LABORATORIO DE CALIDAD DE ARROZ DEL FONDO LATIANOAMERICANO PARA ARROZ DE RIEGO (FLAR)

ANDRÉS ZULUAGA SUAREZ

Código: 1100049

UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA CALI

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE AGROINDUSTRIAL

SANTIAGO DE CALI – COLOMBIA

2014

LABORATORIO DE CALIDAD DE ARROZ DEL FONDO LATIANOAMERICANO PARA ARROZ DE RIEGO (FLAR)

ANDRÉS ZULUAGA SUAREZ

Código: 1100049

PRÁCTICA EMPRESARIAL PARA OBTAR EL TITULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

DIRECTOR: JORGE LUIS GIL LLANOS, DOCENTE

KATERINE LOAIZA DE LA PAVA, FLAR/CIAT

UNIVERSIDAD SAN BUENAVENTURA CALI

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE AGROINDUSTRIAL

SANTIAGO DE CALI – COLOMBIA

2014

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 7
2. OBJETIVOS. 9
2.1 Objetivo general. 9
2.2 Objetivos específicos. 9
3. ESTADO DEL ARTE 10
3.1. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT 10
3.2. Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego – FLAR 11
3.3. Laboratorio de calidad de arroz 12
3.3.1 Área de preparación de muestras. 14
3.3.2 Área de procesamiento. 14
4. MARCO TEÓRICO. 16
4.1. Producción de arroz 16
4.2. Parámetros de calidad de arroz 17
4.3. Análisis realizados para evaluar la calidad del grano. 18
4.4. Laboratorios que evalúan la calidad del grano de arroz. 19
4.5. Laboratorio de calidad de arroz FLAR. 21
4.5.1. Pruebas de calidad 21
4.5.1.1. Centro blanco 21
4.5.1.2. Longitud de grano 22
4.5.1.3. Calidad culinaria 23
4.5.1.4. Contenido de amilosa: 23
4.5.1.5. Temperatura de gelatinización 25
4.6. Optimización y mejoras en el laboratorio de calidad 25
4.7. Indicadores operativos por análisis realizados 26
5. Actividades desarrolladas durante la práctica. 28
5.1. Fortalecimiento de los análisis de evaluación de la calidad del arroz. 28
5.1.1 Optimización de la evaluación de contenido de amilosa utilizando el NIRs 28
5.2. Atención a visitantes. 32
5.3. Entrenamiento para evaluar contenido de amilosa utilizando el método colorimétrico 34
5.4. Porcentaje de amilosa evaluado por el NIRs en el semestre 1- 2014. 35

5.5. Elaboración de manuales en Centro Blanco y uso del equipo NIRs. 35
6. Cronograma de actividades y presupuesto 37
7. Conclusiones 38
8. Recomendaciones 39
9. Referencias 40

LISTA DE FIGURAS

		Pag.
Figura 1.	Presencia de centro blanco en el grano de arroz (escala en centro blanco donde 1, es el grano translucido y 5 grano totalmente opaco)	22
Figura 2.	Longitud del grano	22
Figura 3.	Prueba de cocción de arroz	23
Figura 4.	Utilización del equipo NIRs para escaneo de muestra de arroz en harina; FLAR	29
Figura 5.	Obtención de datos en el analizador digital de calidad S21. FLAR	30
Figura 6.	Calibración del equipo S21 para granos enteros y partidos	31
Figura 7.	Grupo de panelistas, identificando apariencia y textura de una línea de arroz comercial. FLAR	32
Figura 8.	Capacitación a grupo de personas a nivel nacional – internacional	33
Figura 9.	Método colorimétrico	34
Figura10.	Portada de manuales en Centro Blanco y uso del equipo NIRs	36

LISTA DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1.	Organigrama del FLAR	12
Cuadro 2.	Procesos y equipos utilizados para pruebas físicas y químicas en el Laboratorio de Calidad – FLAR	15
Cuadro 3.	Norma Colombiana De Arroz Pilado (BLANCO) para consumo	18
Cuadro 4.	Pruebas de calidad fisicas y quimicas	21
Cuadro 5.	Resumen de muestras realizadas entre los años 2007-2013. Para evaluación de contenido de amilosa y porcentaje de centro blanco	27

LISTA DE GRÁFICOS

		Pág.
Gráfica 1.	Producción de arroz en Latinoamérica	17
Gráfica 2.	Identificación del porcentaje de amilosa, en el periodo 1-2014	35

1. INTRODUCCIÓN

El arroz es considerado el cereal de mayor consumo a nivel mundial (DICTA, 2013) con un consumo per capital de 56.8 kilogramos para el año 2013 (Oryza, 2012). Dado su importancia, el arroz debe cumplir con parámetros establecidos por las normas de calidad de cada país (Livore, 2004), las cuales involucran calidad alimentaria y calidad agroindustrial. La valoración de la calidad conlleva a obtener un producto que cumpla con las necesidades y exigencias de los consumidores y lo convierte en un requisito para tener éxito en los procesos de mejoramiento para la obtención de variedades competitivas para la agroindustria.

Así mismo, Martínez, y Cuevas. (1989) indican que los criterios para evaluar la calidad de una línea de arroz se centran en el análisis de rendimiento del grano, apariencia del grano, centro blanco, longitud del grano, determinación de amilosa y prueba de cocción, con esto, se tiene como finalidad establecer líneas promisorias de acuerdo a las necesidades de los consumidores.

Al respecto cuenta con el Laboratorio de Calidad de Arroz como fuente de información y origen de datos que impactan de manera esencial al proceso de mejoramiento, en la actualidad se evalúa apariencia de grano como centro blanco y longitud del grano, análisis indirectos de calidad culinaria como temperatura de gelatinización, contenido de amilosa por el método colorimétrico y por la técnica NIRs. Desde otro punto de vista el laboratorio de calidad enfrenta los desafíos y exigencias de la globalización, proporcionando impacto al desarrollo y a la satisfacción de los agricultores, molineros, asociados y a la comunidad en general.

Además se realizan procesos de validación de nuevos equipos como lo es el S21, optimización de procesos utilizando la técnica NIRs y entrenamiento de un panel sensorial que permite mejorar el análisis indirecto de calidad culinaria.

Este trabajo presenta las actividades desarrolladas durante la práctica profesional, la cual cumple con los objetivos de ampliar los conocimientos adquiridos en la academia y contextualizarlos con los procesos que se llevan a cabo en el laboratorio.

2. OBJETIVOS.

2.1 Objetivo general.

Aplicar las diferentes metodologías físicas, químicas y organolépticas para determinar la calidad del arroz, realizadas en el laboratorio de calidad del FLAR-CIAT, que repercuten significativamente a todos los eslabones de la agroindustria arrocera en Latinoamérica.

2.2 Objetivos específicos.

- Evaluar las características del arroz mediante pruebas de apariencia de grano y pruebas de calidad culinaria.
- Establecer un protocolo que permita comparar los resultados de la evaluación de centro blanco obtenidos en el analizador S21, con la escala de evaluación visual.
- Desarrollar trabajos en rendimiento del grano con el analizador S21, para obtener datos que correlacionen con la evaluación del arroz pilado en el área molinera del FLAR.
- Desarrollar trabajos con la técnica NIRs, utilizando diferentes estados del arroz (paddy, integral y blanco) para obtener espectros de interés en la determinación de contenidos de amilosa.

