calibración. El objetivo de la validación externa fue establecer si el modelo

matemático con arroz integral determina el contenido de amilosa en NIRS con la misma precisión que el utilizado con harina.

2.1 Localización

Las actividades de este estudio se desarrollaron en el Laboratorio de Calidad de Arroz del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego -FLAR, ubicado en el Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. Este Centro de Investigación está localizado en el kilómetro 17 recta Cali – Palmira, municipio de Palmira, Valle del Cauca. Con una temperatura promedio de 26ºC, una altura de 1001 m.s.n.m.[2] y con coordenadas 3° 29'56.42" Latitud Norte, 76° 21'22.36" Longitud Oeste[3]. La temperatura promedio del Laboratorio de Calidad es 22 ºC y humedad relativa de 56%.

2.2 Preparación de la muestra

Una vez seleccionado el material en cualquier etapa del proceso (etapa 1, 2 ó 3), se tomó 20g en arroz "paddy", y se dejó en una estufa de secado con circulación de aire forzado a 30 ºC por 48 horas, con el fin de que estas bajaran su humedad entre 11 a 12.0 %; valor promedio de humedad requerido. Después de tener las muestras en condiciones adecuadas, se seleccionó, codificó y almacenó cada una de las muestras en dos sobres de papel manila # 3, en uno se almacenó las muestras que van en harina y en el segundo se almacenó las muestras utilizadas en la calibración.

2.2.1 Preparación de muestras para evaluación del contenido de amilosa por el método de NIRS en harina.

La determinación de amilosa por el modelo calibrado en harina demandó de un proceso de descascarado y posteriormente pulido de las muestras, lo cual se realizó en un molino de laboratorio marca Suzuki MT-2005 N° 4.259-6; para la obtención de harina se necesitó un molino Cyclone Lab Sample Mill 3010-080p (Figura 6). Después de tener la muestra

[2]Disponible en: http://chasqui.ciat.cgiar.org:7777/pls/webdb/AF_DBA.MNU_METEORO.show
[3]Disponible en: http://earth.google.es/

en harina, se pasó a su respectivo sobre y se dejó en reposo durante 8 horas con el fin de que se estabilizara la humedad y las características fisicoquímicas de la muestra.

Figura 6. Molino Suzuki (Izq) y Molino Ciclone (Dcha), equipos para preparación de la muestra y empaque

Fuente: Laboratorio de calidad de arroz (LCA) FLAR 2014

2.3 Etapas del proceso

A continuación se presentan las actividades relacionadas con cada una de las etapas mencionadas.

2.3.1 Etapa uno: Selección de accesiones

Esta etapa involucra la selección de las accesiones a utilizar para establecer el estado del arroz más adecuado en el desarrollo de la calibración. A partir de un clúster estadístico para calidad de arroz realizado en el año 2010 se determinaron las accesiones a utilizar para establecer el estado del arroz más adecuado en el desarrollo de la calibración. Con esta información estadística, se logró identificar un total de 185 accesiones consideradas las más representativas, por alto intermedio y bajo contenido de amilosa y también, de acuerdo con otras características relacionadas con el fenotipo del grano, información genética, química, física y botánica. Los 185 genotipos se obtuvieron teniendo en cuenta los diferentes lugares de almacenamiento: cuartos fríos y cuartos de colección de semilla; esta información se encontró registrada en la base de datos de arroz del CIAT y el FLAR.

2.3.2 Etapa dos: Determinación del estado de arroz

En esta etapa se realizó la determinación del estado del arroz en la nueva ecuación para determinar el contenido de amilosa en el arroz Figura 7.

Figura 7. Estados del arroz: Paddy, Integral, Blanco y Harina

Fuente: LCA FLAR 2014

Se consideró el estado integral como el estado del arroz adecuado en el proceso de calibración del nuevo modelo, esto se definió en función del análisis espectral y de los métodos matemáticos adecuados con base al método de referencia. Se tomó de cada accesión dos repeticiones de la siguiente manera:

1. **Repetición por cantidad (g):** La muestra previamente homogenizada se dividió en dos partes iguales R1 y R2. Se tomó la muestra en estado paddy, y seguidamente se pasó a escaneó de cada accesión, luego las muestras se descascararon en el molino Suzuki y se obtuvo arroz integral, con el que se realizó el mismo proceso de escaneo. Seguidamente, las muestras fueron pulidas para ser repetido el proceso de escaneo pero en este estado del arroz. El pulido del grano también se realizó en el molino Suzuki, ya que este equipo permite descascarar y luego pulir, los pasos pueden hacerse de forma simultánea, o por separado como se trabajó en este caso. Las muestras conservaron el mismo orden de escaneo desde el paddy hasta el arroz pulido. Luego se hizo el mismo proceso con las muestras R2.

2. **Repetición Técnica:** también se realizó una repetición técnica que permitió evaluar la sensibilidad del equipo y ajustar mejor la toma de decisión en este proceso.

Con las réplicas de los diferentes colectivos de calibración definidos por cada estado del arroz, se realizó el análisis de componentes principales PCA y, posteriormente, se tuvo en cuenta el valor de referencia obtenido de la calibración de harina y con esta información se analizó el cuadrado medio del error RMS (por sus siglas en ingles) en paddy, integral y arroz pulido. Estos parámetros estadísticos, permitieron descartar muestras anormales o atípicas antes de realizar los análisis de ajuste del modelo.

Adicionalmente, con el fin de darle cumplimiento al objetivo de este trabajo, se estableció el estado integral como el estado del arroz adecuado teniendo en cuenta que es el estado menos elaborado que presentó mejor correlación con relación al método de referencia. Esta condición, también se fundamenta por Whu y Shi (2003) y Whu y Shi (2006)

2.3.3 Etapa tres: Desarrollo de la ecuación de calibración.

Para realizar la curva de calibración en arroz integral se emplearon 540 materiales de diferentes orígenes y por categorías de amilosa (altas, intermedias y bajas) y se incluyeron los 185 materiales inicialmente utilizados En la selección de los materiales se utilizaron variedades y líneas de arroz de generaciones avanzadas del FLAR (F6, F7), y un panel de diversidad de sub especies indicas obtenidas del banco de semilla del Instituto Internacional de Investigación de Arroz IRRI (por sus siglas en ingles). De cada genotipo se tomaron dos muestras, una para análisis de amilosa por el método NIRS en harina y la segunda para el desarrollo de la ecuación en arroz integral.

2.3.3.1 Determinación espectral en NIRS. Se utilizó el NIR System 6500 marca Foss que tiene el laboratorio de calidad de arroz del CIAT y FLAR, La muestra en harina se pasó como análisis de rutina, es decir de la misma forma como se realiza usualmente en el laboratorio para obtenerlos valores de amilosa, los resultados se almacenaron en una base de datos creada específicamente para este trabajo. Posteriormente, se tomaron los espectros de muestras en arroz integral, cada muestra fue analizada por medio de longitudes de onda y con esto se estableció un análisis de espectros, el cual permitió considerar las características del mejor estado del arroz para realizar la calibración. La

toma de espectros se realizó tomando la muestra y llevándola a una celda de cuarzo calibrada para este equipo. Se programó el NIRS para que promedie el valor en nm de 16 observaciones en la misma corrida. Se obtuvieron espectros entre los 400-2500 nm, con los cuales se realizó la construcción del modelo quimiométrico con el software de calibración que incluye el equipo NIRS conocido como WINISI, lo anterior a partir de técnicas de regresión matemática. En la Figura 8 se muestra el equipo empleado

Figura 8. Equipo empleado para la toma de espectros (NIR System 6500 Foss)

Fuente: LCA FLAR 2014

2.3.3.2 Construcción del Modelo Quimiométrico de la nueva ecuación de arroz para determinar el contenido de amilosa. El modelo quimiométrico, consistió en relacionar la información espectral de la muestra utilizando los valores de referencia obtenido por el método NIRS en harina, y los valores en longitud de onda obtenidos con los espectros de arroz integral. Luego, con las herramientas matemáticas y estadísticas del software Winisi se establecieron ajustes de calibración. Este proceso consistió en hacer limpieza de los ruidos generados por las longitudes de onda entre 400 y 2500 nm,

seguido de eliminación de los espectros que se consideraron atípicos. Se utilizó una segunda derivada recomendada para análisis en granos enteros (Osborne, 2000).

En seguida se realizó una matriz para establecer el “score”, “gap”, “smooth”, logaritmos de reflectancia y factores de regresión. La matriz permitió observar la combinación matemática que arrojó mejor coeficiente de determinación (R^2) y mejor SEC y SECV, RPD (error estándar de calibración y error estándar de validación contra la misma ecuación de calibración). Finalmente, con los parámetros de la matriz se definió la ecuación a utilizar.

2.4 Etapa cuatro: Desarrollo de actividades para la validación interna y externa de la ecuación calibrada con arroz integral.

2.4.1 Validación interna de la capacidad predictiva de evaluación del contenido de amilosa en granos de arroz integral.

La validación interna de la ecuación se realizó tomando 232 muestras categorizadas entre alta, intermedia y baja, provenientes del mismo colectivo de muestras utilizadas en el proceso de calibración para arroz integral, considerando que este fue el estado del arroz seleccionado donde se obtuvo la nueva ecuación. Las muestras se escanearon nuevamente como análisis de rutina, y se compararon con la ecuación de arroz integral; es decir, con la nueva calibración, donde se calculó R^2 (coeficiente de determinación), el SECV y SEP≤ 3 (error estándar de validación y error estándar de predicción), Slope (línea de pendiente). Estos parámetros se obtuvieron utilizando la herramienta del software Winisi conocida como “Monitor Result”.

2.4.1.1 Validación externa de la capacidad predictiva de evaluación del contenido de amilosa en granos de arroz integral. La validación externa de la ecuación de arroz integral se realizó con 75 muestras desconocidas por la ecuación. Estas muestras provienen de diferentes orígenes incluyendo variedades y líneas avanzadas. Las muestras fueron escaneadas como análisis de rutina, y se compararon con la curva de calibración desarrollada con arroz integral, donde se calculó R^2 (coeficiente de determinación), el SECV y SEP≤ 3 (error estándar de validación y error estándar de

predicción), Slope (línea de pendiente). Estos parámetros se obtuvieron utilizando la herramienta como “Monitor Result de winisi”.

Posteriormente se hizo una segunda validación externa con 47 muestras provenientes de generaciones desde F4, F7 y variedades locales. La selección de las muestra se realizó teniendo en cuenta, una distribución poblacional por categoría de amilosa (bajo, intermedio, alto) y por origen del germoplasma. De cada genotipo se tomaron dos muestras, una por el método de harina y la segunda con arroz integral. Donde se calculó R^2 (coeficiente de determinación), el SEP (error estándar de predicción), Slope (línea de pendiente). Esta estimación se realizó utilizando la Monitor Result”. Adicionalmente, con esta validación externa se halló el porcentaje de aciertos; considerando los aciertos mediante la siguiente ecuación: aciertos=*% aciertos/total*. También, se midió él % error de acuerdo a: *errores=aciertos/errores*. Considerando que estas ecuaciones robustecen la respuesta según los objetivos de los mejoradores: que es categorizar los materiales, y seleccionarlos entre los buenos y los malos, sin importar la exactitud del valor, sino la categorización de las muestras.

2.5 Relación por tiempo y costo en la optimización de la evaluación del contenido de amilosa en el arroz.

Después de responder si la ecuación 2inte.eqa es una ecuación que arroja buena predicción y precisión. Se realizó una estimación por tiempo y costo, para determinar si evaluar el contenido de amilosa con la ecuación 2inte.eqa requiere de menor tiempo, y es económicamente más rentable respecto al tiempo y costo requerido para determinar amilosa en harina de arroz.

2.6 Preparación de la muestra.

En la validación externa se procedió a preparar las muestras de la misma manera y bajo la misma técnica que se utiliza en el proceso de preparación de las muestras para la calibración.

2.7 Análisis de rutina en NIRS.

Se utilizó el NIRS System 6500 del laboratorio de calidad de arroz para análisis de rutina, utilizando la ecuación arroz integral, donde la muestra se caracterizó por tener una humedad promedio de 11.5%. Se tomó el espectro de cada muestra a través de un proceso conocido como escáner de muestreo, para la toma del escáner la muestra se pone en una celda de cuarzo, calibrada para este equipo. Se programa el NIRS con el software ISI utilizado para análisis de rutina para que promedie el valor en nm de 10 observaciones en la misma corrida. Una vez se escanearon todas las muestras se determinarán los valores y resultados obtenidos.

3. Resultados y Discusiones

En orden lógico se procedió a realizar cada una de las etapas descritas en el capítulo de materiales y métodos.

3.1 Distribución poblacional de las accesiones a utilizar para determinar el estado del arroz en la nueva ecuación NIRS.

También, se tuvo en cuenta un mayor grupo de muestras en el rango de porcentaje alto en amilosa; ya que se requiere que la ecuación sea fuerte en la identificación de materiales con amilosa alta, lo anterior; bajo el criterio de que es el grupo más amplio por su importancia para América Latina. La Tabla 1, muestra las medidas estadísticas y variación poblacional de la selección genotípica a utilizar para establecer el estado del arroz más adecuado en el desarrollo de la nueva calibración.

Tabla 1. Medidas estadísticas de las accesiones seleccionadas para establecer el estado del arroz adecuado en el desarrollo de la calibración

Medidas Estadísticas				
	Paddy	**Integral**	**Blanco**	**Rangos de las muestra**
Media	28,4	28,4	28,4	
Mínimo	16,0	16,0	16,0	
Máximo	33,8	33,8	33,8	
SD	3,60	3,60	3,60	
RMS	439	560	513,0	
Límite superior RMS	672	974	929,0	
# de amilosa Bajas	39,0	16,0	39,0	16,0-22,8
# de amilosa Intermedia	35,0	40,0	35,0	23,0-26,9
# de amilosa Altas	107,0	123,0	103,0	28,0-33,8
# de muestras atípicas	0,0	4,0	2,0	

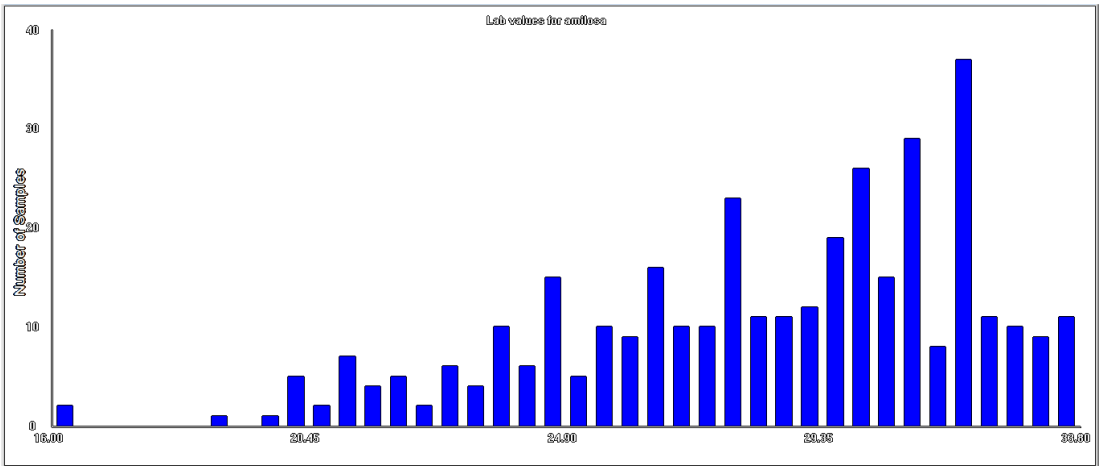
Fuente: LCA FLAR 2015

3.1.1 Análisis espectral con los materiales seleccionados en la distribución poblacional.

Para evaluar el comportamiento espectral de los duplicados y establecer muestras atípicas por mala repetibilidad, se halló el cuadrado medio del error RMS donde se consideró como datos atípicos los que excedieron el límite superior calculado, este criterio fue establecido teniendo en cuenta lo considerado por Flórez (2009) y Davrieux (2014). En la Tabla 1 se observa que el arroz paddy presento menor RMS promedio, lo cual puede indicar que en este estado del arroz se obtuvo menor amplitud entre los espectros y menor error de muestreo.

En la Figura 9, se observa el histograma de frecuencias de las 185 accesiones de arroz utilizadas en el proceso de distribución poblacional. Donde se puede observar que entre los valores de 16,0 al 20,3 existe una ausencia de datos. A pesar de lo anterior, se tuvo en cuenta esta selección de materiales, a manera de realizar el ensayo de identificación del estado del arroz más adecuado en el desarrollo de la calibración.

Figura 9. Histograma de frecuencia para desarrollar una calibración en arroz.



Fuente: LCA FLAR 2014

Teniendo en cuenta las diferentes herramientas y métodos matemáticos para evaluar el comportamiento espectral y la relación con los valores de amilosa, se estableció el estado del arroz a utilizar en la calibración del nuevo modelo, esto se definió en función del análisis de componentes principales, regresiones múltiples y análisis de varianza. En el Cuadro 1 se presenta el resumen de los resultados estadísticos y en el anexo 2 se puede encontrar la información arrojada por el análisis de regresiones múltiples.

Cuadro 1. Resultados estadísticos analizados para determinar el mejor estado del arroz en el proceso de calibración

Estado del Arroz	PCA	Tratamiento Matemático PCA	Muestras atípicas PCA	R^2	Longitudes Representativas
Paddy	12,0	0,0,1,1	2,0	0,10	Región NIR
Integral	19,0	0,0,1,1	9,0	0,47	Región NIR
Blanco	13,0	0,0,1,1	3,0	0.80	Región NIR

Fuente: LCA FLAR 2015

Las regresiones múltiples se realizaron con el fin de definir el segmento de las longitudes de onda más representativas y la linealidad de los valores de amilosa con respecto a las

diferentes longitudes de onda (400-2500nm). En el Cuadro 1, se observa que los mejores R^2 los tienen las muestras en arroz blanco, seguido del arroz integral. Estos resultados corresponden a lo reportado por diferentes autores de acuerdo con la literatura revisada durante el desarrollo de este trabajo.

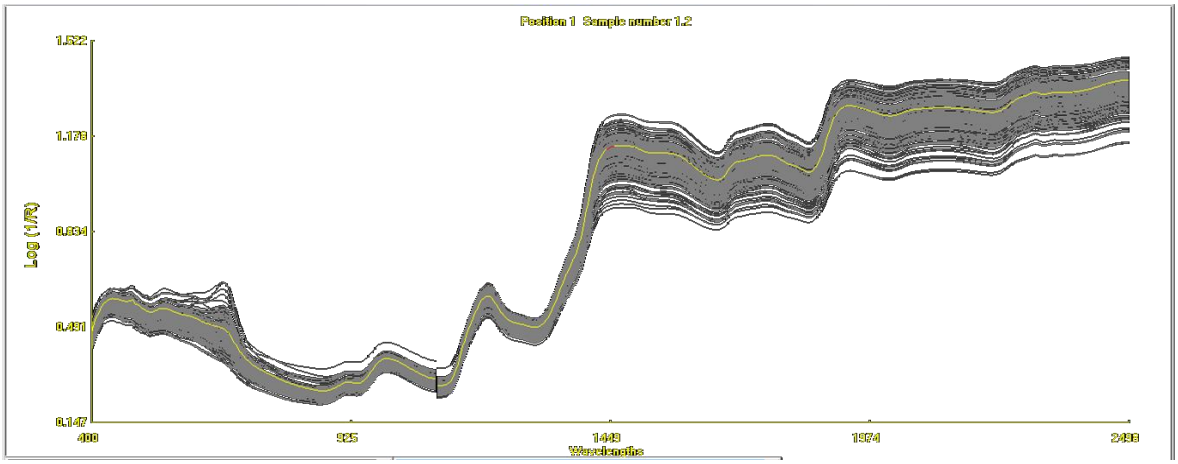
El coeficiente de determinación más bajo fue R^2 igual 0,1 perteneciente al arroz paddy. Este valor de determinación (R^2) indica la no representatividad del modelo lineal, por lo cual se considera que las muestras en paddy no explica la variación espectral obtenida de las 185 accesiones utilizadas para este proceso.

