

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Evaluación de los cambios en el proceso de germinación a diferentes  
tiempos y temperaturas, evaluando la composición proximal y las  
características sensoriales del arroz integral germinado (oriza sativa) en las  
variedades f50 y fsl09 ecuatorianas”

## **TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**Proyecto de Graduación**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIEROS DE ALIMENTOS**

Presentado por:

Julio Cesar Cepeda Morales

Fernando David Zambrano Garcia

GUAYAQUIL-ECUADOR

Año: 2015

## AGRADECIMIENTO

A Dios por llenarnos de paciencia y seguridad cuando más necesitamos para poder culminar con este proyecto. A mi tutor del Proyecto, Ing. Patricio Caceres por darnos la oportunidad de aprender mucho sobre investigación y también por su apoyo en todo el proceso del presente trabajo.

Al Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE) especialmente al Dr. Juan Manuel Cevallos y su equipo colaborador, a la empresa INDIA PRONACA por permitirnos realizar las pruebas en sus instalaciones; gracias a su apreciable ayuda en el desarrollo de este trabajo, nos han permitido terminar con éxitos esta investigación.

***Fernando Zambrano García***



## AGRADECIMIENTO

A Dios por ser el centro de cada meta que me propongo en la vida, y por su respaldo para poder terminar este proyecto a pesar de las adversidades que se presentaron. A mi familia por estar siempre a mi lado sin ellos esto no hubiese pasado.

A mi director del proyecto, Ing. Patricio Cáceres por guiarnos con sus conocimientos y brindarnos su apoyo a favor de nosotros.

De igual manera agradezco inmensamente a la planta de semillas INDIA PRONACA por su valiosa ayuda para con este proyecto, a todo su equipo colaborador, Al Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE) especialmente al Dr. Juan Manuel Cevallos y su equipo colaborador.

***Julio Cesar Cepeda Morales***

## DEDICATORIA

A Dios por la toda la paciencia que puso en mi para seguir adelante en esta etapa de mi vida. A mis padres, Freddy Zambrano y Cecilia García, que son los seres que más amo con todo mi corazón, por su apoyo incondicional que siempre me han brindado, por llenarme de valor, por su constante motivación, por ser mi guía y por estar conmigo cuando más los he necesitado. A mis hermanas, Felipe, Fabrizio y Vanessa, por ser ejemplos a seguir. A mi novia Lisseth Cobo Y Familia, por su constante apoyo y fuerza para no desvanecer. A mi compañero de proyecto y amigo Julio Cepeda por su apoyo, motivación y arduo trabajo en equipo para poder culminar nuestra tesis. A mi familia y amigos que estuvieron en esta importante etapa de mi vida.

***Fernando Zambrano García***

## DEDICATORIA

La Culminación de este Proyecto se lo Dedico principalmente a Dios por la perseverancia y fuerzas que puso en mi para no desfallecer. A mis padres, Julio Cepeda y Eleodora Morales, que son el motor de mi vida, sin ellos no podría seguir adelante, por su apoyo incondicional y consejos que nunca han faltado, por su paciencia y constante cariño, por mostrarme el camino y estar conmigo cuando he sentido que las cosas se han desvanecido. A mis hermanos, Cesar, Roberto, Cinthya y Violeta, por ser parte de mi vida y ser ejemplos a seguir. A mi Familia, por ser los mejores en los momentos difíciles. A mi compañero de proyecto amigo, y pana Fernando Zambrano por su constante motivación con sus frases de vida, y trabajo en equipo para realizar este proyecto. A los amigos que estuvieron en esta impresionante etapa de mi vida.

***Julio Cesar Cepeda Morales***

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



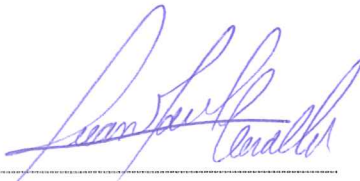
---

Ing. Jorge Duque R.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



---

M.Sc. Patricio Caceres C.  
DIRECTOR DEL TFG



---

Ph.D. Juan Manuel C.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este Trabajo Final de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Fernando Zambrano García



Julio Cesar Cepeda Morales

## RESUMEN

Actualmente no se tiene un conocimiento profundo acerca de la composición y diferencias sensoriales en las distintas variedades de arroz sembrado en el litoral ecuatoriano y casi en su totalidad se comercializa y se consume como arroz pulido. En este trabajo se estudia la germinación de las variedades de arroz integral de grano largo SFL09 Y F50 con la finalidad de dar un valor agregado que proporcionara al consumidor nuevas alternativas de alimentación saludable.

El proceso de germinación en la semilla trae una serie de cambios químicos y bioquímicos en el interior de los componentes de la misma, dando como resultado un alimento con mejores características nutricionales, mayor facilidad de digestión y con posibles mejoras en la salud.

En este proyecto determino cómo influye el tiempo y la temperatura del proceso de germinación sobre la composición nutricional y las características sensoriales en dos variedades ecuatorianas de alto consumo.

Para este estudio se utilizaron las variedades F50 Y FSL09, en el proceso de germinación, se llevó a cabo diferentes tiempos (del día 0 hasta el día 4) y temperaturas (26°C Y 32°C) posteriormente se cuantifico la fibra alimentaria,

proteína, cenizas, grasa y humedad como variables de respuesta y además mediante pruebas sensoriales de comparación múltiple y mediante pruebas afectivas del grado de satisfacción del arroz cocido germinado se determinó que existen diferencias entre variedades germinadas y el tiempo y la temperatura en el proceso de germinación. Se utilizaron los programas estadísticos para procesar datos (minitab y Statgraphics Centurión XVI).

Con esta investigación se espera dar inicio a otros estudios que permitan un desarrollo científico sobre alimentos funcionales teniendo presente que el proceso de germinación es económico y sencillo pero con un alto valor agregado.

## ÍNDICE GENERAL

|                                                             |      |
|-------------------------------------------------------------|------|
| RESUMEN.....                                                | ii   |
| INDICE GENERAL .....                                        | iv   |
| INDICE DE FIGURAS.....                                      | vi   |
| INDICE DE TABLAS.....                                       | v    |
| ABREVIATURAS .....                                          | xiii |
| SIMBOLOGÍA.....                                             | xiv  |
| INTRODUCCIÓN.....                                           | 1    |
| CAPITULO 1.....                                             | 3    |
| 1. GENERALIDADES.....                                       | 3    |
| 1.1. Materia Prima.....                                     | 9    |
| 1.2. Germinación.....                                       | 27   |
| 1.3 Arroz Germinado.....                                    | 36   |
| CAPITULO 2.....                                             | 39   |
| 2. MATERIA Y METODOS.....                                   | 39   |
| 2.1. Diseño Experimental.....                               | 46   |
| 2.1.1. Definición de las variables de respuestas.....       | 47   |
| 2.1.2. Definición de los factores y niveles de estudio..... | 48   |



|                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.1.3. Materiales.....                                                                                          | 48  |
| 2.1.4. Metodología de Germinación.....                                                                          | 50  |
| 2.2. Pruebas Bromatológicas.....                                                                                | 59  |
| 2.3. Pruebas Sensoriales.....                                                                                   | 71  |
| CAPÍTULO 3.....                                                                                                 | 76  |
| 3.ANÁLISIS DE RESULTADOS.....                                                                                   | 76  |
| 3.1 Efecto de las variables de estudio en la composición proximal del arroz<br>germinado.....                   | 77  |
| 3.1.1 Cenizas .....                                                                                             | 77  |
| 3.1.2 Fibra Insoluble.....                                                                                      | 84  |
| 3.1.3 Grasas.....                                                                                               | 91  |
| 3.1.4 Humedad.....                                                                                              | 97  |
| 3.1.5 Proteína.....                                                                                             | 104 |
| 3.2. Análisis Estadístico de las variables de estudio en la comparación<br>nutricional del arroz germinado..... | 110 |
| 3.3 Resultados pruebas sensoriales.....                                                                         | 123 |
| 3.4 Análisis de resultados de pruebas sensoriales.....                                                          | 127 |
| CAPÍTULO 4.....                                                                                                 | 129 |
| 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                                                         | 129 |
| APÉNDICES.....                                                                                                  | 131 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| BIBLIOGRAFIA..... | 138 |
|-------------------|-----|

## INDICE DE FIGURAS

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. 1 Producción de arroz en el Ecuador.....                                | 7  |
| Figura 1. 2 Representación gráfica arroz.....                                     | 9  |
| Figura 1. 3 Representación gráfica de semilla de arroz integral<br>germinado..... | 24 |
| Figura 1. 4 Representación gráfica de arroz germinado.....                        | 29 |
| Figura 1. 5 Representación gráfica de brote de arroz germinado....                | 33 |
| Figura 1. 6 Representación gráfica de semilla de arroz germinado..                | 36 |
| Figura 2. 1 Semilla de arroz F-50.....                                            | 41 |
| Figura 2. 2 Semilla de arroz y separador de impurezas.....                        | 53 |
| Figura 2. 3 Balanza analítica y equipo descascarillador.....                      | 53 |
| Figura 2. 4 Zarandas de clasificación.....                                        | 54 |
| Figura 2. 5 Agua destilada.....                                                   | 55 |
| Figura 2. 6 Bandejas contenedoras de muestra.....                                 | 56 |
| Figura 2. 7 Preparación de la muestra.....                                        | 57 |
| Figura 2. 8 Cámaras de germinación.....                                           | 58 |
| Figura 2. 9 Arroz germinado 48 horas y 96 horas.....                              | 59 |
| Figura 2. 10 Secador solar artesanal.....                                         | 59 |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2. 11 Medidor de humedad STEINLITE SB 700.....              | 61 |
| Figura 2. 12 Equipo Kjeldahl.....                                  | 63 |
| Figura 2. 13 Equipo Mufia.....                                     | 71 |
| Figura 2. 14 Grupo de panelistas.....                              | 74 |
| Figura 2. 15 Grupo de panelistas.....                              | 75 |
| Figura 2. 16 Ficha de evaluación sensorial.....                    | 76 |
| Figura 3. 1 Gráfica de efectos principales para cenizas.....       | 79 |
| Figura 3. 2 Gráfica de probabilidad normal.....                    | 80 |
| Figura 3. 3 Gráfica de efectos principales para cenizas.....       | 82 |
| Figura 3. 4 Gráfica de probabilidad normal.....                    | 83 |
| Figura 3. 5 Gráfica de efectos principales para fibra soluble..... | 85 |
| Figura 3. 6 Gráfica de probabilidad normal.....                    | 86 |
| Figura 3. 7 Gráfica de efectos principales para fibra soluble..... | 89 |
| Figura 3. 8 Gráfica de probabilidad normal.....                    | 90 |
| Figura 3. 9 Gráfica de efectos principales para grasa.....         | 93 |
| Figura 3. 10 Gráfica de probabilidad normal.....                   | 93 |
| Figura 3. 11 Gráfica de efectos principales para grasa.....        | 96 |
| Figura 3. 12 Gráfica de probabilidad normal.....                   | 97 |
| Figura 3. 13 Gráfica de efectos principales para humedad.....      | 99 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 3. 14 Gráfica de probabilidad normal.....                                 | 100 |
| Figura 3. 15 Gráfica de efectos principales para humedad.....                    | 103 |
| Figura 3. 16 Gráfica de probabilidad normal.....                                 | 103 |
| Figura 3. 17 Gráfica de efectos principales para proteínas.....                  | 106 |
| Figura 3. 18 Gráfica de probabilidad normal.....                                 | 107 |
| Figura 3. 19 Gráfica de efectos principales para proteínas.....                  | 109 |
| Figura 3. 20 Gráfica de probabilidad normal.....                                 | 110 |
| Figura 3. 21 Medias y 95.0% de Fisher LSD, Contenido vs<br>muestras cenizas..... | 113 |
| Figura 3. 22 Medias y 95% de Fisher LSD, Contenido vs<br>Muestras F soluble..... | 115 |
| Figura 3. 23 Gráfico Caja y Bigotes, muestras vs Contenido F<br>soluble.....     | 116 |
| Figura 3. 24 Medias y 95.0% de Fisher LSD, contenido vs Muestra<br>de grasa..... | 118 |
| Figura 3. 25 Gráfico caja y Bigotes, Muestras vs Contenido de<br>humedad.....    | 118 |
| Figura 3. 26 Gráfico caja y Bigotes, Muestra vs Contenido de grasa               | 119 |

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 3. 27 Medias y 95.0% de Fisher LSD, Contenido Vs               |     |
| Muestras humedad.....                                                 | 121 |
| Figura 3. 28 Medias y 95.0% de Fisher y LSD, Nivel proteico           | 122 |
| Figura 3. 29     Gráfico Caja y Bigotes, Muestras vs Nivel proteico.. | 123 |

## INDICE DE TABLAS

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Taxonomía del arroz.....                                                                                             | 10 |
| Tabla 2 Composición de los nutrientes del grano de arroz.....                                                                | 13 |
| Tabla 3 Producción arrocería en el Ecuador.....                                                                              | 14 |
| Tabla 4 Variedades de semillas sembradas en el Ecuador....                                                                   | 15 |
| Tabla 5 Características Agronómicas.....                                                                                     | 22 |
| Tabla 6 Características físicas de la semilla SFL-09.....                                                                    | 22 |
| Tabla 7 Análisis de molinería.....                                                                                           | 23 |
| Tabla 8 Características generales del SFL-09.....                                                                            | 23 |
| Tabla 9 Características Agronómicas del F-50.....                                                                            | 27 |
| Tabla 10 Contenido de humedad necesaria para que ocurra<br>la germinación de algunas semillas de especies<br>cultivadas..... | 31 |
| Tabla 11 Temperaturas de crecimiento de algunas semillas...                                                                  | 33 |
| Tabla 12 Tabla de diseño factorial.....                                                                                      | 78 |
| Tabla 13 Tabla de datos de cenizas variedad F-50.....                                                                        | 79 |
| Tabla 14 Tabla ANOVA F50 cenizas.....                                                                                        | 81 |
| Tabla 15 Tabla de datos de cenizas variedad SFL09.....                                                                       | 82 |

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 16 Tabla ANOVA cenizas FSL-09.....                  | 84  |
| Tabla 17 Tabla de datos fibra insoluble.....              | 85  |
| Tabla 18 Tabla ANOVA fibra insoluble F-50.....            | 88  |
| Tabla 19 Tabla de datos fibra insoluble.....              | 89  |
| Tabla 20 Tabla ANOVA fibra insoluble SFL-09.....          | 91  |
| Tabla 21 Tabla de datos grasa.....                        | 92  |
| Tabla 22 Tabla ANOVA grasa F-50.....                      | 95  |
| Tabla 23 Tabla de datos grasa.....                        | 96  |
| Tabla 24 Tabla ANOVA grasa SFL-09.....                    | 98  |
| Tabla 25 Tabla de datos humedad.....                      | 99  |
| Tabla 26 Tabla ANOVA humedad F-50.....                    | 101 |
| Tabla 27 Tabla de datos humedad.....                      | 102 |
| Tabla 28 Tabla ANOVA humedad SFL-09.....                  | 105 |
| Tabla 29 Tabla de datos proteínas.....                    | 106 |
| Tabla 30 Tabla ANOVA para las proteínas F-50.....         | 108 |
| Tabla 31 Tabla de datos proteínas.....                    | 109 |
| Tabla 32 Tabla ANOVA proteínas FSL-09.....                | 111 |
| Tabla 33 Tabla ANOVA de comparación múltiple cenizas..... | 112 |
| Tabla 34 Tabla comparación de Duncan cenizas.....         | 112 |



|                                                                                                            |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 35 Tabla ANOVA de comparación múltiple fibra.....                                                    | 114 |
| Tabla 36 Tabla comparación de Duncan fibra insoluble.....                                                  | 115 |
| Tabla 37 Tabla ANOVA de comparación múltiple grasa.....                                                    | 117 |
| Tabla 38 Tabla comparación de Duncan grasa.....                                                            | 117 |
| Tabla 39 Tabla ANOVA de comparación múltiple humedad....                                                   | 120 |
| Tabla 40 Tabla comparación Duncan humedad.....                                                             | 120 |
| Tabla 41 Tabla ANOVA de comparación múltiple proteínas....                                                 | 122 |
| Tabla 42 Tabla comparación Duncan proteínas.....                                                           | 123 |
| Tabla 43 Tabla de puntos de escala hedónica.....                                                           | 124 |
| Tabla 44 Tabla de resultados panelistas.....                                                               | 125 |
| Tabla 45 Tabla ANOVA para la determinación del grado de<br>significancia de cada fuentes de variación..... | 126 |
| Tabla 46 Tabla del error estándar, medias de mayor a menor.                                                | 127 |
| Tabla 47 Tabla de comparación de muestras.....                                                             | 128 |

**ABREVIATURAS**

|     |                                   |
|-----|-----------------------------------|
| PIB | Producto Interno Bruto            |
| FAO | Food and Agriculture Organization |
| ATP | Adenosin Trifosfato               |
| Ppm | Partes por millón                 |

## SIMBOLOGÍA

|      |                    |
|------|--------------------|
| G    | Gramo              |
| Kg   | kilogramo          |
| MI   | Milímetros         |
| Min  | Minutos            |
| Tm   | Tonelada Métrica   |
| Ha   | Hectáreas          |
| Qq   | quintal            |
| M2   | Metros cuadrados   |
| a.C. | Antes de Cristo    |
| °C   | Grados Centígrados |
| H    | hora               |
| S    | segundos           |

## INTRODUCCIÓN

El TFG abarca principalmente lo siguiente

El arroz es el cultivo más extenso del Ecuador, ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país. Según el Censo Nacional Agropecuario del 2002, el arroz se siembra anualmente en alrededor de 340 mil hectáreas cultivadas por 75 mil unidades de producción agropecuarias, las cuales el 80% son productores de hasta 20 hectáreas.

Tanto en el ámbito nacional como internacional el arroz es uno de los cultivos de mayor importa por lo que este cereal representa en la dieta alimenticia a nivel mundial. En Ecuador el consumo percapita ha incrementado significativamente de 46 kg que se consumía a inicios de los años 90 a 53 kg que actualmente se consume y este podría sufrir aumentos.

En la población Ecuatoriana se evidencia una deficiencia nutricional como consecuencia la desnutrición, sobrepeso y trastornos alimenticios que a larga se trasforman en enfermedades de alto riesgo para la salud, como la diabetes, cáncer al colon entre otras. La manera de prevenir estas enfermedades es buscando alimentos con propiedades funcionales enriquecidos en vitaminas,

minerales y fibras los cuales cubran con los porcentajes nutricionales diarios de la dieta alimenticia.

El arroz integral germinado es un fuente rica en proteínas fibras y minerales de bajo costo de producción y alto valor nutricional.

# CAPITULO 1

## 1. GENERALIDADES

La germinación es un proceso bioquímico en el que las semillas desarrollan una transformación que genera reacciones químicas fermentativas, desdoblando carbohidratos en el grano (para el desarrollo del brote) a nutrientes que se digieren más fácilmente que al consumir productos sin germinar etc. Sintetizan gran cantidad de enzimas y vitaminas (Molins, 2008).

El agua, calor y oxígeno son factores que influyen drásticamente durante el desarrollo y transformación de las semillas en la

germinación. Así se producen procesos bioquímicos transformadores (Horticultura, 2005).