3. ESTADO DEL ARTE

3.1. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT

Está ubicado en el Km 17 recta Cali-Palmira, Valle del Cauca, Colombia. Su misión es reducir el hambre y la pobreza y mejorar la salud humana en los trópicos mediante una investigación que aumente la eco-eficiencia de la agricultura, (CIAT, 2014). Actualmente, lo integran 31 países americanos, cinco países europeos, un país africano, un país asiático e India como país miembro asociado (CIAT, 2014).

El CIAT es un miembro del consorcio del Grupo Consultivo sobre Investigaciones Agrícolas Internacionales – CGIAR (por su sigla en inglés) el cual es una alianza mundial que se dedica a reducir la pobreza rural, el aumento de la seguridad alimentaria, mejorar la salud humana y la nutrición, y garantizar una gestión más sostenible de los recursos naturales (CGIAR, 2014), está conformada por 15 centros expandidos por todo el mundo como lo es en Asia, África, Norte América, Sur América y Europa con una estrecha colaboración con cientos de organizaciones asociadas, incluidos los institutos nacionales y regionales de investigación, organizaciones de la sociedad civil, la academia y el sector privado (CGIAR, 2014); aprovecha sus competencias científicas claves para lograr un impacto significativo en los medios de vida de la población de escasos recursos en el trópico, produciendo bienes públicos internacionales que son directamente pertinentes a sus usuarios, los cuales incluyen germoplasma mejorado, tecnologías, metodologías y conocimiento(CIAT, 2014).

En el CGIAR, el CIAT tiene una responsabilidad mundial para el mejoramiento de dos cultivos alimenticios de primera necesidad, como lo son la yuca y el fríjol para consumo humano, al igual que los forrajes tropicales para la ganadería (CGIAR, 2014). Y en América Latina y el Caribe, se llevan a cabo investigaciones sobre arroz. Estos cultivos son de vital importancia para la seguridad alimentaria y nutricional del planeta (CIAT, 2014).

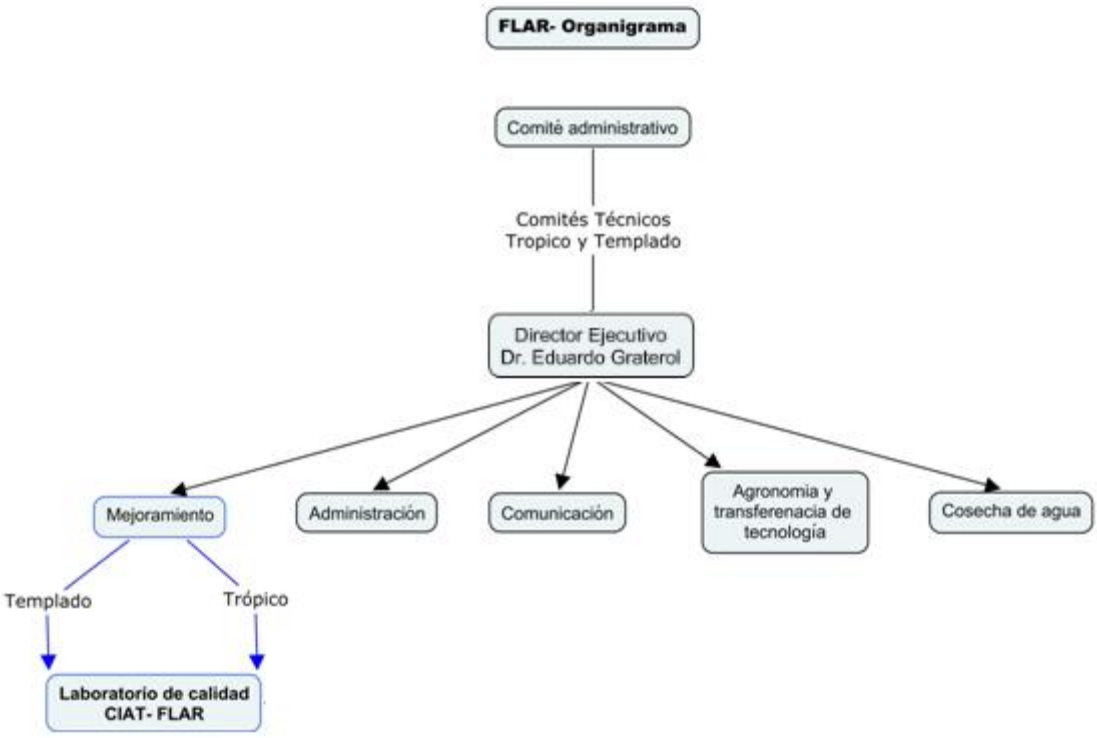
3.2. Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego – FLAR

El FLAR se creó el 16 de enero de 1995, promovido por entidades gremiales de Brasil, Colombia, Venezuela y el CIAT. Es un consorcio situado dentro de las instalaciones del CIAT, que nace con la necesidad de mejorar la producción de arroz de riego en Latinoamérica, brindando respuestas tecnológicamente innovadoras a las necesidades de los agricultores y la industria (FLAR, 2014).

Actualmente, está constituida por 17 países asociados (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Guayana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú, República Dominicana, Uruguay, Venezuela) y con la alianza del CIAT (FLAR, 2014), cuenta con un director ejecutivo[1] y tiene cinco grupos de trabajo: mejoramiento, administración, comunicación, agronomía, transferencia de tecnología y cosecha de agua (en el Cuadro 1 se ilustra el organigrama del consorcio). Donde el laboratorio de calidad atiende a procesos de mejoramiento a dos sectores regionales que enmarcan a todo el funcionamiento y la objetividad que tiene el FLAR. (FLAR, 2014).

[1] Eduardo Graterol; Ingeniero agrónomo, Ph.D. Director ejecutivo del FLAR. TEL: (57-2) 445002/ 4450093 , E-mail: flar@cgiar.org.

Cuadro 1. Organigrama del FLAR



Modificado de: FLAR; 2013.

3.3. Laboratorio de calidad de arroz

Su función es generar datos e información al fitomejorador mediante los análisis que se realizan al arroz, permitiéndoles identificar en las primeras etapas del cultivo las características del germoplasma que van ligadas a los requerimientos de los productores, la industria y el consumidor final.

El laboratorio está liderado por la Ingeniera de alimentos Katherine Loaiza[2], que realiza y supervisa las metodologías físicas y químicas de los diferentes parámetros de apariencia del grano y calidad culinaria. Se realizan evaluaciones físicas como apariencia, centro blanco, longitud y forma del grano utilizando metodologías de evaluación sugerida por Cuevas y Martínez, 1989. Además, evaluaciones químicas como la reacción alcalina conocida como temperatura de gelatinización (Gelis, 1999), contenido de amilosa mediante método colorimétrico (Juliano, 2003) y/o técnica NIRs (Loaiza y Kuri, 2013). También, se realizan análisis directos de calidad culinaria como prueba de cocción y palatabilidad donde se determina el rendimiento, sabor, textura y pegajosidad del arroz (Martínez y Cuevas, 1989). Fundamentalmente la preferencia en consumo de arroz varía de acuerdo a la cultura de cada región (FLAR, 1996).