A pesar del análisis RMS y el PCA, no se encontraron valores favorables para el estado de arroz paddy; se observó no linealidad para este estado de arroz, es posible que esto se deba al uso de celdas de aluminio circulares con ventana de cuarzo a la heterogeneidad física de las muestras, teniendo en cuenta, que el arroz paddy presenta diferentes tamaños, textura y espesor de la cascara, lo anterior puede generar mayor dispersión y poca correlación con los datos químicos (Osborne et al., 1993). También, se puede considerar el tamaño de la partícula: cuanto mayor es la partícula, mayor, será la dispersión de la luz y mayor distancia recorrida, por lo cual se genera un menor valor predictivo (Flores, 2009). Otra razón, puede deberse a que se presente el fenómeno de la reflexión difusa, la cual responde a la ley de Fresnel, “el efecto global es una reflexión a cualquier ángulo cuando la luz incide sobre una superficie irregular como puede ser sobre una muestra opaca y no absorbente” (Macho, 2002).

3.2 Comportamiento espectral de las 185 accesiones pasadas por el NIRs en arroz integral.

En la Figura 10, se presenta la información espectral para el colectivo de muestras de arroz integral con 172 muestras de las 185 iniciales; puesto que se eliminaron las muestras atípicas.

Figura 10. Información espectral del colectivo de muestras de arroz integral



Fuente: LCA FLAR 2014

En esta Figura se observa un agrupamiento uniforme de espectros en la región del NIR, entre los 1100.0-2498.2 nm, conservando los picos la misma tendencia, es decir se puede observar el comportamiento espectral, indicando que el conjunto de espectros no presentan problemas en las muestras, ni en la toma, ni por fallas del equipo.

3.3 Desarrollo de la nueva ecuación de calibración NIR para evaluar amilosa en arroz.

Se consideró realizar la nueva calibración utilizando muestras de arroz integral, que a pesar de tener menor coeficiente de determinación ($R^{2)}$ con respecto a las muestras de arroz blanco, se observaron buenas características en los análisis de componentes principales (PCA) con 19 factores que correlacionaron bien, la información. Los factores de PCA mayores a 10 en procesos de calibración NIR permitieron una predicción satisfactorias (Deaville y Flinn, 2000). Asimismo, se consideró el criterio de algunos autores como Wu y Shi (2004 y 2006), donde encontraron calibraciones con arroz integral aceptables para realizar selección en programas de mejoramiento. Por otro lado, se consideró que obtener una ecuación en NIR con base en arroz integral permitió darle cumplimiento al objetivo de adquirir una nueva calibración para evaluar amilosa con el estado del arroz que requiera un menor proceso de preparación de muestras.

3.3.1 Distribución poblacional de las accesiones a utilizar para determinar la nueva ecuación NIRS para evaluar el contenido de amilosa.

Una vez definido el estado del arroz se procedió a desarrollar las actividades relacionadas con el nuevo modelo de calibración. Para este procedimiento se utilizaron 540 accesiones incluyendo los 172 materiales utilizados en la operación anterior, además fueron eliminados los genotipos bajos en amilosa (16,0 al 20,3) que no tenían mayor representatividad. La Tabla 2 muestra el resumen estadístico de las características de las 540 accesiones utilizadas en el proceso de la nueva calibración.

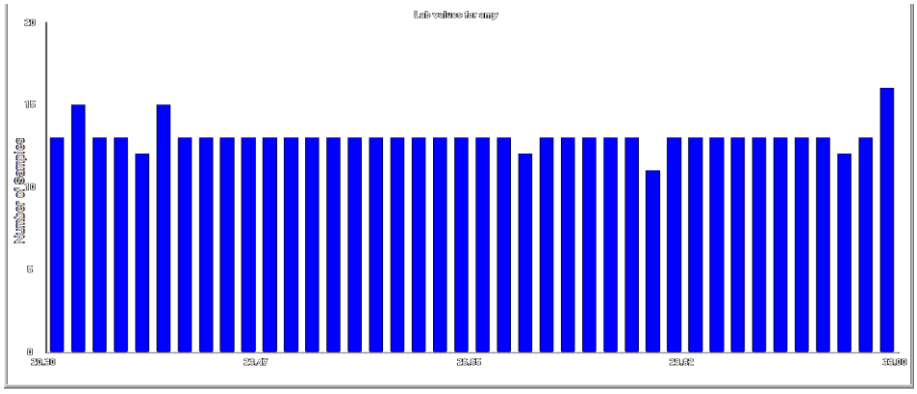
En la Figura 10, se observan las frecuencias de las 540 muestras restantes utilizadas para desarrollar la nueva calibración de NIR. Se puede observar que todo el rango espectral tiene aproximadamente el mismo número de muestras, esto para garantizar un mejor ajuste y mejor disposición en la calibración (ASD Inc., 2012).

Tabla 2. Resumen estadístico de las características de las accesiones utilizadas para el desarrollo de la nueva calibración

Medidas Estadísticas		Rangos de muestreo
Media	26,6	
Mínimo	20,3	
Máximo	33,0	
SD	3,7	
# de amilosa Bajas	121,0	20,3-22,9
# de amilosa Intermedia	198,0	23,0-27,9
# de amilosa Altas	221,0	28,0-33,0

Fuente: LCA FLAR 2015

Figura 11. Histograma de distribución de las accesiones utilizadas en la calibración del método NIR



Fuente: LCA FLAR 2015

3.3.2 Análisis de componentes principales (PCA).

Una vez organizada la frecuencia de muestras para el grupo de calibración, se pasó por un análisis de PCA (Tabla 3), que permitió reducir la variación y mejorar las características espectrales. Se encontró un buen ajuste en las respuestas de los datos, con un mínimo de 23 componentes principales. También, se tuvo cuenta el criterio de la distancia de Mahalanobis al centro poblacional (Molano, 2012), para lo cual se observaron 45 muestras atípicas las cuales fueron eliminadas, considerando que los espectros restantes traen información limpia y representativa, (Wu y Shi 2006)

Tabla 3. Parámetros del PCA de los materiales utilizados en la calibración de NIR

Tabla de parámetros de análisis de PCA	
Distancia utilizada	Distancia promedio
Distancia H	3.0
Matemática	2,1,1,2
Tratamiento	SNV and Detrend
Longitudes de onda	1100-2498,2
Muestras atípicas	45

Fuente: LCA FLAR 2015

3.3.3 Quimiometría y determinación del modelo matemático de calibración.

Se probaron 32 combinaciones matemáticas de las cuales se encontraron 11 combinaciones con R^2>0.90. Sin embargo, al realizar el análisis de desviación residual predictiva (RPD) se observaron solo 3 combinaciones con valores RPD cercanos a 3.0. Es de considerar que a mayor RPD mejor precisión, y que valores cercanos a 3.0 permiten establecer valores de referencias y permite categorizar por rango las muestras evaluadas (Williams, 2001; Natsuga y Kawamura, 2006).

En el Cuadro 2 se muestran las 28 combinaciones matemáticas más representativas con los diferentes tratamientos aplicados, algunos de estos recomendados por Wu y Shi, (2004). Se realizaron correcciones de espectros, tamaño de partícula, tendencia de datos y se hizo segmentación de las longitudes de onda hacia la región NIR, la cual correlacionó mejor el análisis de regresión. La primera columna del Cuadro 2 corresponde al análisis de regresión utilizado en el proceso de calibración, la segunda es la segmentación por longitud de onda, seguido por la identificación del correctivo aplicado. Luego están las combinación matemática donde el primer número corresponde a la derivada del dato de reflactancia; en este caso se utilizó la segunda derivada, que permitió limpiar la superposición de algunas bandas espectrales observadas, las cuales se pueden presentar, posiblemente, debido al efecto del tamaño de partícula (Osborne, 2000), y a posibles espacios que se presentan en la celda debido a la forma de los granos (Osborne et. al., 1993). El segundo número es la amplitud o distancia entre los segmentos a sustraer, y el tercero y cuarto son puntos suavizadores.

En el cuadro 2 también, se muestra los parámetros de calibración obtenidos como factor importante para establecer la toma de decisión de la mejor ecuación. Según los datos observados en el Cuadro 2, se encontraron valores similares a los reportados por algunos autores en trabajos con arroz para determinar amilosa: Rahs y Muellente, (2010) encontraron RSQ igual a 0.83 en granos de arroz pulido, Wu y Shi , (2004) obtuvieron en arroz integral valores de 0,67 hasta 0.77 en RSQ y SEC de 1,69 hasta 2.74 y Wu y Shi (2006) hallaron también RSQ de 0,85 y SEC igual a 2,36 en arroz integral. Teniendo en cuenta que los valores estadísticos presentados en el Cuadro 2 son parecidos a los reportados por los diferentes autores, se puede considerar que algunas de las

combinaciones matemáticas presentadas en el Cuadro 3 son aceptables para obtener una curva de calibración NIRS con arroz integral. A su vez, es necesario tener en cuenta las combinaciones que obtuvieron RSQ más altos y SEC bajos, ya que estos son parámetros estadísticos considerados de importancia en los modelos matemáticos para calibración NIRS

Cuadro 2. Combinaciones matemáticas de los parámetros utilizados en el proceso de calibración

Análisis de regresión	Segmentación de Longitud	Scater	Derivada	Gap	Smoothe 1	Smoothe 2	Parámetros de Calibración					RPD
							RSQ	SEC	SECV	1-VR	Sd	SD/SECV
MPLS	1150-2492,2	None	2	4	4	2	0,793	1,686	2,191	0,649	3,70	1,69
MPLS	1150-2492,2	snv and detrend	2	4	4	2	0,901	1,153	1,537	0,823	3,66	2,38
MPLS	1150-2492,2	snv and detrend	2	5	4	2	0,808	1,610	1,918	0,728	3,67	1,91
PLS	1150-2492,2	snv and detrend	2	5	4	2	0,763	1,795	2,035	0,695	3,68	1,81
PLS	1150-2492,3	snv and detrend	2	4	4	2	0,780	1,730	2,028	0,697	3,69	1,82
MPLS	1150-2492,8	snv and detrend	2	4	4	2	0,846	1,444	1,861	0,743	3,68	1,97
MPLS	1150-2492,2	Snv	2	4	4	2	0,854	1,408	1,894	0,736	3,68	1,94
MPLS	1150-2492,6	snv and detrend	2	4	4	2	0,774	1,755	2,095	0,678	3,69	1,76
MPLS	1150-2492,2	snv and detrend	2	4	4	5	0,816	1,586	2,018	0,702	3,69	1,83
MPLS	1200-2492,2	snv and detrend	2	4	4	2	0,846	1,447	1,987	0,709	3,68	1,85
MPLS	1150-2492,2	snv and detrend	2	6	6	2	0,817	1,571	1,857	0,744	3,67	1,98
MPLS	1150-2492,2	snv and detrend	2	4	4	10	0,853	1,415	1,770	0,769	3,68	2,08
MPLS	1150-2492,2	snv and detrend	2	6	6	2	0,817	1,571	1,857	0,744	3,67	1,98
PLS	1130-2492,2	snv and detrend	2	5	5	2	0,763	1,795	2,050	0,692	3,68	1,80
MPLS	1130-2492,2	snv and detrend	2	5	5	2	0,833	1,501	1,921	0,727	3,67	1,91
PLS	1150-2492,2	snv and detrend	2	5	5	2	0,765	1,779	2,034	0,695	3,67	1,80
MPLS	1150-2492,2	snv and detrend	2	2	2	2	0,950	0,828	1,546	0,824	3,69	2,39
MPLS	1150-2492,2	snv and detrend	2	1	2	2	0,984	0,460	1,372	0,861	3,65	2,66
MPLS	1150-2492,2	snv and detrend	2	1	1	2	0,989	0,329	1,325	0,870	3,67	2,77
MPLS	1150-2492,2	snv and detrend	2	1	1	5	0,957	0,773	1,491	0,837	3,70	2,48
MPLS	1100-2492,2	snv and detrend	2	1	2	2	0,982	0,493	1,364	0,862	3,64	2,67
MPLS	1100-2492,2	snv and detrend	2	1	1	2	0,992	0,327	1,214	0,891	3,60	3,00
MPLS	1100-2100,2	snv and detrend	2	1	1	2	0,972	0,671	1,362	0,864	3,70	2,72
MPLS	1100-2498,2	snv and detrend	2	1	1	2	0,992	0,334	1,208	0,892	3,70	3,07
MPLS	1100-2498,6	snv and detrend	2	1	1	2	0,928	0,994	1,878	0,742	3,69	1,97
MPLS	1100-2498,2	snv and detrend	2	1	1	1	0,979	0,534	1,263	0,882	3,68	2,91

Una vez analizados los datos del Cuadro 2, se procedió a generar 3 ecuaciones acorde con los mejores RSQ y RPD. En la Tabla 4, se consignan las características estadísticas de las tres ecuaciones obtenidas. También se muestra una comparación de los resultados de predicción; realizado a través de "Monitor Result", donde se confrontó el valor de referencia (archivo.cal) con cada una de las 3 ecuaciones (archivo.eqa). De acuerdo con los mejores parámetros estadísticos de selección establecidos por varios autores y mejores valores de predicción, se procedió a definir la mejor ecuación.

Tabla 4. Registros estadísticos de las ecuaciones desarrolladas y de los datos de predicción.

Datos finales de calibración			
Datos de la ecuación			
	2inte.eqa	**3inte.eqa**	**4inte.eqa**
Matemática	2, 1,1,2	2, 1,1,2	2, 1,1,2
Segmentación	1100-2498,2	1100-2100,2	1150-2492,2
SD	3,70	3,68	3,66
SEC	0,33	0,45	0,57
SECV	1,23	1,26	1,41
RSQ	0,99	0,99	0,98
1-VR	0,88	0,88	0,84
# muestras	476	475	498
Muestras atípicas	64,0	68,0	62,0
RPD	3,07	3,00	2,77
Datos de predicción			
	2inte.cal	**3inte.cal**	**4inte.cal**
SEP	1,49	1,47	1,34
SD	3,66	3,59	3,70
Slope	0,92	0,92	0,96
RSQ	0,84	0,84	0,87
BIAS	-0,04	-0,06	-0,05

Fuente: LCA FLAR 2015

De las 3 ecuaciones desarrolladas (Tabla 4), se seleccionó la ecuación 2inte.eqa; por ser la que presento los mejores valores estadísticos de selección: 1-VR, SEC, SECV y RPD. Teniendo en cuenta que la exactitud de la calibración se puede determinar basadas en los datos del RSQ altos y SEC bajos (Shenk y Westerhaus, 1994). También, se tuvo en cuenta RPD ≥3.0 que permite mejor predicción (Williams, 2001). Además, se valoró como una buena condición el SECV más bajo, considerado que valores bajos de SECV arrojan mejor exactitud (Vásquez et al., 2004). Aunque en términos generales se puede afirmar que los datos de predicción no tuvieron una mayor variación entre una ecuación a otra, lo que indica que es posible que cualquiera de las tres ecuaciones pueda comportarse de forma similar.

3.4 Validación interna y externa de la ecuación seleccionada.

3.4.1 Validación Interna

Se tomaron 232 muestras de arroz integral categorizadas entre altas, intermedias y bajas, que corresponden a las mismas accesiones utilizadas en la calibración. Para este caso, las muestras fueron tomadas del banco de colección y se escanearon nuevamente. Los datos obtenidos se compararon con la nueva ecuación (2inte.eqa). En el anexo 3 se encuentran todos los valores obtenidos entre el valor de referencia y el calculado, y en la Tabla 5 se muestra los resultados estadísticos obtenidos de la predicción de la validación interna.

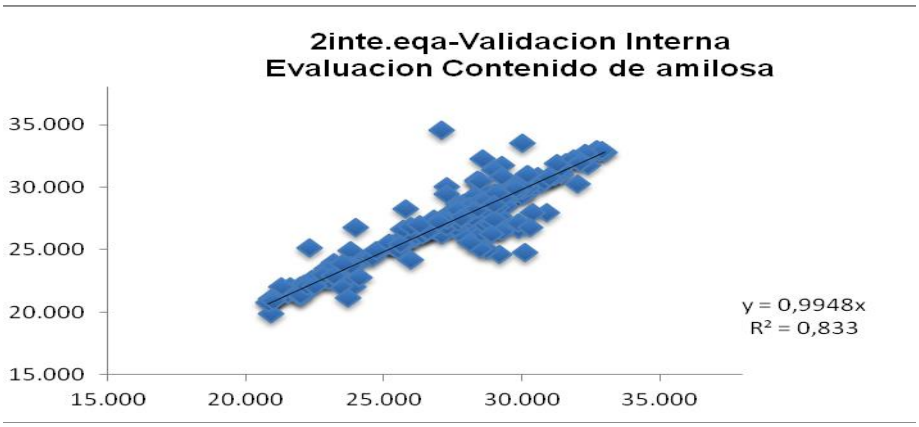
Tabla 5. Parámetros estadísticos de predicción de la validación interna

Medidas estadísticas	2inte.eqa/4inteva.cal
SEP	1,27
SD	2,90
Slope	0,87
RSQ	0,83
BIAS	0,12

Fuente: LCA FLAR 2015

En la Tabla 5 se observa que el RSQ se conserva alto y similar a los datos estadísticos de predicción para la ecuación 2inte.cal hallados y presentados en la (Tabla 4). En general, se puede considerar que los valores estadísticos son de acuerdo a lo esperado, teniendo en cuenta que las 232 muestras son del mismo origen que de las muestras utilizadas en la calibración. Para considerar de manera estadística la correlación de esta validación, también se aplicó análisis de coeficientes de determinación utilizando el programa de cálculo Excel donde se compararon los datos de referencia con los datos predichos. La Figura 11, presenta una ecuación lineal con un R^2 igual a 0,83 establecido por la ecuación y corresponde al mismo valor del RSQ arrojado por el paquete estadístico de " winisi."

Figura 12. Coeficiente de determinación (R2) de datos de referencia y predichos en la validación interna



Fuente: LCA FLAR 2015

3.4.2 Validación externa

Conforme a la metodología planteada, se tomaron dos grupos de muestras para validación externa; para el primer grupo se utilizaron 75 muestras totalmente desconocidas por la ecuación 2inte.eqa. Y en el segundo grupo se utilizaron 47 muestras.