El desdoblamiento de los almidones en este proceso se lleva a cabo por la enzima amilasa (alfa-amilasa, beta-amilasa) produciendo azúcares simples (Arregoces, 2005).

En el proceso de germinación, el contenido proteico mejora gracias a la descomposición de las propias y complejas cadenas proteínicas en aminoácidos libres, aumentando el contenido de aminoácidos esenciales (entre otros lisina, fenilalanina) (Molins, 2008).

Finalmente las grasas se transforman en ácidos grasos libres, los germinados de cereales y de algunas semillas como el trigo y las pipas de girasol son ricos en grasas. Mientras la grasa de la harina y del germen de trigo se enrancia muy rápidamente, las grasas en los germinados duran semanas. El tan afamado aceite de germen de trigo es roto en fracciones de ácidos grasos esenciales, de los cuales más de un 50% es Omega 6. Mientras que el aceite de girasol es la

mejor fuente de ácidos omega 6, los germinados hacen esas grasas más digestivas y asimilables. (Horticultura, 2005)

Debido a todas estas complejas modificaciones y al aumento de humedad, el resultado final en las semillas germinadas son un alimento que se digiere rápidamente, muy rico en vitaminas A, B, E, calcio, potasio, magnesio y oligoelementos: hierro, selenio y zinc.

Se produce eliminación de los factores anti nutritivos que se encuentra en las semillas, especialmente en las leguminosas (inhibidores de las proteínas). (Horticultura, 2005)

Los germinados pueden ser obtenidos en cualquier época del año, a diferencia de la Producción de otros vegetales. Su ciclo de cosecha es de tan solo una semana y su rendimiento nutricional es muy grande se pueden consumir crudos y semicrudos. (Molins, 2008)

El arroz es el cultivo más extenso del Ecuador, ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país.



El Ecuador, a pesar de poseer grandes extensiones de terreno apto y con condiciones climáticas favorables para el cultivo del arroz, tiene un rendimiento promedio de producción de 4,35 TM por ha, promedio bajo en comparación con otros países; aun así, demuestra un incremento significativo en la producción con relación al promedio de 1,44 TM por ha obtenido en el período 1965-1969. Tal rendimiento, se originaba en el uso de variedades tradicionales, susceptibles a plagas y enfermedades, ausencia de semillas certificadas, uso de prácticas culturales inadecuadas, poca o ninguna infraestructura de riego, falta de investigación y transferencia de tecnología.

El arroz se cultiva en la región Litoral, fundamentalmente en las provincias del Guayas y Los Ríos. Las zonas arroceras del país, presentan un amplio rango en la distribución de los factores climáticos que varía desde el trópico húmedo hasta el trópico seco, con temperaturas de 20° a 30 °C, precipitaciones máximas de 2500 mm y mínimas de 500 mm por año con humedad relativa generalmente alta. Estas zonas son fértiles y su mayor limitante es la inadecuada disponibilidad de agua, factor que en extensas zonas de secano es mínimo, sujeto a las lluvias.



**FIGURA 1. 1 PRODUCCIÓN DE ARROZ EN EL ECUADOR**

Fig. n°1.1 Fuente: (Ruiz, 2012)

Lo que refiere a la producción por provincias, para el año 2011, el Guayas tuvo un mayor nivel de producción con 120 y 140 qq por ha, los cuales provinieron de los cantones de Daule, Macará y Zapotillo. La producción en los cantones de Pichincha y Portoviejo en Manabí se consideró aceptable por obtener un rendimiento de 100 qq por ha. En Los Ríos el volumen de producción tuvo para algunos cantones un aumento, mientras que para otros una disminución.

El consumo de arroz en el Ecuador constituye la base para la alimentación de la mayoría de familias siendo a su vez una fuente de trabajo e ingresos para miles familias rurales, la gran mayoría del

litoral ecuatoriano, que dependen de la producción de este cereal. Se estima que, el arroz "da ocupación a alrededor de 50.000 familias del sector rural, con una contribución al PIB agrícola de alrededor del 13%, lo que representa una participación del 2,7% del PIB nacional" Según la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura (FAO), la producción de arroz en el Ecuador ocupa el puesto N° 26 a nivel mundial (2010), además de considerarnos uno de los países más consumidores de arroz dentro la Comunidad Andina, agregando que en nuestro país para el año 2010, el consumo de arroz fue de 48kg por persona.

Gracias a las favorables condiciones climáticas que benefician al Ecuador, es posible sembrar arroz todo el año.

## 1.1 MATERIA PRIMA



**FIGURA 1. 2 REPRESENTACIÓN GRÁFICA ARROZ,**

Fuente: (Arroceros, 2012)

El cultivo de (*Oryza sativa*) es una gramínea anual de gran importancia en la dieta humana como fuente de carbohidratos, constituye el principal alimento en muchos países asiáticos y en algunos de Sudamérica, es la especie más cultivada en el mundo después del trigo (Gonzalez, 1999).

### **Taxonomía**

La taxonomía del arroz se describe en la tabla 1.

TABLA 1 TAXONOMÍA DEL ARROZ

|                          |                         |
|--------------------------|-------------------------|
| <b>Reino</b>             | <b>Plantae</b>          |
| <b>División</b>          | <b>Anthophyta</b>       |
| <b>Clase</b>             | <b>Monocotyledoneae</b> |
| <b>Orden</b>             | <b>Cyperales</b>        |
| <b>Familia</b>           | <b>Poaceae</b>          |
| <b>Genero</b>            | <b>Oryza</b>            |
| <b>Especie</b>           | <b>Sativa</b>           |
| <b>Nombre Científico</b> | <b>Oryza Sativa</b>     |
| <b>Nombre vulgar</b>     | <b>Arroz</b>            |

Fuente: EDIFARM, 2004

El arroz procede probablemente de la zona del sudoeste de Asia que se extiende desde lo que hoy es la India meridional hasta el sur de Vietnam, es un cultivo tan antiguo como las primeras civilizaciones que se establecieron en esa parte del mundo (Doria, 2015).

En los años 2000 a.C. se llevó la semilla desde estas áreas a china y Japón, llegando con posterioridad a Irán y Arabia. Los griegos la descubrieron durante la invasión de la india (326 a.C.), en la época de Alejandro Magno.

Desde España y Portugal pasó a América durante la colonización, en el siglo XVI. Las mejores condiciones de cultivo en Sudamérica se dan en la pampa del sur de Brasil, Uruguay y Argentina.

El género *Oryza* comprende alrededor de 20 especies, que se distribuyen por las zonas cálidas y húmedas de África, China, América del Sur y Central y Australia.

Se considera que el arroz cultivado en Asia y África procede de la especie *perennis*, mientras que *O.nivara*, una forma de arroz silvestre de la india central, sería el precedente intermedio de *O. sativa*.

La principal especie es la *O. Sativa*, es la especie Asiática y de donde proceden la mayoría de variedades de todo el mundo.



A la especie *O. sativa* se reconocen tres subespecies: Índica, Japónica y Javánica.

Los Arroces de tipo Índico producen granos largos y estrechos que se mantienen sueltos tras la cocción. Su capacidad productiva es inferior a la de los del tipo japonico pero su valor comercial es mayor (Doria, 2015).

A esta subespecie pertenecen la mayoría de los cultivares comerciales de Occidente.

En la subespecie japónica los granos son más cortos y anchos que en la Índica y tienden a apelmarse durante la cocción, siendo los preferidos por los consumidores asiáticos. Presenta la capacidad productiva más elevada del genero pero su precio en el mercado internacional es el más bajo. La subespecie Javánica es la menos representativa de la especie y apenas está extendida fuera de Indonesia (Gonzalez, 1999).

La variedad africana es la *O. glaberrima* la cual se presenta en una menor biodiversidad y se obtuvo por la mezcla de dos especies silvestres.

### Valor Nutricional del arroz blanco

**TABLA 2 COMPOSICIÓN DE LOS NUTRIENTES DEL GRANO DE ARROZ**

| COMPOSICION DE LOS NUTRIENTES DEL GRANO DE ARROZ |              |           |          |
|--------------------------------------------------|--------------|-----------|----------|
| PERFIL BIOLOGICO                                 | DESCASCARADO | PILADO    | POLVILLO |
| Proteína                                         | 8.9          | 7.6-9.0   | 8.5-12   |
| Grasa                                            | 2            | 0.34      | 13       |
| Carbohidrato                                     | 77.2         | 79.4-90.8 | 40       |
| Calorías en 100gr                                | 356          | 351       |          |
| Fibra                                            | 1            | 0.2       | 12       |
| Vitaminas (p.p.m)                                |              |           |          |
| Tiamina                                          | 35           | 0.6-10    | 20.1     |
| Rivoflamina                                      | 0.8-1.0      | 0.28      | 2        |
| Ácido Nicotínico                                 | 55           | 15-20     | 25       |
| Ácido Pantotenico                                | 17           | 6.4       | 20       |
| Pyridoxina                                       | 10.3         | 45        |          |
| Colina                                           |              |           |          |
| Vitamina A (I.U/gr)                              | 0.5-1.0      | 880       |          |
| Minerales                                        |              |           |          |
| Calcio                                           | 0.084        | 0.009     | 0.08     |
| Magnesio                                         | 0.119        | 0.028     | 0.67     |
| Potasio                                          | 0.342        | 0.079     | 1.08     |
| Sodio                                            | 0.078        | 0.028     |          |
| Fosforo (p.p.m)                                  | 0.29         | 0.096     | 136      |
| Magnesio                                         |              | 10.14     | 11.6     |
| Cobre                                            | 3.6          | 19        |          |

Fuente: (Austin, 1981)



### Circunstancias en el Ecuador

El cultivo de arroz en nuestro País por lo general se lo hace en invierno y verano dependiendo del agua proveniente de un sistema de riego.

Según el tercer Censo Nacional Agropecuario del 2002 establece para el arroz blanco un rubro de 346936 hectáreas sembradas en 75.814 unidades de producción, el 80% de las cuales corresponde a propiedades menores a 10 hectáreas." El 96% de la superficie cultivada se encuentra en el litoral ecuatoriano y la principal zona arroceras se localiza a 10 metros sobre el nivel del mar.

**TABLA 3 PRODUCCIÓN ARROCERA EN EL ECUADOR**

| PROVINCIA        | PORCENTAJE |
|------------------|------------|
| Guayas           | 54.52      |
| Los Ríos         | 33.13      |
| El Oro           | 0.37       |
| Manabí           | 7.15       |
| Esmeraldas       | 0.54       |
| Loja             | 0.47       |
| Bolívar          | 0.36       |
| Otras Provincias | 3.47       |

Fuente: CORPCOM, 2010.

TABLA 4 VARIEDADES DE SEMILLAS SEMBRADAS EN EL ECUADOR

| VARIEDADES                  | PROVEEDOR    |
|-----------------------------|--------------|
| INIAP 415,INIAP 14,15,16    | ESTADO INIAP |
| F-50, F-21, SGO-667, S-FL09 | PRONACA      |
| VARIEDADES DE INIAP         | AGRIPAC      |
| CAPIRONA                    | AGRICULTORES |

Fuente: CORPCOM, 2010.

Gracias a las favorables condiciones climáticas que benefician al Ecuador, es posible sembrar arroz todo el año. De cualquier forma, se debe resaltar que el arroz de verano es el más apreciado por su alta calidad.

**Sistemas de producción**

Los sistemas de siembra más utilizados son: siembra a voleo, siembra en línea, siembra directa.

**El método de siembra a voleo.-** consiste en depositar la semilla sobre una superficie seca o inundada ,cuando se realiza en seco se llevan a cabo las labores convencionales de preparación del suelo y se siembra a mano o con máquinas acopladas a tractores , distribuyendo las semillas para asegurarse una densidad de plantas capaz de producir 250 y 350 panículas /m2.

Después, se pasa una grada de dientes que no profundice demasiado, para enterrar las simientes. (Gonzalez, 1999)

Con este sistema se requieren cantidades elevadas de semilla, aproximadamente 200kg/ha, ya que una parte de ellas no queda correcta.

La siembra en condiciones de inundaciones puede efectuarse a mano o mediante aviones, con este se utilizan semillas pre germinadas que garantizan una población más estable.

Para obtenerlas hay que sumergir las semillas en agua durante 48 horas, dejando escurrir los sacos por 48 horas. Con objeto de que las semillas no sufran daños, es recomendable que el pequeño brote (coleóptilo) tenga unos 2 0 3 mm de longitud (Gonzalez, 1999).

**El método de siembra en línea.-** se efectúa con sembradoras de cereales de invierno, que realizan la operación de siembra y la de abonado a la vez.

Con este sistema se reduce la cantidad de semillas empleadas a 120 kg/ha, la distribución de las plantas es más uniforme, y el grado de ahijamiento mayor.

Como no hay que enterrar la semilla en una operación posterior, disminuye el gasto de combustible, los pases de maquina por hectárea e, indirectamente, la compactación del suelo (Gonzalez, 1999).

**El método de siembra directa.-** Es un sistema que está cobrando auge en los países del cono sur de América, principalmente en Uruguay, y en el sur de Brasil.

Exige el empleo de sembradoras específicas, que necesitan tractores de mayor potencia. La siembra se lleva a cabo sin realizar antes labores preparatorias del suelo.

Esta técnica supone un sistema ecológicamente más equilibrado, porque se usan menos productos químicos, los niveles de compactación del suelo son menores y se ahorra combustible. Además, el uso de semilla pre germinada permite adelantar el riego y aumentar la eficacia del control de las malas hierbas, porque con la supresión del laboreo no salen a la superficie las semillas de maleza enterradas, que pierden viabilidad y acaban muriendo.

La siembra directa también puede realizarse a voleo y bajo inundación.

El arroz alcanza la madurez cuando las panículas se inclinan por el peso de los granos y su color se vuelve amarillo.

La recolección del arroz es una operación más delicada que la de otros cereales puesto que el porcentaje de granos enteros constituye un factor importante a la hora de valorar la cosecha, y el arroz que se recolecta con un contenido de humedad alto (entre el 25% y el 30%) presenta una proporción de granos rotos bastante elevadas, debido a los daños mecánicos que se producen en los secaderos. La humedad adecuada para obtener una óptima calidad final del producto y reducir los costes del secado artificial es de aproximadamente el 25%.

La humedad máxima que deben tener los granos para su almacenamiento es del 14% y para conseguirla normalmente resulta necesario recurrir al secado artificial.



Esto permite almacenar el arroz hasta el momento de su industrialización, de lo que por lo general, se encargan cooperativas o grandes empresas privadas (Gonzalez, 1999).

En función del proceso de conservación que se siga, el consumidor puede elegir entre los siguientes tipos de arroz:

**Arroz Integral:** se obtiene eliminando únicamente la cascara. El grano conserva así todas las propiedades nutritivas que contiene el pericarpio. Es un arroz de color oscuro, cuyo consumo en el mercado resulta todavía reducido (Gonzalez, 1999).

**Arroz Parboilizado:** para obtenerlo, el grano se somete a la acción de vapor y de agua caliente en condiciones de vacío. El proceso provoca una migración de las sustancias del pericarpio hacia el interior del grano mejorando la coloración del arroz y conservando su valor nutritivo. El consumo de este tipo de arroz está aumentando en los países desarrollados (Gonzalez, 1999).

**Arroz Blanco:** es el más tradicional en el consumo humano. Para prepararlo, primero se quita la cascara; a continuación se blanquean los granos, eliminando el pericarpio.

Por último, los granos de arroz se pulen con glucosa o talco para darles aspecto más atractivo (Gonzalez, 1999). (Pronaca, 2010).

Desde el punto de vista nutricional es el peor de los mencionados, pero también el que tiene mayor aceptación en el mercado.

### **Arroz SFL-09**

La semilla SFL-09 fue lanzada al Mercado por INDIA PRONACA en el 2010 tras 5 años de minuciosas investigaciones, pruebas de campo e inversión en tecnología.

Esta semilla se caracteriza por su grano largo y ciclo precoz lo cual permite su cosecha entre 115 a 120 días en época lluviosa y de 120 a 125 días en la época seca. El grano tiene una longitud entre 7 y 7.2mm y posee una tonalidad más clara que el resto de variedades que existen en el mercado (Pronaca, 2010).

**Rango de Adaptación**

Esta semilla muestra excelente comportamiento y tolera condiciones ambientales bruscas, crece en condiciones de secano en zonas tales como: Mata de Cacao, Simón Bolívar, Montalvo, San Juan, San Carlos, El Vergel. En condiciones de bajo riego es igual de eficaz según han demostrado estudios y ensayos realizados en Samborondón, Daule, Santa Lucía, Taura, Rocafuerte, y Boliche (Pronaca, 2010).

**Comportamiento Frente A Plagas Y Enfermedades**

Tolera a *Sarocladium* y *Rhizoctonia*, es resistente a *Pyricularia*, *Helminthosporium*, falso carbón, virus de la hoja blanca y al complejo de hongos causantes del manchado de granos (Pronaca, 2010).



TABLA 5 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

|                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| MACOLLAMIENTO:                   | Intermedio               |
| FLORACION:                       | 76-80 días               |
| ALTURA DE PLANTA:                | 120 a 125 días           |
| VOLCAMIENTO:                     | Resistente               |
| PROMEDIO DE GRANOS POR PANICULA: | 187                      |
| PESO DE 1.000 GRANOS             | 28 a 30g                 |
| INSERCIÓN DE LA PANICULA         | Inserción Intermedia (3) |
| DESGRANE:                        | Intermedio               |
| RENDIMIENTO POTENCIAL:           | 8000 a 10000 Kg/ha       |

Fuente: Folleto INDIA PRONACA SFL-09

TABLA 6 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA SEMILLA SFL09

|                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
| LONGITUD DEL GRANO: | Promedio 7.2 mm (largo) |
| ARISTA:             | En general ausente      |
| COLOR:              | Blanco cremoso          |

Fuente: Folleto INDIA PRONACA SFL-09

TABLA 7 ANÁLISIS DE MOLINERÍA

|                                  |                               |
|----------------------------------|-------------------------------|
| LONGITUD DEL GRANO DESCASCARADO: | 7.2mm.                        |
| ANCHO DEL GRANO DESCASCARADO:    | 2.3mm.                        |
| FORMA DEL GRANO DESCASCARADO:    | 1                             |
| INDICE DE PILADO (ENTERO+3/4)    | 65.1% (Laboratorio CIAT-FLAR) |
|                                  | 62.4% (Laboratorio PRONACA)   |

Fuente: Folleto INDIA PRONACA SFL-09

TABLA 8 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SFL-09

| CARACTERISTICAS GENERALES DEL SFL-09 |   |
|--------------------------------------|---|
| RENDIMIENTO                          | ✓ |
| TOLERANCIA AL ACAME                  | ✓ |
| TOLERANCIA A ENFERMEDADES            | ✓ |
| INDICE DE PILADO                     | ✓ |
| TIEMPO DE ENVEJECIMIENTO             | ✓ |

Fuente: Folleto INDIA PRONACA SFL-09

**SFL-09**

**FIGURA 1. 3 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE SEMILLA DE ARROZ  
INTEGRAL GERMINADO**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

### **ARROZ F-50**

La semilla F-50 fue desarrollada en Colombia por la Federación Nacional De Arroceros, fue lanzada al mercado en el año 1998 en conmemoración a los 50 años de existencia de FEDEARROZ, fue obtenida mediante cruce simple en la entonces finca Oryza, realizado (PRONACA, 2010) por el Ing. Edgar Corredor en el año de 1992, la realizo mediante el cruce de Oryzica Llanos 4(P5413-8-3-5-11) con la

línea P1274-6-8M-1-3M-1 obteniendo una planta compacta de crecimiento inicial rápido.