Actualmente el laboratorio de calidad de arroz se encuentra en proceso de fortalecimiento en las técnicas que relacionan los diferentes análisis, por lo tanto, se puede resaltar trabajos de investigación que cumplen con el objetivo de modernizar, optimizar y mejorar la eficiencia y eficacia de los análisis de evaluación de calidad de grano y calidad culinaria del arroz. En este sentido, gracias a la técnica de espectroscopia del infrarrojo cercano (NIRs) se está llevando a cabo trabajos de calibración para evaluar el contenido de amilosa sin que la muestra sea transformada en harina. Al eliminar el proceso en la preparación de la muestra reduce el costo y el tiempo del análisis (Ángeles, 2010). Se realizan ajustes del analizador digital de calidad del grano S21, ya que este

[2] Johanna Katerine Loaiza De La Pava, Ing de alimentos, estudiante de maestría en Ingeniería Agroindustria, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira TEL: (57-2) 445002/ 4450093 , E-mail: j.k.loaiza@cgiar.org.

equipo es utilizado en la industria arrocera para evaluar rendimiento de grano y centro blanco en grandes cantidades de muestra (EDIAGRO, 2006). Los ajustes del S21 que se realizan en el laboratorio competen en que se pueda realizar análisis de evaluación de centro blanco con muestras que no superen un peso de 5g, para realizar una relación con el método tradicional con el ajuste que se va a plantear. Finalmente, se está preparando a un grupo de personas que identifiquen de una manera descriptiva y sensorial al arroz cocido, para calificar las líneas promisorias que se trabajan dentro del FLAR. Para el desarrollo de los trabajos, el laboratorio cuenta con dos aéreas que son:

3.3.1 Área de preparación de muestras. Es un área donde se realiza alistamiento de las muestras dependiendo del tipo de análisis que se va a desarrollar; cuenta con un molino Cyclone, un pulidor Suzuki (modelo: MT – 2005, No: 4.259-6) y un descascarador Satake (modelo: TH0, No: 1011933).

3.3.2 Área de procesamiento. Es el área donde se realiza análisis y evaluación a las muestras previamente preparadas, se encuentra reactivos, cristalería, computadores, equipos de análisis como el NIRs marca FOSS, (modelo: 6500, No: 5993) y el S21 marca LKL, (modelo: 4.0, No: 63207).

En el Cuadro 2 se indica el proceso y los equipos utilizados para el desarrollo de pruebas físicas y químicas realizadas a las muestras de arroz.

Cuadro 2. Procesos y equipos utilizados para pruebas físicas y químicas en el Laboratorio de Calidad - FLAR

	Pruebas de Calidad	Equipos	Proceso	Procedimiento
1	% Amilosa	Molino Suzuki Ciclone	1. Grano Paddy 2. Grano Integral 3. Grano Blanco	Pasar la harina, por el equipo NIRs para ser escaneada.
2	CB y LG	Molino Suzuki	Obtener grano pulido	Evaluación de muestra por método de la lupa.
3	TG	Molino Suzuki	Obtener grano pulido	Evaluación del grado de dispersión.

Adaptado de: Ing. Katerine Loaiza De la Pava, centro blanco (CB), longitud de grano (LG) y temperatura de gelatinizacion (TG).

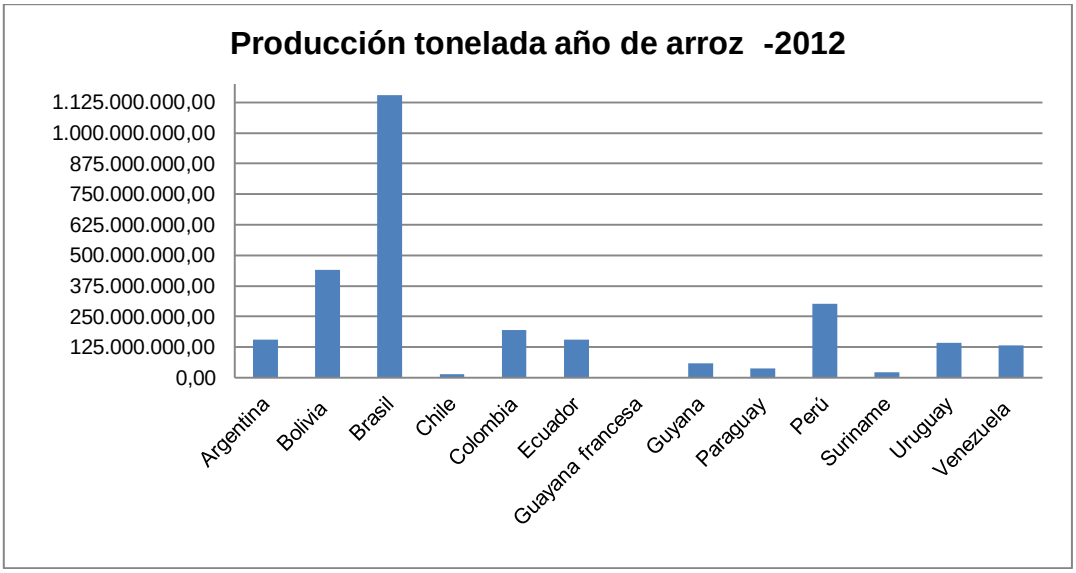
4. MARCO TEÓRICO.

El arroz es uno de los cereales más importantes que se destina casi exclusivamente a la alimentación humana (Kusano, 2012; IRRI, 2014), El botánico (Vavilov, 1943), consideró que el arroz cultivado tiene su origen en la India de donde pasó a la China y después al resto del mundo, Aproximadamente el 80% del arroz que se cosecha en el mundo, se produce en las zonas templadas y solo el 20 % en las zonas tropicales (GRiSP, 2013). En los últimos cuatro años se ha registrado una superproducción de arroz a nivel mundial, principalmente en los países como Tailandia, Vietnam, China, India, Pakistán, Estados Unidos, Argentina, Uruguay y Brasil. Donde el rendimiento del grano es bastante alto en las zonas templadas debido a una mayor hora luz (DICTA, 2013).

4.1. Producción de arroz

En Latinoamérica se produjo para el año 2012: 21.166.023,83 toneladas/ año (gráfica 1). Su principal productor es Brasil, seguido por Perú y Argentina (Faostat, 2013); Colombia tiene una producción de 1.956.855,55 tonelada/ año donde Aproximadamente las tres cuartas partes de la oferta pertenecen a la Zona Centro (Tolima, Huila) y a los Llanos Orientales (Meta y Casanare; Areiza,A, s.f.).

Gráfica 1. Producción de arroz en Latinoamérica



Fuente: FAO; 2013.

4.2. Parámetros de calidad de arroz

4.2.1. Calidad de grano. Un arroz de alta calidad para el consumo humano es aquel cuyo conjunto de granos presenta homogeneidad de tamaño, forma, color y translucidez y cumple con los valores establecidos en las normas de calidad (Livore, 2013). El arroz es el único cereal que se comercializa y se consume principalmente en estado entero, el termino molinería de arroz, referencia al grano de arroz (Castillo, 2007), descascarado y luego pulido mediante esfuerzos de fricción o abrasión, estas fuerzas generan una tensión en el grano que finalmente puede producir la fractura del mismo y el resultado de este proceso son granos enteros y partidos[3].

[3] La mayor o menor susceptibilidad de fracturarse depende de un diverso número de variables ambientales y genéticas, las ambientales son provocadas por estrés abiótico (déficit hídrico, altas temperaturas, momento de fertilización…) y biótico (enfermedades de tallo, quemado de hojas) genéticas se refieren fundamentalmente a la regulación de los mecanismos que intervienen en el llenado de grano, la velocidad del llenado favorece la formación del grano compacto y cristalino previniendo la sensibilidad al quebrado y la presencia de espacios opacos que desmerecen la calidad(Martínez y Cuevas, 1989)

Las normas establecen valores máximos y mínimos dependiendo de las exigencias de cada país como ejemplo la norma NTC 671 Colombiana para consumo de arroz blanco (Icontec, 2005), (cuadro 3), el parámetro de evaluación de este atributo está dado por el porcentaje de grano entero obtenido después de descascarar y pulir los granos.