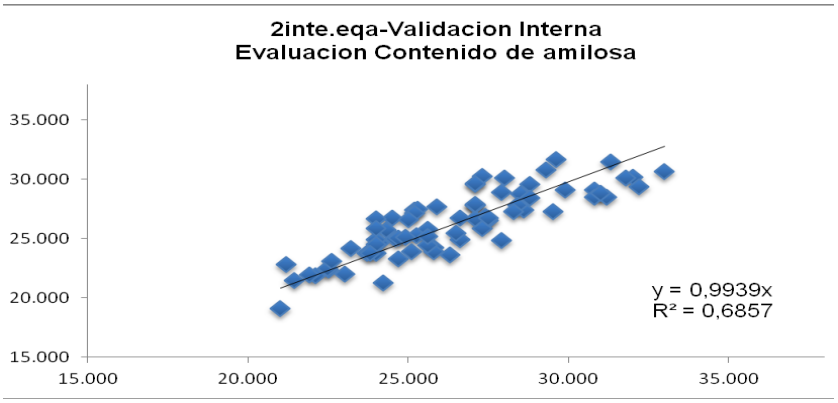
En la Tabla 6 se observan los resultados de predicción hallados en la primera validación externa. Esta información fue realizada con la herramienta "monitor result "del " winisi." Además, se aplicó un análisis de coeficientes de determinación utilizando el programa de cálculo Excel donde se comparó la ecuación con los datos predichos. La Figura 12, presenta un R^2 igual a 0,69.

Tabla 6. Parámetros estadísticos de predicción de la validación externa con 75 muestras

Medidas estadísticas	2inte.eqa/4inteva.cal
SEP	1,58
SD	2,8
Slope	0,87
RSQ	0,70
BIAS	0,14

Fuente: LCA FLAR 2015

Figura 13. Coeficiente de determinación (R2), de datos de referencia y datos predichos en la validación externa con 75 muestras, utilizando el programa de cálculo Excel Windows 2007.



Fuente: LCA FLAR 2015

La Tabla la 6 y la Figura 12, permiten observar que hay poca dispersión entre las muestras, sin embargo el R^2 igual a 0,69 establece menor correlación al discrepar con el R^2 de la validación interna R^2 igual a 0.83. No obstante, se debe considerar que estos valores son totalmente extraños para el modelo matemático. Es decir, los materiales analizados no hacen parte del colectivo de calibración. El valor de R^2 igual 0,69 es cercano al R^2 igual 0,77 obtenido de la validación externa de la ecuación en harina de arroz utilizada en el laboratorio de calidad de arroz del FLAR (Loaiza y Kuri, 2013). Se debe tener en cuenta que este es el método de referencia utilizado para el desarrollo de este trabajo. Los valores

de R^2 y SEP arrojados por la ecuación 2inte.eqa en la validación externa son comparables con los reportados por Wu y Shi (2006) en validaciones externas, quienes obtuvieron R^2 entre 0,46 hasta 0,67 y SEP de 0.68 hasta 0.77, y concluyeron que análisis en NIR con estos valores estadísticos en arroz integral es adecuado para la determinación temprana de poblaciones segregantes, permitiendo contribuir de forma no destructiva, rápida y rentable en el desarrollo del cultivo de arroz para la calidad del grano.

Siguiendo lo planteado en la metodología, se realizó una segunda calibración externa con 47 materiales, donde se tuvo en cuenta los valores estadísticos predichos por medio de la herramienta monitor result del software Winisi, de la misma forma como se realizó la validación anterior. En la Tabla 7 se presentan los parámetros estadísticos de esta validación. Por lo cual se puede se puede observar que las medidas estadísticas bajaron el nivel de predicción respecto a los obtenidos en la Tabla 6. Sin embargo, siguen conservando los R^2 similares a los obtenidos por Wu y Shi (2006).

Tabla 7. Parámetros estadísticos de predicción en la validación externa con 47 muestras de arroz para la determinación de amilosa.

Medidas estadísticas	2inte.eqa/4inteva.cal
SEP	2,12
SD	3,28
Slope	0,84
RSQ	0,63
BIAS	-0,62

Fuente: LCA FLAR 2015

Teniendo en cuenta el R^2 de las dos validaciones externas, se puede afirmar que el R^2 de la validación se muestra a un valor ≥0.63.

Dado la disminución del R^2 se realizó un análisis de varianza a un factor con los 47 materiales, para establecer si los datos de referencia (ecuación NIR en harina) presentan diferencias significativas respecto a los valores arrojados por esta ecuación (2inte.eqa). En la Tabla 8 se presenta los resultados arrojados por Análisis de Varianza con un Factor ANOVA con un alfa del 5%.

Tabla 8. Análisis de varianza para establecer diferencias entre valores de referencia y valores arrojados por la ecuación 2inte.eqa

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	***Probabilidad***	*Valor crítico para F*
Entre grupos	9147216,266	1	9147216,2	0,89	**0,34**	3,94
Dentro de los grupos	941939836,5	92	10238476,4			
Total	951087052,8	93				

Fuente: LCA FLAR 2015

Para los valores presentados en la Tabla 8 se puede considerar que los datos de referencia no presentan diferencias significativas respecto a los valores predichos en la ecuación 2inte.eqa. No obstante a lo anterior, se confrontaron los datos obtenidos en esta validación con los valores de referencia, para lo cual se realizó un análisis por acierto; hallando los aciertos mediante la siguiente ecuación: aciertos=*%aciertos/total muestras*, de la misma forma se midió él % error de acuerdo a la ecuación: *errores=aciertos/errores*.

Considerando que la determinación de aciertos está ligada a los objetivos de los mejoradores del FLAR y el CIAT; que es categorizar los materiales, y seleccionarlos entre buenos y malos de acuerdo con la correlación de amilosa y cocción del arroz, sin importar la exactitud del valor, sino la clasificación de las muestras. Donde muestras con valores de amilosa menores de 25,8 correlacionan con cocción del arroz no deseable de acuerdo al gusto del consumidor en Latinoamérica y de acuerdo con las exigencias de los diferentes socios del FLAR. Lo cual indica que amilosa con valores ≥25,8 se consideran rangos de aceptación porque correlacionan con la cocción del arroz aceptada por los diferentes socios del FLAR, y en términos generales para los consumidores en América Latina.

En el Cuadro 3 se presentan los aciertos de las 47 muestras evaluadas en este proceso de validación externa. Se observa que se presentaron en total 7 no aciertos, de los cuales 5 son considerados críticos debido a que arrojan valores de aceptación siendo considerados arroces con características de cocción no aceptables por el consumidor. Además, se obtuvieron 2 no críticos, ya que estos de manera inversa se encuentran en el

rango de no aceptación, y por el contrario son datos de amilosa que correlacionan con buenas características de cocción. Rechazar algunas líneas buenas no es tan crítico para el mejorador del FLAR, como si lo es, aceptar líneas no apropiadas por las características de cocción no aceptables.

Según el Cuadro 3 los resultados obtenidos de la ecuación de aciertos=*%aciertos/total muestras*. Se obtuvo el 83% de aciertos, porcentaje aceptable respecto al número de muestras anuales que se hacen en el programa de mejoramiento del FLAR y el CIAT; donde el número de muestras año es aproximadamente de 20.000, sin dejar de considerar que la ecuación requiere mayor ajuste con muestras que permitan robustecer el colectivo inicial y ampliar los rangos (Molano, 2012).

Cuadro 3. Aciertos y no aciertos con base en valores de amilosa de referencia y calculados

Consecutivo	Identificación muestra	Amilosa/referencia	Amilosa/calculada	Aciertos/no aciertos
1	a.7.i	17.000	20.350	Acierto
2	a.36.i	19.000	19.008	Acierto
3	a.37.i	20.100	22.487	Acierto
4	a.52.i	21.700	21.390	Acierto
5	a.46.i	21.800	21.674	Acierto
6	a.58.i	22.500	25.431	Acierto
7	a.32.i	22.800	25.046	Acierto
8	a.59.i	23.600	24.590	Acierto
9	a.47.i	23.700	25.591	Acierto
10	a.49.i	23.900	24.156	Acierto
11	a.25.i	24.400	25.627	Acierto
12	a.38.i	24.400	25.232	Acierto
13	a.24.i	24.500	22.517	Acierto
14	a.15.i	24.700	27.422	No acierto*
15	a.17.i	24.700	25.192	Acierto
16	a.43.i	24.700	25.012	Acierto
17	a.40.i	24.800	27.642	No acierto*
18	a.8.i	25.000	28.439	No acierto*
19	a.27.i	25.000	25.135	Acierto
20	a.60.i	25.200	26.651	No acierto*
21	a.53.i	25.500	23.154	Acierto
22	a.50.i	25.600	25.793	Acierto
23	a.26.i	25.700	26.218	No acierto*
24	a.39.i	25.700	23.401	Acierto
25	a.41.i	25.900	26.964	Acierto
26	a.3.i	25.900	28.330	Acierto
27	a.44.i	26.100	26.866	Acierto
28	a.9.i	26.500	28.634	Acierto
29	a.57.i	26.600	28.527	Acierto
30	a.56.i	26.800	23.740	No acierto
31	a.12.i	26.900	28.913	Acierto

Continúa en la página siguiente

32	a.45.i	26.900	29.600	Acierto
33	a.29.i	27.000	30.920	Acierto
34	a.10.i	28.100	25.883	No acierto
35	a.28.i	28.400	29.335	Acierto
36	a.30.i	28.400	29.769	Acierto
37	a.20.i	28.600	26.553	Acierto
38	a.21.i	28.600	29.314	Acierto
39	a.31.i	28.900	31.057	Acierto
40	a.14.i	29.000	32.490	Acierto
42	a.42.i	30.400	28.340	Acierto
43	a.54.i	30.700	26.853	Acierto
44	a.33.i	31.000	30.316	Acierto
45	a.55.i	31.500	31.896	Acierto
46	a.23.i	32.200	30.753	Acierto
47	a.22.i	32.700	29.286	Acierto

Fuente: LCA FLAR 2015

* No acierto: son los que se consideran críticos.

En la Tabla 9 se muestra un análisis detallado, considerando el total de no aciertos y aparte el de no aciertos críticos, además se presenta un pronóstico del comportamiento del número de muestras total/año, permitiendo estimar que al utilizar esta ecuación se puede caracterizar con buena precisión 17.021 muestras año de un total de 20.000 muestras por año. Desde otra óptica, si solo se tiene en cuenta el porcentaje de no aciertos críticos, la selección de material de aceptable incrementaría a 17.872.

Tabla 9. Porcentaje de aciertos y no aciertos y relación de la predicción anual del número total de muestras por año

Porcentaje		**Fórmula para relación de 20000/año**	
No aciertos	**Aciertos**		
14,89%	83,0%	7 no aciertos/muestras año	17021
0,63%	87,20%	5 no aciertos críticos/muestras año	17872

Fuente: LCA FLAR 2015

Por otro lado, también se hizo la determinación de % error; donde la ecuación para esta determinación es %*errores=aciertos/errores*. Reemplazando la ecuación se obtiene: %errores= 40/7=5,71. Es decir que 5,71% es considerado el porcentaje de error obtenido en esta ecuación Y un 94,3% es el valor porcentual de datos óptimos.

3.5 Relación por tiempo y costo en la optimización de la evaluación del contenido de amilosa en el arroz.

De acuerdo con los resultados, se realizó un análisis para determinar si evaluar el contenido de amilosa con la ecuación 2inte.eqa requiere de menor tiempo, y costo necesario para determinar amilosa en harina de arroz.

3.5.1 Relación del tiempo demandado en el análisis del contenido de amilosa desde la preparación de la muestra por medio de la técnica NIRS.

Los Cuadros 4 y 5, permiten comparar la diferencia en el tiempo demandado entre la determinación de contenido de amilosa con muestras en harina de arroz y muestras con arroz integral. Donde, se puede considerar 1’30” (un minuto, treinta segundos) como la

diferencia en tiempo entre los dos métodos. Evaluar el contenido de amilosa, utilizando muestras de harina de arroz requiere de 5'00" (minutos) por muestras y desarrollar el mismo análisis utilizando muestras con arroz integral requiere de 3'30" (tres minutos, treinta segundos). Considerando que para las 20.000 muestras /año el tiempo de análisis requerido desde la preparación de la muestra en harina es de 10 meses y 4 días, lo que equivale a 208 días hábiles. A diferencia de utilizar muestras con arroz integral, que equivale a siete meses y tres días, es decir, aproximadamente 146 días hábiles.

Cuadro 4. Tiempo requerido para evaluar contenido de amilosa con harina de arroz utilizando la técnica NIRS

Información General	Descascarado y pulido	Pulverizado	Tratamiento de la muestra	Análisis Muestra	Tiempo total (min)
	Molino Suzuki	**Molino Cylon**	**Limpieza manejo**	**NIR**	
Horas laborales	8	8	8	8	--------
Muestras/día	600	400	400	260	--------
Días trabajados mes	20	20	20	20	--------
#muestras año	20000	20000	20000	20000	--------
# muestras mes	12000	8000	8000	5200	--------
Horas mes	160	160	160	160	--------
Horas requeridas en 20000 muestras/ año	267	400	400	615	--------
Minutos requeridos por 20000 muestra/año	16000	24000	24000	36923	--------
tiempo minutos / muestra	**0,8**	**1,2**	**1,20**	**1,85**	**5,0**

Fuente: LCA FLAR 2015

Cuadro 5. Tiempo requerido para evaluar contenido de amilosa con arroz integral utilizando la técnica NIRS

Información General	Descascarado y pulido	Pulverizado	Tratamiento de la muestra	Análisis Muestra	Tiempo total (min)
	Molino Suzuki	**Molino Cylon**	**Limpieza manejo**	**NIR**	
Horas laborales	8	0	8	8	--------
Muestras/día	1000	0	400	260	--------
Días trabajados mes	20	0	20	20	--------
#muestras año	20000	0	20000	20000	--------
# muestras mes	20000	0	8000	5200	--------
Horas mes	160	0	160	160	--------
Horas requeridas en 20000 muestras/ año	160	0	400	615	--------
Minutos requeridos para 20000/año	9600	0	24000	36923	--------
tiempo minutos / muestra	**0,48**	**0**	**1,85**	**1,20**	**3,5**

Fuente: LCA FLAR 2015

3.5.2 Costo demandado en el análisis del contenido de amilosa desde la preparación de la muestra por medio de la técnica NIRS.

El Cuadro 6 y 7, presentan la relación del costo de una muestra utilizando las dos metodologías; evaluación de amilosa con muestras en harina de arroz y muestras con arroz integral. Donde al comparar los valores obtenidos se puede considerar que utilizar muestras en arroz integral reduce el costo en $710 pesos. Lo que indica que al llevar este valor a 20.000 muestras/año se encuentra una diferencia de $14,197.956 pesos. Lo anterior, considerando que evaluar 20.000 muestras con harina de arroz pulido tiene un costos total de $ 52,416,823 pesos y realizar el mismo análisis utilizando muestras con arroz integral tiene un valor total de $ 38,218,867 pesos.

Cuadro 6. Costo total de la muestra, utilizando el método NIR con muestras en harina de arroz pulido

Información General		costo/mes	costo/día	costo/hora	costo/minuto	costo/muestra
NIR/5 años	$ 60,000,000	$1,000,000	$ 50,000	$ 6,250	$ 104	$ 625
Salario de 3 personas/diferentes procesos	$ 9,800,250	$675,013	$ 33,751	$ 4,219	$ 70	$ 422
Molino pulverizador/5 años	$ 7,000,000	$116,667	$ 5,833	$ 729	$ 12	$ 73
Molino Suzuki/5 años	$ 10,000,000	$116,667	$ 5,833	$ 729	$ 12	$ 73
Computador/5años	$ 3,000,000	$50,000	$ 2,500	$ 313	$ 5	$ 31
Mantenimiento NIR/año	$ 3,300,000	$275,000	$ 13,750	$ 1,719	$ 29	$ 172
Área (m2)/mes	$ 1,960,000	$1,960,000	$ 98,000	$ 12,250	$ 204	$ 1,225
Costos total de la muestra						**$ 2,621**

Fuente: LCA FLAR 2015

Cuadro 7. Costo total de la muestra, utilizando el método NIR con muestras arroz integral

Información General		costo/mes	costo/día	costo/hora	costo/minuto	costo/muestra
NIR/5 años	$ 60,000,000	$ 1,000,000	$ 50,000	$ 6,250	$ 104	$ 469
Salario de 3 personas/diferentes procesos	$ 9,800,250	$ 675,013	$ 33,751	$ 4,218.83	$ 70	$ 316.41
Molino pulverizador/5 años	$ 7,000,000	--------	--------	--------	--------	--------
Molino Suzuki/5 años	$ 10,000,000	$ 116,667	$ 5,833	$ 729	$ 12	$ 55
Computador/5años	$ 3,000,000	$ 50,000	$ 2,500	$ 313	$ 5	$ 23
Mantenimiento NIR/año	$ 3,300,000	$ 275,000	$ 3,750	$ 1,719	$ 29	$ 129
Área (m2)/mes	$ 1,960,000	$ 960,000	$ 98,000	$ 12,250	$ 204	$ 919
Costos total de la muestra						**$ 1,911**

Fuente: LCA FLAR 2015

3.5.3 Tiempo y costo de evaluación del contenido de amilosa en generaciones tempranas con arroz integral, y en harina de arroz en líneas avanzadas.

La Tabla 10, muestra la relación año /tiempo demandado y año/ costo requerido, considerando evaluar 15.000 materiales desde F3 hasta F6 con arroz integral, y las 5.000 muestras restantes con harina de arroz. Esto, considerando que la ecuación con harina de arroz, permite mayor precisión, lo cual es conveniente en los materiales promisorios.

Tabla 10. Relación de tiempo y costo para evaluar el contenido de amilosa empleando los dos modelos matemáticos: arroz integral, y harina de arroz.

Tiempo y Costo requerido para evaluar amilosa /año		
	Tiempo (mes/año)	Costos (pesos)
Harina de Arroz	2.6	$ 13,104,205.73
Arroz Integral	5.46	$ 28,664,150.39
Sumatoria total	8,0	$ 41,768,356,12

El tiempo y costo total obtenido en la Tabla 10 y llevando a cabo una comparación con los resultados del Cuadro 4 y 6 se puede establecer que sigue siendo menor en tiempo y económicamente más rentable utilizar los dos modelos matemáticos conforme al avance generacional de la muestra a evaluar.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Con los resultados obtenidos se puede optimizar el proceso de evaluación del contenido de amilosa en el laboratorio de calidad de arroz. Es posible cuantificar el contenido de amilosa en arroz integral con un $R^2 \geq 0,63$, lo cual permite reducir el tiempo y costos de la preparación de las muestras.

- Se puede utilizar el modelo matemático encontrado para arroz integral, para evaluar líneas de arroz desde F3 hasta F6, con el 83% de aciertos. Las generaciones avanzadas se pueden evaluar con la ecuación matemática de harina de arroz, la cual tiene un R^2 de validación externa de 0.77.

- Se puede disminuir el tiempo de preparación de las muestras como se observa en los resultados obtenidos. Analizar 15.000 materiales provenientes de F3 hasta F6 y 5.000 provenientes de F7 y de líneas elites representan 48 días laborales menos, que cuando se analiza el 100% de las muestras con harina de arroz.

- Los resultados obtenidos, permiten demostrar que se observa una disminución en el costo de preparación de las muestras. Analizar 15.000 materiales provenientes de F3 hasta F6 y 5.000 provenientes de F7 y de líneas elites representa $10,648.466 de pesos menos, que cuando se analiza el 100% de las muestras con harina de arroz.

- Optimizando el proceso de preparación de la muestras, el laboratorio de calidad de arroz del FLAR y el CIAT puede prestar un mejor servicio a los fitomejoradores, molineros, industriales, semilleristas, socios del FLAR y demás integrantes de la cadena arrocera.