En Ecuador la empresa que tiene su patente es PRONACA, y fue presentada por la misma a los agricultores en el 2004 (PRONACA, 2010).

Esta semilla se caracteriza por su amplio rango de adaptación, con un promedio comercial de 5 TM en cascara por hectárea, su periodo vegetativo es de 130 a 135 días es de grano largo translucido y de excelente calidad culinaria.

El arroz F-50 es grano un fino, es el más resistente, el de mayor producción, calidad y de ciclos producción más cortos (PRONACA, 2010).

### **Comportamiento Agronómico F-50**

Esta semilla se caracteriza por ser muy resistente a enfermedades, incluso más resistente que la SFL-09, entre las enfermedades que tolera tenemos a la Seis Linajes de Pyricularia grisea, (hoja cuello),



tolera también a *Helminthosporium*, y complejo de manchado de grano, y es tolerante al virus de la Hoja Blanca (PRONACA, 2010).

### **Resistencia a Plagas**

Es muy resistente al daño mecánico de la Sogata, tolerante a *Hydrellia* y Barrenadores (*Diatrea Rupella*), y es susceptible al enrollador de hojas (*Syngamia*) (PRONACA, 2010).

### **Manejo del Riego**

La semilla de esta variedad no tolera la inundación permanente. En proceso de germinación se deben efectuar riegos ligeros o mojes, seguidos de un buen drenaje.

Posterior a la germinación, hasta finales del ciclo de cultivo de la variedad F-50 tolera láminas de agua como cualquier otra variedad.

La frecuencia del riego depende de las características físicas del suelo (liviano o pesado) (PRONACA, 2010).

### **Densidad de Siembra**

Deben utilizarse entre 60-120 Kg de semilla por hectárea, según el tipo de siembra, suelo y zona de producción. En la medida que se

incrementa la densidad de siembra, disminuye el magullamiento y la variedad F-50 se hace ms propensa a la Rhizoctonia (PRONACA, 2010).

**TABLA 9 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL F-50**

| <b>Características Agronómicas del F-50</b> |                                                                                                                           |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PERIODO VEGETATIVO:</b>                  | 130-135 días                                                                                                              |
| <b>MACOLLAMIENTO INTERMEDIO:</b>            | En sistemas de siembra tradicional                                                                                        |
| <b>MACOLLAMIENTO ALTO:</b>                  | En sistemas de siembra por trasplante                                                                                     |
| <b>TIPO DE PLANTA:</b>                      | Semicompacta                                                                                                              |
| <b>TALLOS</b>                               | Fuertes y flexibles con alta resistencia al vuelco.                                                                       |
| <b>CARACTERISTICAS HOJA BANDERA::</b>       | Erecta, presenta senescencia tardía y en algunas plantas se observa un bronceado de la hoja al final del ciclo de cultivo |
| <b>RENDIMIENTO EN MOLINERA :</b>            | Bueno.                                                                                                                    |

**Fuente: Folleto INDIA PRONACA F-50**

## 1.2 Germinación

La germinación consiste en el desarrollo de eventos y actividades metabólicas que generan respiración y la síntesis de proteínas en la semilla dando como resultado la transformación de un embrión el cual emerge como una plántula visible. (Ruiz, 2012)

Antes de iniciar el proceso de geminación de las semillas es necesaria tener en cuenta su estado de dormancia.

La dormancia es un mecanismo de inhibición de la germinación que tienen las semillas de varias especies. Las semillas rompen naturalmente la dormancia cuando se dan en forma continua condiciones ambientales propicias para la germinación. Entre estas condiciones tenemos humedad, temperatura y tiempo (dependiendo del tipo de semilla) (Horticultura, 2005).

Las semillas presentan cualidades que influyen en el proceso de germinación como:

- Absorción de Agua
- Efecto de la temperatura
- Presencia de Oxígeno
- Luz

Estas cualidades hacen que cada semilla se comporte diferente en el proceso de germinación.

Por lo general el proceso de la germinación puede dividirse arbitrariamente en varios eventos:

- **Imbibición** (absorción de agua).
- **Activación** (Iniciación de procesos metabólicos).



- División y elongación celular.
- Ruptura de la cubierta seminal por el embrión.



**FIGURA 1. 4 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE ARROZ GERMINADO**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

**Imbibición:** Es un proceso físico denominado difusión, y es en consecuencia de las membranas celulares y de las fuerzas contenidas en el medio a medida que el agua va ingresando por las membranas se va dando la iniciación de la activación metabólica de las semillas.

La imbibición está relacionada con la temperatura a medida que esta se aumenta 10 °C la absorción de agua a través de la semilla se duplica es decir aumenta la difusión del agua (Horticultura, 2005).

En general, la imbibición es más rápida cuando la semilla está en contacto con agua destilada que cuando el agua contiene solutos

Algunas semillas absorben agua más rápidamente que otras. Ejemplo: semilla de algodón absorbe agua más lentamente que la semilla de frijol.

Cada tipo de semilla necesita absorber un cierto mínimo de humedad para que ocurra germinación.

Se ha encontrado que las semillas con alto contenido de proteína necesitan un contenido de humedad mayor que semillas con niveles bajos de proteína; esto se puede observar en los siguientes ejemplos (Tabla I) (Horticultura, 2005).

TABLA 10 CONTENIDO DE HUMEDAD NECESARIA PARA QUE OCURRA LA GERMINACIÓN DE ALGUNAS SEMILLAS DE ESPECIES CULTIVADAS

| Cultivo                      | Contenido de humedad |
|------------------------------|----------------------|
| Maíz (Zea mays)              | 30.5%                |
| Soya (Glycine Max)           | 50.0%                |
| Algodón (Gossypium ssp.)     | 31.0%                |
| Higuerilla (Ricinus comunis) | 50-55%               |
| Arroz (Oryza Sativa)         | 32-36%               |
| Avena (Avena sativa)         | 32-35%               |
| Maní (Arachis hypogaea)      | 50-55%               |

Adaptado de Burck,B.and J.C. Delouche. 1959. Water absorption by sedes. *Proc.*  
AOSA 49:14

El exceso de agua pude ser tan pernicioso para la semilla como la carencia. Sí el nivel de agua llega a excluir o restringir la penetración de oxígeno a la semilla, la germinación se retarda o no ocurre, en un gran número de especies. En otras no se han observado daños. Ejemplo, la germinación de semilla de arroz se puede acelerar por inmersión; por el contrario, la inmersión de semilla de frijol por períodos relativamente cortos puede causar daños en la semilla (Arregoces, 2005).

Los Rango de temperaturas de germinación son muy importantes porque definen y aclaran hasta qué punto es viable la relación Temperatura-tiempo de germinación (Horticultura, 2005).

**Temperatura mínima (10°C).** Por debajo de esta temperatura los procesos de germinación no se pueden detectar visualmente, dentro de un período razonable de tiempo.

Bajas temperaturas pero por encima del punto de congelación no son letales a las semillas (Horticultura, 2005).

**Temperatura máxima (40°C).** Es la temperatura por encima de la cual los mecanismos de germinación no operan y por lo tanto no se da crecimiento del embrión (Horticultura, 2005).

**Temperatura óptima (34°C-35°C).** Esta se puede definir como la temperatura a la cual se da el porcentaje máximo de germinación en un mínimo de tiempo (Horticultura, 2005).

TABLA 11 TEMPERATURAS DE CRECIMIENTO DE ALGUNAS SEMILLAS

| Temperaturas de crecimiento de algunas semillas |                        |                        |                        |
|-------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Cultivo                                         | Temperatura mínima(°C) | Temperatura optima(°C) | Temperatura máxima(°C) |
| Arroz                                           | 10--12                 | 30--37                 | 40--42                 |
| Maíz                                            | 8--10                  | 32--35                 | 40--44                 |
| Trigo                                           | 3--5                   | 15--31                 | 30--43                 |
| Tomate                                          | 20                     | 20--35                 | 35--40                 |
| Soya                                            | 8                      | 32                     | 40                     |

Fuente: (Horticultura, 2005)

El oxígeno en el proceso de germinación establece una relación competitiva (oxígeno-agua).

Esta relación competitiva se origina de la baja solubilidad del oxígeno en agua y de las diferencias tan notables que existen entre los coeficientes de difusión del oxígeno en el agua y en el aire.

Las necesidades de oxígeno cambian con las diferentes fases de germinación (Horticultura, 2005).

**Activación**

A medida que La absorción de agua se da en el interior de la semilla da lugar a una dispersión de los coloides y se hidratan las reservas



alimenticias con este aumento de la hidratación se activan las enzimas las cuales se movilizan del embrión hacia los tejidos endospermicos. Estas reservas almacenadas en la semilla ya sea en los cotiledones o en los endospermos van hacer desdoblados y como resultados a este proceso los productos solubilizados van a migrar hacia los puntos de crecimiento del embrión que se dan por los mecanismos de respiración y de movilización de reservas (Catedra, 2005).

En la activación metabólica se dan tres rutas respiratorias, glucólisis, ciclo de Krebs y ciclo de las pentosas fosfato son funcionales en las semillas embebidas. Estas tres rutas producirán una serie de compuestos intermediarios del metabolismo vegetal, así como considerables cantidades de energía y poder reductor. El objetivo principal del proceso respiratorio es la formación de ATP y pirimidín nucleótidos, necesarios para la intensa actividad metabólica que tiene lugar durante la germinación. (Francisco José García Breijo, 2006).

### **División y elongación celular**

Se produce un segundo incremento en la actividad respiratoria, aumentando el volumen de la semilla, que se asocia a la mayor disponibilidad de O<sub>2</sub>, como consecuencia de la ruptura de la testa producida por la emergencia de la radícula. Otro factor que contribuye a ese aumento es la actividad de las mitocondrias, recientemente sintetizadas en las células del eje embrionario (Catedra, 2005).

### **Ruptura de la cubierta seminal por el embrión**

Una vez que la radícula haya penetrado las envolturas de la semilla se marca el final del proceso de germinación (Horticultura, 2005).

En este proceso final se ve una disminución de la respiración, que coincide con la desintegración de los cotiledones, después de que han exportado las reservas almacenadas (Arregoces, 2005).



### 1.3 Arroz germinado

El arroz integral germinado es un cereal nutricionalmente beneficioso debido al proceso desarrollado para su elaboración el cual produce cambios en su composición nutricional.

El rango de temperatura al cual la germinación se desarrolla comprende de 10°C- 40°C fuera de este no se lleva a cabo.



**FIGURA 1. 5 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE BROTE DE ARROZ GERMINADO**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)



**FIGURA 1. 6 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE SEMILLA DE ARROZ GERMINADO**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

El arroz integral para que desarrolle el proceso de germinación requiere de la concurrencia de varios factores internos y externos para que el embrión contenido en la semilla reinicie su desarrollo.

Los factores externos como: humedad, oxígeno y temperatura adecuada, son necesarios para que se efectúe el proceso.

También se requieren los factores internos como madurez de la semilla, viabilidad de la semilla, periodo de dormancia para llevar a cabo la germinación.

Una vez que la semilla cumpla con los mencionados factores se efectúa el proceso de germinación, el cual desarrolla cambios importantes en la composición nutricional del arroz integral.

Durante el proceso de germinación se originan y se potencian diferentes beneficios como el aumento de vitaminas(A, B, E) y minerales (CALCIO, POTASIO, MAGNESIO, HIERRO, SELENIO, ZINC), los cuales son muy sanos y tienen múltiples beneficios para nuestra salud.

Entre las propiedades del arroz germinado tenemos que actúa como regulador intestinal esto se debe a que la semilla conlleva un proceso de pre digestión el cual tonifica nuestro sistema nervioso.

Contiene antioxidantes los cuales nos ayudan a retardar los procesos de envejecimiento celular, regulan la producción de insulina y estimulan el páncreas esencial para los diabéticos y generan aminoácidos esenciales que favorecen a nuestro organismo interno (Andres, 2015).

## **CAPITULO 2**

### **2. MATERIALES Y METODOS**

Para realizar nuestro estudio consideramos dos variedades de arroz, la FL09 y la F50 las cuales son altamente comercializadas a nivel nacional. El arroz lo obtuvimos de la planta de semillas INDIA PRONACA ubicada en el kilómetro 4 1/2 vía Duran Tambo la cual posee en sus instalaciones semillas certificadas y aprobadas por todos los entes reguladores en el ámbito, aparte de ser pioneros en la asesoría técnica de pequeños y grandes productores de arroz los cuales son sus proveedores directos, garantizando

homogeneidad en las muestras y evitando que el proceso se vea influenciado por factores externos que pudieran ocasionar problemas en los cultivos.

### **Arroz SFL-09**

La semilla SFL-09 fue lanzada al Mercado por INDIA PRONACA en el 2010 tras 5 años de minuciosas investigaciones, pruebas de campo e inversión en tecnología.

Esta semilla se caracteriza por su grano largo y ciclo precoz lo cual permite su cosecha entre 115 a 120 días en época lluviosa y de 120 a 125 días en la época seca. El grano tiene una longitud entre 7 y 7.2mm y posee una tonalidad más clara que el resto de variedades que existen en el mercado. (PRONACA, INDIA, 2010)

### **Rango de Adaptación**

Esta semilla muestra excelente comportamiento y tolera condiciones ambientales bruscas, crece en condiciones de secano en zonas tales como: Mata de Cacao, Simón Bolívar, Montalvo, San Juan, San Carlos, El Vergel.



En condiciones de bajo riego es igual de eficaz según han demostrado estudios y ensayos realizados en Samborondón, Daule, Santa Lucía, Taura, Rocafuerte, y Boliche. (PRONACA, INDIA, 2010)

### **Comportamiento Frente A Plagas Y Enfermedades**

Tolera a *Sarocladium* y *Rhizoctonia*, es resistente a *Pyricularia*, *Helminthosporium*, falso carbón, virus de la hoja blanca y al complejo de hongos causantes del manchado de granos. (PRONACA, INDIA, 2010)

### **ARROZ F-50**



**FIGURA 2. 1 SEMILLA DE ARROZ F-50**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)



La semilla F-50 fue desarrollada en Colombia por la Federación Nacional De Arroceros, fue lanzada al mercado en el año 1998 en conmemoración a los 50 años de existencia de FEDEARROZ, fue obtenida mediante cruce simple en la entonces finca Oryza, realizado por el Ing. Edgar Corredor en el año de 1992, la realizo mediante el cruce de Oryzica Llanos 4(P5413-8-3-5-11) con la línea P1274-6-8M-1-3M-1 obteniendo una planta compacta de crecimiento inicial rápido. En Ecuador la empresa que tiene su patente es PRONACA, y fue presentada por la misma a los agricultores en el 2004.

Esta semilla se caracteriza por su amplio rango de adaptación, con un promedio comercial de 5 toneladas en cascara por hectárea, su periodo vegetativo es de 130 a 135 días es de grano largo translucido y de excelente calidad culinaria.

El arroz F-50 es grano un fino, es el más resistente, el de mayor producción, calidad y de ciclos producción más cortos. (FEDEARROZ).

**Comportamiento Agronómico F-50**

Esta semilla se caracteriza por ser muy resistente a enfermedades, incluso más resistente que la SFL-09, entre las enfermedades que tolera tenemos a la Seis Linajes de *Pyricularia grisea*, (hoja cuello), tolera también a *Helminthosporium*, y complejo de manchado de grano, y es tolerante al virus de la Hoja Blanca. (PRONACA, INDIA, 2010)

**Resistencia a Plagas**

Es muy resistente al daño mecánico de la Sogata, tolerante a *Hydrellia* y Barrenadores (*Diatrea Rupella*), y es susceptible al enrollador de hojas (*Syngamia*). (PRONACA, INDIA, 2010)

**Manejo del Riego**

La semilla de esta variedad no tolera la inundación permanente. En proceso de germinación se deben efectuar riegos ligeros o mojes, seguidos de un buen drenaje.

Posterior a la germinación, hasta finales del ciclo de cultivo de la variedad F-50 tolera láminas de agua como cualquier otra variedad.

La frecuencia del riego depende de las características físicas del suelo (liviano o pesado) (PRONACA, INDIA, 2010)

### **Densidad de Siembra**

Deben utilizarse entre 60-120 Kg de semilla por hectárea, según el tipo de siembra, suelo y zona de producción. En la medida que se incrementa la densidad de siembra, disminuye el magullamiento y la variedad F-50 se hace ms propensa a la Rhizoctonia. (PRONACA, INDIA, 2010)

### **Equipos y Utensilios**

- ✓ Bandejas plásticas 30x50.
- ✓ Bandejas plásticas 15x15.
- ✓ Papel filtro.
- ✓ Balanza analítica (OHAUS DIAL 0 GRAM).
- ✓ Separador de impurezas (SUPER BRIN).
- ✓ Zarandas.
- ✓ Medidor de humedad (ESTEINLITE).
- ✓ Cámaras de Germinación.

- ✓ Maquina descascaradora modelo THP 3.
- ✓ Guantes estériles.
- ✓ Pinzas.
- ✓ Fundas Ziplo.
- ✓ Lápiz graso.
- ✓ Papel Toalla.

#### **MATERIALES QUIMICOS**

- ✓ Hipoclorito de sodio al 5ppm.

#### **INSUMOS**

- ✓ Agua destilada.
- ✓ Arroz FSL 09.
- ✓ Arroz F50.

## 2.1 Diseño Experimental

Para el estudio se desarrolló un diseño de experimento  $2^2$  cuyas variables de estudio fueron: La temperatura de germinación y tiempo de germinación. Se trabajó con dos temperaturas  $26^{\circ}\text{C}$  y  $32^{\circ}\text{C}$  a varios tiempos 48 horas y 96 horas segundo día y cuarto día respectivamente.

Primero se adquirieron las variedades de arroz en cáscara SFL09 y F50, se procedió a clasificarlas mediante zarandas para tener uniformidad en las muestras, posteriormente fueron sometidas a un tratamiento mecánico para separar la cascara y dejar el grano en forma integral, seguido de un lavado con Hipoclorito de sodio a una concentración de 5 ppm para acondicionar la materia prima es decir asegurar las muestras para prevenir contaminación microbiana, después se mantuvo el arroz en remojo por 24 horas.

Se retiró el agua y se procedió a realizar el proceso de germinación el cual lo iniciamos colocando las muestras de  $26^{\circ}\text{C}$  y  $32^{\circ}\text{C}$  en bandejas 30x50 previamente preparadas para ingresar a las máquinas germinadoras, cabe indicar que las cámaras de

germinación estuvieron reguladas a las temperaturas respectivas las cuales se mantuvieron constantes gracias a las propiedades del germinador.

Posteriormente se procedió a retirar las semillas una vez cumplido el tiempo indicado anteriormente.

Después que las semillas fueron retiradas habiendo cumplido con temperaturas y tiempos respectivos procedemos a secar al sol en un secador artesanal para que se evapore el agua del arroz germinado hasta alcanzar 11% de humedad parámetro fundamental para ingresar a la molienda del arroz y convertirlo en harina para posteriormente hacerle los análisis respectivos.