Cuadro 3. Norma Colombiana De Arroz Pilado (BLANCO) para consumo

Grados	Semillas objetables y arroz con cascara en 100g	Porcentajes Máximos En Masa						Denominación Común
		Granos Dañados		Grano Yesoso	Granos Rojos	Granos Partidos		
		Por Color	Total			Cristal	Granza	
1	1	0.1	2	2	0.1	6	0	Excelso
2	3	1	3	4	1	12	0	Corriente 1a
3	6	4	6	8	3	18	1	Corriente 2a
4	8	8	10	10	6	24	2	Corriente 3a

Todos los granos deben estar libres de colores objetables, afectación e infestación, residuos y materiales tóxicos y calentamiento Fuente: Norma ICONTEC 671 (segunda revisión).

4.3. Análisis realizados para evaluar la calidad del grano.

Cuando se habla de mejorar la calidad del arroz, es indispensable identificar y conocer las propiedades físico-químicas del grano que desmerecen la calidad industrial y culinaria de una variedad (Juliano, 2003). Existen diferentes técnicas para evaluar la calidad del grano y la calidad culinaria del arroz, como lo es:

A. Contenido de amilosa: Utilizando la técnica NIRs (Gelis, 1999), nace como una alternativa a los métodos químicos, actualmente es un gran apoyo por su rapidez y bajo costo, esta técnica combina la espectroscopia, la estadística y la

computación para generar modelos matemáticos que relaciona la composición química de un compuesto, se emplea desde la década de los 70 en la industria alimentaria, farmacéutica, petroquímica entre otras (Norris, 2003; Jimenez, 2007).

B. Apariencia del grano: Recientemente se viene implementando nuevas tecnologías en apariencia del grano utilizando imágenes digitales para identificar opacidad y longitud, ya que los análisis que se realizan se hacen de manera visual (método visual). Algunos autores como Avila,. et al. (2012), Loubes y Marcela (2013) manifiestan la necesidad de involucrar imágenes digitales para disminuir la objetividad del análisis visual.

C. Método químico de temperatura de gelatinización: es un factor importante que afecta a la textura del arroz cocido y está relacionado con el tiempo de cocción del arroz muy utilizado por las industrias ligadas a procesos de cocción como repostería, galletería entre otros (Martínez, y Cuevas, 1989; Cuevas. et al. 2010). Se están realizando estudios en las variaciones mínimas de contenido de amilosa que difieren en la textura del arroz a través del visco analizador rápido (RVA) el cual predice el comportamiento de la cocción del arroz e identifica la pegajosidad (Champagne. et al.1999).

4.4. Laboratorios que evalúan la calidad del grano de arroz.

Existe una red internacional de arroz de calidad llamado International Network for Quality Rice - INQR, conformado por diferentes áreas del proceso de producción del arroz como la investigación, programas de evaluación de calidad, y fabricantes de quipos del sector privado, unificando la ciencia a las nuevas características de

calidad, estandarizando la medida de cada rasgo, para identificar nuevos criterios de calidad organoléptica, calidad física y sensorial (IRRI, 2013) (IRRI, 2014).

Existen laboratorios que trabajan en la calidad del grano de arroz en Latinoamérica, algunos como: la fundación DANAC[4]. En Venezuela, que trabaja con diferentes programas en cereales incluido un laboratorio de calidad de granos y semillas de arroz, donde se realiza determinación de amilosa, apariencia de grano (centro blanco y longitud del grano) entre otras (DANAC, 2014). En Ecuador se encuentra la Bolsa de Productos Corporación Privada[5], cuenta con evaluación de granos y cereales, posee equipos que tienen la capacidad de determinar resultados de acuerdo a la Norma de calidad ecuatoriana para el arroz, como la medición de humedad del arroz y por unidad de grano, analizador de proteínas y amilosa, analizador de arroz pulido y medidores de blancura (Bolsa de productos, 2014), El Laboratorio Tecnológico del Uruguay – LATU[6] cuanta con el Departamento de Cereales, Oleaginosos y Productos Derivados LATU, donde se trabaja la calidad del grano de arroz (blancura total, porcentaje de granos enteros, longitud del grano y amilosa)(LATU, 2014). El instituto Nacional de Investigación Agropecuaria - INIA[7] en Chile, enfocado en el potencial y estabilidad del rendimiento y calidad de grano (industrial) (INIA, 2012).

[4] Fundación Danac es una organización sin fines de lucro, creados y sustentados por Empresas Polar, ha contribuido con el conocimiento científico y tecnológico en Venezuela. www. danac.org

[5] la Bolsa de Productos Corporación Privada presentan servicios de comercialización sin fines de lucro, con la finalidad de romper esquemas tradicionales de un comercio agropecuario viciado que generaba desconfianza e incertidumbre. www.bolsadeproductos.com

[6] LATU: su misión es impulsar el desarrollo sustentable del país y su inserción internacional, a través servicios analíticos, metrológicos, tecnológicos, de gestión y evaluación de la conformidad de acuerdo a la normativa aplicable. www.latu.org

[7] INIA: su función es Generar y transferir conocimientos y tecnologías estratégicas a escala global, para producir innovación y mejorar la competitividad del sector agroalimentario. www.INIA.cl

4.5. Laboratorio de calidad de arroz FLAR.

El laboratorio con la garantía de analizar y ejecutar los procesos de calidad pone en práctica las diversas metodologías que caracterizan al arroz, identificando el potencial molinero y culinario, ayudando a identificar líneas de arroz más promisorias, siguiendo una metodología que permita un adecuado manejo de la muestra (Cuadro 4).

Cuadro 4. Pruebas de calidad fisicas y quimicas.

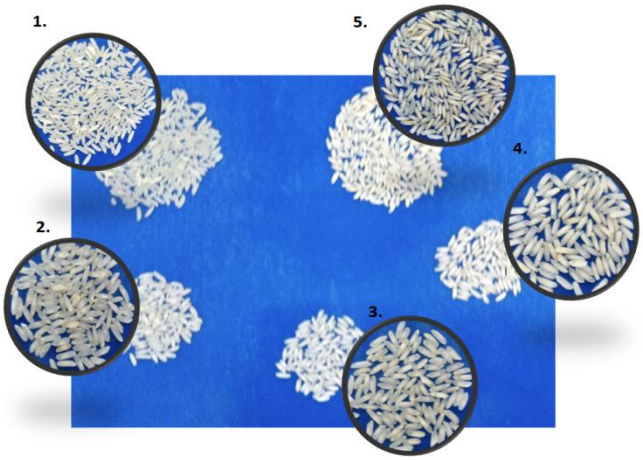
Prueba	Equipos	Evaluación	Metodología
Amilosa	Molino Suzuki Molino Ciclone	% de amilosa	Calidad Culinaria
Centro Blanco (CB)	% CB Objetiva/Lupa	Espacios vacíos de almidón en el arroz	
Longitud de grano	Regla Lupa	Largo de grano	
Temperatura de gelatinización	Molino Suzuki	Grados de dispersión	
Cocción	Olla	Cocción	

Fuente: El autor.

4.5.1. Pruebas de calidad

4.5.1.1. **Centro blanco:** El centro blanco es un análisis físico que indica la susceptibilidad del grano de arroz en fracturarse en procesos molineros, y se determina a través del método visual, el cual es un método subjetivo y se requiere de experticia para cuantificar y determinar la presencia de opacidad en el grano. El centro blanco se presenta dentro del grano (Figura1), y deben esta característica a expresiones genéticas propias de la planta o a estrés climático, este tipo de grano es un detrimento de la calidad ya que es muy susceptible a fracturas del arroz (Martínez y Cuevas, 1989; Holguín. et al, 1991).