4.2 Recomendaciones

- Es necesario robustecer la ecuación en arroz integral 2inte.eqa que permita fortalecer el % de aciertos de acuerdo al criterio de selección del mejorador.

- Se deben realizar validaciones constantes de las ecuaciones (harina de arroz y arroz integral) con muestras internas y externos para verificar la confiabilidad a lo largo del tiempo.

- Se recomienda continuar con estudios en arroz paddy, donde se busquen alternativas que permitan mejorar la linealidad entre los espectros y los valores de referencia. Considerando que este estado del arroz es el más indicado que permite menor tiempo y costo de preparación de muestras.

A. Anexo: Clúster estadístico para calidad de arroz realizado en el año 2010, para selección poblacional.

09:35 Wednesday, March 10, 2010 1
CLUSTER (NOSQUARE) ANALYSIS CON ACP
The CLUSTER Procedure
Average Linkage Cluster Analysis
Root-Mean-Square Total-Sample Standard Deviation = 0.008128
Cluster History

NCL	--Clusters Joined---		FREQ	SPRSQ	RSQ	ERSQ	CCC	PSF	PST2	Dist	T Aver i e
232	S123	S177	2	0.0001	1.00	.	.	86.1	.	0.0058	
231	S045	S050	2	0.0001	1.00	.	.	64.7	.	0.0075	
230	S199	S230	2	0.0001	1.00	.	.	58.8	.	0.0077	
229	S008	S165	2	0.0001	1.00	.	.	56.3	.	0.0077	
228	S022	S086	2	0.0001	1.00	.	.	53.6	.	0.0082	
227	CL229	S109	3	0.0001	.999	.	.	50.9	1.3	0.0084	
226	S057	S175	2	0.0001	.999	.	.	49.4	.	0.0085	
225	S066	S163	2	0.0001	.999	.	.	48.3	.	0.0086	
224	S072	S081	2	0.0001	.999	.	.	47.5	.	0.0086	
223	S192	S221	2	0.0001	.999	.	.	46.6	.	0.0089	
222	S017	S147	2	0.0001	.999	.	.	45.6	.	0.0092	
221	S034	S162	2	0.0001	.999	.	.	44.8	.	0.0092	
220	S078	S115	2	0.0001	.999	.	.	44.1	.	0.0093	
219	S027	S093	2	0.0001	.999	.	.	43.5	.	0.0094	
218	S153	S161	2	0.0001	.998	.	.	42.9	.	0.0095	
217	S099	S107	2	0.0001	.998	.	.	42.3	.	0.0097	
216	CL221	S091	3	0.0001	.998	.	.	41.7	1.2	0.0097	
215	S037	S064	2	0.0001	.998	.	.	41.3	.	0.0098	
214	S136	S181	2	0.0001	.998	.	.	40.9	.	0.0098	
213	S003	S077	2	0.0001	.998	.	.	40.5	.	0.0099	
212	S183	S187	2	0.0001	.998	.	.	40.2	.	0.0099	
211	S056	S155	2	0.0002	.997	.	.	39.8	.	0.0102	
210	S015	S061	2	0.0002	.997	.	.	39.5	.	0.0102	
209	S070	S144	2	0.0002	.997	.	.	39.2	.	0.0103	
208	S009	S071	2	0.0002	.997	.	.	38.9	.	0.0103	
207	S040	S090	2	0.0002	.997	.	.	38.7	.	0.0104	
206	S126	S186	2	0.0002	.997	.	.	38.5	.	0.0104	
205	CL227	S079	4	0.0002	.996	.	.	37.8	2.1	0.0107	
204	S049	S145	2	0.0002	.996	.	.	37.5	.	0.0107	
203	S044	S151	2	0.0002	.996	.	.	37.4	.	0.0107	
202	S048	CL226	3	0.0002	.996	.	.	37.0	1.8	0.0108	
201	CL211	S157	3	0.0002	.996	.	.	36.7	1.2	0.0109	
200	S121	S128	2	0.0002	.995	.	.	36.6	.	0.0109	
199	S101	S116	2	0.0002	.995	.	.	36.4	.	0.0109	
198	S110	S138	2	0.0002	.995	.	.	36.3	.	0.0109	
197	CL225	S182	3	0.0002	.995	.	.	36.0	1.9	0.0109	

196	S013	S096	2	0.0002	.995	.	.	36.0	.	0.0109	
195	S075	S098	2	0.0002	.995	.	.	35.9	.	0.011	
194	S023	S036	2	0.0002	.994	.	.	35.8	.	0.0111	
193	S120	S154	2	0.0002	.994	.	.	35.7	.	0.0113	
192	S051	S117	2	0.0002	.994	.	.	35.7	.	0.0113	
191	CL205	S127	5	0.0002	.994	.	.	35.3	1.7	0.0113	
190	S172	S185	2	0.0002	.994	.	.	35.3	.	0.0113	
189	CL224	S169	3	0.0002	.993	.	.	35.1	2.0	0.0114	
188	S019	S026	2	0.0002	.993	.	.	35.0	.	0.0115	
187	S122	S143	2	0.0002	.993	.	.	35.0	.	0.0115	
186	S035	S180	2	0.0002	.993	.	.	34.9	.	0.0116	
185	S006	S028	2	0.0002	.993	.	.	34.9	.	0.0116	

09:35 Wednesday, March 10, 2010 2

CLUSTER (NOSQUARE) ANALYSIS CON ACP

The CLUSTER Procedure

Average Linkage Cluster Analysis

Cluster History

NCL	--Clusters Joined---		FREQ	SPRSQ	RSQ	Aver	T i ERSQ	CCC	PSF	PST2	Dist e
184	S088	S089	2	0.0002	.992	.	.	34.9	.	0.0117	
183	CL231	S176	3	0.0003	.992	.	.	34.6	3.0	0.0119	
182	S059	CL212	3	0.0002	.992	.	.	34.4	1.6	0.012	
181	S106	S189	2	0.0002	.992	.	.	34.4	.	0.012	
180	CL191	CL218	7	0.0003	.991	.	.	33.8	2.2	0.0121	
179	CL206	S167	3	0.0002	.991	.	.	33.7	1.5	0.0121	
178	S039	CL214	3	0.0003	.991	.	.	33.6	1.8	0.0122	
177	S016	CL228	3	0.0003	.991	.	.	33.4	2.7	0.0124	
176	S010	S108	2	0.0002	.990	.	.	33.4	.	0.0125	
175	S002	CL210	3	0.0003	.990	.	.	33.2	1.7	0.0125	
174	CL204	S083	3	0.0003	.990	.	.	33.1	1.6	0.0126	
173	CL183	S159	4	0.0003	.990	.	.	33.0	1.6	0.0126	
172	CL209	CL187	4	0.0003	.989	.	.	32.8	1.7	0.0126	
171	CL193	S184	3	0.0003	.989	.	.	32.7	1.4	0.0127	
170	CL219	S152	3	0.0003	.989	.	.	32.6	2.1	0.0127	
169	CL216	S131	4	0.0003	.988	.	.	32.5	2.2	0.0127	
168	S063	S073	2	0.0002	.988	.	.	32.5	.	0.0127	
167	CL215	CL202	5	0.0004	.988	.	.	32.1	2.6	0.0128	
166	CL213	S125	3	0.0003	.987	.	.	32.1	2.0	0.0129	
165	CL203	CL181	4	0.0003	.987	.	.	31.9	1.6	0.013	
164	S094	CL217	3	0.0003	.987	.	.	31.9	2.1	0.0131	
163	S103	S130	2	0.0003	.987	.	.	31.9	.	0.0131	
162	S052	S068	2	0.0003	.986	.	.	31.9	.	0.0131	
161	CL208	CL220	4	0.0004	.986	.	.	31.7	2.7	0.0132	
160	S200	S202	2	0.0003	.986	.	.	31.7	.	0.0132	
159	S005	S046	2	0.0003	.985	.	.	31.8	.	0.0133	
158	CL186	CL197	5	0.0004	.985	.	.	31.5	2.3	0.0133	
157	S074	S134	2	0.0003	.985	.	.	31.6	.	0.0134	
156	S193	S197	2	0.0003	.985	.	.	31.6	.	0.0134	
155	S001	S105	2	0.0003	.984	.	.	31.7	.	0.0135	
154	CL222	S114	3	0.0003	.984	.	.	31.7	2.5	0.0135	
153	CL184	S142	3	0.0003	.984	.	.	31.7	1.5	0.0135	
152	CL189	S141	4	0.0003	.983	.	.	31.6	2.0	0.0135	
151	S076	CL200	3	0.0003	.983	.	.	31.6	1.7	0.0136	
150	S032	S137	2	0.0003	.983	.	.	31.7	.	0.0136	
149	S113	S132	2	0.0003	.982	.	.	31.8	.	0.0138	
148	CL196	CL198	4	0.0004	.982	.	.	31.6	2.3	0.0139	
147	S087	S133	2	0.0003	.982	.	.	31.7	.	0.014	
146	CL151	S124	4	0.0003	.981	.	.	31.7	1.3	0.0141	
145	S231	S232	2	0.0003	.981	.	.	31.8	.	0.0144	
144	CL159	S149	3	0.0003	.981	.	.	31.8	1.2	0.0145	
143	CL207	CL174	5	0.0005	.980	.	.	31.6	2.5	0.0146	
142	S080	S097	2	0.0003	.980	.	.	31.6	.	0.0147	
141	CL180	S119	8	0.0004	.980	.	.	31.5	2.4	0.0148	
140	CL176	S085	3	0.0004	.979	.	.	31.5	1.6	0.0148	
139	S058	S112	2	0.0003	.979	.	.	31.6	.	0.0148	
138	CL169	CL179	7	0.0007	.978	.	.	31.1	3.6	0.0149	
137	S065	S100	2	0.0003	.978	.	.	31.1	.	0.015	
136	CL167	CL165	9	0.0008	.977	.	.	30.5	3.7	0.0152	

135	CL150	S156	3	0.0004	.977	.	.	30.6	1.3	0.0152	
134	S118	S166	2	0.0003	.976	.	.	30.7	.	0.0153	

09:35 Wednesday, March 10, 2010 3

CLUSTER (NOSQUARE) ANALYSIS CON ACP

The CLUSTER Procedure

Average Linkage Cluster Analysis

Cluster History

NCL	--Clusters Joined---		FREQ	SPRSQ	RSQ	Aver ERSQ	CCC	PSF	PST2	Dist	T i e
133	CL175	CL141	11	0.0008	.975	.	.	30.1	3.7	0.0153	
132	CL144	S102	4	0.0004	.975	.	.	30.2	1.3	0.0154	
131	S082	CL190	3	0.0004	.975	.	.	30.2	2.2	0.0156	
130	S018	CL170	4	0.0005	.974	.	.	30.2	2.3	0.0157	
129	CL178	CL182	6	0.0007	.973	.	.	29.8	3.8	0.0158	
128	CL177	S139	4	0.0005	.973	.	.	29.8	2.5	0.0158	
127	CL139	S111	3	0.0004	.973	.	.	29.9	1.2	0.0158	
126	S191	S223	2	0.0004	.972	.	.	30.0	.	0.0158	
125	CL156	S194	3	0.0004	.972	.	.	30.1	1.5	0.0159	
124	CL155	CL199	4	0.0005	.971	.	.	30.0	2.5	0.0159	
123	S020	CL158	6	0.0005	.971	.	.	30.0	2.1	0.016	
122	CL148	CL143	9	0.0009	.970	.	.	29.6	3.3	0.0161	
121	CL133	CL166	14	0.0009	.969	.	.	29.2	3.4	0.0161	
120	CL164	S188	4	0.0005	.969	.	.	29.2	2.2	0.0162	
119	CL185	CL153	5	0.0006	.968	.	.	29.2	2.7	0.0162	
118	CL129	S092	7	0.0005	.967	.	.	29.2	1.6	0.0163	
117	CL130	CL147	6	0.0006	.967	.	.	29.2	2.0	0.0163	
116	CL161	CL168	6	0.0007	.966	.	.	29.1	3.1	0.0164	
115	CL138	CL171	10	0.0009	.965	.	.	28.8	3.4	0.0164	
114	S060	CL172	5	0.0005	.965	.	.	28.8	2.4	0.0165	
113	S011	S025	2	0.0004	.964	.	.	29.0	.	0.0165	
112	S104	S190	2	0.0004	.964	.	.	29.1	.	0.0165	
111	S164	S171	2	0.0004	.964	.	.	29.3	.	0.0165	
110	CL118	CL146	11	0.0010	.963	.	.	29.0	3.1	0.0168	
109	CL194	S047	3	0.0005	.962	.	.	29.1	2.8	0.0168	
108	S041	S069	2	0.0004	.962	.	.	29.3	.	0.0169	
107	CL192	CL127	5	0.0007	.961	.	.	29.3	2.2	0.017	
106	CL121	CL173	18	0.0014	.960	.	.	28.7	4.6	0.0171	
105	S067	CL163	3	0.0005	.959	.	.	28.9	2.0	0.0173	
104	CL232	S178	3	0.0006	.959	.	.	28.9	11.6	0.0174	
103	CL154	S033	4	0.0006	.958	.	.	29.0	2.6	0.0175	
102	CL124	CL116	10	0.0010	.957	.	.	28.8	3.1	0.0175	
101	CL123	CL131	9	0.0010	.956	.	.	28.6	3.6	0.0175	
100	S053	CL120	5	0.0006	.955	.	.	28.7	1.9	0.0177	
99	CL115	CL136	19	0.0019	.953	.	.	28.0	6.0	0.0177	
98	CL152	S168	5	0.0006	.953	.	.	28.1	2.8	0.0177	
97	S054	CL114	6	0.0006	.952	.	.	28.2	2.0	0.0177	
96	S014	S031	2	0.0005	.952	.	.	28.5	.	0.0179	
95	CL140	CL117	9	0.0010	.951	.	.	28.3	3.0	0.0181	
94	S219	S228	2	0.0005	.950	.	.	28.6	.	0.0183	
93	S215	S224	2	0.0005	.950	.	.	28.8	.	0.0183	
92	CL103	CL157	6	0.0008	.949	.	.	28.8	2.6	0.0183	
91	S021	S150	2	0.0005	.948	.	.	29.0	.	0.0184	
90	CL188	CL110	13	0.0010	.947	.	.	29.0	2.8	0.0185	
89	CL101	CL98	14	0.0016	.946	.	.	28.6	4.5	0.0188	
88	CL106	CL122	27	0.0027	.943	.	.	27.6	7.7	0.0188	
87	S198	CL160	3	0.0007	.942	.	.	27.8	2.6	0.019	
86	CL105	CL142	5	0.0009	.942	.	.	27.9	2.4	0.0195	
85	CL89	CL104	17	0.0013	.940	.	.	27.7	3.0	0.0196	
84	S038	S196	2	0.0006	.940	.	.	28.0	.	0.0196	
83	CL119	S135	6	0.0008	.939	.	.	28.1	2.4	0.0199	

09:35 Wednesday, March 10, 2010 4

CLUSTER (NOSQUARE) ANALYSIS CON ACP

The CLUSTER Procedure

Average Linkage Cluster Analysis

Cluster History

T

NCL	--Clusters Joined---		FREQ	SPRSQ	RSQ	Aver ERSQ	i CCC	PSF	PST2	Dist	e
82	CL109	CL135	6	0.0012	.938	.	.	28.1	3.5	0.0201	
81	CL95	CL201	12	0.0017	.936	.	.	27.8	4.6	0.0202	
80	CL128	S029	5	0.0008	.935	.	.	27.9	3.0	0.0203	
79	CL195	CL112	4	0.0010	.934	.	.	28.0	3.3	0.0204	
78	CL91	CL162	4	0.0009	.933	.	.	28.2	2.4	0.0206	
77	CL92	CL149	8	0.0012	.932	.	.	28.2	3.0	0.0206	
76	CL132	CL125	7	0.0014	.931	.	.	28.1	4.3	0.0207	
75	CL93	S217	3	0.0007	.930	.	.	28.4	1.4	0.0207	
74	S170	CL94	3	0.0007	.929	.	.	28.6	1.4	0.0207	
73	S062	S179	2	0.0006	.929	.	.	28.9	.	0.0208	
72	CL102	CL88	37	0.0041	.925	.	.	27.8	9.5	0.0209	
71	CL82	CL99	25	0.0027	.922	.	.	27.3	6.3	0.0211	
70	CL80	S024	6	0.0008	.921	.	.	27.6	2.0	0.0211	
69	CL100	CL137	7	0.0013	.920	.	.	27.6	3.6	0.0212	
68	CL83	CL90	19	0.0027	.917	.	.	27.2	6.5	0.0213	
67	S201	S233	2	0.0007	.916	.	.	27.5	.	0.0216	
66	S004	S158	2	0.0007	.916	.	.	27.9	.	0.0218	
65	S148	CL111	3	0.0009	.915	.	.	28.2	2.1	0.0218	
64	S055	S140	2	0.0007	.914	.	.	28.5	.	0.0221	
63	S205	S225	2	0.0007	.913	.	.	28.9	.	0.0224	
62	CL96	S043	3	0.0009	.912	.	.	29.2	1.9	0.0228	
61	CL77	CL86	13	0.0024	.910	.	.	29.0	4.9	0.023	
60	CL72	CL79	41	0.0026	.907	.	.	28.7	4.9	0.0231	
59	CL61	CL107	18	0.0027	.905	.	.	28.5	4.6	0.0234	
58	CL81	CL69	19	0.0037	.901	.	.	27.9	7.5	0.0235	
57	CL78	CL108	6	0.0014	.899	.	.	28.1	2.7	0.0237	
56	CL74	CL126	5	0.0014	.898	.	.	28.4	2.6	0.0238	
55	CL87	S203	4	0.0011	.897	.	.	28.7	2.4	0.0239	
54	CL62	CL97	9	0.0020	.895	.	.	28.8	4.5	0.0241	
53	CL84	S160	3	0.0010	.894	.	.	29.2	1.8	0.0243	
52	CL60	CL66	43	0.0018	.892	.	.	29.4	3.0	0.0247	
51	S007	CL70	7	0.0012	.891	.	.	29.7	2.4	0.0248	
50	CL75	S226	4	0.0011	.890	.	.	30.2	1.8	0.0249	
49	S208	S222	2	0.0009	.889	.	.	30.7	.	0.025	
48	CL76	CL73	9	0.0020	.887	.	.	30.9	3.8	0.0258	
47	CL59	CL71	43	0.0098	.877	.	.	28.8	16.3	0.0259	
46	CL52	CL68	62	0.0134	.864	.883	-4.6	26.3	22.5	0.0261	
45	CL46	CL51	69	0.0054	.858	.881	-5.3	25.9	6.8	0.0263	
44	CL55	CL230	6	0.0021	.856	.879	-5.3	26.2	3.9	0.0265	
43	CL58	S030	20	0.0014	.855	.877	-5.1	26.6	2.1	0.0266	
42	CL67	CL145	4	0.0017	.853	.875	-4.5	27.1	3.4	0.0272	
41	CL113	S012	3	0.0013	.852	.872	-4.3	27.6	3.3	0.0272	
40	CL43	CL85	37	0.0113	.840	.870	-5.9	26.1	18.4	0.0275	
39	CL57	S095	7	0.0015	.839	.868	-5.7	26.6	2.1	0.0275	
38	S213	S220	2	0.0011	.838	.866	-5.4	27.2	.	0.0276	
37	S209	S212	2	0.0012	.837	.863	-5.1	27.9	.	0.0281	
36	CL223	S206	3	0.0015	.835	.861	-4.9	28.5	13.1	0.0281	
35	CL45	CL47	112	0.0236	.811	.858	-8.3	25.1	28.1	0.0283	
34	CL54	CL134	11	0.0029	.809	.856	-8.2	25.5	4.7	0.0284	
33	S129	S173	2	0.0013	.807	.853	-7.9	26.2	.	0.0293	
32	CL56	S229	6	0.0018	.806	.851	-7.7	26.9	2.4	0.0293	