### **2.1.1 Definición de las Variables de Respuesta**

- ✓ Porcentaje de fibra (soluble e insoluble)
- ✓ Porcentaje Proteína
- ✓ Porcentaje de grasa
- ✓ Porcentaje de ceniza
- ✓ Porcentaje de humedad



### **2.1.2 Definición de los Factores y niveles de estudio**

#### **Factores**

- ✓ Temperatura de germinación
- ✓ Tiempo de germinación

#### **Niveles**

- ✓ Temperatura de 26°C y 32°C
- ✓ Tiempo 2do día 4to día

### **2.1.3 Materiales**

#### **Materia Prima**

Para realizar nuestro estudio consideramos dos variedades de arroz, la FL09 y la F50 las cuales son altamente comercializadas a nivel nacional. El arroz lo obtuvimos de la planta de semillas INDIA PRONACA ubicada en el kilómetro 4 1/2 vía Duran-Tambo la cual posee en sus instalaciones semillas certificadas y aprobadas por todos los entes reguladores en el ámbito, aparte de ser pioneros en la asesoría técnica de pequeños y grandes productores de arroz los cuales son sus proveedores directos, garantizando homogeneidad en las muestras y evitando que el proceso se vea influenciado por factores externos que pudieran ocasionar problemas en los cultivos.

### EQUIPOS Y UTENCILIOS

- ✓ Bandejas plásticas 30x50.
- ✓ Bandejas plásticas 15x15.
- ✓ Papel filtro.
- ✓ Balanza analítica (OHAUS DIAL 0 GRAM).
- ✓ Separador de impurezas (SUPER BRIN).
- ✓ Zarandas.
- ✓ Medidor de humedad (ESTEINLITE).
- ✓ Cámaras de Germinación.
- ✓ Máquina descascaradora modelo THP 3.
- ✓ Guantes estériles.
- ✓ Pinzas.
- ✓ Fundas Ziplo.

- ✓ Lápiz graso.
- ✓ Papel Toalla.

### **MATERIALES QUIMICOS**

- ✓ Hipoclorito de sodio al 5ppm.

### **INSUMOS**

- ✓ Agua destilada.
- ✓ Arroz FSL 09.
- ✓ Arroz F50.

#### **2.1.4 Metodología de germinación**

El proceso inicia con la recepción de materia prima F50 y SFL09. Posteriormente se realiza un proceso de limpieza utilizando el separador de impurezas, luego hacemos pasar las muestras limpias por la zaranda para hacer una selección adecuada del grano.



**FIGURA 2. 2 SEMILLA DE ARROZ Y SEPARADOR DE IMPUREZAS**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Procedemos a descascarar las muestras pesando 6kg de cada una de los cuales solo ingresan 100g en el descascarador del cual teníamos un rendimiento del 50% de la muestra terminando en una relación 2-1



**FIGURA 2. 3 BALANZA ANALÍTICA Y EQUIPO DESCASCARILLADOR**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Una vez que termina el proceso de descascarillado procedemos pasar el arroz por la zaranda para separar el arroz quebrado (arrocillo) del arroz entero.



**FIGURA 2. 4 ZARANDAS DE CLASIFICACIÓN**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Continúa el proceso de desinfección de la muestra con 1L de agua destilada y 5ppm de hipoclorito de sodio por cada Kg de muestra, el tiempo de inmersión fue de 5 minutos finalizando esta etapa enjuagando la muestra con 3L de agua destilada o hasta alcanzar que la muestra sea completamente inodora.





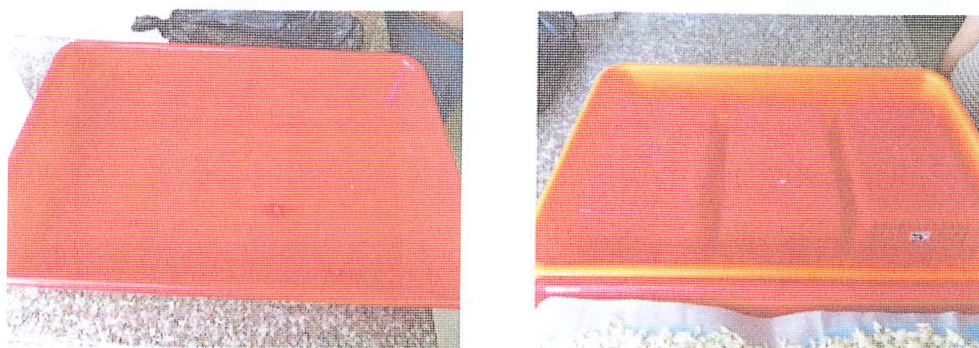
**FIGURA 2. 5 AGUA DESTILADA**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

El proceso continuo con el hinchamiento del grano, consiste en inmersión de la semilla en agua destilada por un tiempo de 24 horas a temperatura ambiente fomentando un aumento en el peso del grano el cual aumenta en un 50%.

Luego sobre las bandejas de 30X50 colocamos tres bandejas de 15X15 y 2 litros de agua destilada para formar un ambiente humidificado en la cámara de germinación y así no interrumpir el proceso germinativo en la semilla.





**FIGURA 2. 6 BANDEJAS CONTENEDORAS DE MUESTRA**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Una vez concluida la etapa de inmersión se procedió a escurrir la semilla para luego colocar 400 gr de la misma sobre papel filtro humedecido con agua destilada en la superficie elaborada sobre las bandejas plásticas de 30X50.



**FIGURA 2. 7 PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Posteriormente procedemos a continuar el proceso de germinación en las cámaras con los respectivos tiempos y temperaturas establecidos.



**FIGURA 2. 8 CÁMARAS DE GERMINACIÓN**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Para concluir este proceso germinación se retiraron las bandejas de 30X50 de las cámaras germinadoras a las 48h y 96h. (Cabe recalcar que este proceso de germinación es aplicado a las dos semillas).





**FIGURA 2. 9 ARROZ GERMINADO 48 HORAS Y 96 HORAS**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

El proceso continuo con la etapa de secado de la semilla germinada el cual lo realizamos en un secador solar artesanal por un tiempo de 24h hasta alcanzar un 11% de humedad.



**FIGURA 2. 10 SECADOR SOLAR ARTESANAL**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Posteriormente pasamos a la etapa de molienda la cual se realizó en el laboratorio de bromatología de la FIMCP utilizando el molino y obteniendo la harina de arroz germinado para luego analizar su composición proximal.

## **2.2 Pruebas Bromatológicas**

### **Humedad**

El análisis de humedad se lo realizó utilizando el medidor de humedad en granos marca STEINLITE tipo SB 900 serie -1760. Se limpió el equipo para evitar la contaminación con otras muestras analizadas anteriormente, para evitar errores y contaminación. Se encendió el equipo previamente ya configurado para nuestra materia prima, se colocó la muestra en la canastilla recolectora y el análisis de resultado nos arrojó inmediatamente en 5 segundos, viene programado de fábrica para determinar humedad en granos comunes como cebada, maíz, lino, mijo, avena, arroz, centeno, soya, girasol y trigo, permite hacer la calibración para determinar la humedad de 250 productos más. (SEEDBURO Equipment company, 2007).

La operación del equipo la resumimos en los siguientes pasos: (Stainlite Corporation, 2009).

- ✓ Se enciende el equipo y esperamos a que la unidad se equilibre automáticamente.
- ✓ Seleccione el grano o material cuya humedad desea determinar.
- ✓ El siguiente paso es pesar la muestra (la norma es 150 a 250 gramos) y colocar el material en la tolva de entrada.
- ✓ Alimente el grano a la celda de prueba y en unos 15 segundos, el equipo mostrará la lectura de humedad.



**FIGURA 2. 11 MEDIDOR DE HUMEDAD STEINLITE SB 700**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)



### **Proteína**

Para determinar el porcentaje de proteínas usamos el método Kjeldahl. En esta técnica se digieren las proteínas y otros componentes orgánicos de los alimentos en una mezcla con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores.

El resultado del análisis es aproximación del contenido de proteína cruda del alimento.

Efectuamos el análisis en el Equipo Kjeldahl que se encuentra en el Laboratorio de Bromatología en la Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción de la ESPOL.



**FIGURA 2. 12 EQUIPO KJELDAHL**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

### **MATERIALES Y EQUIPOS**

- ✓ Molino
- ✓ Balanza analítica con una precisión de 0,001 g
- ✓ Aparato de digestión y destilación Kjeldahl
- ✓ Tubos Kjeldahl
- ✓ Frascos Erlenmeyer de 250 ml
- ✓ Buretas
- ✓ Pipetas de 20 ml

### **REACTIVOS**

- ✓ Rojo de metilo

- ✓ Tabletas Kjeldahl
- ✓ Ácido Sulfúrico 0.1N
- ✓ Ácido sulfúrico concentrado (93-98%)
- ✓ Hidróxido de sodio 0,1 N estandarizado
- ✓ Hidróxido de sodio 30 por ciento (libre de nitrógeno)

Hidróxido de Sodio al 30%. Disuelva 150g de perlas de hidróxido de sodio en 500 ml. de agua destilada.

- ✓ Ácido Sulfúrico 0.1N.

## **PROCEDIMIENTO**

### **A. Digestión**

- Pesar por duplicado una porción de muestra que teóricamente contenga de 0.02 a 0,2 g de Nitrógeno. (aprox 1-2gr).
- Agregar 2 pastillas Kjeldahl, 20 mL de ácido sulfúrico concentrado y de 6-10 perlas de vidrio.
- Colocar los tubos en el equipo digestor y el extractor de gases encima de los tubos.
- Encender el extractor con la potencia al Max. (girar la perilla en el sentido de las manecillas del reloj)
- Elegir el programa 4 y presionar START.

El programa #4 consta de 4 pasos:

- Precalentamiento a 150°C por 15 min
  - Calentamiento a 150°C por 15 min
  - Calentamiento a 300°C por 15 min
  - Calentamiento a 420° C por 90 min
- 
- Primeramente se observará la producción de espuma y luego la de humos blancos.
  - Cuando la producción de humos blancos baje de intensidad gire la perilla del extractor contrario a las manecillas del reloj para bajar al mínimo intensidad del mismo. Esta acción causará que se forme una zona de condensación en la primer tercio del tubo y se podrá observar los restos de espuma cayendo por las paredes del tubo.
  - Al término del programa observar si la muestra ha sido totalmente digerida (la muestra está de un color celeste translucido) si no es así continuar la digestión por 30 min más seleccionando el programa 1.

- Cuando la muestra este totalmente digerida colocar los tubos en el soporte deslizando hacia arriba la canastilla hasta escuchar un click.
- Dejar enfriar por aproximadamente 20min y luego apagar el extractor.

## **B. Destilación**

- Abra la llave del agua y encienda la unidad destiladora
- Coloque uno de los tubos del digestor en la unidad destiladora y un Erlenmeyer en el extremo final del condensador.
- Seleccionar el programa 1 y luego ARRANQUE presionando la perilla.

El destilador realizará automáticamente los siguientes pasos:

- Adición de Ac. Sulfúrico 0.1 N
- Adición de H<sub>2</sub>O para diluir la muestra.
- Adición de la Soda Kjeldahl
- Luego de esto comenzará el ingreso de vapor y la destilación. Se observará en la pantalla el tiempo de destilación restante.

- Destilar 2/3 partes del contenido del tubo o hasta que se hayan recogido 150ml del destilado.

### C. Titulación

- Retirar el Erlenmeyer del equipo destilador y agregarle 2 gotas del indicador Rojo de Metilo.
- Titular el amonio recogido con hidróxido de sodio 0.1N, hasta obtener un color amarillo.
- Leer el consumo en la bureta y realizar los cálculos.

### NOTA:

- Repetir los pasos 2 y 3 para cada uno de los tubos del digestor.
- Analizar simultáneamente con las muestras un blanco.

### Cálculos e interpretación de resultados

- $\text{Nitrógeno total (\%)} = (\text{ml ácido gastado en muestra} - \text{ml ácido gastado en blanco}) \times 1.4 \times \text{NHCl} / \text{Peso muestra (g)}$
- NHCl = Normalidad del hidróxido de Sodio.



- Proteína cruda (%) = nitrógeno total (%)  $\times$  5.25

### **Grasa**

Se realizó en un Extractor Soxhlet mediante método gravimétrico 2.057 A.O.A.C1984 en el cual la grasa se logra separa de la harina por extracción, lo hacemos con la ayuda de un aditivo en este caso un solvente orgánico que luego es evaporado o recuperado. El resultado de esta operación se obtiene de manera cuantitativa.

### **Procedimiento**

- A. Preparación de la muestra( secar a 103°C en estufa)
- B. Moler y pasar por tamiz de malla de 1 mm
- C. Pesar por duplicado 2 a 5 gramos de muestra preparada en el dedal de extracción o papel filtro previamente pesado y tapado con algodón desgrasado. Registrar m
- D. Secar el matraz de extracción por 30 min a 103°C + - 2°C
- E. Pesae el matraz de extracción Registrar como m1
- F. Poner el matraz de extracción en el sistema soxhlet el dedal en el tubo de extracción y adicionar el solvente al matraz

- G. Extraer la muestra con el solvente por 6 a 8 horas a una velocidad de condensación de 3-6 gotas/seg. (CHILE, 2015)
- H. Una vez terminada la extracción eliminar el solvente por evaporación en rotavapor o baño María bajo campana. Hasta que no se detecte olor a éter.
- I. Secar el matraz con la grasa en estufa a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  por 10 min, enfriar en desecados y pesar. Registrar  $m_2$ .

### Cálculo y expresión de resultados

$$\% \text{ grasa cruda} = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

Donde :  $m$  peso de la muestra  
 $m_1$  tara del matraz solo  
 $m_2$  peso matraz con grasa.

$$\% \text{ grasa cruda en base seca} = \% \text{grasa cruda} \times \frac{100}{100 - \% \text{ humedad}}$$

Donde :  $m$  peso de la muestra  
 $m_1$  tara del matraz solo  
 $m_2$  peso matraz con grasa.

Los resultados se informan en % de materia grasa en base seca o húmeda Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con 2 decimales. Repetibilidad: La diferencia de los 2 resultados no debe ser superior al 2 % del promedio. (CHILE, 2015).

## **Cenizas**

La prueba de ceniza la realizamos en el laboratorio de bromatología de la facultad FIMCP, entre los pasos a seguir lo describiremos a continuación:

### **PROCEDIMIENTO**

- A. Encendemos la mufla y esperamos unos minutos a que llegue a la temperatura adecuada de incineración 550°C.
- B. Procedemos a pesar los crisoles sin la muestra
- C. Luego pesamos los crisoles con la muestra una vez ya tarada el recipiente, hasta llegar a un peso de 2gr procurando anotar el peso con mínimo 4 decimales.
- D. Procedemos a ingresar los crisoles a la mufla para realizar el proceso de calcinación el cual duro 4 horas hasta que las muestras presenten un color de cenizas blancas o grisáceos
- E. Apagamos la mufla, sacamos la muestra para proceder a enfriar al desecador.
- F. Una vez enfriados los crisoles pesamos todas las muestras ya con la ceniza para realizar los respectivos cálculos el cual nos

basamos en la siguiente norma AOAC923.03 Cap.32, pág. 2.  
(INSTITUTO DE SALUD PUBLICA DE CHILE )



**FIGURA 2. 13 EQUIPO MUFLA**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

### **Fibra Dietaria**

La fibra dietaria se la realizo aplicando la técnica ENZIMATICO GRAVIMETRICO AOAC1990.

### **2.3 Pruebas Sensoriales**

Para realizar las pruebas sensoriales definimos primeramente que es lo que se quería medir en las muestras y nos inclinamos hacia una prueba afectiva para medir el grado de satisfacción de las mismas, lo realizamos con una escala hedónica verbal de 9 puntos, en la cual incluimos el punto central ni me gusta ni me disgusta que le asignamos la calificación de 0 y a los puntos de la escala por encima de este valor le otorgamos valores numéricos positivos indicando que las muestras son agradables, en cambio, a los puntos por debajo del valor de indiferencia le asignamos valores negativos los cuales corresponden a calificaciones de disgusto. Esta forma de asignar el valor numérico tiene la ventaja de que facilita mucho los cálculos, y es posible reconocer a primera vista si una muestra es agradable o desagradable. (Morales, 1994).

Esta prueba permite que el juez exprese su reaccion subjetiva ante el producto, indicandome si le gusta o disgusta, si lo acepta o rechaza, o si prefiera uno en ves del otro. (Morales, 1994)

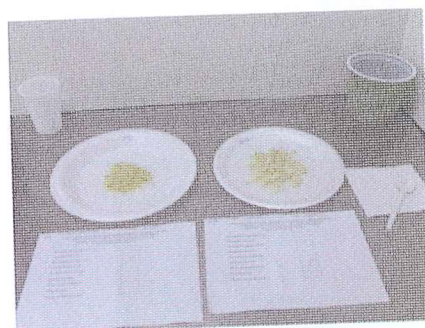
La selección de los jueces para realizar el análisis sensorial fueron escogidos al azar entre estudiantes de ambos sexos de la ESPOL con edades comprendidas entre 18-28 años; para este tipo de prueba de preferencia el tipo de juez debe de ser consumidor potencial o habitual de dicho alimento en este caso arroz, el número de jueces en la evaluación fue de 30 panelistas. Debemos procurar no segmentar a los panelistas para obtener una amplia gama de apreciaciones sobre los efectos positivos y negativos de la muestra.

Para llevar a cabo el panel de degustación sensorial hicimos la preparación previa de las muestras. Pesamos 400gr de cada variedad de arroz germinado, le agregamos 800ml de agua es decir una relación 1:2 (arroz:agua) y 2gr de sal y procedemos a cocinar en una olla arrocera hasta verificar que la textura del arroz este apto para el consumo, el cual tuvo un tiempo de cocción de 30 minutos. Una vez cocinado el arroz procedemos a codificar las muestras para evitar cualquier tipo de relación en cuanto a sus características, es por esta razón que las claves o codificaciones asignadas deben ser de tal forma que no hagan al juez formarse una idea acerca de las características de las mismas. Por ello no deben usarse números de una sola cifra para codificar, ya que 1 podría darle a los jueces la



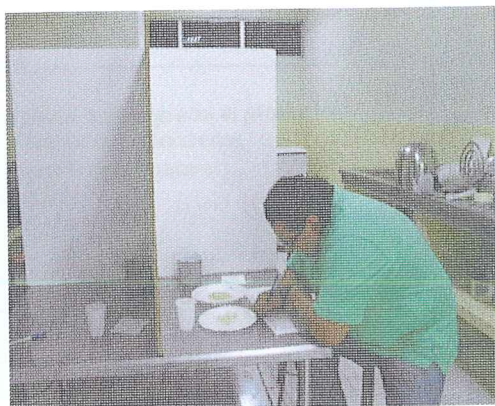
impresión de que esa muestra es la mejor por la asociación inconsciente del número 1 (lo mejor). Por esta razón se recomienda codificar con números de tres o cuatro dígitos aleatorios. (Morales, 1994).

Dada la codificación 743(F50) y 854(SFL09) procedemos a repartir las muestras a los jueces a una temperatura de 36°C con sus respectivas fichas y utensilios necesarios para una óptima degustación.