Figura 1. Presencia de centro blanco en el grano de arroz (escala en centro blanco donde 1, es el grano translucido y 5 grano totalmente opaco).



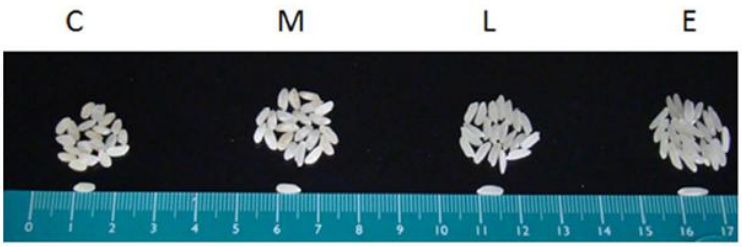
Adaptado de: Kuri, Victoria. Evaluación de centro blanco y longitud de grano. Palmira Valle del Cauca (Colombia), 1998. Técnica digital. Archivo del autor.

4.5.1.2. **Longitud de grano:** Se clasifica en las dimensiones del grano longitudinal y transversal y da una relación entre ambos, se identifican con parámetros como extra largo, largo, medio y corto (Martínez, C y Cuevas, F, 1989) (figura 2).

Figura 2. Longitud del grano

Clasificación

Longitud promedio	Descripción
5.5 mm o menos	Corto (C)
5.6 a 6.5 mm	Medio (M)
6.6 a 7.5 mm	Largo (L)
7.6 mm o más	Extra Largo (E)



Fuente: Laboratorio de calidad de arroz; FLAR; 2013.

4.5.1.3. **Calidad culinaria:** se define como calidad culinaria a la correlación entre el porcentaje de amilosa del arroz luego de ser cocinado, esta definición general debe ser acotada para cada hábito cultural. Existen parámetros de evaluación para la calidad culinaria, estos parámetros son físico-químicos y se refieren casi exclusivamente a la composición del almidón (Livore, 2013), y están estrechamente relacionados a los atributos que se valoran en las diferentes culturas. (DICTA, 2003). (Figura 3.)

Figura 3. Prueba de cocción de arroz

Fuente: El Autor.

4.5.1.4. **Contenido de amilosa:** la amilosa es la causante de la pegajosidad del arroz, en el que cada grano esto formado principalmente por dos fracciones denominadas amilopectina y amilosa, la relación entre estas dos determinan algunas propiedades importantes del arroz durante y después de la cocción, se

puede determinar mediante el método colorimétrico o por la técnica NIRs según el porcentaje de amilosa que posean se pueden clasificar en (Gelis, 1999):

- 1. Alto contenido de amilosa: >26%
- 2. Contenido intermedio de amilosa: 23-25%
- 3. Bajo contenido de amilosa: < 22%

De esta manera se puede interpretar y correlacionar el contenido de amilosa con la cocción:

Alto contenido de amilosa permanecerá seco y suelto después de cocinarse, contenido intermedio el arroz permanecerá suelto, y húmedo, el bajo contenido de amilosa resultan ser pegajosos y brillantes después de la cocción (DICTA, 2003). Para identificar el contenido de amilosa se pueden realizar varios métodos, en el laboratorio de calidad se manejan dos metodologías:

A. Método colorimétrico: es un método químico analítico, que permite determinar la concentración de amilosa del arroz en una solución, donde el almidón del arroz, en presencia de yodo tiñe en una gama de azul, dando como resultado una gama de colores, que mediante el espectrofotómetro se determina la longitud de onda que presenta la muestra, y así obtener el porcentaje de amilosa (Nieves, et al. s.f.).

B. Técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano NIRs: se fundamenta en la capacidad que tienen las moléculas orgánicas en absorber una determinada cantidad de energía, y a partir de esta se logra un espectro característico del

material que se está escaneando en el equipo y obtener el porcentaje de amilosa de la muestra (Lobos, 2013).

4.5.1.5. **Temperatura de gelatinización**. Este parámetro se refiere a la temperatura a la cual el gránulo de almidón comienza a absorber agua y a aumentar de tamaño en forma irreversible. En este proceso el gránulo de almidón pierde su estado cristalino. Los arroces se clasifican según la temperatura de gelatinización (DICTA, 2003). en:

- Alta: 74-80° C
- Intermedia: 69-73° C
- Baja: 63-68° C

Los arroces con temperaturas de gelatinización altas tardan más en cocinarse absorben más agua pero se expanden y se elongan menos que los de baja e intermedia, Su rendimiento después de cocidos es menor que el de las otras categorías (Livore, 2004).

4.6. Optimización y mejoras en el laboratorio de calidad

El laboratorio promulga la eficiencia, involucrando la tecnología y la investigación como primer pilar para la innovación donde se desarrollan trabajos como:

- Optimización de la evaluación del contenido de amilosa utilizando el NIRs.
- Determinación del porcentaje de centro blanco utilizando el equipo S21.
- Determinación del porcentaje de granos enteros y partidos utilizando el equipo S21.

- Entrenamiento a un panel sensorial que evalué cuantitativamente las características del arroz cocido.

4.7. **Indicadores operativos por análisis realizados**

Según los datos históricos tomados del laboratorio de calidad de arroz entre los años 2007 – 2013 (cuadro 5), se han analizado entre evaluación de contenido de amilosa y porcentaje de centro blanco 172.237 muestras en total; donde se destaca que el programa de mejoramiento de trópico–FLAR es el que tiene mayor demanda con un 48.9% en análisis de amilosa y un 71.5% en análisis de centro blanco.

Cuadro 5. Resumen de muestras realizadas entre los años 2007-2013. Para evaluación de contenido de amilosa y porcentaje de centro blanco.

Número total muestras/año -categorizado por análisis de laboratorio								
Análisis	**Año**	**CIAT**	**Fedearroz**	**Trópico**	**Templado**	**Países**	**Privado**	**Total/año**
Amilosa	2007	648	334	3844	4581	220	0	9627
	2008	1731	3284	6778	3351	46	0	15190
	2009	1754	2114	10421	1867	50	0	16206
	2010	7684	1283	10600	2184	82	0	21833
	2011	5480	5252	10558	1000	0	174	22290
	2012	2858	1156	5935	1350	0	335	11299
	2013	2924	2024	6531	3824	0	131	15438
	Total	**23079**	**15447**	**54671**	**18157**	**398**	**640**	**111883**
Centro Blanco	2007	87	0	7200	1671	116	0	9074
	2008	6	0	6120	46	51	0	6223
	2009	4000	0	5915	318	127	0	10360
	2010	3728	0	6950	920	0	0	11598
	2011	200	0	6210	348	50	108	6916
	2012	2304	0	5140	148	45	260	7897
	2013	1527	0	5627	1132	0	0	8286
	Total	**11852**	**0**	**43162**	**4583**	**389**	**368**	**60354**

Fuente: Loaiza, K. (2013). número total muestras/ año - categorizado por análisis de laboratorio; FLAR.

5. Actividades desarrolladas durante la práctica.

La práctica empresarial se desarrolló en el FLAR, y se apropió de los procesos y metodologías que se realizan en el laboratorio, (ver cuadro2). A continuación se exponen las actividades y procesos realizados durante el desarrollo de la práctica.