09:35 Wednesday, March 10, 2010 5

CLUSTER (NOSQUARE) ANALYSIS CON ACP

The CLUSTER Procedure

Average Linkage Cluster Analysis

Cluster History

NCL	--Clusters Joined---		FREQ	SPRSQ	RSQ	T Aver ERSQ	i CCC	PSF	PST2	Dist	e
31	S210	CL50	5	0.0017	.804	.848	-7.4	27.6	2.3	0.0299	
30	CL48	CL42	13	0.0044	.799	.845	-7.6	27.9	5.8	0.0309	
29	S084	S207	2	0.0015	.798	.842	-7.2	28.8	.	0.0316	
28	CL63	CL37	4	0.0020	.796	.839	-7.0	29.6	2.1	0.0316	
27	CL34	CL65	14	0.0049	.791	.835	-7.1	30.0	6.1	0.0322	
26	CL40	CL64	39	0.0040	.787	.832	-7.1	30.6	4.4	0.0331	
25	S195	CL44	7	0.0023	.785	.828	-6.9	31.6	2.7	0.0335	

24	CL29	S218	3	0.0018	.783	.825	-6.5	32.8	1.2	0.0341
23	CL35	CL39	119	0.0133	.770	.821	-7.7	31.9	12.8	0.0347
22	CL41	CL33	5	0.0029	.767	.817	-7.4	33.0	2.9	0.0347
21	CL36	CL31	8	0.0043	.762	.813	-7.4	34.0	4.6	0.0349
20	CL26	CL53	42	0.0069	.755	.808	-7.6	34.6	7.0	0.0354
19	CL23	CL20	161	0.0638	.692	.803	-14	26.7	56.1	0.0365
18	CL30	CL32	19	0.0104	.681	.798	-14	27.0	10.1	0.0373
17	CL22	S174	6	0.0027	.679	.793	-14	28.5	1.8	0.0375
16	S211	CL38	3	0.0026	.676	.787	-14	30.2	2.3	0.0385
15	CL18	CL49	21	0.0052	.671	.781	-13	31.7	3.4	0.039
14	S042	S204	2	0.0023	.668	.775	-13	34.0	.	0.0395
13	CL21	CL25	15	0.0108	.658	.767	-13	35.2	8.5	0.0407
12	CL19	CL27	175	0.0414	.616	.759	-14	32.3	27.7	0.0423
11	CL15	CL13	36	0.0264	.590	.751	-15	31.9	14.6	0.045
10	CL12	S146	176	0.0046	.585	.741	-15	35.0	2.7	0.0459
9	CL10	CL17	182	0.0230	.562	.729	-15	36.0	13.2	0.0472
8	CL28	CL16	7	0.0084	.554	.716	-15	39.9	5.5	0.0473
7	CL14	CL24	5	0.0073	.547	.701	-14	45.4	3.9	0.0525
6	S214	S216	2	0.0044	.542	.682	-12	53.8	.	0.0543
5	CL9	CL11	218	0.1925	.350	.657	-16	30.6	98.0	0.057
4	CL8	S227	8	0.0085	.341	.623	-15	39.5	3.2	0.0625
3	CL5	CL7	223	0.0343	.307	.566	-14	50.9	12.0	0.0635
2	CL4	CL6	10	0.0207	.286	.453	-7.4	92.6	5.7	0.0758
1	CL3	CL2	233	0.2862	.000	.000	0.00	.	92.6	0.1083

09:35 Wednesday, March 10, 2010 6

CLUSTER (NOSQUARE) ANALYSIS CON ACP

The TREE Procedure

Average Linkage Cluster Analysis

Name of Observation or Cluster

S S S

28	S163	0.3148	-0.3964	-0.0820	
29	S168	0.3217	-0.3926	-0.0681	
30	S169	0.3178	-0.3920	-0.0793	
31	S172	0.3135	-0.3916	-0.0834	
32	S177	0.3289	-0.4050	-0.0860	
33	S178	0.3259	-0.3985	-0.0844	
34	S180	0.3163	-0.4009	-0.0786	
35	S182	0.3203	-0.3966	-0.0815	
36	S185	0.3149	-0.3944	-0.0795	
37	S188	0.2985	-0.4023	-0.0633	

---------- CLUSTER=2 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
38	S001	0.3407	-0.4138	-0.0738	IJ
39	S002	0.3302	-0.4047	-0.0761	IJ
40	S003	0.3297	-0.4082	-0.0743	I
41	S004	0.3347	-0.4174	-0.0704	I
42	S006	0.3370	-0.4179	-0.0885	I
43	S007	0.3430	-0.4026	-0.0719	IJ
44	S008	0.3335	-0.4081	-0.0820	IJ
45	S009	0.3422	-0.4108	-0.0772	JTR
46	S013	0.3233	-0.4085	-0.0770	I
47	S015	0.3326	-0.4025	-0.0745	I
48	S016	0.3333	-0.4156	-0.0633	IJ
49	S017	0.3381	-0.4321	-0.0799	IJ
50	S019	0.3327	-0.4171	-0.0781	I
51	S022	0.3283	-0.4144	-0.0704	I
52	S023	0.2978	-0.4106	-0.0852	I
53	S024	0.3183	-0.4081	-0.0712	IJ
54	S026	0.3326	-0.4208	-0.0850	I
55	S028	0.3330	-0.4124	-0.0929	I
56	S029	0.3328	-0.4050	-0.0651	JTR
57	S032	0.3128	-0.4188	-0.0887	I
58	S033	0.3272	-0.4310	-0.0803	IJ
59	S034	0.3206	-0.4125	-0.0724	I
60	S036	0.3066	-0.4123	-0.0814	I
61	S037	0.3201	-0.4210	-0.0768	IJ
62	S039	0.3331	-0.4253	-0.0836	IJ

09:35 Wednesday, March 10, 2010 27

CLUSTER (NOSQUARE) ANALISIS CON ACP

---------- CLUSTER=2 ----------

(continued)

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
63	S040	0.3281	-0.4130	-0.0708	IJ
64	S044	0.3261	-0.4193	-0.0793	IJ
65	S045	0.3355	-0.3954	-0.0738	I
66	S047	0.3048	-0.4216	-0.0829	
67	S048	0.3133	-0.4269	-0.0808	I
68	S049	0.3269	-0.4110	-0.0745	IJ
69	S050	0.3349	-0.3940	-0.0708	I
70	S051	0.3052	-0.4340	-0.0760	I
71	S057	0.3196	-0.4228	-0.0839	I
72	S058	0.3191	-0.4318	-0.0746	I
73	S059	0.3230	-0.4274	-0.0768	I
74	S061	0.3301	-0.4063	-0.0734	I
75	S063	0.3443	-0.4202	-0.0648	I
76	S064	0.3208	-0.4180	-0.0800	IJ
77	S067	0.3286	-0.4276	-0.0637	JTR
78	S071	0.3412	-0.4162	-0.0768	I
79	S073	0.3407	-0.4144	-0.0718	IJ
80	S074	0.3278	-0.4215	-0.0794	I
81	S075	0.3315	-0.4049	-0.0734	I
82	S076	0.3211	-0.4188	-0.0805	I
83	S077	0.3302	-0.4120	-0.0736	I
84	S078	0.3390	-0.4157	-0.0817	I
85	S079	0.3354	-0.4085	-0.0842	I
86	S080	0.3245	-0.4235	-0.0652	I
87	S083	0.3260	-0.4131	-0.0685	IJ
88	S086	0.3282	-0.4111	-0.0717	I
89	S088	0.3446	-0.4130	-0.0872	I

90	S089	0.3358	-0.4129	-0.0849	I
91	S090	0.3297	-0.4105	-0.0705	I
92	S091	0.3180	-0.4154	-0.0748	I
93	S092	0.3302	-0.4267	-0.0806	I
94	S096	0.3247	-0.4093	-0.0689	JTR
95	S097	0.3208	-0.4177	-0.0597	JTR
96	S098	0.3352	-0.4129	-0.0753	FTR
97	S101	0.3365	-0.4192	-0.0782	IJ
98	S103	0.3288	-0.4199	-0.0672	IJ
99	S104	0.3479	-0.4061	-0.0796	I
100	S105	0.3317	-0.4160	-0.0788	IJ
101	S106	0.3265	-0.4134	-0.0786	IJ
102	S109	0.3328	-0.4080	-0.0783	IJ
103	S110	0.3270	-0.4102	-0.0745	I
104	S111	0.3203	-0.4343	-0.0777	
105	S112	0.3229	-0.4303	-0.0764	
106	S113	0.3250	-0.4213	-0.0778	IJ
107	S114	0.3361	-0.4330	-0.0706	IJ
108	S115	0.3433	-0.4172	-0.0790	IJ
109	S116	0.3332	-0.4241	-0.0740	IJ
110	S117	0.3117	-0.4361	-0.0745	IJ
111	S119	0.3273	-0.4014	-0.0845	I
112	S120	0.3175	-0.4163	-0.0705	IJ
113	S121	0.3234	-0.4190	-0.0840	IJ
114	S124	0.3316	-0.4140	-0.0781	IJ
115	S125	0.3386	-0.4072	-0.0752	IJ
116	S126	0.3133	-0.4127	-0.0753	IJ
117	S127	0.3372	-0.4006	-0.0826	IJ
118	S128	0.3243	-0.4120	-0.0852	IJ
119	S130	0.3284	-0.4276	-0.0677	IJ
120	S131	0.3156	-0.4110	-0.0818	JTR
121	S132	0.3264	-0.4279	-0.0703	IJ
122	S134	0.3260	-0.4289	-0.0728	IJ
123	S135	0.3390	-0.4278	-0.0877	IJ
124	S136	0.3301	-0.4245	-0.0783	IJ
125	S137	0.3145	-0.4158	-0.0861	IJ
126	S138	0.3256	-0.4093	-0.0684	IJ
127	S139	0.3298	-0.4241	-0.0683	IJ
128	S142	0.3430	-0.4215	-0.0891	IJ
129	S145	0.3303	-0.4116	-0.0727	

09:35 Wednesday, March 10, 2010 28

CLUSTER (NOSQUARE) ANALISIS CON ACP

---------- CLUSTER=2 ----------

(continued)

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
130	S147	0.3347	-0.4283	-0.0761	I
131	S151	0.3250	-0.4240	-0.0816	I
132	S153	0.3360	-0.4097	-0.0791	
133	S154	0.3091	-0.4144	-0.0699	
134	S156	0.3163	-0.4177	-0.0923	
135	S158	0.3286	-0.4095	-0.0585	
136	S159	0.3313	-0.4000	-0.0730	
137	S161	0.3338	-0.4074	-0.0763	
138	S162	0.3173	-0.4095	-0.0730	
139	S165	0.3354	-0.4058	-0.0814	
140	S167	0.3088	-0.4169	-0.0754	
141	S175	0.3155	-0.4213	-0.0821	
142	S176	0.3376	-0.3956	-0.0756	
143	S181	0.3355	-0.4224	-0.0824	
144	S183	0.3184	-0.4296	-0.0820	
145	S184	0.3159	-0.4202	-0.0691	
146	S186	0.3062	-0.4169	-0.0777	
147	S187	0.3225	-0.4238	-0.0804	
148	S189	0.3200	-0.4146	-0.0803	
149	S190	0.3393	-0.4078	-0.0761	

---------- CLUSTER=3 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
150	S198	0.3923	-0.3892	-0.0905	

151	S199	0.3884	-0.3832	-0.0960	
152	S200	0.3758	-0.4020	-0.0849	
153	S202	0.3845	-0.3976	-0.0854	
154	S203	0.3697	-0.4009	-0.0845	
155	S230	0.3891	-0.3844	-0.0920	

---------- CLUSTER=4 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
156	S192	0.3963	-0.3848	-0.0825	
157	S206	0.3787	-0.3755	-0.0725	
158	S221	0.4007	-0.3866	-0.0800	

---------- CLUSTER=5 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
159	S014	0.2915	-0.4225	-0.0792	IJ
160	S031	0.3054	-0.4246	-0.0776	I
161	S043	0.3001	-0.4219	-0.0734	I
162	S054	0.2984	-0.4192	-0.0680	I
163	S060	0.2940	-0.4232	-0.0771	I
164	S070	0.2995	-0.4146	-0.0729	I
165	S118	0.2743	-0.4241	-0.0602	IJ
166	S122	0.3042	-0.4220	-0.0639	I
167	S143	0.2960	-0.4216	-0.0659	
168	S144	0.3008	-0.4205	-0.0733	
169	S166	0.2855	-0.4216	-0.0630	

---------- CLUSTER=6 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3

09:35 Wednesday, March 10, 2010 29

CLUSTER (NOSQUARE) ANALISIS CON ACP

---------- CLUSTER=6 ----------

(continued)

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
173	S068	0.3350	-0.4391	-0.0806	IJ
174	S069	0.3383	-0.4360	-0.0727	JTR
175	S095	0.3524	-0.4393	-0.0735	JTR
176	S150	0.3487	-0.4307	-0.0771	JTR

---------- CLUSTER=7 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
177	S005	0.3528	-0.4051	-0.0759	I
178	S046	0.3485	-0.3973	-0.0794	I
179	S062	0.3514	-0.4151	-0.0728	I
180	S102	0.3426	-0.3965	-0.0805	I
181	S149	0.3455	-0.3932	-0.0759	
182	S179	0.3665	-0.4105	-0.0797	
183	S193	0.3587	-0.3963	-0.0732	
184	S194	0.3530	-0.3880	-0.0840	
185	S197	0.3561	-0.3938	-0.0813	
186	S201	0.3695	-0.3860	-0.0813	
187	S231	0.3538	-0.3848	-0.0807	
188	S232	0.3562	-0.3888	-0.0714	
189	S233	0.3630	-0.3878	-0.0817	

---------- CLUSTER=8 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
190	S170	0.3378	-0.3966	-0.0585	
191	S191	0.3465	-0.4049	-0.0555	
192	S219	0.3498	-0.3887	-0.0579	
193	S223	0.3471	-0.4080	-0.0481	
194	S228	0.3492	-0.3954	-0.0565	
195	S229	0.3597	-0.4068	-0.0487	

---------- CLUSTER=9 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
196	S011	0.3228	-0.4344	-0.0667	JTR
197	S012	0.3156	-0.4565	-0.0533	JTR
198	S025	0.3216	-0.4399	-0.0618	JTR

---------- CLUSTER=10 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
199	S148	0.2928	-0.4142	-0.0588	
200	S164	0.2941	-0.4025	-0.0651	
201	S171	0.2898	-0.3912	-0.0685	

---------- CLUSTER=11 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
202	S210	0.3743	-0.4088	-0.0688	
203	S215	0.3758	-0.3866	-0.0665	
204	S217	0.3731	-0.3976	-0.0693	
205	S224	0.3771	-0.3939	-0.0547	
206	S226	0.3651	-0.3903	-0.0710	

09:35 Wednesday, March 10, 2010 30

CLUSTER (NOSQUARE) ANALISIS CON ACP

---------- CLUSTER=12 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
207	S038	0.3267	-0.3817	-0.0886	IJ
208	S160	0.3313	-0.3918	-0.0975	
209	S196	0.3401	-0.3771	-0.0818	

---------- CLUSTER=13 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
210	S055	0.2998	-0.3796	-0.0663	I
211	S140	0.3154	-0.3831	-0.0608	

---------- CLUSTER=14 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
212	S205	0.3980	-0.4028	-0.0769	
213	S225	0.4131	-0.4051	-0.0735	

---------- CLUSTER=15 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
214	S208	0.3527	-0.3960	-0.0660	
215	S222	0.3500	-0.3978	-0.0728	

---------- CLUSTER=16 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
216	S213	0.4275	-0.4376	-0.0694	
217	S220	0.4179	-0.4242	-0.0622	

---------- CLUSTER=17 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
218	S209	0.4125	-0.4216	-0.0686	
219	S212	0.4070	-0.4249	-0.0646	

---------- CLUSTER=18 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
220	S129	0.3445	-0.4452	-0.0510	JTR
221	S173	0.3395	-0.4354	-0.0507	

---------- CLUSTER=19 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
222	S084	0.3222	-0.3697	-0.0673	I

---------- CLUSTER=20 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
223	S207	0.3264	-0.3677	-0.0435	

09:35 Wednesday, March 10, 2010 31

CLUSTER (NOSQUARE) ANALISIS CON ACP

---------- CLUSTER=21 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
224	S195	0.3900	-0.4071	-0.0928	

---------- CLUSTER=22 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
225	S218	0.3458	-0.3692	-0.0593	

---------- CLUSTER=23 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
226	S174	0.3392	-0.4209	-0.0602	

---------- CLUSTER=24 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
227	S211	0.4520	-0.4409	-0.0664	

---------- CLUSTER=25 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
228	S042	0.3281	-0.3662	-0.0477	IJ

---------- CLUSTER=26 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
229	S204	0.3466	-0.3588	-0.0589	

---------- CLUSTER=27 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
230	S146	0.3158	-0.4031	-0.0410	JTR

---------- CLUSTER=28 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo

231	S214	0.4853	-0.4511	-0.0796

---------- CLUSTER=29 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
232	S216	0.4519	-0.4440	-0.0790	

---------- CLUSTER=30 ----------

Obs	sample	c1	c2	c3	acervo
233	S227	0.4076	-0.4030	-0.0576	

09:35 Wednesday, March 10, 2010 32

CLUSTER (NOSQUARE) ANALISIS CON ACP

The FREQ Procedure

CLUSTER	Frequency	Percent	Cumulative Frequency	Cumulative Percent
2	112	48.07	112	48.07
1	37	15.88	149	63.95
7	13	5.58	162	69.53
5	11	4.72	173	74.25
6	7	3.00	180	77.25
3	6	2.58	186	79.83
8	6	2.58	192	82.40
11	5	2.15	197	84.55
4	3	1.29	200	85.84
9	3	1.29	203	87.12
10	3	1.29	206	88.41
12	3	1.29	209	89.70
13	2	0.86	211	90.56
14	2	0.86	213	91.42
15	2	0.86	215	92.27
16	2	0.86	217	93.13
17	2	0.86	219	93.99
18	2	0.86	221	94.85
19	1	0.43	222	95.28
20	1	0.43	223	95.71
21	1	0.43	224	96.14
22	1	0.43	225	96.57
23	1	0.43	226	97.00
24	1	0.43	227	97.42
25	1	0.43	228	97.85
26	1	0.43	229	98.28
27	1	0.43	230	98.71
28	1	0.43	231	99.14
29	1	0.43	232	99.57
30	1	0.43	233	100.00