**FIGURA 2. 14 GRUPO DE PANELISTAS**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)



**FIGURA 2. 15 GRUPO DE PANELISTAS**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Luego de su primera impresión responda cuánto le agrada o desagrada el producto.  
 Indique bajo su criterio señalando con un visto la opción correspondiente.  
 Enjuáguese la boca con agua pura después de probar cada muestra.  
 Escupa en el recipiente que se le dio.

|                            |  |  |  |  |
|----------------------------|--|--|--|--|
| Me gusta extremadamente    |  |  |  |  |
| Me gusta muchísimo         |  |  |  |  |
| Me gusta moderadamente     |  |  |  |  |
| Me gusta levemente         |  |  |  |  |
| No me gusta ni me disgusta |  |  |  |  |
| Me disgusta levemente      |  |  |  |  |
| Me disgusta moderadamente  |  |  |  |  |
| Me disgusta mucho          |  |  |  |  |
| Me disgusta extremadamente |  |  |  |  |

**FIGURA 2. 16 FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

## CAPITULO 3

### 3. ANALISIS DE RESULTADOS

Para el estudio experimental utilizamos un **diseño  $2^2$**  que tiene k factores y cada uno tiene dos niveles.

#### El diseño $2^2$

Es el diseño factorial que consta de dos factores con dos niveles cada uno y uno o varias respuestas que se miden por cada combinación de los factores.

Los dos niveles de los factores usualmente se denominan "altos" y "bajos". Los factores se representan con letras mayúsculas. Si

denotamos como 1 al nivel alto y como -1 al nivel bajo, las combinaciones de factores vendrían dadas por:

**TABLA 12 TABLA DE DISEÑO FACTORIAL**

| Factor |    | Descripción    | Notación |
|--------|----|----------------|----------|
| A      | B  |                |          |
| -1     | -1 | A bajo, B bajo | (1)      |
| -1     | 1  | A bajo, B alto | B        |
| 1      | -1 | A alto, B bajo | A        |
| 1      | 1  | A alto, B alto | AB       |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

**ANALISIS DE RESULTADOS**

**3.1 Efecto de las variables de estudio en la composición proximal del arroz germinado.**

**3.1.1 Cenizas**

**Variedad F50**

**1. Gráficas**



TABLA 13 TABLA DE DATOS DE CENIZAS VARIEDAD F50

| Temperatura<br>°C | Días<br>germinación | Cenizas<br>% |
|-------------------|---------------------|--------------|
| 26                | 2                   | 1,26         |
| 32                | 2                   | 1,35         |
| 26                | 4                   | 1,4          |
| 32                | 4                   | 1,35         |
| 26                | 2                   | 1,27         |
| 32                | 2                   | 1,38         |
| 26                | 4                   | 1,38         |
| 32                | 4                   | 1,36         |
| 26                | 2                   | 1,28         |
| 32                | 2                   | 1,33         |
| 26                | 4                   | 1,41         |
| 32                | 4                   | 1,38         |

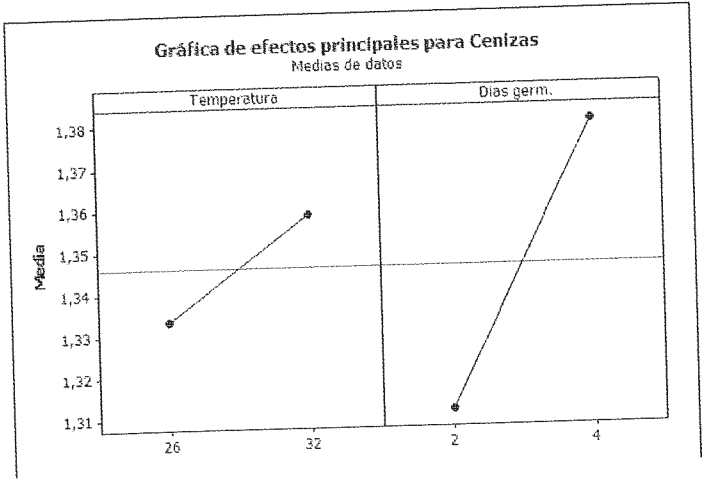
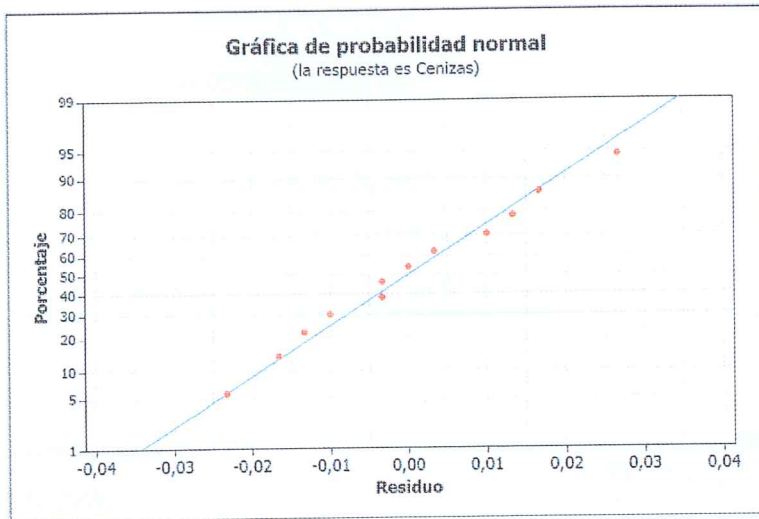


FIGURA 3. 1 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES PARA CENIZAS

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)





**FIGURA 3. 2 GRÁFICA DE PROBABILIDAD NORMAL**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

- Se puede apreciar que la temperatura ocasiona un cambio menor en la cantidad de cenizas que los días de germinación, como observamos, los días de germinación hacen variar el contenido de cenizas en casi el doble que el cambio que lo que provoca el cambio de temperatura.
- Mediante esta gráfica podemos ver que hay evidencia estadística de que se cumple el supuesto de normalidad de los errores.

2. Tabla ANOVA

Las hipótesis que se contrastaran son:

$H_0: \beta_1 = 0$  vs  $H_1: \beta_1 \neq 0 \rightarrow$  Temperatura  
 $H_0: \beta_2 = 0$  vs  $H_1: \beta_2 \neq 0 \rightarrow$  Días de germinación  
 $H_0: \beta_{12} = 0$  vs  $H_1: \beta_{12} \neq 0 \rightarrow$  Interacción

Con el respectivo valor P, se rechazan o no estas hipótesis según la tabla ANOVA.

TABLA 14 TABLA ANOVA F50 CENIZAS

| Término                  | Efecto  | Coef    | Coef. De EE | T      | P     |
|--------------------------|---------|---------|-------------|--------|-------|
| Constante                |         | 1.3458  | 0,0050      | 269.17 | 0,000 |
| Temperatura              | 0.0250  | 0.0125  | 0,0050      | 2.50   | 0,037 |
| Dias germ.               | 0.0683  | 0.0342  | 0,0050      | 6.83   | 0,000 |
| Temperatura y Días germ. | -0.0583 | -0.0292 | 0,0050      | -5.83  | 0,000 |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

El valor P que es lo que nos interesa está en la última columna y es pequeño en todos los casos, lo cual nos dice que para la ceniza, tanto la temperatura como el número de días de germinación son significativos, así como su interacción también.

Cenizas

Variedad SFL09

1. Gráficas

TABLA 15 TABLA DE DATOS DE CENIZAS VARIEDAD SFL09

| Temperatura<br>°C | Días<br>Germ. | Cenizas<br>% |
|-------------------|---------------|--------------|
| 26                | 2             | 1,48         |
| 32                | 2             | 1,86         |
| 26                | 4             | 1,64         |
| 32                | 4             | 1,61         |
| 26                | 2             | 1,45         |
| 32                | 2             | 1,84         |
| 26                | 4             | 1,67         |
| 32                | 4             | 1,68         |
| 26                | 2             | 1,5          |
| 32                | 2             | 1,87         |
| 26                | 4             | 1,69         |
| 32                | 4             | 1,65         |

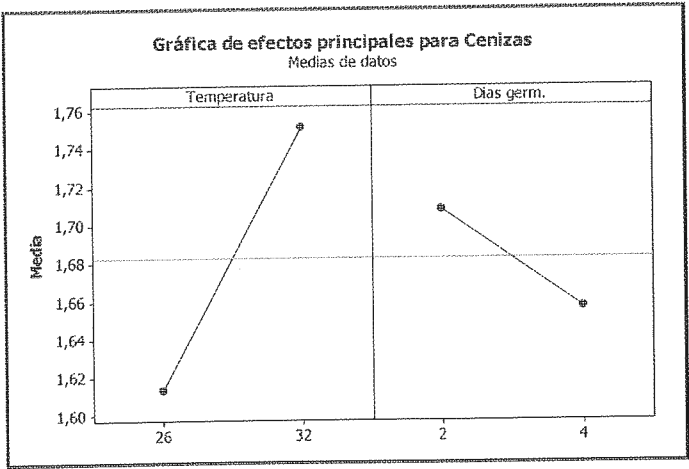
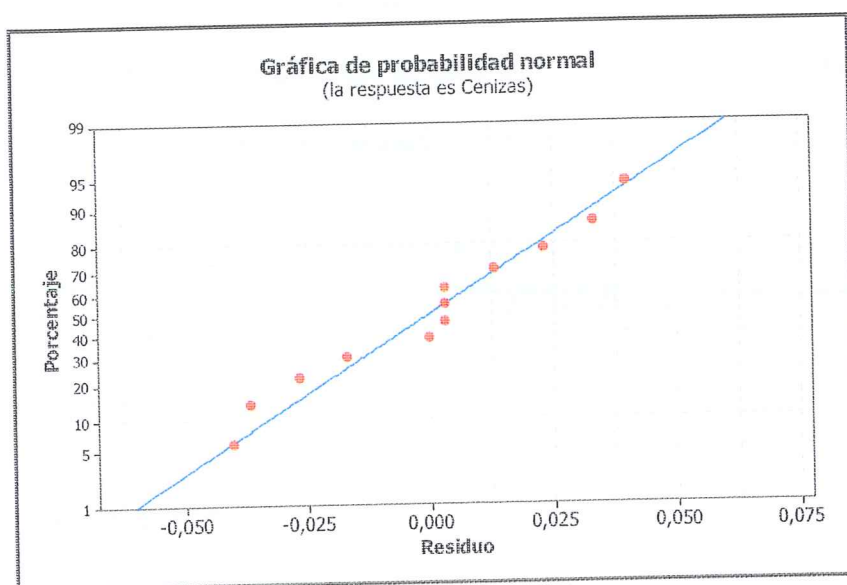


FIGURA 3. 3 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES PARA CENIZAS

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)



**FIGURA 3. 4 GRÁFICA DE PROBABILIDAD NORMAL**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

- Observamos que los cambios en días de germinación no alteran el contenido de cenizas en esta semilla, no así con la temperatura que ocasiona un aumento relativamente grande en la cantidad de ceniza conforme esta aumenta de 26 a 32 °C.
- Observamos que el mayor cambio en la variable de respuesta lo causa la temperatura al variar de 26°C a 32°C que los días de germinación. La mayor cantidad de ceniza en la semilla se observa a 32°C.

- Nuestro método de análisis fue la calcinación en la estufa, llevamos a temperaturas de 500°C en la cual sustancias volátiles como el agua se evaporaron y con respecto a las sustancias orgánicas.
- Mediante esta gráfica podemos ver que hay evidencia estadística de que se cumple el supuesto de normalidad de los errores.

2. Tabla ANOVA

Las hipótesis que se contrastaran son:

$H_0: \beta_1 = 0$  vs  $H_1: \beta_1 \neq 0 \rightarrow$  Temperatura  
 $H_0: \beta_2 = 0$  vs  $H_1: \beta_2 \neq 0 \rightarrow$  Días de germinación  
 $H_0: \beta_{12} = 0$  vs  $H_1: \beta_{12} \neq 0 \rightarrow$  Interacción

Con el respectivo valor P, se rechazan o no estas hipótesis según la tabla ANOVA.

Tabla 16 Tabla ANOVA cenizas FSL09

| Término                  | Efecto | Coef    | Coef. De EE | T      | P     |
|--------------------------|--------|---------|-------------|--------|-------|
| Constante                |        | 1.6617  | 0,0075      | 220.20 | 0,000 |
| Temperatura              | 0,057  | 0.0900  | 0,0075      | 11.93  | 0,000 |
| Días germ.               | 0,008  | -0.0050 | 0,0075      | -0.66  | 0,019 |
| Temperatura y Días germ. |        | -0.1000 | 0,0075      | -13.25 | 0,000 |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Como era de esperarse, el valor P indica que el cambio de días de germinación es significativo para la respuesta, pero también en conjunto con la temperatura como vemos en la interacción. La temperatura por si misma también lo es.

3.1.2 Fibra Insoluble  
Variedad F50  
Fibra Insoluble

1. Gráficas

TABLA 17 TABLA DE DATOS FIBRA INSOLUBLE

| Temperatura | Días germ. | Fibra Insoluble |
|-------------|------------|-----------------|
| °C          |            | %               |
| 26          | 2          | 5,56            |
| 32          | 2          | 5,15            |
| 26          | 4          | 5,62            |
| 32          | 4          | 5,45            |
| 26          | 2          | 5,54            |
| 32          | 2          | 5,14            |
| 26          | 4          | 5,67            |
| 32          | 4          | 5,48            |
| 26          | 2          | 5,52            |
| 32          | 2          | 5,18            |
| 26          | 4          | 5,64            |
| 32          | 4          | 5,47            |

FIGURA 3. 5 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES PARA FIBRA SOLUBLE

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)



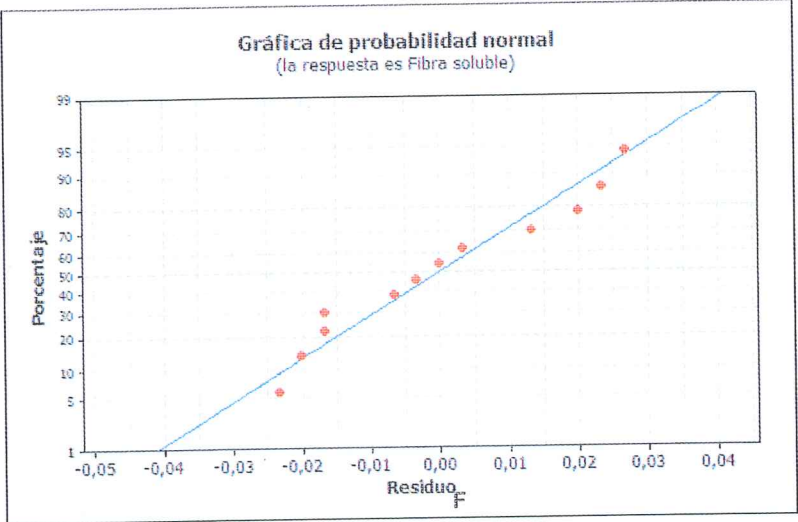
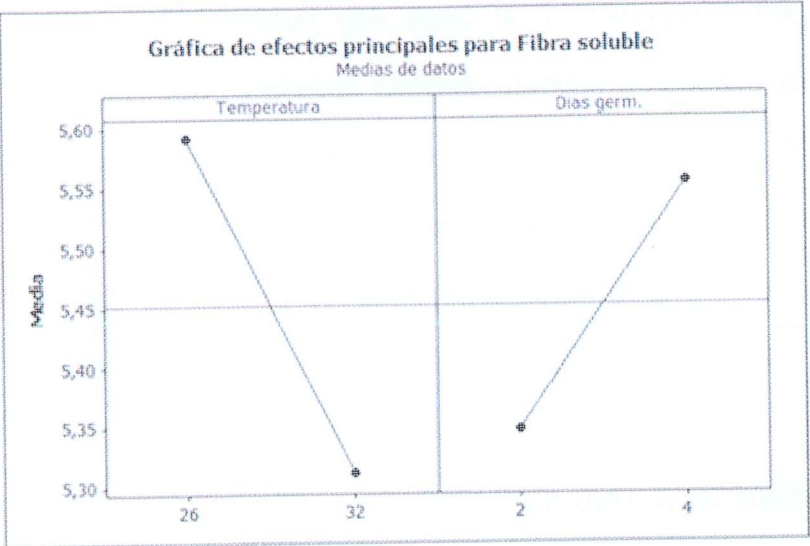


FIGURA 3. 6 GRÁFICA DE PROBABILIDAD NORMAL

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

- Podemos apreciar que tanto la temperatura y los días de germinación provocan cambios grandes en nuestra variable de respuesta. En el caso de la temperatura el paso de 26 a 32 °C ocasiona una disminución en la cantidad de fibra soluble, en el caso de los días de germinación pasar de 2 a 4 días ocasiona incremento de la cantidad de fibra Insoluble.
- Mediante esta gráfica podemos ver que hay evidencia estadística de que se cumple el supuesto de normalidad de los errores.

## 2. Tabla ANOVA

Las hipótesis que se contrastaran son:

$$H_0: \beta_1 = 0 \text{ vs } H_1: \beta_1 \neq 0 \rightarrow \text{Temperatura}$$

$$H_0: \beta_2 = 0 \text{ vs } H_1: \beta_2 \neq 0 \rightarrow \text{Días de germinación}$$

$$H_0: \beta_{12} = 0 \text{ vs } H_1: \beta_{12} \neq 0 \rightarrow \text{Interacción}$$

Con el respectivo valor P, se rechazan o no estas hipótesis según la tabla ANOVA.

TABLA 18 TABLA ANOVA FIBRA INSOLUBLE F50

| Término                     | Efecto  | Coef    | Coef. De<br>EE | T      | P     |
|-----------------------------|---------|---------|----------------|--------|-------|
| Constante                   |         | 5.4517  | 0,0059         | 916.06 | 0,000 |
| Temperatura                 | -0.2800 | -0.1400 | 0,0059         | -23.52 | 0,000 |
| Días germ.                  | 0.2067  | 0.1033  | 0,0059         | 17.36  | 0,000 |
| Temperatura y Días<br>germ. | 0.1033  | 0.0517  | 0,0059         | 8.68   | 0,000 |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Se puede apreciar en la columna del valor P que todos los factores son significativo, tanto los efectos principales como la interacción. El último paso que faltaría sería determinar cuáles ocasionan cambios positivos y cuales negativos.