5.2. Fortalecimiento de los análisis de evaluación de la calidad del arroz.

Dentro del proceso de fortalecimiento del laboratorio se está llevando a cabo procesos como:

5.2.1. Optimización de la evaluación de contenido de amilosa utilizando el NIRs. Para este trabajo de investigación se colecto material del banco de trabajo FLAR-CIAT, 186 muestras a las cuales se les realizo limpieza y preparación, seguidamente estas fueron procesadas en los diferentes estados del arroz (arroz paddy, arroz integral, arroz blanco y harina), (Figura 4). A cada estado se le realizo un proceso conocido como escaneado de muestra en el equipo NIRs para lo que se obtuvo un total de 558 espectros de ondas. Los datos obtenidos son valores de longitud de onda y actualmente estos se encuentran en análisis.

Figura 4. Utilización del equipo NIRs para escaneo de muestra de arroz en harina; FLAR.

Fuente: el autor

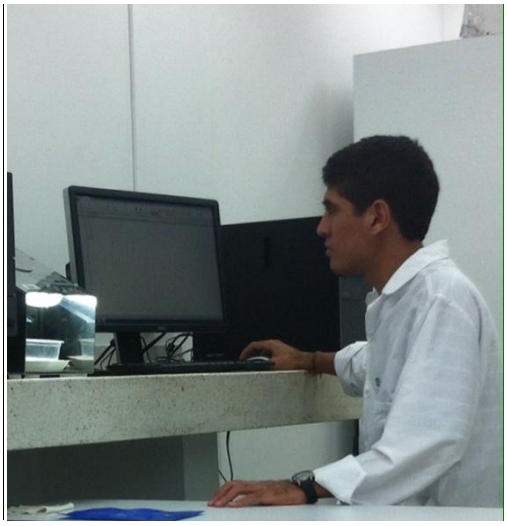
5.2.2. Ajustes del S21 para evaluar centro blanco. A finales del S21 fue modificado A finales del 2013 el para evaluar centro blanco con cantidades pequeñas, ya que el equipo viene equipado para realizar sus análisis con muestras con un peso aproximado de 100g. El trabajo que se desarrolló durante la práctica fue tomar 100 materiales al azar del banco de trabajo FLAR- CIAT a partir de las muestras por diferentes pesos (4g, 6g, 8g y 10g) esto para identificar la cantidad óptima de muestra para esta evaluación; estos materiales fueron analizados con tres repeticiones. Seguidamente las muestras fueron comparadas por medio del análisis visual, con el objetivo de encontrar una relación directa entre los datos visuales y los datos arrojados por el equipo S21. Se determinara estadísticamente la reproducibilidad del equipo y una correlación entre el método visual y los datos que expele el S21, para identificar una adecuada evaluación de centro blanco (Figura 5).

Figura 5. Obtención de datos en el analizador digital de calidad S21. FLAR.

Fuente: el aturo.

5.2.3. Ajustes del analizador digital de grano S21 para evaluación de rendimiento de grano. Dado a las exigencias del mercado es imprescindible que el arroz sea homogéneo y tenga un mínimo porcentaje de grano partido, esto se relaciona con la plantación y a las condiciones medioambientales y genéticas que pudo presentar la planta, ya que se ve retribuido a que el arroz presente mayor o menor índice de granos partidos (Román, 2003); actualmente para determinar la cantidad de grano partido en los procesos de mejoramiento del FLAR, utiliza el equipo clasificador satake (modelo: TRG, No: 3530353), este proceso es extenso, con el fin de mejorar este aspecto se trabajó con el analizador digital de calidad S21, que determina de forma practica la cantidad de granos enteros y partidos de una muestra (EDIAGRO 2006). Para lo cual fueron comparados los resultados obtenidos por la metodología tradicional y los datos arrojados por el equipo S21. (Figura 6). Actualmente se está analizando estadísticamente este proceso.

Figura 6. Calibración del equipo S21 para granos enteros y partidos. FLAR.



Fuente: el autor

5.2.4. Entrenamiento panel sensorial. El laboratorio de calidad tiene como objetivo preparar un grupo de personas, conocidas como panelistas sensoriales, que evalúan la calidad culinaria del arroz. En el transcurso del primer semestre del 2014 los panelistas fueron convocados 4 veces para hacer posible la evaluación sensorial de las muestras utilizadas en cada convocatoria (Figura 7). Fue necesario llevar un protocolo de evaluación sensorial descriptiva el cual consiste en llenar un formulario que evalúa la característica visual y la palatabilidad del arroz cocido donde el panelista determina el agrado o no de la muestra.

El entrenamiento se vienen realizando desde finales del 2013, para lo cual se han llevado a cabo 5 convocatorias al panel sensorial, considerado un número suficiente para evaluar estadísticamente la sensibilidad de los jueces y si estos se encuentran preparados para evaluar líneas promisorias.

Figura 7. Grupo de panelistas, identificando apariencia y textura de una línea de arroz comercial. FLAR.

Fuente: El autor.

5.3. **Atención a visitantes**.

Una de las funciones del laboratorio además de procesar e identificar la calidad de una línea de arroz, es difundir a otras personas interesadas en información sobre los respectivos análisis y procesos que se realizan en el laboratorio. Durante el transcurso del año 2014 se han recibido a 5 grupos de personas provenientes de países latinoamericanos como Argentina, Brasil, Chile, Colombia y Uruguay, dentro de los cuales encontramos universidades, personas provenientes de otros países y socios.(Figura 8).

Figura 8. Capacitación a grupo de personas a nivel nacional - internacional.

Visitantes Internacionales (Argentina,Brasil, Chile y Uruguay).

Docentes Universidad de San Buenaventura Cali

Estudiantes de Ing. De alimentos

Universidad del Valle

Estudiantes de Ing. agroindustrial

Universidad de San Buenaventura Cali.

5.4. Entrenamiento para evaluar contenido de amilosa utilizando el método colorimétrico.

En el Laboratorio de calidad se determina porcentaje de amilosa utilizando principalmente el equipo NIRs, aunque en ocasiones para verificar muestras anómalas se utiliza un método químico llamado método colorimétrico, protocolo establecido por la guía de "Evaluación *de la calidad culinaria y molinera del arroz*[8] ", se realizó un entrenamiento en este método con el fin de tener un mayor conocimiento y experticia (Figura 9).

Figura 9. Método colorimétrico

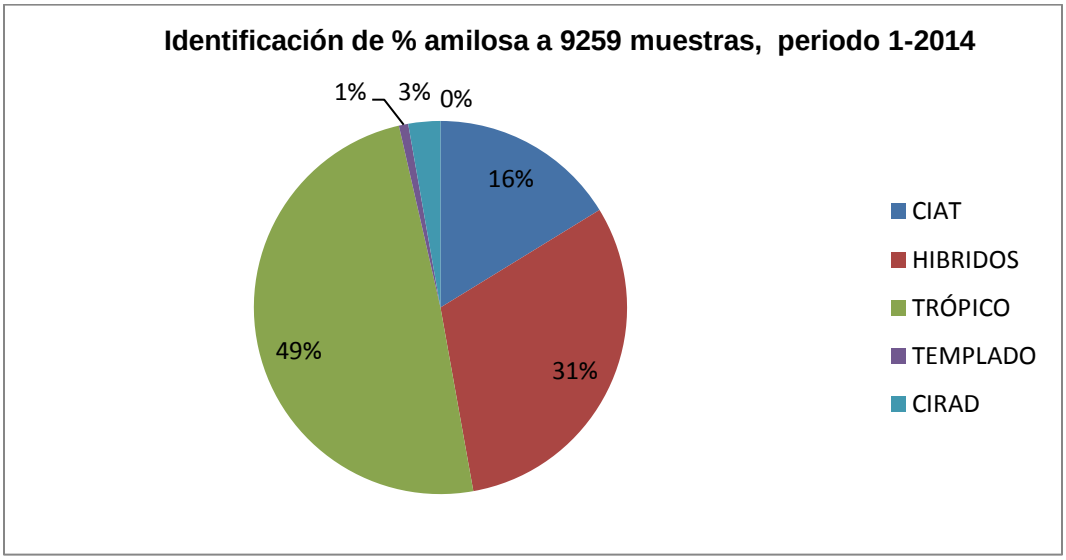
Fuente: El autor. (Azul oscuro indica alto porcentaje de amilosa y el azul claro bajo porcentaje). FLAR.