09:35 Wednesday, March 10, 2010 33

Obs	CLUSTER	sample	c1	c2	c3	acervo	orig	shapev	color
1	1	S010	0.3027	-0.4010	-0.0771	I	AMERICA	BALLON	BLUE
2	1	S018	0.3043	-0.3934	-0.0730	JTR	AMERICA	BALLON	LIME
3	1	S020	0.3162	-0.4027	-0.0911	I	AMERICA	BALLON	BLUE
4	1	S027	0.3077	-0.3993	-0.0763	I	AMERICA	BALLON	BLUE
5	1	S030	0.2851	-0.3949	-0.0790	I	AMERICA	BALLON	BLUE
6	1	S035	0.3135	-0.4072	-0.0821	I	AMERICA	BALLON	BLUE
7	1	S053	0.2946	-0.3987	-0.0712	I	AMERICA	BALLON	BLUE
8	1	S056	0.3050	-0.3981	-0.0893	I	AMERICA	BALLON	BLUE
9	1	S065	0.3133	-0.4031	-0.0698	I	AMERICA	BALLON	BLUE
10	1	S066	0.3185	-0.4000	-0.0812	I	AMERICA	BALLON	BLUE
11	1	S072	0.3231	-0.3919	-0.0768	I	AMERICA	BALLON	BLUE
12	1	S081	0.3274	-0.3931	-0.0788	I	AMERICA	BALLON	BLUE
13	1	S082	0.3092	-0.3973	-0.0768	I	AMERICA	BALLON	BLUE
14	1	S085	0.3106	-0.3975	-0.0871	I	AMERICA	BALLON	BLUE
15	1	S087	0.3032	-0.4079	-0.0732	I	AMERICA	BALLON	BLUE
16	1	S093	0.3087	-0.4032	-0.0774	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
17	1	S094	0.3057	-0.3980	-0.0727	I	AMERICA	BALLON	BLUE
18	1	S099	0.3018	-0.4021	-0.0735	I	AMERICA	BALLON	BLUE
19	1	S100	0.3191	-0.3959	-0.0745	I	AMERICA	BALLON	BLUE
20	1	S107	0.3071	-0.3982	-0.0731	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
21	1	S108	0.3067	-0.4046	-0.0828	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
22	1	S123	0.3270	-0.4029	-0.0866	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
23	1	S133	0.3032	-0.4006	-0.0784	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
24	1	S141	0.3279	-0.3948	-0.0754	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA

25	1	S152	0.3026	-0.4055	-0.0791		AMERICA	point	BLACK
26	1	S155	0.3034	-0.4028	-0.0898		AMERICA	point	BLACK
27	1	S157	0.3094	-0.4026	-0.0882		AMERICA	point	BLACK
28	1	S163	0.3148	-0.3964	-0.0820		AMERICA	point	BLACK
29	1	S168	0.3217	-0.3926	-0.0681		AMERICA	point	BLACK
30	1	S169	0.3178	-0.3920	-0.0793		AMERICA	point	BLACK
31	1	S172	0.3135	-0.3916	-0.0834		AMERICA	point	BLACK
32	1	S177	0.3289	-0.4050	-0.0860		AMERICA	point	BLACK
33	1	S178	0.3259	-0.3985	-0.0844		AMERICA	point	BLACK
34	1	S180	0.3163	-0.4009	-0.0786		AMERICA	point	BLACK
35	1	S182	0.3203	-0.3966	-0.0815		AMERICA	point	BLACK
36	1	S185	0.3149	-0.3944	-0.0795		AMERICA	point	BLACK
37	1	S188	0.2985	-0.4023	-0.0633		AMERICA	point	BLACK
38	2	S001	0.3407	-0.4138	-0.0738	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
39	2	S002	0.3302	-0.4047	-0.0761	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
40	2	S003	0.3297	-0.4082	-0.0743	I	AMERICA	BALLON	BLUE
41	2	S004	0.3347	-0.4174	-0.0704	I	AMERICA	BALLON	BLUE
42	2	S006	0.3370	-0.4179	-0.0885	I	AMERICA	BALLON	BLUE
43	2	S007	0.3430	-0.4026	-0.0719	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
44	2	S008	0.3335	-0.4081	-0.0820	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
45	2	S009	0.3422	-0.4108	-0.0772	JTR	AMERICA	BALLON	LIME
46	2	S013	0.3233	-0.4085	-0.0770	I	AMERICA	BALLON	BLUE
47	2	S015	0.3326	-0.4025	-0.0745	I	AMERICA	BALLON	BLUE
48	2	S016	0.3333	-0.4156	-0.0633	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
49	2	S017	0.3381	-0.4321	-0.0799	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
50	2	S019	0.3327	-0.4171	-0.0781	I	AMERICA	BALLON	BLUE
51	2	S022	0.3283	-0.4144	-0.0704	I	AMERICA	BALLON	BLUE
52	2	S023	0.2978	-0.4106	-0.0852	I	AMERICA	BALLON	BLUE
53	2	S024	0.3183	-0.4081	-0.0712	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
54	2	S026	0.3326	-0.4208	-0.0850	I	AMERICA	BALLON	BLUE
55	2	S028	0.3330	-0.4124	-0.0929	I	AMERICA	BALLON	BLUE
56	2	S029	0.3328	-0.4050	-0.0651	JTR	AMERICA	BALLON	LIME
57	2	S032	0.3128	-0.4188	-0.0887	I	AMERICA	BALLON	BLUE
58	2	S033	0.3272	-0.4310	-0.0803	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
59	2	S034	0.3206	-0.4125	-0.0724	I	AMERICA	BALLON	BLUE
60	2	S036	0.3066	-0.4123	-0.0814	I	AMERICA	BALLON	BLUE
61	2	S037	0.3201	-0.4210	-0.0768	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
62	2	S039	0.3331	-0.4253	-0.0836	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
63	2	S040	0.3281	-0.4130	-0.0708	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
64	2	S044	0.3261	-0.4193	-0.0793	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
65	2	S045	0.3355	-0.3954	-0.0738	I	AMERICA	BALLON	BLUE
66	2	S047	0.3048	-0.4216	-0.0829		AMERICA	point	BLACK
67	2	S048	0.3133	-0.4269	-0.0808	I	AMERICA	BALLON	BLUE
68	2	S049	0.3269	-0.4110	-0.0745	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
69	2	S050	0.3349	-0.3940	-0.0708	I	AMERICA	BALLON	BLUE
70	2	S051	0.3052	-0.4340	-0.0760	I	AMERICA	BALLON	BLUE

09:35 Wednesday, March 10, 2010 34

Obs	CLUSTER	sample	c1	c2	c3	acervo	orig	shapev	color
71	2	S057	0.3196	-0.4228	-0.0839	I	AMERICA	BALLON	BLUE
72	2	S058	0.3191	-0.4318	-0.0746	I	AMERICA	BALLON	BLUE
73	2	S059	0.3230	-0.4274	-0.0768	I	AMERICA	BALLON	BLUE
74	2	S061	0.3301	-0.4063	-0.0734	I	AMERICA	BALLON	BLUE
75	2	S063	0.3443	-0.4202	-0.0648	I	AMERICA	BALLON	BLUE
76	2	S064	0.3208	-0.4180	-0.0800	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
77	2	S067	0.3286	-0.4276	-0.0637	JTR	AMERICA	BALLON	LIME
78	2	S071	0.3412	-0.4162	-0.0768	I	AMERICA	BALLON	BLUE
79	2	S073	0.3407	-0.4144	-0.0718	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
80	2	S074	0.3278	-0.4215	-0.0794	I	AMERICA	BALLON	BLUE
81	2	S075	0.3315	-0.4049	-0.0734	I	AMERICA	BALLON	BLUE
82	2	S076	0.3211	-0.4188	-0.0805	I	AMERICA	BALLON	BLUE
83	2	S077	0.3302	-0.4120	-0.0736	I	AMERICA	BALLON	BLUE
84	2	S078	0.3390	-0.4157	-0.0817	I	AMERICA	BALLON	BLUE
85	2	S079	0.3354	-0.4085	-0.0842	I	AMERICA	BALLON	BLUE
86	2	S080	0.3245	-0.4235	-0.0652	I	AMERICA	BALLON	BLUE
87	2	S083	0.3260	-0.4131	-0.0685	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
88	2	S086	0.3282	-0.4111	-0.0717	I	AMERICA	BALLON	BLUE
89	2	S088	0.3446	-0.4130	-0.0872	I	AMERICA	BALLON	BLUE
90	2	S089	0.3358	-0.4129	-0.0849	I	AMERICA	BALLON	BLUE

91	2	S090	0.3297	-0.4105	-0.0705	I	AMERICA	BALLON	BLUE
92	2	S091	0.3180	-0.4154	-0.0748	I	AMERICA	BALLON	BLUE
93	2	S092	0.3302	-0.4267	-0.0806	I	AMERICA	BALLON	BLUE
94	2	S096	0.3247	-0.4093	-0.0689	JTR	AMERICA	BALLON	LIME
95	2	S097	0.3208	-0.4177	-0.0597	JTR	AMERICA	BALLON	LIME
96	2	S098	0.3352	-0.4129	-0.0753	FTR	AMERICA	point	BLACK
97	2	S101	0.3365	-0.4192	-0.0782	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
98	2	S103	0.3288	-0.4199	-0.0672	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
99	2	S104	0.3479	-0.4061	-0.0796	I	AMERICA	BALLON	BLUE
100	2	S105	0.3317	-0.4160	-0.0788	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
101	2	S106	0.3265	-0.4134	-0.0786	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
102	2	S109	0.3328	-0.4080	-0.0783	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
103	2	S110	0.3270	-0.4102	-0.0745	I	AMERICA	BALLON	BLUE
104	2	S111	0.3203	-0.4343	-0.0777		AMERICA	point	BLACK
105	2	S112	0.3229	-0.4303	-0.0764		AMERICA	point	BLACK
106	2	S113	0.3250	-0.4213	-0.0778	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
107	2	S114	0.3361	-0.4330	-0.0706	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
108	2	S115	0.3433	-0.4172	-0.0790	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
109	2	S116	0.3332	-0.4241	-0.0740	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
110	2	S117	0.3117	-0.4361	-0.0745	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
111	2	S119	0.3273	-0.4014	-0.0845	I	AMERICA	BALLON	BLUE
112	2	S120	0.3175	-0.4163	-0.0705	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
113	2	S121	0.3234	-0.4190	-0.0840	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
114	2	S124	0.3316	-0.4140	-0.0781	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
115	2	S125	0.3386	-0.4072	-0.0752	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
116	2	S126	0.3133	-0.4127	-0.0753	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
117	2	S127	0.3372	-0.4006	-0.0826	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
118	2	S128	0.3243	-0.4120	-0.0852	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
119	2	S130	0.3284	-0.4276	-0.0677	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
120	2	S131	0.3156	-0.4110	-0.0818	JTR	AMERICA	BALLON	LIME
121	2	S132	0.3264	-0.4279	-0.0703	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
122	2	S134	0.3260	-0.4289	-0.0728	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
123	2	S135	0.3390	-0.4278	-0.0877	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
124	2	S136	0.3301	-0.4245	-0.0783	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
125	2	S137	0.3145	-0.4158	-0.0861	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
126	2	S138	0.3256	-0.4093	-0.0684	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
127	2	S139	0.3298	-0.4241	-0.0683	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
128	2	S142	0.3430	-0.4215	-0.0891	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
129	2	S145	0.3303	-0.4116	-0.0727		AMERICA	point	BLACK
130	2	S147	0.3347	-0.4283	-0.0761	I	AMERICA	BALLON	BLUE
131	2	S151	0.3250	-0.4240	-0.0816	I	AMERICA	BALLON	BLUE
132	2	S153	0.3360	-0.4097	-0.0791		AMERICA	point	BLACK
133	2	S154	0.3091	-0.4144	-0.0699		AMERICA	point	BLACK
134	2	S156	0.3163	-0.4177	-0.0923		AMERICA	point	BLACK
135	2	S158	0.3286	-0.4095	-0.0585		AMERICA	point	BLACK
136	2	S159	0.3313	-0.4000	-0.0730		AMERICA	point	BLACK
137	2	S161	0.3338	-0.4074	-0.0763		AMERICA	point	BLACK
138	2	S162	0.3173	-0.4095	-0.0730		AMERICA	point	BLACK
139	2	S165	0.3354	-0.4058	-0.0814		AMERICA	point	BLACK
140	2	S167	0.3088	-0.4169	-0.0754		AMERICA	point	BLACK

09:35 Wednesday, March 10, 2010 35

Obs	CLUSTER	sample	c1	c2	c3	acervo	orig	shapev	color
141	2	S175	0.3155	-0.4213	-0.0821		AMERICA	point	BLACK
142	2	S176	0.3376	-0.3956	-0.0756		AMERICA	point	BLACK
143	2	S181	0.3355	-0.4224	-0.0824		AMERICA	point	BLACK
144	2	S183	0.3184	-0.4296	-0.0820		AMERICA	point	BLACK
145	2	S184	0.3159	-0.4202	-0.0691		AMERICA	point	BLACK
146	2	S186	0.3062	-0.4169	-0.0777		AMERICA	point	BLACK
147	2	S187	0.3225	-0.4238	-0.0804		AMERICA	point	BLACK
148	2	S189	0.3200	-0.4146	-0.0803		AMERICA	point	BLACK
149	2	S190	0.3393	-0.4078	-0.0761		AMERICA	point	BLACK
150	3	S198	0.3923	-0.3892	-0.0905		ASIA	point	BLACK
151	3	S199	0.3884	-0.3832	-0.0960		ASIA	point	BLACK
152	3	S200	0.3758	-0.4020	-0.0849		ASIA	point	BLACK
153	3	S202	0.3845	-0.3976	-0.0854		ASIA	point	BLACK
154	3	S203	0.3697	-0.4009	-0.0845		ASIA	point	BLACK
155	3	S230	0.3891	-0.3844	-0.0920		ASIA	point	BLACK
156	4	S192	0.3963	-0.3848	-0.0825		ASIA	point	BLACK
157	4	S206	0.3787	-0.3755	-0.0725		ASIA	point	BLACK

158	4	S221	0.4007	-0.3866	-0.0800		ASIA	point	BLACK
159	5	S014	0.2915	-0.4225	-0.0792	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
160	5	S031	0.3054	-0.4246	-0.0776	I	AMERICA	BALLON	BLUE
161	5	S043	0.3001	-0.4219	-0.0734	I	AMERICA	BALLON	BLUE
162	5	S054	0.2984	-0.4192	-0.0680	I	AMERICA	BALLON	BLUE
163	5	S060	0.2940	-0.4232	-0.0771	I	AMERICA	BALLON	BLUE
164	5	S070	0.2995	-0.4146	-0.0729	I	AMERICA	BALLON	BLUE
165	5	S118	0.2743	-0.4241	-0.0602	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
166	5	S122	0.3042	-0.4220	-0.0639	I	AMERICA	BALLON	BLUE
167	5	S143	0.2960	-0.4216	-0.0659		AMERICA	point	BLACK
168	5	S144	0.3008	-0.4205	-0.0733		AMERICA	point	BLACK
169	5	S166	0.2855	-0.4216	-0.0630		AMERICA	point	BLACK
170	6	S021	0.3479	-0.4262	-0.0779	I	AMERICA	BALLON	BLUE
171	6	S041	0.3402	-0.4251	-0.0817	I	AMERICA	BALLON	BLUE
172	6	S052	0.3428	-0.4334	-0.0848	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
173	6	S068	0.3350	-0.4391	-0.0806	IJ	AMERICA	BALLON	MAGENTA
174	6	S069	0.3383	-0.4360	-0.0727	JTR	AMERICA	BALLON	LIME
175	6	S095	0.3524	-0.4393	-0.0735	JTR	AMERICA	BALLON	LIME
176	6	S150	0.3487	-0.4307	-0.0771	JTR	AMERICA	BALLON	LIME
177	7	S005	0.3528	-0.4051	-0.0759	I	VAR_ASIA	HEART	BLUE
178	7	S046	0.3485	-0.3973	-0.0794	I	VAR_ASIA	HEART	BLUE
179	7	S062	0.3514	-0.4151	-0.0728	I	VAR_ASIA	HEART	BLUE
180	7	S102	0.3426	-0.3965	-0.0805	I	VAR_ASIA	HEART	BLUE
181	7	S149	0.3455	-0.3932	-0.0759		VAR_ASIA	point	BLACK
182	7	S179	0.3665	-0.4105	-0.0797		VAR_ASIA	point	BLACK
183	7	S193	0.3587	-0.3963	-0.0732		VAR_ASIA	point	BLACK
184	7	S194	0.3530	-0.3880	-0.0840		VAR_ASIA	point	BLACK
185	7	S197	0.3561	-0.3938	-0.0813		VAR_ASIA	point	BLACK
186	7	S201	0.3695	-0.3860	-0.0813		VAR_ASIA	point	BLACK
187	7	S231	0.3538	-0.3848	-0.0807		VAR_ASIA	point	BLACK
188	7	S232	0.3562	-0.3888	-0.0714		VAR_ASIA	point	BLACK
189	7	S233	0.3630	-0.3878	-0.0817		VAR_ASIA	point	BLACK
190	8	S170	0.3378	-0.3966	-0.0585		CF_ASIA	point	BLACK
191	8	S191	0.3465	-0.4049	-0.0555		CF_ASIA	point	BLACK
192	8	S219	0.3498	-0.3887	-0.0579		CF_ASIA	point	BLACK
193	8	S223	0.3471	-0.4080	-0.0481		CF_ASIA	point	BLACK
194	8	S228	0.3492	-0.3954	-0.0565		CF_ASIA	point	BLACK
195	8	S229	0.3597	-0.4068	-0.0487		CF_ASIA	point	BLACK
196	9	S011	0.3228	-0.4344	-0.0667	JTR	VAR_FLAR	FLAG	LIME
197	9	S012	0.3156	-0.4565	-0.0533	JTR	VAR_FLAR	FLAG	LIME
198	9	S025	0.3216	-0.4399	-0.0618	JTR	VAR_FLAR	FLAG	LIME
199	10	S148	0.2928	-0.4142	-0.0588		VAR_FLAR	point	BLACK
200	10	S164	0.2941	-0.4025	-0.0651		VAR_FLAR	point	BLACK
201	10	S171	0.2898	-0.3912	-0.0685		VAR_FLAR	point	BLACK
202	11	S210	0.3743	-0.4088	-0.0688		ASIA	point	BLACK
203	11	S215	0.3758	-0.3866	-0.0665		ASIA	point	BLACK
204	11	S217	0.3731	-0.3976	-0.0693		ASIA	point	BLACK
205	11	S224	0.3771	-0.3939	-0.0547		ASIA	point	BLACK
206	11	S226	0.3651	-0.3903	-0.0710		ASIA	point	BLACK
207	12	S038	0.3267	-0.3817	-0.0886	IJ	LLANOS	STAR	MAGENTA
208	12	S160	0.3313	-0.3918	-0.0975		LLANOS	point	BLACK
209	12	S196	0.3401	-0.3771	-0.0818		LLANOS	point	BLACK
210	13	S055	0.2998	-0.3796	-0.0663	I	VAR_FLAR	FLAG	BLUE

09:35 Wednesday, March 10, 2010 36

Obs	CLUSTER	sample	c1	c2	c3	acervo	orig	shapev	color
211	13	S140	0.3154	-0.3831	-0.0608		VAR_FLAR	point	BLACK
212	14	S205	0.3980	-0.4028	-0.0769		ASIA	point	BLACK
213	14	S225	0.4131	-0.4051	-0.0735		ASIA	point	BLACK
214	15	S208	0.3527	-0.3960	-0.0660		ASIA	point	BLACK
215	15	S222	0.3500	-0.3978	-0.0728		ASIA	point	BLACK
216	16	S213	0.4275	-0.4376	-0.0694		ASIA	point	BLACK
217	16	S220	0.4179	-0.4242	-0.0622		ASIA	point	BLACK
218	17	S209	0.4125	-0.4216	-0.0686		ASIA	point	BLACK
219	17	S212	0.4070	-0.4249	-0.0646		ASIA	point	BLACK
220	18	S129	0.3445	-0.4452	-0.0510	JTR	AMERICA	BALLON	LIME
221	18	S173	0.3395	-0.4354	-0.0507		AMERICA	point	BLACK
222	19	S084	0.3222	-0.3697	-0.0673	I	VARI	CROSS	BLUE
223	20	S207	0.3264	-0.3677	-0.0435		ASIA	point	BLACK

224	21	S195	0.3900	-0.4071	-0.0928		ASIA	point	BLACK
225	22	S218	0.3458	-0.3692	-0.0593		ASIA	point	BLACK
226	23	S174	0.3392	-0.4209	-0.0602		VARI	point	BLACK
227	24	S211	0.4520	-0.4409	-0.0664		ASIA	point	BLACK
228	25	S042	0.3281	-0.3662	-0.0477	IJ	VARI	CROSS	MAGENTA
229	26	S204	0.3466	-0.3588	-0.0589		ASIA	point	BLACK
230	27	S146	0.3158	-0.4031	-0.0410	JTR	VARI	CROSS	LIME
231	28	S214	0.4853	-0.4511	-0.0796		ASIA	point	BLACK
232	29	S216	0.4519	-0.4440	-0.0790		ASIA	point	BLACK
233	30	S227	0.4076	-0.4030	-0.0576		ASIA	point	BLACK

B. Anexo: Regresiones múltiples para determinar el mejor estado del arroz en el proceso calibración.

regresion multiple - amilosa vs espectros NIRS 1
PADY 16:15 Friday, September 4, 2015

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: Amilosa Amilosa

Number of Observations Read 370
Number of Observations Used 370

Stepwise Selection: Step 3

Variable X146 Entered: R-Square = 0.1208 and C(p) = .