### Fibra Insoluble

### Variedad SFL09

### 1. Gráficas

TABLA 19 TABLA DE DATOS FIBRA INSOLUBLE

| Temperatura | Días  | Fibra Insoluble |
|-------------|-------|-----------------|
| °C          | Germ. | %               |
| 26          | 2     | 5,64            |
| 32          | 2     | 5,55            |
| 26          | 4     | 5,63            |
| 32          | 4     | 5,54            |
| 26          | 2     | 5,67            |
| 32          | 2     | 5,57            |
| 26          | 4     | 5,65            |
| 32          | 4     | 5,52            |
| 26          | 2     | 5,65            |
| 32          | 2     | 5,54            |
| 26          | 4     | 5,68            |
| 32          | 4     | 5,53            |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

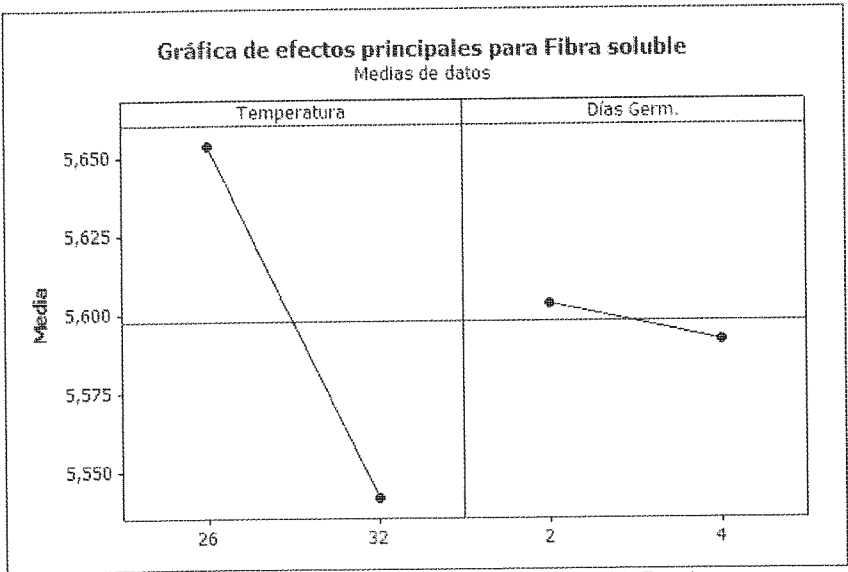
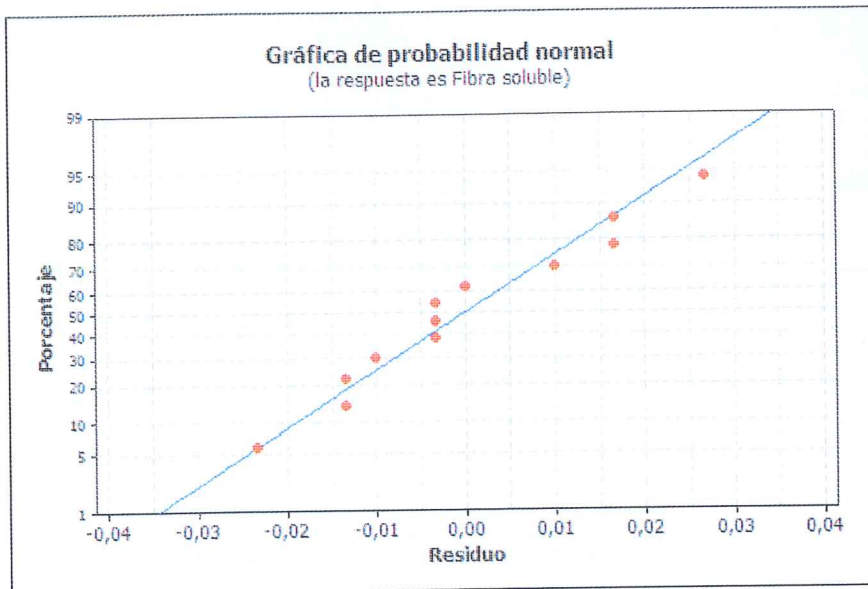


FIGURA 3. 7 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES PARA FIBRA SOLUBLE

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)



**FIGURA 3. 8 GRÁFICA DE PROBABILIDAD NORMAL**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

- Como podemos observar nuevamente los días de germinación no tienen un efecto significativo en la variable de respuesta, en cambio la temperatura que en términos relativos del otro factor ocasiona una disminución significativa en la respuesta al variar de 26 a 32 °C.
- El mayor cambio en la variable de respuesta se ve con cuatro días de germinación variando la temperatura. El porcentaje más alto de

fibra soluble se lo ve a 26 °C sea con dos o cuatro días de germinación.

- Mediante esta gráfica podemos ver que hay evidencia estadística de que se cumple el supuesto de normalidad de los errores.

2. Tabla ANOVA

Las hipótesis que se contrastaran son:

$H_0: \beta_1 = 0$  vs  $H_1: \beta_1 \neq 0 \rightarrow$  Temperatura  
 $H_0: \beta_2 = 0$  vs  $H_1: \beta_2 \neq 0 \rightarrow$  Días de germinación  
 $H_0: \beta_{12} = 0$  vs  $H_1: \beta_{12} \neq 0 \rightarrow$  Interacción

Con el respectivo valor P, se rechazan o no estas hipótesis según la tabla ANOVA.

TABLA 20 TABLA ANOVA FIBRA INSOLUBLE FSL09

| Término                  | Efecto  | Coef    | Coef. De EE | T       | P     |
|--------------------------|---------|---------|-------------|---------|-------|
| Constante                |         | 5.5975  | 0,0050      | 1119.50 | 0,000 |
| Temperatura              | -0.1117 | -0.0558 | 0,0050      | -11.17  | 0,000 |
| Días germ.               | -0.0112 | 0.0058  | 0,0050      | -1.17   | 0,277 |
| Temperatura y Días germ. | -0.0112 | 0.0058  | 0,0050      | -1.17   | 0,277 |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)



Como podemos observar los cambios en días de germinación no provocan cambios significativos en la cantidad de fibra soluble en la semilla, y se determina que la temperatura es el único factor con gran significancia.

Analizando cada muestra se tiene suficiente evidencia estadística para determinar que el efecto de la temperatura como factor es más significativo que el efecto de los días de germinación.

3.1.3 GRASAS

Variedad F50

Grasa

1. Gráficas

TABLA 21 TABLA DE DATOS GRASA

| Temperatura<br>°C | Días germ. | Grasa<br>% |
|-------------------|------------|------------|
| 26                | 2          | 3,44       |
| 32                | 2          | 3,65       |
| 26                | 4          | 4,24       |
| 32                | 4          | 2,58       |
| 26                | 2          | 3,45       |
| 32                | 2          | 3,68       |
| 26                | 4          | 4,26       |
| 32                | 4          | 2,57       |
| 26                | 2          | 3,43       |
| 32                | 2          | 3,65       |
| 26                | 4          | 4,23       |
| 32                | 4          | 2,6        |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

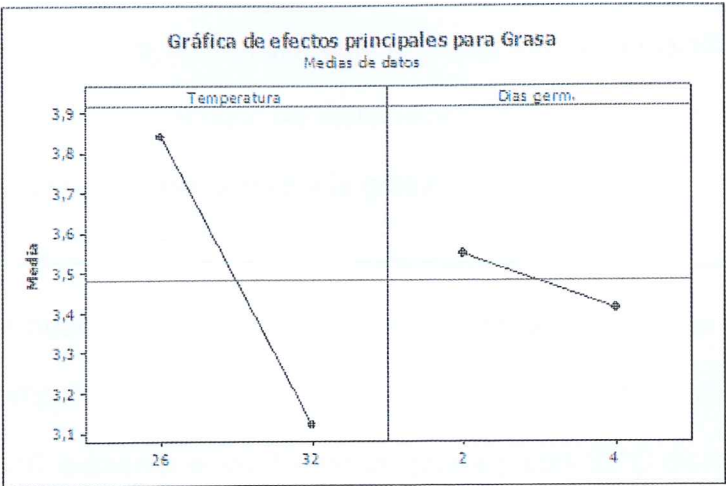


Ilustración 1 Gráfica de efectos principales con la variable Grasa

FIGURA 3. 9 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES PARA GRASA

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

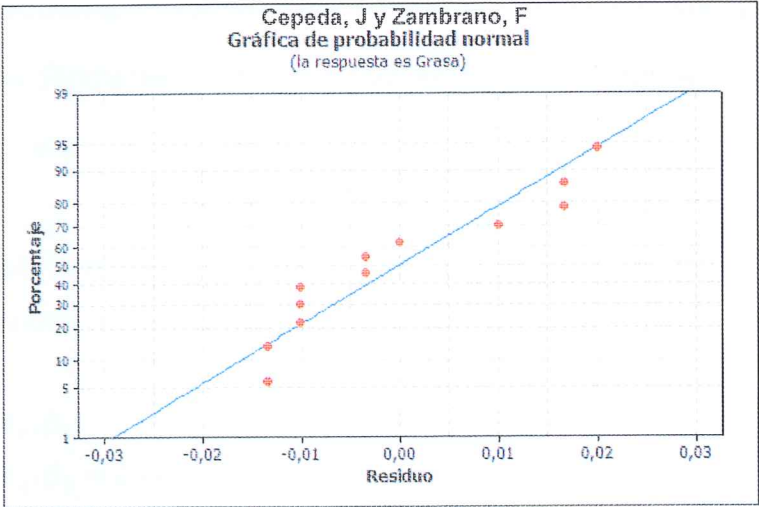


FIGURA 3. 10 GRÁFICA DE PROBABILIDAD NORMAL

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

- Se puede apreciar que la temperatura ocasiona un cambio mayor en la respuesta que los días de germinación, es un cambio de alrededor de siete veces más, lo cual indica que la temperatura afecta más a la grasa.
- Se puede apreciar que el promedio de la cantidad de grasa se comporta de manera distinta para las dos temperaturas, con 26°C aumenta el contenido de grasa y con 32°C disminuye, lo cual indica un alto grado de interacción en los factores.
- Mediante gráfica de normalidad podemos ver que hay evidencia estadística de que se cumple el supuesto de los errores.

## 2. Tabla ANOVA

Las hipótesis que se contrastaran son:

$$H_0: \beta_1 = 0 \text{ vs } H_1: \beta_1 \neq 0 \rightarrow \text{Temperatura}$$

$$H_0: \beta_2 = 0 \text{ vs } H_1: \beta_2 \neq 0 \rightarrow \text{Días de germinación}$$

$$H_0: \beta_{12} = 0 \text{ vs } H_1: \beta_{12} \neq 0 \rightarrow \text{Interacción}$$

Con el respectivo valor P, se rechazan o no estas hipótesis según la tabla ANOVA.

TABLA 22 TABLA ANOVA GRASA F50

| Término                  | Efecto  | Coef    | Coef. De EE | T       | P     |
|--------------------------|---------|---------|-------------|---------|-------|
| Constante                |         | 3,4817  | 0,004249    | 819,37  | 0,000 |
| Temperatura              | -0,72   | -0,36   | 0,004249    | -84,72  | 0,000 |
| Días germ.               | -0,1367 | -0,0683 | 0,004249    | -16,08  | 0,000 |
| Temperatura y Días germ. | -0,94   | -0,47   | 0,004249    | -110,61 | 0,000 |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Se concluye en base a la última columna, el valor P que es menor a 0.05 en todos los casos, lo cual nos indica que todos los efectos son significativos, tanto los efectos principales como la interacción. Lo cual indica que no podríamos descartar ninguno de ellos.

**Variedad FSL09**

**Grasa**

**1. Gráficas**

TABLA 23 TABLA DE DATOS GRASA

| Temperatura<br>°C | Días<br>Germ. | Grasa<br>% |
|-------------------|---------------|------------|
| 26                | 2             | 3,41       |
| 32                | 2             | 3,96       |
| 26                | 4             | 3,52       |
| 32                | 4             | 2,39       |
| 26                | 2             | 3,54       |
| 32                | 2             | 3,98       |
| 26                | 4             | 3,54       |
| 32                | 4             | 2,35       |
| 26                | 2             | 3,62       |
| 32                | 2             | 3,97       |
| 26                | 4             | 3,62       |
| 32                | 4             | 2,41       |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

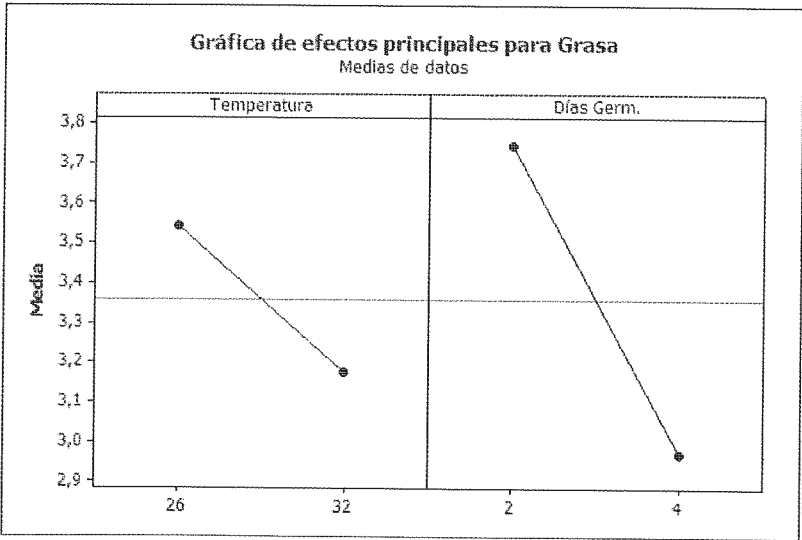
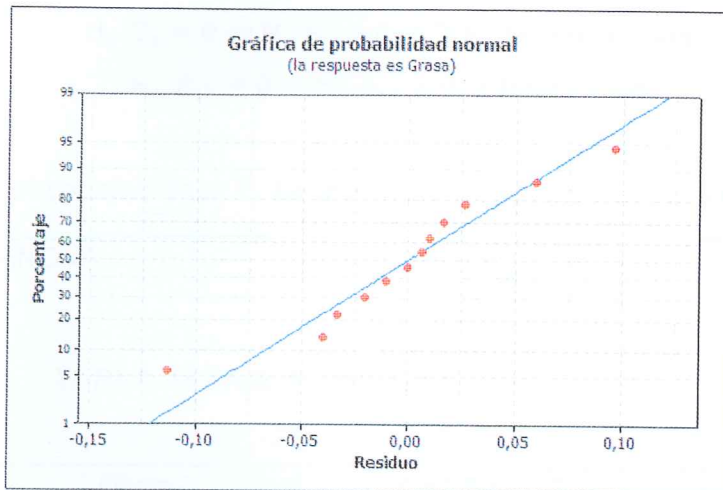


FIGURA 3. 11 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES PARA GRASA

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)



**FIGURA 3. 12 GRÁFICA DE PROBABILIDAD NORMAL**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

- Se puede apreciar que la temperatura ocasiona un cambio menor en la respuesta que los días de germinación, es un cambio de alrededor de dos veces menos, lo cual indica que la temperatura afecta menos que los días de germinación a la cantidad de grasa.
- Mediante esta gráfica podemos ver que hay evidencia estadística de que se cumple el supuesto de normalidad de los errores.

## 2. Tabla ANOVA

Las hipótesis que se contrastaran son:



$H_0: \beta_1 = 0$  vs  $H_1: \beta_1 \neq 0 \rightarrow$  Temperatura  
 $H_0: \beta_2 = 0$  vs  $H_1: \beta_2 \neq 0 \rightarrow$  Días de germinación  
 $H_0: \beta_{12} = 0$  vs  $H_1: \beta_{12} \neq 0 \rightarrow$  Interacción

Con el respectivo valor P, se rechazan o no estas hipótesis según la tabla ANOVA.

TABLA 24 TABLA ANOVA GRASA FSL09

| Término                  | Efecto  | Coef    | Coef. De EE | T      | P     |
|--------------------------|---------|---------|-------------|--------|-------|
| Constante                |         | 3,3592  | 0,00177     | 160.60 | 0,000 |
| Temperatura              | -0,3650 | -0,1825 | 0,00177     | -10.30 | 0,000 |
| Días germ.               | -0,7750 | -0,3875 | 0,00177     | -21.87 | 0,000 |
| Temperatura y Días germ. | -0,8117 | -0,4058 | 0,00177     | -22.91 | 0,000 |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Se concluye en base a la última columna, el valor P que es menor a 0.05 en todos los casos, lo cual nos indica que todos los efectos son significativos, tanto los efectos principales como la interacción. Lo cual indica que no podríamos descartar ninguno de ellos.

3.1.4 HUMEDAD  
Variedad F50  
1. Gráficas

TABLA 25 TABLA DE DATOS HUMEDAD

| Temperatura | Días germ. | Humedad |
|-------------|------------|---------|
| °C          |            | %       |
| 26          | 2          | 12,42   |
| 32          | 2          | 12,79   |
| 26          | 4          | 12,34   |
| 32          | 4          | 12,46   |
| 26          | 2          | 12,45   |
| 32          | 2          | 12,76   |
| 26          | 4          | 12,36   |
| 32          | 4          | 12,49   |
| 26          | 2          | 12,4    |
| 32          | 2          | 12,74   |
| 26          | 4          | 12,32   |
| 32          | 4          | 12,45   |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

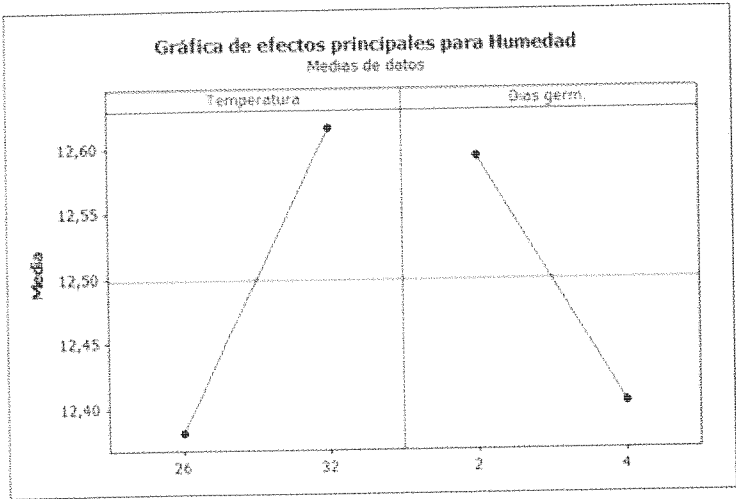


FIGURA 3. 13 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES PARA HUMEDAD

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

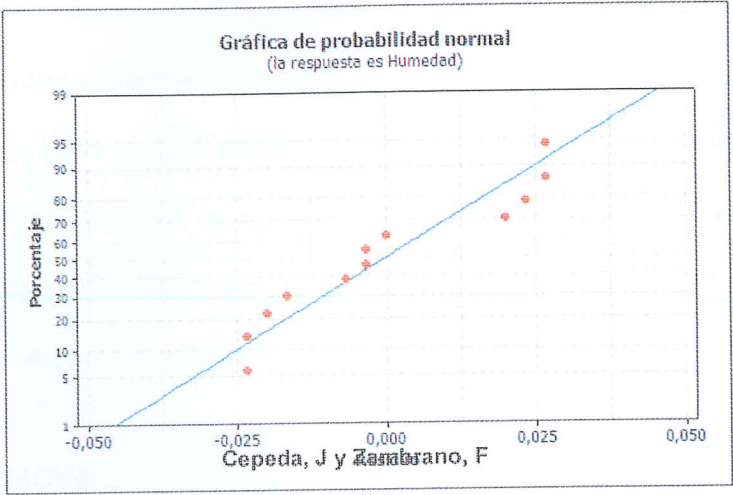


FIGURA 3. 14 GRÁFICA DE PROBABILIDAD NORMAL

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

- Podemos apreciar que tanto la temperatura y los días de germinación provocan cambios grandes en nuestra variable de respuesta. En el caso de la temperatura el paso de 26 a 32 °C ocasiona un aumento en la cantidad de humedad, en el caso de los días de germinación pasar de 2 a 4 días ocasiona disminución de la cantidad de humedad.
- Observando las esquinas apreciamos que la variable de respuesta para cada combinación de factores, no cambia casi nada en lo

absoluto. Esto debería reflejarse cuando determinemos los coeficientes y efectos.

- Mediante esta gráfica podemos ver que hay evidencia estadística de que se cumple el supuesto de normalidad de los errores. Mediante esta gráfica podemos ver que hay evidencia estadística de que se cumple el supuesto de normalidad de los errores.