[8] Martinez,C y Cuevas, F. (1989). Evaluación *de la calidad culinaria y molinera del arroz.* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali - Colombia: Luz Maria Medina.

5.5. Porcentaje de amilosa evaluado por el NIRs en el semestre 1- 2014.

Para el semestre del 2014 se realizaran 13.000 muestras para identificar porcentaje de amilosa, de las cuales se han llevado a cabo en los meses de enero y mayo 9259 muestras. (Gráfica 2).

Gráfica 2. Indicadores operativos por análisis realizados en contenido de amilosa mediante la técnica NIRs.



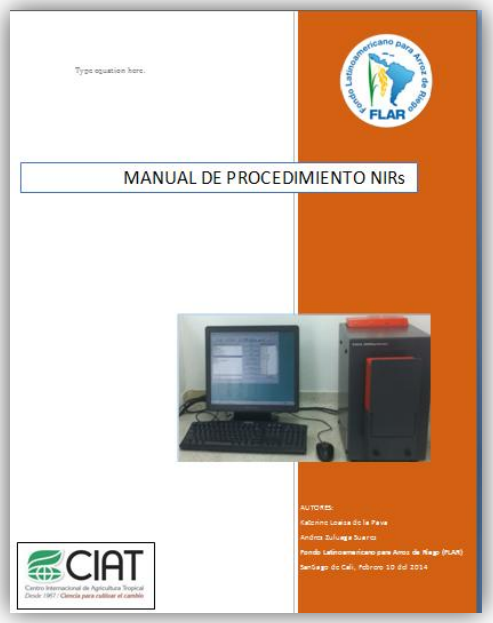
Fuente: El autor.

5.6. Elaboración de manuales en Centro Blanco y uso del equipo NIRs.

Se realizaron dos manuales, los cuales explican los procedimientos para realizar una evaluación de longitud del grano, porcentaje de centro blanco y un paso a paso de la forma adecuada de usar y obtener datos con el equipo NIRs. Dando como resultado una guía para el lector o futuro analista de cómo realizar las respectivas evaluaciones y cómo interpretar los resultados. (Figura 10).

Figura 10. Portada de manuales en Centro Blanco y uso del equipo NIRs.

Manual Centro Blanco



Manual NIRs

6. Cronograma de actividades y presupuesto

Para el desarrollo y cumplimiento de las actividades se siguió el siguiente cronograma. Cabe anotar, que todas las actividades fueron financiadas por el FLAR:

		MESES						
		NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Cronograma		x	x	x	x	x	x	x
PRODUCTO	Obtener longitudes de onda en los estados del arroz (paddy, integral, blanco y harina)	x	x	x				
ACTIVIDAD 1.	Descascarar, pulir y moler las muestras en arroz							
PRODUCTO	Realizar ensayos de rutina en temperatura de gelatinización			x				
ACTIVIDAD 2.	preparar solución de KoH							
PRODUCTO	Identificar % amilosa para Arroz de zona templada			x				
ACTIVIDAD 3.	Pasar muestras en harina por el equipo NIR							
PRODUCTO	Aplicar los métodos de temperatura de gelatinización, y contenido de amilosa, a las muestras de la empresa privada			x				
ACTIVIDAD 4.	Preparación de solución de KoH y alistar el equipo NIR para muestra en harina							
PRODUCTO	Identificación de contenido de amilosa			x				
ACTIVIDAD 5.	Alistamiento de equipo NIR							
PRODUCTO	Realizar ensayos para el método colorimétrico.				x			
ACTIVIDAD 6.	Alistamiento de materiales y soluciones							
PRODUCTO	Realizar los cálculos para obtener porcentajes de grano entero y grano partido utilizando 30g de muestra de arroz.				x			
ACTIVIDAD 7.	Validación del quipo S21							
PRODUCTO	Preparar ayudas visuales para la visitas en centro blanco, longitud del grano, porcentaje de amilosa (método colorimétrico, NIRs) y cocción				x			
ACTIVIDAD 8.	capacitación							
PRODUCTO	Protocolo para establecer centro blanco (S21)					x		
ACTIVIDAD 9.	Obtención de datos en diferentes escalas de peso para evaluar centro blanco							
PRODUCTO	Apoyo a los análisis y trabajos de rutina que se realizan en el laboratorio						x	x
ACTIVIDAD 10.	Uso de los diferentes equipos para realizar los ensayos de mejoramiento. Y logística para entrenamiento del panel sensorial							

7. Conclusiones

- Aprendizaje para la aplicación de protocolos en laboratorio y experticia en el manejo, operación y funcionalidad de equipos (molinos, pulidor, descascarador, S21 y NIRs)

- Interpretación de datos aunado a una retroalimentación en las diferentes áreas del FLAR.

- A través de las técnicas utilizadas para determinar la apariencia del grano, se identificaron los materiales que cumplen los estándares de la industria molinera.

- Se obtuvieron datos experimentales que sirven de base para establecer el protocolo en la evaluación de apariencia del grano en el analizador S21 empleando muestras menores a diez gramos.

- Se estableció una relación entre el método tradicional de pilado y el porcentaje de grano entero obtenido mediante el analizador S21.

- Se obtuvieron 558 espectros de interés para la determinación del contenido de amilosa, aplicando la técnica NIRs a diferentes estados del arroz (paddy, integral y blanco).

8. Recomendaciones

- Evaluar la viabilidad de actualizar el Software del equipo NIRs, ya que viene presentando problemas de bloqueo en el computador retrasando el trabajo, consecuentemente se podría tener una mayor eficiencia en la toma de resultados y en la entrega de ellos.

- Identificar las áreas, equipos y materiales que están dentro del laboratorio con rótulos, para que sirvan de guía al personal del laboratorio y a los visitantes.

- Se recomienda tener otra persona calificada en el laboratorio que maneje los diversos procesos que se realizan, ayudando a propiciar la eficiencia en los análisis a corto tiempo.

9. Referencias

Areiza, A. (s.f.) Diagnostico del Mercado de Arroz en Colombia. [En línea].Cámara y comercio Superintendencia [Fecha de consulta 16 junio 2014]. Disponible en internet: http://www.sic.gov.co/documents/10157/1086e02c-147e-4df4-af0c-1c547a876b8b.

Ángeles, C. (2010). Gestión de procesos y productividad con tecnologías de la información. [En línea]. Ongei [Fecha de consulta 15 mayo 2014]. Disponible en internet: http://www.ongei.gob.pe/estudios/publica/estudios/T02_OPT_NEGTIC_DIC 2010.pdf

Avila, Manuel. et al. (2012). Concordancia entre analistas de laboratorios de Latinoamérica para la determinación de la apariencia del grano de arroz pulido mediante el uso de imágenes digitales. Archivos Latinoamericanos de nutrición. En: Junio, 2012, Vol. 62, No 2, Disponible en internet: http://www.alanrevista.org/ediciones/2012/2/?i=art11.