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	3	662.20576	220.73525	16.76	<.0001
Error	366	4819.29954	13.16749		
Corrected Total	369	5481.50530			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	4.54367	5.35627	9.47528	0.72	0.3968
X130	-238.75943	84.69759	104.63617	7.95	0.0051
X146	232.72659	90.83005	86.44417	6.56	0.0108
X937	47.58088	7.14391	584.11166	44.36	<.0001

Bounds on condition number: 161.16, 968.67

All variables left in the model are significant at the 0.1000 level.

No other variable met the 0.1000 significance level for entry into the model.

regresion multiple - amilosa vs espectros NIRS 2
PADY 16:15 Friday, September 4, 2015

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: Amilosa Amilosa

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Number Label	Partial Vars In	Model R-Square	R-Square	C(p)	F Value	Pr > F
1	X937	X937	1	0.0811	0.0811	.	32.47	<.0001	
2	X130	X130	2	0.0240	0.1050	.	9.82	0.0019	
3	X146	X146	3	0.0158	0.1208	.	6.56	0.0108	

regresion multiple - amilosa vs espectros NIRS 3
regresion multiple - amilosa vs espectros NIRS 4
INTEGRAL 16:15 Friday, September 4, 2015

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: Amilosa Amilosa

Stepwise Selection: Step 4

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F

Stepwise Selection: Step 8

Variable X3 Entered: R-Square = 0.4725 and C(p) = .

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	8	2590.04139	323.75517	40.42	<.0001
Error	361	2891.46390	8.00960		
Corrected Total	369	5481.50530			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	26.34664	7.72412	93.18878	11.63	0.0007
X3	176.90493	84.26442	35.30222	4.41	0.0365
X6	492.99544	116.54259	143.32668	17.89	<.0001
X14	-637.39647	145.50994	153.68962	19.19	<.0001
X29	174.10239	61.78508	63.59938	7.94	0.0051
X174	-92.16430	15.62407	278.70698	34.80	<.0001
X294	3436.43393	212.07969	2102.94738	262.55	<.0001
X309	-3837.97526	260.56938	1737.67336	216.95	<.0001
X368	279.51199	83.84391	89.01608	11.11	0.0009

Bounds on condition number: 1320.9, 25828

All variables left in the model are significant at the 0.1000 level.

No other variable met the 0.1000 significance level for entry into the model.

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Number Label	Partial Vars In	R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value	Pr > F
1	X294	X294	1	0.0229	0.0229	.	8.61	0.0035	
2	X309	X309	2	0.3635	0.3864	.	217.45	<.0001	
3	X174	X174	3	0.0105	0.3970	.	6.40	0.0118	
4	X368	X368	4	0.0215	0.4184	.	13.46	0.0003	
5	X6	X6	5	0.0201	0.4385	.	13.02	0.0004	
6	X14	X14	6	0.0180	0.4565	.	12.01	0.0006	
7	X29	X29	7	0.0096	0.4661	.	6.50	0.0112	
8	X3	X3	8	0.0064	0.4725	.	4.41	0.0365	

regresion multiple - amilosa vs espectros NIRS 6
BLANCO 16:15 Friday, September 4, 2015

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: Amilosa Amilosa

Number of Observations Read 370
Number of Observations Used 370

Stepwise Selection: Step 1

Stepwise Selection: Step 76
regresion multiple - amilosa vs espectros NIRS 41
BLANCO 16:15 Friday, September 4, 2015

The REG Procedure
Model: MODEL1
Dependent Variable: Amilosa Amilosa

Stepwise Selection: Step 76

Bounds on condition number: 700736, 224080192

All variables left in the model are significant at the 0.1000 level.

No other variable met the 0.1000 significance level for entry into the model.

Variable X634 Entered: R-Square = 0.8029 and C(p) = .

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	34	4402.02116	129.47121	40.13	<.0001
Error	335	1080.74827	3.22611		
Corrected Total	369	5482.76943			

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	Type II SS	F Value	Pr > F
Intercept	30.81585	5.46823	102.45551	31.76	<.0001
X8	291.10098	159.54846	10.73945	3.33	0.0690
X9	-400.79877	152.82787	22.18847	6.88	0.0091
X188	489.24776	116.36088	57.03264	17.68	<.0001
X235	-11917	2269.26491	88.96248	27.58	<.0001
X239	6410.35112	2725.06883	17.85206	5.53	0.0192
X241	7035.57984	2778.57569	20.68403	6.41	0.0118
X246	-5875.26855	2678.26840	15.52483	4.81	0.0289
X248	5817.25275	2164.41486	23.30422	7.22	0.0076
X274	-3027.79020	968.43601	31.53475	9.77	0.0019
X285	3627.65320	962.09937	45.86606	14.22	0.0002
X295	-5985.54370	1493.57842	51.81206	16.06	<.0001
X302	9102.13862	2506.82328	42.53233	13.18	0.0003
X306	-5586.66370	1575.50107	40.56462	12.57	0.0004
X406	-4843.37029	1038.36804	70.18955	21.76	<.0001
X412	9606.61096	2005.50397	74.02409	22.95	<.0001
X417	-5612.55316	1199.09939	70.67899	21.91	<.0001
X471	817.29481	280.33516	27.42092	8.50	0.0038
X595	6446.27744	1583.64498	53.45423	16.57	<.0001
X596	-7193.06962	1654.85906	60.95176	18.89	<.0001
X631	2566.61658	1018.74373	20.47726	6.35	0.0122
X634	-2072.98085	1058.33110	12.37734	3.84	0.0510
X649	3842.68746	623.63518	122.48662	37.97	<.0001
X653	-6494.04846	875.97582	177.30728	54.96	<.0001
X664	5501.32777	726.89000	184.78955	57.28	<.0001
X669	-2762.40504	655.79690	57.24212	17.74	<.0001
X686	-6285.87621	1476.94842	58.43603	18.11	<.0001
X687	3582.67554	1463.28381	19.33916	5.99	0.0149
X691	3045.80087	863.19871	40.16624	12.45	0.0005
X700	3168.26849	839.20589	45.98187	14.25	0.0002
X707	-4837.12833	1047.07115	68.84978	21.34	<.0001
X712	1952.15833	942.80361	13.83144	4.29	0.0392
X720	1909.68610	847.11621	16.39524	5.08	0.0248
X728	-6324.29172	1581.83878	51.56786	15.98	<.0001
X729	3981.92234	1494.82385	22.89208	7.10	0.0081

Summary of Stepwise Selection

Step	Variable Entered	Variable Removed	Number Label	Partial Vars In	Partial R-Square	Model R-Square	C(p)	F Value	Pr > F
1	X289	X289	1	0.0365	0.0365	.	13.94	0.0002	
2	X314	X314	2	0.3689	0.4054	.	227.68	<.0001	
3	X230	X230	3	0.0100	0.4154	.	6.24	0.0129	
4	X303	X303	4	0.0195	0.4348	.	12.58	0.0004	
5	X281	X281	5	0.0475	0.4823	.	33.36	<.0001	
6	X234	X234	6	0.0338	0.5160	.	25.32	<.0001	
7	X735	X735	7	0.0225	0.5386	.	17.67	<.0001	
8	X624	X624	8	0.0353	0.5739	.	29.88	<.0001	
9		X314	X314	7	0.0005	0.5733	.	0.45	0.5047
10	X241	X241	8	0.0091	0.5824	.	7.82	0.0054	
11		X234	X234	7	0.0007	0.5816	.	0.65	0.4216
12	X285	X285	8	0.0069	0.5885	.	6.07	0.0142	
13	X8	X8	9	0.0084	0.5969	.	7.49	0.0065	
14	X3	X3	10	0.0083	0.6052	.	7.52	0.0064	
15	X188	X188	11	0.0053	0.6105	.	4.83	0.0287	
16	X596	X596	12	0.0063	0.6167	.	5.84	0.0161	
17	X520	X520	13	0.0121	0.6288	.	11.60	0.0007	
18		X624	X624	12	0.0023	0.6265	.	2.18	0.1405
19	X489	X489	13	0.0124	0.6390	.	12.25	0.0005	
20	X412	X412	14	0.0159	0.6549	.	16.36	<.0001	
21		X289	X289	13	0.0017	0.6531	.	1.77	0.1836
22	X401	X401	14	0.0111	0.6642	.	11.73	0.0007	
23		X3	X3	13	0.0012	0.6630	.	1.30	0.2555
24		X489	X489	12	0.0025	0.6606	.	2.59	0.1084

25	X274		X274	13	0.0068	0.6674	.	7.32	0.0071
26	X417		X417	14	0.0113	0.6787	.	12.51	0.0005
27		X281	X281	13	0.0004	0.6783	.	0.48	0.4883
28	X295		X295	14	0.0115	0.6898	.	13.16	0.0003
29		X303	X303	13	0.0023	0.6875	.	2.64	0.1049
30	X406		X406	14	0.0078	0.6953	.	9.07	0.0028
31		X401	X401	13	0.0004	0.6949	.	0.45	0.5046
32		X520	X520	12	0.0009	0.6940	.	1.07	0.3027
33	X235		X235	13	0.0062	0.7002	.	7.38	0.0069
34		X230	X230	12	0.0010	0.6992	.	1.13	0.2877
35	X595		X595	13	0.0079	0.7071	.	9.61	0.0021
36	X239		X239	14	0.0040	0.7111	.	4.90	0.0274
37	X9		X9	15	0.0032	0.7143	.	3.97	0.0472
38		X8	X8	14	0.0015	0.7128	.	1.85	0.1749
39	X302		X302	15	0.0031	0.7159	.	3.85	0.0504
40	X306		X306	16	0.0072	0.7231	.	9.20	0.0026
41	X248		X248	17	0.0046	0.7277	.	5.91	0.0156
42	X246		X246	18	0.0051	0.7328	.	6.63	0.0104
43	X736		X736	19	0.0021	0.7348	.	2.74	0.0988
44		X735	X735	18	0.0009	0.7339	.	1.17	0.2808
45	X728		X728	19	0.0021	0.7360	.	2.76	0.0978
46	X729		X729	20	0.0053	0.7413	.	7.14	0.0079
47	X598		X598	21	0.0037	0.7450	.	5.02	0.0257
48	X700		X700	22	0.0033	0.7483	.	4.49	0.0348
49	X707		X707	23	0.0051	0.7534	.	7.20	0.0077
50	X741		X741	24	0.0055	0.7589	.	7.83	0.0054
51		X598	X598	23	0.0015	0.7574	.	2.14	0.1440
52	X733		X733	24	0.0046	0.7620	.	6.73	0.0099
53	X686		X686	25	0.0028	0.7648	.	4.07	0.0445
54	X687		X687	26	0.0041	0.7689	.	6.09	0.0141
55	X663		X663	27	0.0036	0.7725	.	5.47	0.0199
56		X736	X736	26	0.0011	0.7714	.	1.72	0.1909
57	X691		X691	27	0.0038	0.7752	.	5.85	0.0161
58	X656		X656	28	0.0057	0.7809	.	8.80	0.0032
59	X712		X712	29	0.0031	0.7840	.	4.89	0.0277
60	X631		X631	30	0.0030	0.7870	.	4.79	0.0293
61	X653		X653	31	0.0026	0.7896	.	4.22	0.0407
62		X656	X656	30	0.0014	0.7882	.	2.28	0.1324
63		X741	X741	29	0.0016	0.7866	.	2.51	0.1141
64	X575		X575	30	0.0025	0.7892	.	4.05	0.0449
65	X649		X649	31	0.0020	0.7911	.	3.21	0.0740
66	X669		X669	32	0.0027	0.7939	.	4.46	0.0355
67		X733	X733	31	0.0012	0.7927	.	1.97	0.1609
68		X575	X575	30	0.0013	0.7914	.	2.06	0.1522
69	X705		X705	31	0.0025	0.7939	.	4.05	0.0451
70	X8		X8	32	0.0020	0.7959	.	3.27	0.0713
71	X664		X664	33	0.0018	0.7976	.	2.97	0.0859
72		X663	X663	32	0.0007	0.7969	.	1.24	0.2661
73	X471		X471	33	0.0027	0.7995	.	4.45	0.0357
74	X720		X720	34	0.0022	0.8018	.	3.80	0.0522
75		X705	X705	33	0.0012	0.8006	.	1.97	0.1614
76	X634		X634	34	0.0023	0.8029	.	3.84	0.0510

C. Anexo: Valores de referencia y calculados por la ecuación 2inte.eqa. Validación Interna

Posicion	Sample number	Amilosa/referencia	Amilosa/calculado
1	1.106.2	22,300	25,166
2	1.110.2	27,800	27,978
3	1.114.2	32,500	32,547
4	1.115.2	26,800	26,587
5	1.117.2	30,200	30,439
6	1.119.2	29,000	29,553
7	1.120.2	26,400	26,345
8	1.121.2	28,100	26,668
9	1.126.2	25,800	25,593
10	1.127.2	22,000	22,099
11	1.128.2	29,000	29,039
12	1.132.2	24,000	26,760
13	1.135.2	20,900	21,041
14	1.139.2	21,200	21,292
15	1.141.2	26,300	26,375
16	1.142.2	28,800	26,332
17	1.144.2	27,700	28,618
18	1.148.2	28,500	26,291
19	1.151.2	29,300	28,931
20	1.153.2	27,800	26,961
21	1.158.2	29,100	29,333
22	1.160.2	25,300	25,439
23	1.161.2	30,700	30,288
24	1.164.2	23,700	24,013
25	1.166.2	27,900	27,768
26	1.167.2	29,700	29,773
27	1.169.2	30,200	29,583
28	1.170.2	31,000	30,862
29	1.173.2	25,300	25,473
30	1.174.2	31,400	30,978
31	1.177.2	28,700	28,021
32	1.181.2	32,700	33,036
33	1.186.2	21,500	21,439
34	1.188.2	22,400	22,399
35	1.189.2	23,600	23,815
36	1.190.2	22,500	22,294
37	1.191.2	23,900	23,697
38	1.192.2	23,900	22,040
39	1.193.2	23,700	22,788
40	1.196.2	20,900	19,917
41	1.197.2	21,600	22,005
42	1.199.2	23,400	23,392
43	1.200.2	23,200	23,537

44	1.205.2	22,000	21,226
45	1.215.2	21,000	21,094
46	1.216.2	23,200	23,935
47	1.218.2	21,900	21,847
48	1.220.2	23,500	23,828
49	1.225.2	23,300	23,399
50	1.226.2	21,900	21,479
51	1.228.2	20,800	20,752
52	1.229.2	23,900	24,248
53	1.232.2	23,400	22,122
54	1.233.2	22,900	22,596
55	1.235.2	23,800	24,909
56	1.246.2	21,300	22,001
57	1.247.2	23,000	22,513
58	1.248.2	21,000	21,146
59	1.250.2	22,900	23,410
60	1.252.2	23,700	21,133
61	1.253.2	22,100	22,271
62	1.256.2	23,500	23,522
63	1.257.2	23,600	23,598
64	1.261.2	21,990	21,369
65	1.262.2	22,400	22,593
66	1.270.2	23,000	23,446
67	1.278.2	22,800	23,024
68	1.282.2	24,400	24,386
69	1.283.2	25,400	25,444
70	1.284.2	27,300	26,681
71	1.285.2	27,700	27,609
72	1.287.2	33,000	32,764
73	1.289.2	26,100	25,853
74	1.293.2	23,400	23,322
75	1.296.2	29,300	27,187
76	1.303.2	24,100	22,788
77	1.305.2	24,600	24,390
78	1.307.2	31,200	30,939
79	1.308.2	30,400	30,604
80	1.309.2	32,800	32,782
81	1.310.2	32,000	30,278
82	1.313.2	29,200	24,627
83	1.323.2	23,700	23,708
84	1.324.2	25,300	25,262
85	1.329.2	23,200	22,850
86	1.330.2	25,000	25,160
87	1.339.2	30,100	24,780
88	1.345.2	29,500	29,896
89	1.348.2	29,900	30,255
90	1.349.2	30,300	30,787
91	1.353.2	28,600	27,129
92	1.354.2	27,600	27,734
93	1.355.2	28,600	32,236
94	1.359.2	25,200	25,498
95	1.365.2	28,100	27,974
96	1.366.2	28,600	28,976
97	1.368.2	31,400	31,203
98	1.373.2	29,000	29,490
99	1.374.2	28,900	27,050
100	1.376.2	26,000	25,791
101	1.377.2	27,800	27,293
102	1.380.2	28,400	30,522
103	1.381.2	28,800	28,539
104	1.382.2	29,700	29,271
105	1.388.2	28,500	28,845
106	1.393.2	29,900	26,595