2. Tabla ANOVA

Las hipótesis que se contrastaran son:

$$\begin{aligned} H_0: \beta_1 &= 0 \text{ vs } H_1: \beta_1 \neq 0 \rightarrow \text{Temperatura} \\ H_0: \beta_2 &= 0 \text{ vs } H_1: \beta_2 \neq 0 \rightarrow \text{Días de germinación} \\ H_0: \beta_{12} &= 0 \text{ vs } H_1: \beta_{12} \neq 0 \rightarrow \text{Interacción} \end{aligned}$$

Con el respectivo valor P, se rechazan o no estas hipótesis según la tabla ANOVA.

TABLA 26 TABLA ANOVA HUMEDAD F50

| Término                  | Efecto  | Coef    | Coef. De EE | T       | P     |
|--------------------------|---------|---------|-------------|---------|-------|
| Constante                |         | 12.4983 | 0,0066      | 1889.57 | 0,000 |
| Temperatura              | 0.2333  | 0.1167  | 0,0066      | 17.64   | 0,000 |
| Días germ.               | -0.1900 | -0.0950 | 0,0066      | -14.36  | 0,000 |
| Temperatura y Días germ. | -0.1067 | -0.0533 | 0,0066      | -8.06   | 0,000 |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Se puede apreciar en la columna del valor P que todos los factores son significativo, tanto los efectos principales como la interacción. El último paso que faltaría sería determinar cuáles ocasionan cambios positivos y cuales negativos.

**Humedad**  
**Variedad FSL 09**  
**1. Gráficas**

**TABLA 27 TABLA DE DATOS HUMEDAD**

| Temperatura<br>°C | Días<br>Germ. | Humedad<br>% |
|-------------------|---------------|--------------|
| 26                | 2             | 13,46        |
| 32                | 2             | 13,56        |
| 26                | 4             | 13,79        |
| 32                | 4             | 11,57        |
| 26                | 2             | 13,45        |
| 32                | 2             | 13,54        |
| 26                | 4             | 13,65        |
| 32                | 4             | 11,54        |
| 26                | 2             | 13,35        |
| 32                | 2             | 13,52        |
| 26                | 4             | 13,68        |
| 32                | 4             | 11,52        |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

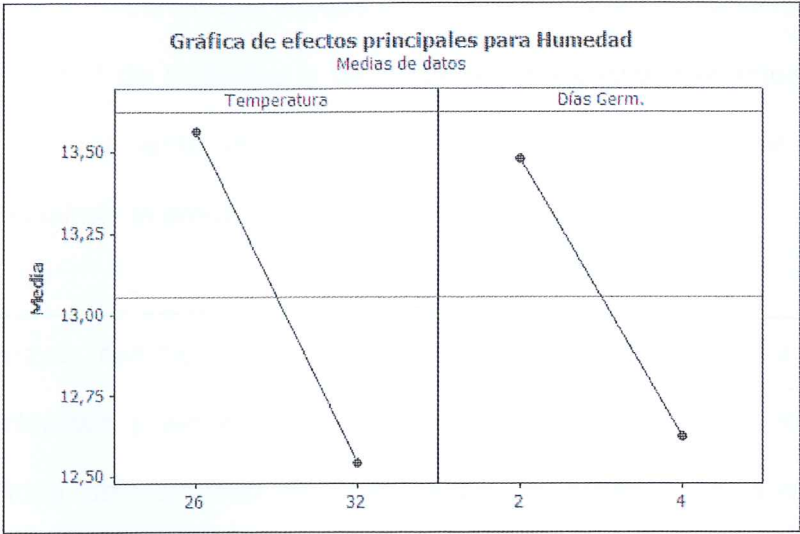


FIGURA 3. 15 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES PARA HUMEDAD

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

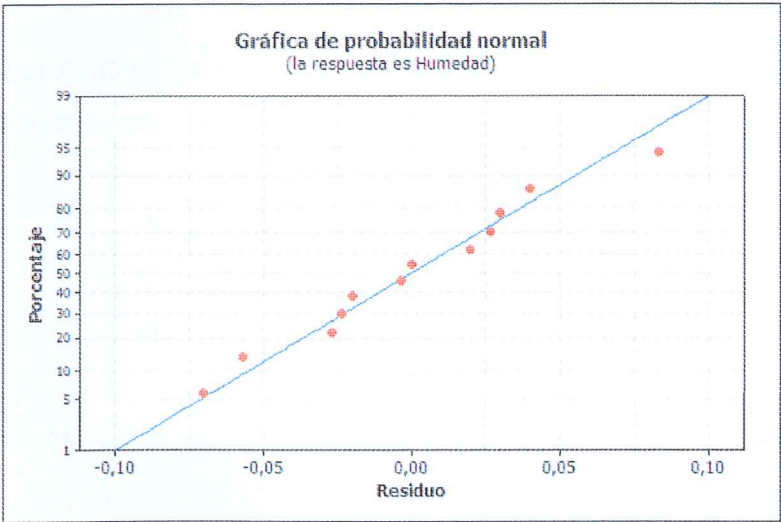


FIGURA 3. 16 GRÁFICA DE PROBABILIDAD NORMAL

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)



- Se puede observar que ambas variables ocasionan disminución en la cantidad de humedad y de manera significativa. Podemos ver que la pendiente es similar lo cual sería indicativo de que potencialmente ambos factores tienen alta interacción.
- El mayor cambio en humedad se produce fijando los días de germinación y variando la temperatura de 26 a 32°C. La mayor cantidad de humedad se observa en 26 grados y 4 días de germinación.
- Mediante esta gráfica podemos ver que hay evidencia estadística de que se cumple el supuesto de normalidad de los errores.

## 2. Tabla ANOVA

Las hipótesis que se contrastaran son:

$$H_0: \beta_1 = 0 \text{ vs } H_1: \beta_1 \neq 0 \rightarrow \text{Temperatura}$$

$$H_0: \beta_2 = 0 \text{ vs } H_1: \beta_2 \neq 0 \rightarrow \text{Días de germinación}$$

$$H_0: \beta_{12} = 0 \text{ vs } H_1: \beta_{12} \neq 0 \rightarrow \text{Interacción}$$

Con el respectivo valor P, se rechazan o no estas hipótesis según la tabla ANOVA.

TABLA 28 TABLA ANOVA HUMEDAD SFL09

| Término                  | Efecto  | Coef    | Coef. De EE | T      | P     |
|--------------------------|---------|---------|-------------|--------|-------|
| Constante                |         | 13.0525 | 0,01455     | 896.86 | 0,000 |
| Temperatura              | -1.0217 | -0.5108 | 0,01455     | -35.10 | 0,000 |
| Dias germ.               | -0.8550 | -0.4275 | 0,01455     | -29.37 | 0,000 |
| Temperatura y Dias germ. | -1.1417 | -0.5708 | 0,01455     | -39.22 | 0,000 |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Se puede apreciar en la columna del valor P que todos los factores son significativo, tanto los efectos principales como la interacción. El último paso que faltaría sería determinar cuáles ocasionan cambios positivos y cuales negativos.

3.1.5 PROTEINA

Proteínas

Variedad F50

1. Gráficas

TABLA 29 TABLA DE DATOS PROTEÍNAS

| Temperatura<br>°C | Días germ. | Proteínas<br>% |
|-------------------|------------|----------------|
| 26                | 2          | 8,7            |
| 32                | 2          | 8,69           |
| 26                | 4          | 8,76           |
| 32                | 4          | 9,72           |
| 26                | 2          | 8,85           |
| 32                | 2          | 8,52           |
| 26                | 4          | 8,5            |
| 32                | 4          | 9,86           |
| 26                | 2          | 8,78           |
| 32                | 2          | 8,6            |
| 26                | 4          | 9,42           |
| 32                | 4          | 9,76           |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

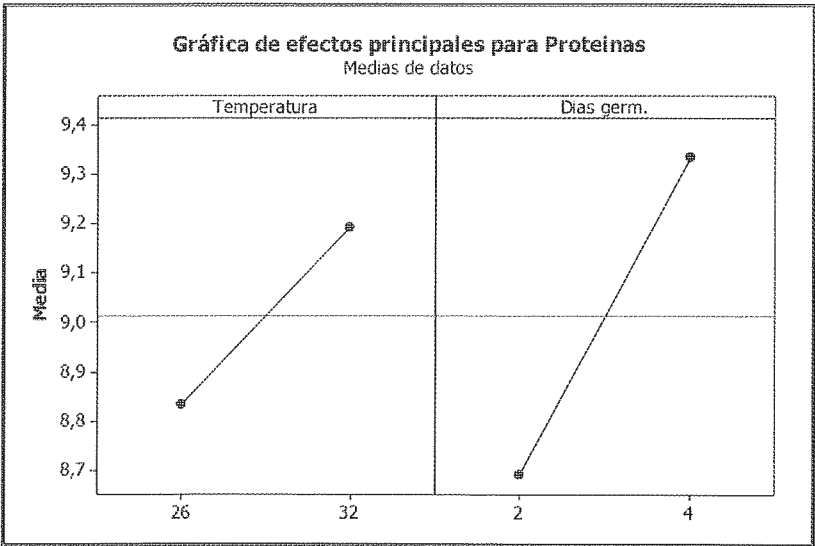
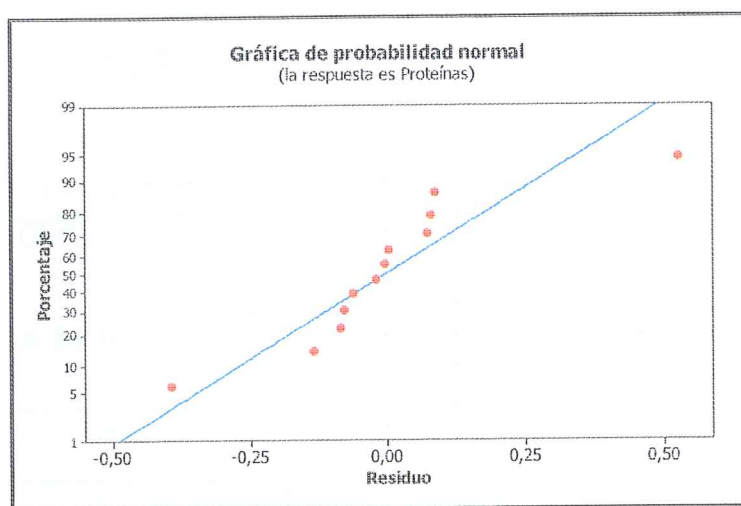


FIGURA 3. 17 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES PARA PROTEÍNAS

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)



**FIGURA 3. 18 GRÁFICA DE PROBABILIDAD NORMAL**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

- Se puede apreciar que la temperatura ocasiona un cambio menor en la respuesta que los días de germinación, como observamos, los días de germinación hacen variar el contenido de proteínas en casi el doble que el cambio que provoca el cambio de temperatura.

## 2. Tabla ANOVA

Las hipótesis que se contrastaran son:

$$H_0: \beta_1 = 0 \text{ vs } H_1: \beta_1 \neq 0 \rightarrow \text{Temperatura}$$
$$H_0: \beta_2 = 0 \text{ vs } H_1: \beta_2 \neq 0 \rightarrow \text{Días de germinación}$$
$$H_0: \beta_{12} = 0 \text{ vs } H_1: \beta_{12} \neq 0 \rightarrow \text{Interacción}$$

Con el respectivo valor P, se rechazan o no estas hipótesis según la tabla ANOVA.

TABLA 30 TABLA ANOVA PARA LAS PROTEÍNAS F50

| Término                  | Efecto | Coef   | Coef. De EE | T     | P     |
|--------------------------|--------|--------|-------------|-------|-------|
| Constante                |        | 9.1950 | 0,09670     | 95.09 | 0,000 |
| Temperatura              | 0,382  | 0.1767 | 0,09670     | 1.83  | 0,037 |
| Días germ.               | 1,255  | 0.3183 | 0,09670     | 3.29  | 0,002 |
| Temperatura y Días germ. | 0,843  | 0.0900 | 0,09670     | 0.93  | 0,006 |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Se concluye en base a la última columna, el valor P que es menor a 0.05 en todos los casos, lo cual nos indica que todos los efectos son significativos sobre la cantidad de proteínas, la temperatura y la interacción entre ambos.

Proteínas

Variedad FSL09

1. Gráficas

TABLA 31 TABLA DE DATOS PROTEÍNAS

| Temperatura<br>°C | Días<br>Germ. | Proteínas<br>% |
|-------------------|---------------|----------------|
| 26                | 2             | 7,73           |
| 32                | 2             | 8,77           |
| 26                | 4             | 7,99           |
| 32                | 4             | 8,77           |
| 26                | 2             | 7,87           |
| 32                | 2             | 8,87           |
| 26                | 4             | 8              |
| 32                | 4             | 8,85           |
| 26                | 2             | 7,75           |
| 32                | 2             | 8,85           |
| 26                | 4             | 8,15           |
| 32                | 4             | 8,85           |

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

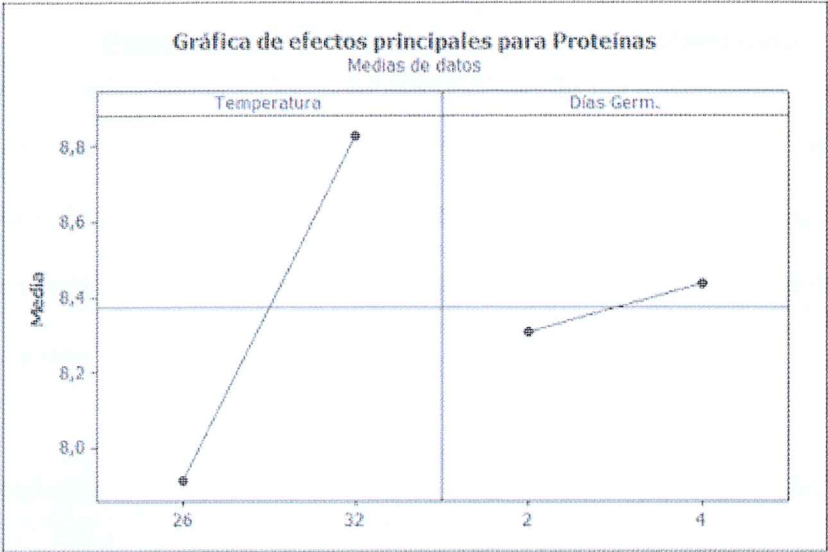
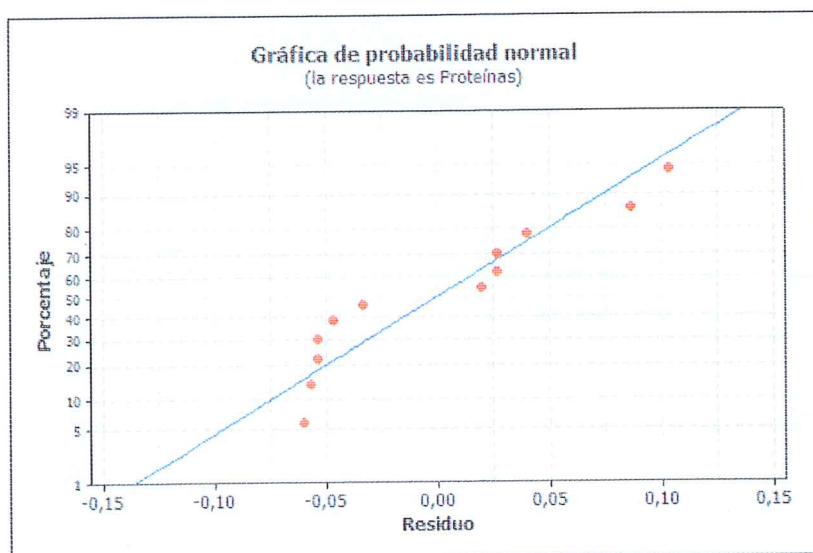


FIGURA 3. 19 GRÁFICA DE EFECTOS PRINCIPALES PARA PROTEÍNAS

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)





**FIGURA 3. 20 GRÁFICA DE PROBABILIDAD NORMAL**

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano

- Los cambios en días de germinación no causan un efecto considerable en el contenido de proteínas, en tanto que la temperatura provoca un aumento considerable de la cantidad de las mismas.
- Mediante esta gráfica podemos ver que hay evidencia estadística de que se cumple el supuesto de normalidad de los errores.

2. Tabla ANOVA

Las hipótesis que se contrastaran son:

$H_0: \beta_1 = 0$  vs  $H_1: \beta_1 \neq 0 \rightarrow$  Temperatura  
 $H_0: \beta_2 = 0$  vs  $H_1: \beta_2 \neq 0 \rightarrow$  Días de germinación  
 $H_0: \beta_{12} = 0$  vs  $H_1: \beta_{12} \neq 0 \rightarrow$  Interacción

Con el respectivo valor P, se rechazan o no estas hipótesis según la tabla ANOVA.

TABLA 32 TABLA ANOVA PROTEÍNAS FSL09

| Término                  | Efecto  | Coef    | Coef. De EE | T      | P     |
|--------------------------|---------|---------|-------------|--------|-------|
| Constante                |         | 8.3708  | 0,01974     | 424.10 | 0,000 |
| Temperatura              | 0.9117  | 0.4558  | 0,01974     | 23.09  | 0,000 |
| Días germ.               | 0.1283  | 0.0642  | 0,01974     | 3.25   | 0,012 |
| Temperatura y Días germ. | -0.1350 | -0.0675 | 0,01974     | -3.42  | 0,009 |

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Se concluye en base a la última columna, el valor P que es menor a 0.05 en todos los casos, lo cual nos indica que todos los factores, los días de germinación tiene un efecto significativo sobre la cantidad de proteínas, la temperatura y la interacción entre ambos también.