Castilo, A. (2007). Molinería de arroz. En: Molinería (pilado) de arroz. Bogotá: EdiagroLtda, 2007. (p. 105).

CGIAR. (2014). Advancing international agricultural research for development. [En línea]. CGIAR [Fecha de consulta 6 junio 2014]. Disponible en internet: http://www.cgiar.org/cgiar-consortium/.

Champagne, E. et al (1999). Correlation between cooked rice texture and rapid visco analyser measurements. [En línea]. AACC, international [Fecha de consulta 5 abril 2014]. Disponible en internet: http://www.aaccnet.org/publications/cc/1999/September/Pages/76_5_764.aspx.

CIAT. (Centro Internacional de Agricultura Tropical). (2014) Generalidades. [En línea]. CIAT [Fecha de consulta 5 abril 2014]. Disponible en internet: http://ciat.cgiar.org/es/nosotros.

CIAT (Centro Interamericano de Administraciones Tributarias). (2014). [En línea]. [Fecha de consulta 23 marzo 2014]. Disponible en: http://www.ciat.org/index.php/acerca-del-ciat/paises-miembros.html

Cuevas, P. et al. (2010). Melting the secrets of gelatinization temperature in rice. Conference 28. En: International Rise Research: (2010: Vietnam). Quality grain, health and nutrition. Vietnam: Op10. 1-3. P. Disponible en internet: http://ricecongress.com/previous/extPdfs/OP10-3988-Daygon-edited.pdf.

Bolsa de productos. Laboratorio de grano s y cereales. [En línea].2014. [Fecha de consulta 15 abril 2014]. Disponible en internet: http://www.bolsadeproductos.com.ec/laboratorio.html.

DANAC. (2014). Fundación para la investigación agrícola. [En línea].DANAC. [Fecha de consulta 30 abril 2014]. Disponible en internet: http://danac.org.ve/?page_id=166.

DICTA (dirección de ciencia y tecnología agropecuaria). (2013). [En línea]. Secretaria de agricultura y ganadería.[Fecha de consulta 15 abril 2014]. Disponible en internet: http://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf.

EDIAGRO (Estudios y diseños agroindustriales). (2006). [En línea]. Equipos de laboratorio nueva generación. [Fecha de consulta 2 mayo 2014]. Disponible en internet: http://www.conarroz.com/pdf/11Equiposdelaboratorio.pdf.

FAO (2004). *Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas*. [En línea]. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. [Fecha de consulta 18 mayo 2014]. Disponible en internet: http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s0d.htm.

FAOSTAT. (2013). [En línea].Producción de arroz Suramérica. [Fecha de consulta 25 abril 2014]. Disponible en internet: http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/*/E.

FLAR (Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego). (1996). Un Método Simplificado para Cruzamientos en Arroz; Manual técnico. Cali, Colombia: FLAR. 36 p.

FLAR. (2014). [En línea]. Organigrama. [Fecha de consulta 5 abril 2014]. Disponible en internet: http://www.flar.org.

Gelis, T. T. (1999, 07). Una estrategia para optimizar el mejoramiento genético de arroz en Venezuela.[en línea]. FLAR- CIAT. [Fecha de consulta 5 abril 2014]. Disponible en internet: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd63/texto/flarciat.htm.

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

Holguín, J. et al. (1991). Influencia del citoplasmas sobre la expresión del centro blanco y temperatura de gelatinización en arroz (oryza sativa.L.). Revista unal. [En línea]. Acta agronómica. [Fecha de consulta 5 abril 2014]. Disponible en internet: http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/viewFile/15585/16347

INIA. (2012). Instituto nacional de investigación agropecuaria. [En línea]. Infinitarium [Fecha de consulta 6 junio 2014]. Disponible en internet: http://www.inia.cl/.

IRRI. (2013). Source book one of the most important economic activities on earth. In *Rice as human food*. 10 p. philippines: Global rice science partnership.

IRRI. (2014).[En línea]. Red internacional para el arroz de calidad. [Fecha de consulta 29 de abril 2014]. Disponible en internet: http://irri.org/networks/stress-tolerant-rice-for-africa-and-south-asia/47-profiles/networks/89-international-network-for-quality-rice.

Jena KK, Hardy B, editors. 2012. Advances in temperate rice research. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. 105 p. Disponible en intenet: http://books.irri.org/9789712202896_content.pdf.

Jimenez, A. (2007). *Identificación de harinas de yuca (manihot esculenta crantiz) con alto contenido proteico mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRs).* Universidad Nacional de Colombia, Palmira: Tesis de maestría.

Juliano, B. (2003). Rice chemistry ans quality. In *Apparent amylose content*. 208 p. Philippine: Island.

Kusano, M. A. (2012). *Deciphering starch quality of rice Kernels using metabolite profiling and pedigree network analysis.* Revista NCBI doi: 10.1093/mp/ssr101. [En línea]. Disponible en internet: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22180466.

Livore, A. (2004). Calidad Industrial y culinaria del arroz. Revista IDIA XXI 6:190-194 [En línea]. [Fecha de consulta 29 abril 2014]. Disponible en internet: file: http://www.biblioteca.org.ar/.

LATU (Laboratorio tecnológico del Uruguay). (2014). [En línea]. [Fecha de consulta 29 marzo 2014]. Disponible en internet: http://www.latu.org.uy/index.php/buscar?searchword=laboratorio%20de%20arroz&searchphrase=all.

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.

Loubes, M y Marcela, T. (2013). *Rendimiento de molienda mediante análisis de imagenes.* Revista la alimentación Latinoamericana No 308 [en línea]. [Fecha de consulta 29 abril 2014]. Disponible en internet: http://www.publitec.com.ar/system/noticias.php?id_prod=455.

Lobos, I. G. (2013). *Evaluación de NIRS para predecir pastos potenciales en su valor nutritivo.* Retrieved from scielo, vol. 13, No 2:

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162013000200016&lang=pt.

Martínez, C y Cuevas, F. (1989). Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz; guia de estudio para ser usada como complemento de la unidad audiotutorial sobre el mismo tema. Cali, Colombia: CIAT. 73 p.

Nieves, A. et al. (s.f.). *Espectrometría: espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas.* Revista UCO. [En línea]. [fecha de consulta 14 abril 2014]. Disponible en internet: http://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETR%C3%8DA.pdf.

Norris, K. B. (2003). *Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy.* Revista Sciencedirect, Vol 84, 45-56 p [en línea]. [Fecha de consulta 3 abril 2014]. Disponible en internet: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429003001400

NTC. (2005). *Norma técnica Colombiana*.[En línea] Sistemas de gestión de inocuidad de los alimentos icontec. [Fecha de consulta 4 abril 2014]. Disponible en internet: http://www.itp.gob.pe/normatividad/demos/doc/Normas%20Internacionales/Union%20Europea/ISO/ISO22000SistemaGestiSeguridadAlimentaria.pdf.

Oryza, El consumo de arroz per cápita está aumentando en los países desarrollados, según la FAO [online].2012 [cited 30 april 2014]. Available from internet: http://arroz.com/content/el-consumo-de-arroz-c%C3%A1pita-est%C3%A1-aumentando-en-los-pa%C3%ADses-desarrollados-seg%C3%BAn-la-fao.

Román, R. (2003). *Metodología para la evaluación del Centro Blanco (Panza Blanca)*. [En línea]. Laboratorio de Control de Calidad CONARROZ. [Fecha de consulta 28 marzo 2014]. Disponible en internet: http://www.conarroz.com/pdf/MetEvalCB.pdf