107	1.395.2	29,100	28,803
108	1.402.2	28,100	27,753
109	1.400.2	28,600	28,809
110	1.403.2	29,000	28,534
111	1.406.2	27,100	34,575
112	1.412.2	22,200	22,133
113	1.414.2	24,700	24,950
114	1.415.2	28,700	25,012
115	1.416.2	27,100	26,539
116	1.417.2	27,100	26,763
117	1.421.2	28,400	30,526
118	1.424.2	28,100	28,072
119	1.428.2	32,900	32,961
120	1.429.2	28,800	28,998
121	1.430.2	31,600	31,947
122	1.432.2	30,200	31,027
123	1.434.2	30,900	27,950
124	1.436.2	29,800	29,539
125	1.437.2	32,300	32,701
126	1.438.2	31,200	30,878
127	1.440.2	27,000	27,133
128	1.441.2	32,400	31,780
129	1.442.2	25,700	25,432
130	1.445.2	28,500	29,080
131	1.447.2	28,300	28,321
132	1.448.2	23,800	23,706
133	1.451.2	29,400	29,084
134	1.452.2	29,300	28,679
135	1.453.2	30,600	30,857
136	1.456.2	28,400	28,369
137	1.458.2	28,800	28,493
138	1.459.2	29,500	29,640
139	1.460.2	25,800	26,126
140	1.461.2	31,400	31,534
141	1.466.2	29,200	26,579
142	1.469.2	28,600	29,708
143	1.470.2	28,000	27,308
144	1.473.2	29,300	31,768
145	1.477.2	26,400	26,216
146	1.478.2	29,600	29,364
147	1.481.2	29,000	31,366
148	1.482.2	27,900	26,084
149	1.483.2	28,000	27,869
150	1.485.2	26,600	26,641
151	1.486.2	31,300	31,923
152	1.487.2	27,400	27,190
153	1.491.2	29,000	28,395
154	1.493.2	29,400	28,515
155	1.496.2	29,800	29,761
156	1.498.2	27,100	26,174
157	1.501.2	27,900	28,669
158	1.503.2	29,200	27,630
159	1.504.2	27,600	26,799
160	1.507.2	28,400	28,715
161	1.508.2	30,000	29,298
162	1.509.2	32,000	32,253
163	1.510.2	25,900	26,350
164	1.514.2	30,800	30,522
165	1.516.2	23,500	23,882
166	1.519.2	29,100	28,431
167	1.524.2	31,900	32,266
168	1.525.2	26,800	26,877
169	1.527.2	25,800	28,272

170	1.531.2	30,000	30,175
171	1.532.2	27,900	27,751
172	1.533.2	28,100	28,670
173	1.535.2	28,500	30,517
174	1.538.2	27,300	30,037
175	1.539.2	26,600	26,371
176	1.541.2	30,000	29,714
177	1.543.2	29,000	27,430
178	1.544.2	29,100	28,960
179	1.545.2	29,300	26,496
180	1.546.2	28,300	29,301
181	1.547.2	28,900	26,290
182	1.548.2	28,200	28,305
183	1.554.2	27,400	27,379
184	1.556.2	28,100	28,470
185	1.557.2	27,300	26,822
186	1.558.2	29,300	29,429
187	1.560.2	28,600	28,268
188	1.562.2	26,600	26,469
189	1.565.2	25,500	25,015
190	1.566.2	29,900	27,113
191	1.568.2	30,200	29,958
192	1.569.2	29,900	29,740
193	1.572.2	28,700	28,952
194	1.573.2	28,600	28,184
195	1.576.2	27,700	27,252
196	1.577.2	26,800	27,437
197	1.579.2	27,400	27,941
198	1.584.2	22,500	22,123
199	1.588.2	30,400	27,941
200	1.589.2	25,700	26,610
201	1.593.2	27,300	27,386
202	1.595.2	30,000	30,076
203	1.599.2	27,700	28,200
204	1.601.2	28,200	27,578
205	1.604.2	29,200	29,214
206	1.605.2	30,300	26,762
207	1.606.2	29,800	29,859
208	1.607.2	28,100	27,990
209	1.609.2	29,300	30,881
210	1.610.2	26,000	26,850
211	1.612.2	27,300	29,441
212	1.616.2	32,100	31,936
213	1.619.2	29,300	29,175
214	1.621.2	28,500	28,516
215	1.622.2	26,300	27,024
216	1.624.2	28,400	28,259
217	1.625.2	28,600	28,969
218	1.626.2	28,700	28,899
219	1.629.2	30,000	33,536
220	1.66.2	30,200	31,010
221	1.69.2	25,600	25,416
222	1.74.2	31,000	30,800
223	1.75.2	27,800	27,542
224	1.77.2	23,200	22,924
225	1.78.2	21,000	20,913
226	1.83.2	29,100	29,494
227	1.84.2	28,500	25,093
228	1.9.2	29,000	28,665
229	1.94.2	26,000	24,162
230	1.96.2	27,100	27,417
231	1.98.2	28,100	25,616
232	1.80.2	27,000	27,185

Bibliografía

Acevedo, M.; Castrillo, W. y Uira, B. (2006). Trabajo especial: Origen Evolución y Diversidad del Arroz. Agronomía Trop. 56(2): 151-170. 2006.

Adesogan, A.T. (2002). What are feeds worth: A Critical Evaluation of Selected Nutritive Values Methods Procedimos. 13th Annual Florida. Rumminant Nutritions Symposium, pp 33-47.

Alomar, D. y Fuschlocher, R. (1998). Fundamentos de la espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) como metodo de analisis de forrajes. En: Agrosur, Vol 26, Nº1, Valdivia , Chile. 1998.

ASD Inc (2012). Chemometrics Training Manual for GRAMS IQ/IQ. Predict v9.1. ASD Document 600065 Rev. A. June 2012.

Bao, J.S. y Corke; H. (2001). Prediction of rice starch quality parameters by Near-Infrared Reflactanciaespectrofotometria.Journal of food Sciencie 66,936-939.

Bao, J.S. y Jin; L. 2007. Determination of thermal and retrogradation properties of rice starch using near-infrared spectroscopy. Institute of Nuclear Agricultural Sciences, College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, HuaJiachi Campus, China. Journal of Cereal Science 46 (2007) 75–81.

Barton, F.E. (2002). Theory and principles of near infrared spectroscopy, Europe 14(1) pp: 12-18.

Bustamante, N.J.; Rojas, A.C.; Soto, R.R.; Jorquea, C.R. y Astorga, O. A. (2010). Análisis del sector productivo de arroz. Informe Centro de competitividad Manuel.

Disponible en:http://www.centrodecompetitividaddelmaule.cl/files/Arroz.pdf [Citado en 13 abril del 2013].

Campabell; M.K. y Farell; S.O. (2003). Biochemistry. 4th ed. 2003. Ed. Thomson/brooks/cole. ISBN 0-534-39181-8.

Chen; M. H. y Bergman; C.J. (2006). Method for determining the amylose content, molecular weights, and weight and molar based distributions of degree of polymerization of amylose and fine-structure of amylopectin.United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Rice Research Unit, USA.University of Nevada, Las Vegas, Department of Food and Beverage, 4505 Maryland Pkwy. Carbohydrate Polymers 69 (2007) 562–578

Chen; M. H.; Bergman, C.J.; Pinson; S. y Fjellstrom, R. (2007). Waxy gene haplotypes: Associations with apparent amylose content and the effect by the environment in an international rice germplasm collection. Journal of Cereal Science 47 (2008) 536–545.

Dalrymple; D. G. (1986). Develoment and spread of high-yielding rice varieties in developing countries. Washington: Agengy for International Development. 1986. 117 p.

Davrieux; F. (2014). Near Infrared Spectroscopy (NIRS). R & D High- Trhoughput Screening and Quality Control. UMR Qualisud. CIRAD Traning NIRS CIAT 2014. CIAT Palmira.

Digiovanni, V.; Martinez, C. y Motta, F. (2010). Producción Eco-eficiente de Arroz en América Latina Centro Internacional De Agricultura Tropical. Cali, CO ISBN 978-958-694-103-7. Tomo I capitulo 1-24.

Deaville, E. and P. Flinn. (2000). Near infrared (NIR) spectroscopy: an alternative approach for the estimation of forage quality and voluntary intake. In D.I. 9. Givens, E. Owen; R.F.E. Axford and H.M. Omedi (eds.). Forage evaluation in ruminant nutrition. CABI Publishing, Wallingford, UK. 301-320p.

Delwiche, S. R.; Bean, M. M.; Miller, R. E.; Webb, B. D. and Williams, P. C. (1995). Apparent amylose content of milled rice by near-infrared reflectance. *Cereal Chem.* 72(2): 182-187. Williams, V. R., Wu, W.-T., Tsai, H. Y., and Bates, H. G. 1958.Rice starch, varietal differences in amylose content of rice starch.J. Agric. FoodChem. 6:47-48.

Faostat. 2013. En línea www.faostat.org [Citado en 13 abril del 2015]

FAO. 2012 Seguimiento del mercado en el arroz Abril 2012e. [En línea]. http://www.fao.org/docrep/015/an891s/an891s00.pdf. [Citado en 21 marzo de 2014]

Fernandez; S. J. (2005). Hidratos de carbono y su aprovechamiento. Ampliación de Tecnologia de los Alimentos. Estructura y función de los hidratos de carbono: azucares, almidón, gloucogeno y celulosa. NIF: 2751199999.

Fitzgerald, M.; Bergman, C.; Resurreccion, A.; Möller, J.; Jimenez, R.; Russell, F.; Reinke, M.; Pulido, P.; Molina, F.; Hsuan, M.C.; Kuri, V.; Romero, M.; Takayuki, F. H.; Jongdee, U.; Graterol, E.; RadhikaK, R.; Zaczuk, B.; Sivakami, R.; Rani, S.; Das, S.; Wang, Y.; Dewi, S. S.; Ramli, A.; Ahmad, R.; Sharifa, S. D.; Thi, N. L.; Singh, P.; Castillo, T.; Tavasoli, F. and Mestres, C. (2009). Addressing the Dilemmas of Measuring Amylose in Rice. Cereal Chemistry Journal. 2009 86:5, 492-498.

Flores; R.U. (2009). Determinación no destructive de parametros de calidad de frutas y hortalizas mediante espectroscopia de Reflectancia en el infrarrojo cercano.

Franquet, B.J. (2004). Variedades y mejora del arroz: oryza sativa, L. Disponible en: http://books.google.com.co/books?id=6BXxlGGUXewC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false [Citado en 18 abril de 2013].

Garrido, A. (1997). Current and future applicatiosn of NIRS Techonologiy. Options mediterranéennes.

Garrido, A.; Pérez, M.D.; Guerrero, J.E.; Gómez, A. (2003). Avances en la utilización de la tecnología NIRS. Aplicaciones en producción animal. XIX Curso de Especialización FEDNA, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid, España. pp: 3-26.

Gaviria, L.J. (2007). Elaboración Culinaria y Organoléptica del Arroz Pulido Elaborado. En: Molinería de Arroz Tomo II. 1 ed. Bogotá DC.: Ediagro. LTDA. 2007, p 259-308.

Gazólaz, M.; Arozarena, I.; Vírseda, P. (2010). Journal of Agricultural Science & Technology (19391250). 2010 Cooking (Rice); Crops Quality; Rice Varieties; Gelation; Spain. Cooking Quality Parameters of Rice Cultivars Grown in Spain.

GRiSP (Global Rice Science Partnership). (2013). Rice Almanac, 4th edition, los Baños, Philippines: International Rice Research Institute. 283p.

Huang, H.B.; Yu, H.Y.; Xu, H.R.; and Ying, Y.B. (2008). Near infrared Spectroscopy foro on/in-line monitoring of quality in foods and beverage: a review. Journal of food engineering 8(3): 303-313

IRRI (International Rice Research Institute). (2005). Annual Report of the Director Gene 2004-05.Vol. 15. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 135p.

Infoagro (2013). El cultivo de arroz 1º parte. Disponible en: http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm. [Citado en 18 abril de 2013]

International Network for Quality Rice.En linea: www.INQR.org

Juliano, B. O. (1971). A simplified assay for milled-rice amylose. Cereal Sci. Today 16:334-360.

Juliano; BO. (2007). Nutritive Value of Rice and Rice Diets. En: Rice Chemistry and Quality. 1 ed. Manila Philippine. Philippine Rice Research Institute, 2007, p 131-178.

Kawamura, S.; Natsuga, M. and Itoh; K. (1999). Determination of Undried Rough Rice Constituent Content Using Near-Infrared Transmission Spectroscopy American Society of Agricultural Engineers 0001-2351 / 99 / 4203-813.

Kennedy, B.; Burlingame y Nguyen, V.N. (2002) Nutritional Contribution of Rice and Impact of Biotechnology and Biodiversity in Rice-Consuming Countries: Sustainable rice production for food security. En: Proceedings of the 20th Session of the International Rice Commission [En línea](Julio 2002); Bangkok (Tahiland) Disponible en: http://www.fao.org/DOCREP/MEETING/004/Y6618E/Y6618E00.htm. [Citado en 23 marzo 2012].

Kleinbaum, L.L.; Kupper, A.; Nizam, Muller, K.E.; Belmont, C.A. and Duxbury, D.G. (2008). A Review of: “Applied Regression Analysis and Other Multivariable Methods”. 4th ed. ISBN 0-495-38496-8, xxi + 906 pp.

Kusano, M.; Fukushima, A.; Fujita, N. O.; Kobayashi, M.; Oitomen, F.; Ebana, K. and Saito, K. (2012). Deciphering Starch Quality of Rice Kernels Using Metabolite Profiling and Pedigree Network Analysis. Molecular Plant • Volume 5 • Number 2 • Pages 442–451 • March 2012

Lee, J.C.; Yoon, Y.H.; Kim, S.M.; Pyo; B.S.; Hsieh, F.H.; Kim, H.J. and Eun, J.B. (2007). Rapid Prediction of Amylose Content of Polished Rice by Fourier Transform Near Infrared Spectroscopy. Food Science Biotechnology.Journam 520-811. Korea.

Liu, Y.; Chen, X. and Ouyang; A. (2008). Nodestructive determinations of pear international quality indices by visible andneard infrared spectroscometry. LWT. FoosSci. Technology. 41, 1720-1721.

Loaiza, K. y Kuri, V. (2013). Uso del método NIRS para determinación de contenido de amilosa en arroz en el laboratorio de calidad del FLAR.. Innova, octubre 2013; ISSN: 2301-0819; ISSNe 2301- 0940. Montevideo, Uruguay. p. 45.

Macho, S. (2002). Metodologias analiticas basadas en espectroscopia de infrarrojo y calibración multivariante, aplicación a la industria petroquimica. Tesis Doctoral. Tarragona 2002.

Mamani, W. Alomar, D. Gallo, C. (2011). Potencial uso de espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) para identificación de charqui de bovino, llama y caballo. Instituto de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia

Martinez, C. y Cuevas, F. (1989). Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. CIAT.

Martínez, C. (2009). Tendencias en el Mejoramiento Genético del Arroz en los Países del FLAR para variedades Convencionales y Biofortificadas. Memorias Conferencia Magistral VI Congreso Ingenieros Agrónomos. Panamá (PA).

Molano, M.L. (2012). Caracterización nutricional de forrajes tropicales usando espectroscopia de infrarrojo cercano (*NIRS*). Tesis de Maestría Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Palmira (2012)

Natsuga, M.; Kawamura, S. y Itoh, K. (1992). Precision and accuracy of near-infrared reflectance spectroscopy in determining constituent content of grain. *J. Japanese Soc. Agric. Eng.* 54(6): 89-94.

Natsuga y Kawamura. (2006). Visible and Near-Infrared Reflectance Spectroscopy for Determining Physicochemical Properties of Rice.2006 American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0001−2351 1069. Vol. 49(4): 1069−1076.

Osborne, B.; Fearn, T, and Hindle, P. H. (1993). Practical NIR spectroscopy with application in food and beverage analysis. 2 th. ed. Longmann Scientific and Technical. 227p.

Rash, S.; Muelle, J.F. (2010). Surface Lipid Content and Color of Individual Milled Rice Kernels Using Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *In:* R.J. B.R. Wells Rice Research Studies 2008. University of Arkansas Agricultural Experiment Station Research Series 571:272-279. Fayetteville, Ark.

Rauf, A. (2001). Chemical Composition, Physicochemical, Cooking and Milling Quality Quantification of Native Rice Varieties. Memorys Symposium. (INQR).Agosut, 2001. Thailand**.**

Rivas; C.A. (2008). Análisis y descripción el arroz en Nicaragua.

Romero, M.A. (2002). Desarrollo de nuevas metodologías analíticas en el control de calidad de la industria farmacéutica. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.

Saleh, M.I.; Meullenet, J.F. y Siebenmorgen, T.J. (2008). Development and validation of prediction models for rice surface lipid content and color parameters using near-infrared spectroscopy: A basis for predicting rice degree of milling. CerealChem. 85:787-791.

Saleh, M.I.; Rash, J. y Meullenet, J.F. (2009). Surface lipid content and color of individual milled rice kernels using near infrared reflectance spectroscopy. *In:* R.J. Norman, J.-F. Meullenet, and K.A.K. Moldenhauer (eds.). B.R. Wells Rice Research Studies 2008. University of Arkansas Agricultural Experiment Station Research Series 571:272-279. Fayetteville, Ark.

Sohn, M.; Barton, A.; McClung, M. y Champagne, E. T. (2004). Near-infrared spectroscopy for determination of protein and amylose in rice flour through use of derivatives. *Cereal Chem*. 81(3): 341-344.

Shenk, J. and Westerhaus, M. (1994). The application of Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) to forage analysis. In Fahey, G. C., Jr (ed.). Forage quality, evaluation and utilization. USA. 406-449 p.

Shenk, J.S.; Workman, J. and Westerhaus, M. (2001). Applications of NIRS.Agriculture products.In Handbook of NIRS.2ª.Editions.Burns.Pp 419-474.

Suzuki, Y.; Takahashi, S.; Takebe, M. y Komae, K. (1996). Factors that affect protein contents in brown rice estimated by a nearinfrared spectrometer. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 43(2): 203-210.

Tsai, H.; Y., Philipps, A. T. y Williams, V. R. (1960) Molecular weights of crystalline amyloses fromcertain rice varieties. J. Agric. FdChem. 8,364 -368.

Vásquez, D.; Abadía, B. y Arreaza, L. (2004). Uso de espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) para la caracterización nutricional del pasto guinea y del grano de maíz. REVISTA CORPOICA, VOL 5 (1). Pág.: 49-51.

Williams, V.R.; Wu, W.T.; Tsai, H.Y. y Bates, H. G. (1958) Varietal differences in amylose content.of rice starch. J. Agric. FdChem. 6, 47-48 pp.

Williams, Ph. (2001). Implementation of Near Infrared Technology. In Williams, Ph. and K. Norris (eds). Near infrared technology in the agricultural and food industries. St. Paul, Estados Unidos. American Association of Cereal Chemist Inc. P. 145-169p.

Workman, J.J. and Shenk, J. (2004) .Undestanding and using the near infrared spectrum as analytical method. In NIRS in Agriculture. Roberts C.A.

Wu, J.G. y Shi, C.H. (2003). Prediction of grain weight, brown rice weight and amylose content in single rice grains using near-infrared reflectance spectroscopy. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.

Wu, J.G. y Shi; C.H. (2007). Calibration model optimization for rice cooking characteristics by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) Food Chemistry 103 (2007)1054-1061

Zhang, H.J.; Wu, W. H.; Luo, L.J.; li, Y.Y.; Hua, Y.X.; Wang, X.S.; Chen, L y Me H.W. (2007). Comparison of Near Infrared Spectroscopy Models for Determining Protein and Amylose Contents Between Calibration Samples of Recombinant Inbred Lines and Conventional Varieties of Rice. Agricultural Sciences in China.2007, *6(8):* 941-948.

Zhang, B.; Rong, Z.Q.; Shi, Y.; Wu, J.G.; Shi, C.H. (2010). Prediction of the amino acid composition in brown rice using different sample status by near-infrared reflectance spectroscopy. Food Chemis.