3.2 ANALISIS ESTADISTICO DE LAS VARIABLES DE ESTUCIO EN LA COMPOSICION DEL ARROZ GERMINADO

Pruebas de Múltiple Rangos para CONTENIDO CENIZAS por MUESTRAS CENIZAS

TABLA 33 TABLA ANOVA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE CENIZAS

| Fuente        | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos  | 0.842096          | 7  | 0.120299       | 244.68  | 0.0000  |
| Intra grupos  | 0.00786667        | 16 | 0.000491667    |         |         |
| Total (Corr.) | 0.849963          | 23 |                |         |         |

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

TABLA 34 TABLA COMPARACIÓN DE DUNCAN CENIZAS

Método: 95.0 porcentaje Duncan

| MUESTRAS CENIZAS | Casos | Media   | Grupos Homogéneos |
|------------------|-------|---------|-------------------|
| 26250            | 3     | 1.27    | X                 |
| 32250            | 3     | 1.35333 | X                 |
| 32450            | 3     | 1.36333 | XX                |
| 26450            | 3     | 1.39667 | X                 |
| 26209            | 3     | 1.47667 | X                 |
| 32409            | 3     | 1.64667 | X                 |
| 26409            | 3     | 1.66667 | X                 |
| 32209            | 3     | 1.85667 | X                 |

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

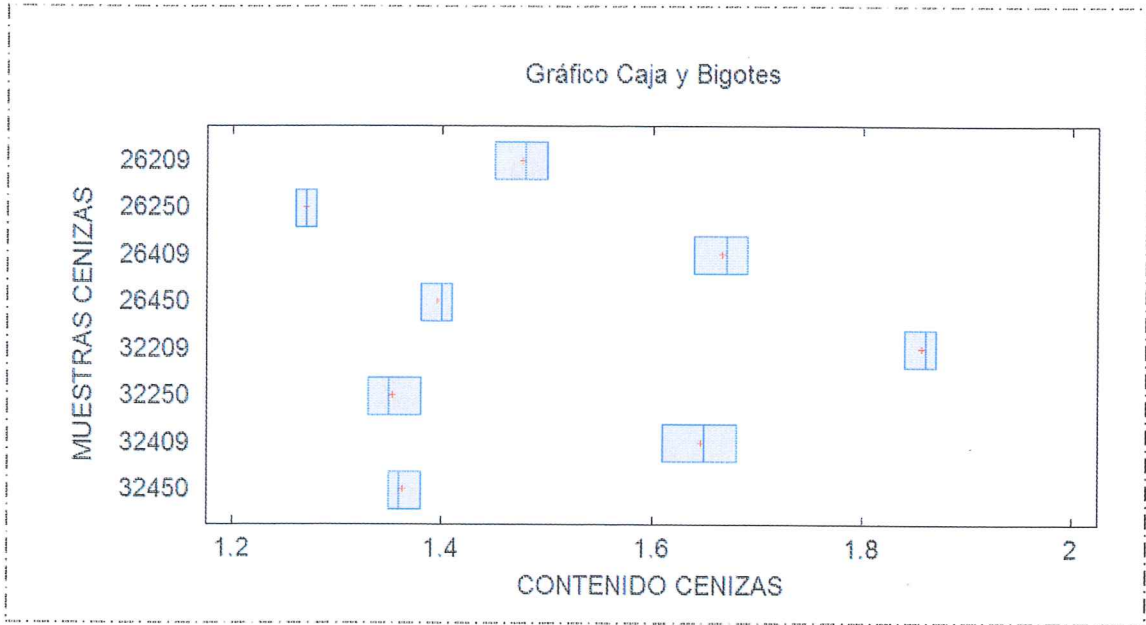
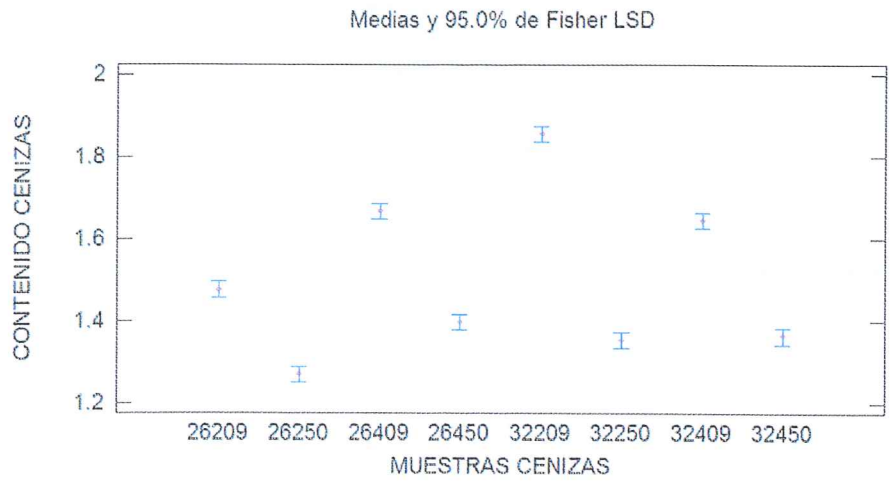


FIGURA 3. 22MEDIAS Y 95.0% DE FISHER LSD, CONTENIDO VS MUESTRAS CENIZAS

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

- Nuestro método de análisis fue la calcinación en la estufa, llevamos a temperaturas de 500°c en la cual sustancias volátiles como el agua se evaporaron y con respecto a las sustancias orgánicas son incineradas en presencia de oxígeno para producir CO2, donde la mayoría de los minerales que contiene la semilla son convertidos en fosfato, cloruro y silicato. Se ha evidenciado que la muestra 32209 contiene mayor porcentaje de cenizas, es decir, mayor contenido de minerales (Ca, P) materia orgánica con micro elementos los cuales son de vital importancia para las funciones metabólicas de nuestro organismo (Díaz, 2015)

**Pruebas de Múltiple Rangos para CONTENIDO F SOLUBLE por MUESTRAS F INSOLUBLE**

**TABLA 35 TABLA ANOVA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE FIBRA**

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos  | 0.561196                 | 7         | 0.0801708             | 221.16         | 0.0000         |
| Intra grupos  | 0.0058                   | 16        | 0.0003625             |                |                |
| Total (Corr.) | 0.566996                 | 23        |                       |                |                |

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

TABLA 36 TABLA COMPARACIÓN DE DUNCAN FIBRA INSOLUBLE

Método: 95.0 porcentaje Duncan

| MUESTRAS DE FIBRA | Casos | Media   | Grupos Homogéneos |
|-------------------|-------|---------|-------------------|
| 32250             | 3     | 5.15667 | X                 |
| 32450             | 3     | 5.46667 | X                 |
| 32409             | 3     | 5.53    | X                 |
| 26250             | 3     | 5.54    | X                 |
| 32209             | 3     | 5.55333 | X                 |
| 26450             | 3     | 5.64333 | X                 |
| 26409             | 3     | 5.65333 | X                 |
| 26209             | 3     | 5.65333 | X                 |

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Medias y 95.0% de Fisher LSD

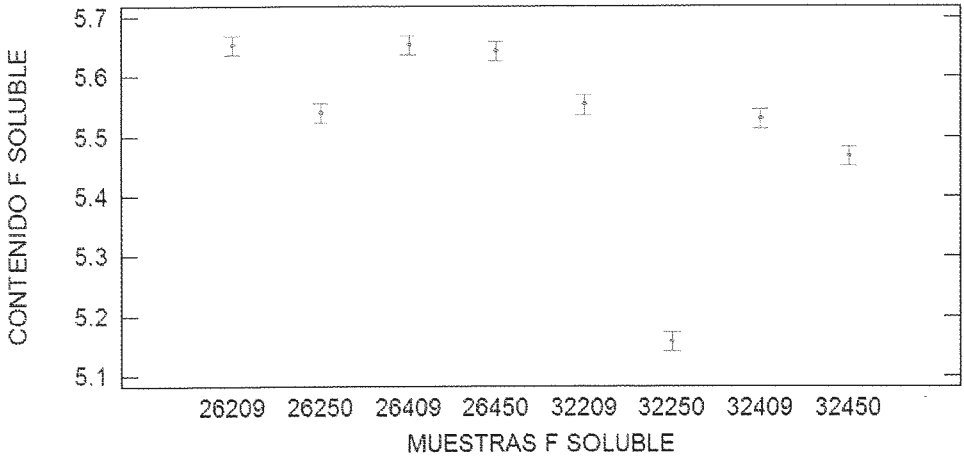
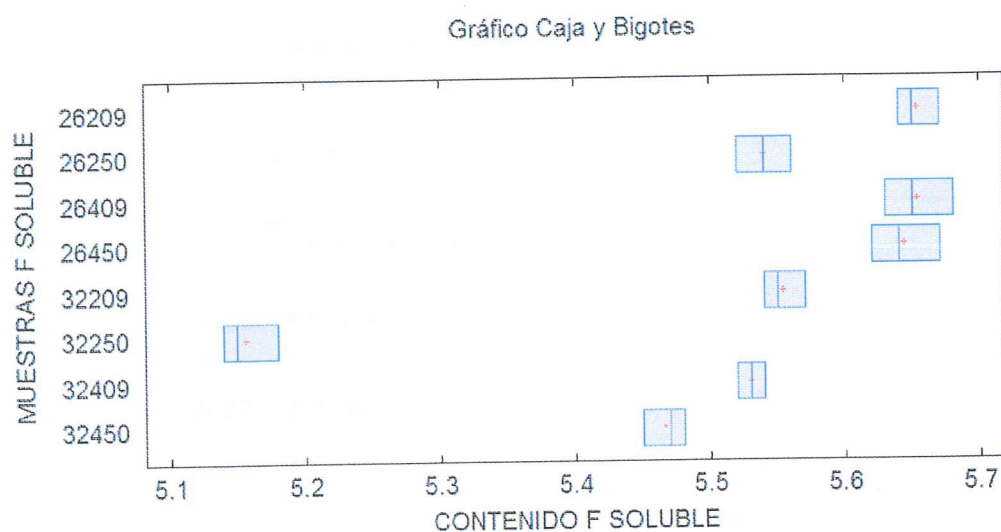


FIGURA 3. 22 MEDIAS Y 95% DE FISHER LSD, CONTENIDO VS MUESTRAS F SOLUBLE

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)





**FIGURA 3. 23 GRÁFICO CAJA Y BIGOTES, MUESTRAS VS CONTENIDO F SOLUBLE**

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

- Según el análisis estadístico de la prueba de múltiples rangos podemos evidenciar que las tres últimas muestras 26450, 26409, 26209 tienen gran similitud en el contenido de fibra soluble el cual es alto, este indicador favorece la digestibilidad de los alimentos en el organismo por su contenido de gomas y mucilagos (LC, 2015).

**Pruebas de Múltiple Rangos para CONTENIDO DE GRASA por MUESTRA**

TABLA 37 TABLA ANOVA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE GRASA

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos  | 8.53003                  | 7         | 1.21858               | 611.84         | 0.0000         |
| Intra grupos  | 0.0318667                | 16        | 0.00199167            |                |                |
| Total (Corr.) | 8.5619                   | 23        |                       |                |                |

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

TABLA 38 TABLA COMPARACIÓN DE DUNCAN GRASA

Método: 95.0 porcentaje Duncan

| <i>MUESTRA GRASA</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|----------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| 32409                | 3            | 2.38333      | X                        |
| 32450                | 3            | 2.58333      | X                        |
| 26250                | 3            | 3.44         | X                        |
| 26209                | 3            | 3.52333      | X                        |
| 26409                | 3            | 3.56         | X                        |
| 32250                | 3            | 3.66         | X                        |
| 32209                | 3            | 3.97         | X                        |
| 26450                | 3            | 4.24333      | X                        |

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

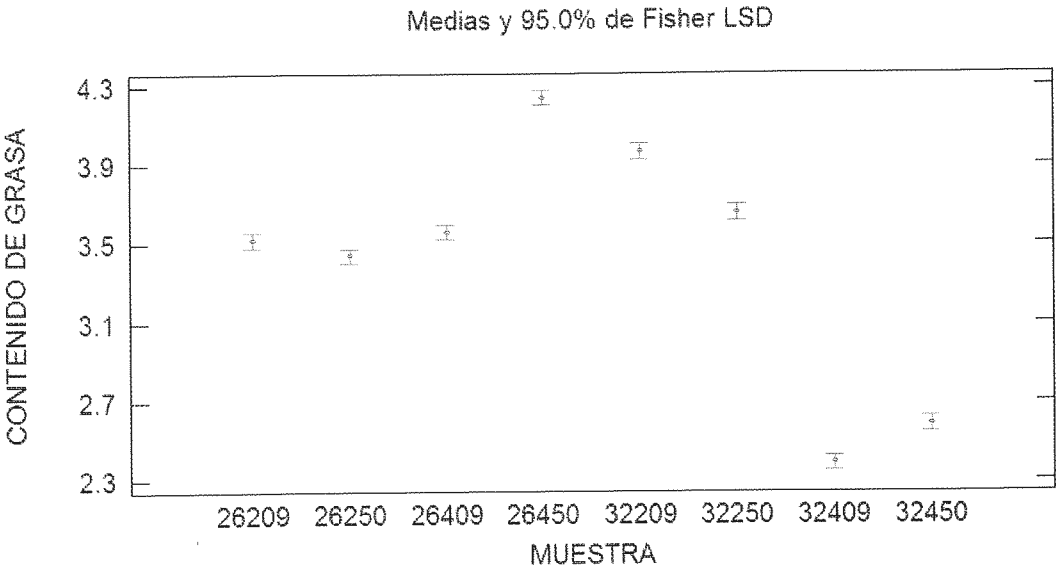


FIGURA 3. 23 MEDIAS Y 95.0% DE FISHER LSD, CONTENIDO VS MUESTRA DE GRASA

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

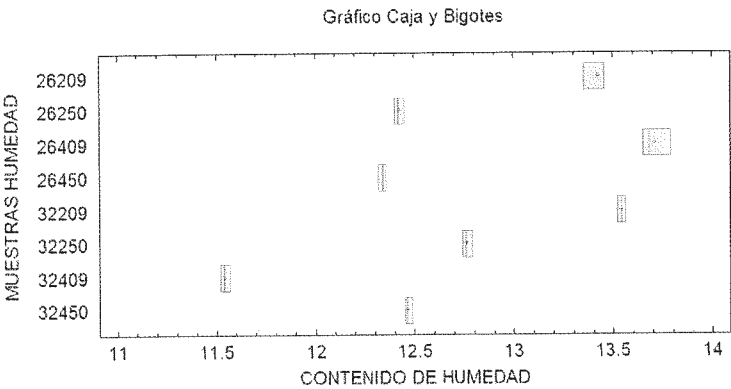


FIGURA 3. 25 GRÁFICO CAJA Y BIGOTES, MUESTRAS VS CONTENIDO DE HUMEDAD

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

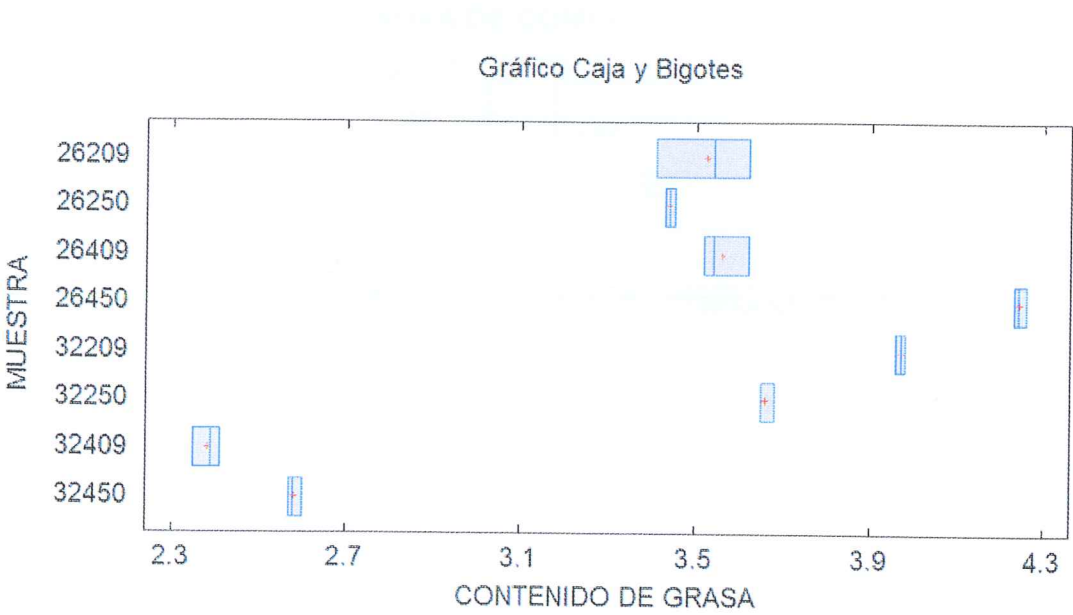


FIGURA 3. 26 GRÁFICO CAJA Y BIGOTES, MUESTRA VS  
CONTENIDO DE GRASA

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

- Según el análisis estadístico de la prueba de múltiples rangos podemos evidenciar que la muestra 26450 tiene mayor contenido de gliceroles y ácidos grasos insaturados como el oleico y glicerol, los cuales resultan por el desdoblamiento de los triglicéridos por medio de la lipólisis (LC, 2015).

Pruebas de Múltiple Rangos para CONTENIDO DE HUMEDAD por  
MUESTRAS HUMEDAD

TABLA 39 TABLA ANOVA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE HUMEDAD

| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|---------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| Entre grupos  | 11.3862                  | 7         | 1.6266                | 1081.39        | 0.0000         |
| Intra grupos  | 0.0240667                | 16        | 0.00150417            |                |                |
| Total (Corr.) | 11.4103                  | 23        |                       |                |                |

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

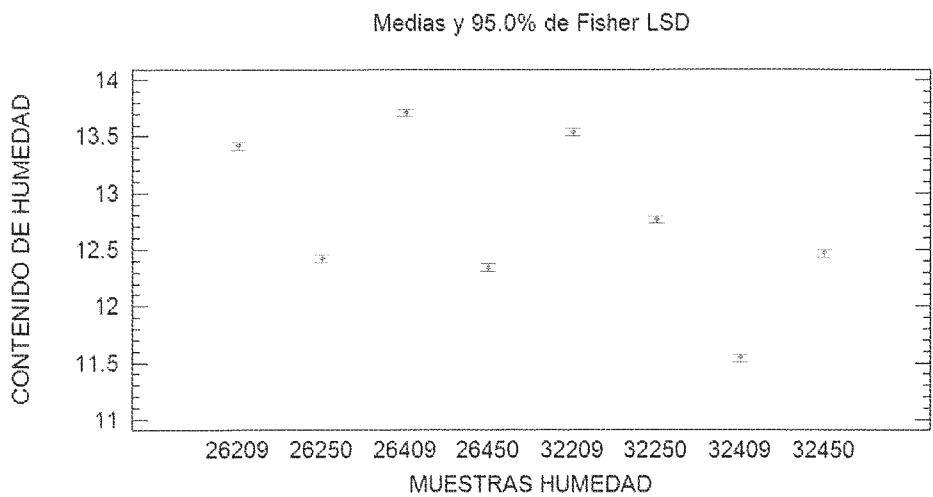
TABLA 40 TABLA COMPARACIÓN DUNCAN HUMEDAD

Método: 95.0 porcentaje Duncan

| <i>MUESTRA HUMEDAD</i> | <i>Casos</i> | <i>Media</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|------------------------|--------------|--------------|--------------------------|
| 32409                  | 3            | 11.5433      | X                        |
| 26450                  | 3            | 12.34        | X                        |
| 26250                  | 3            | 12.4233      | X                        |
| 32450                  | 3            | 12.4667      | X                        |
| 32250                  | 3            | 12.74        | X                        |
| 26209                  | 3            | 13.42        | X                        |
| 32209                  | 3            | 13.54        | X                        |
| 26409                  | 3            | 13.7067      | X                        |

Tabla 29 Comparación Duncan Humedad

Elaborado por ((Julio Cepeda y Fernando Zambrano)



**FIGURA 3. 247 MEDIAS Y 95.0% DE FISHER LSD, CONTENIDO VS MUESTRAS HUMEDAD**

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

- Según el análisis estadístico de la prueba de múltiples rangos podemos evidenciar que la muestra 26409 tiene mayor contenido de humedad, debido a la capacidad de retención de agua, esta propiedad funcional depende de los poros y capilares de la semilla lo cual permite las interacciones hidrofóbicas, puentes de hidrógeno, puentes disulfuro, ácidos bases y fuerzas Van der Waals. de la lipólisis (Pincirolí, 2015).



Pruebas de Múltiple Rangos para NIVEL PROTEICO por MUESTRAS

TABLA 41 TABLA ANOVA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE  
PROTEÍNAS

|               | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos  | 7.5532E6          | 7  | 1.07903E6      | 32.99   | 0.0000  |
| Intra grupos  | 523400.           | 16 | 32712.5        |         |         |
| Total (Corr.) | 8.0766E6          | 23 |                |         |         |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

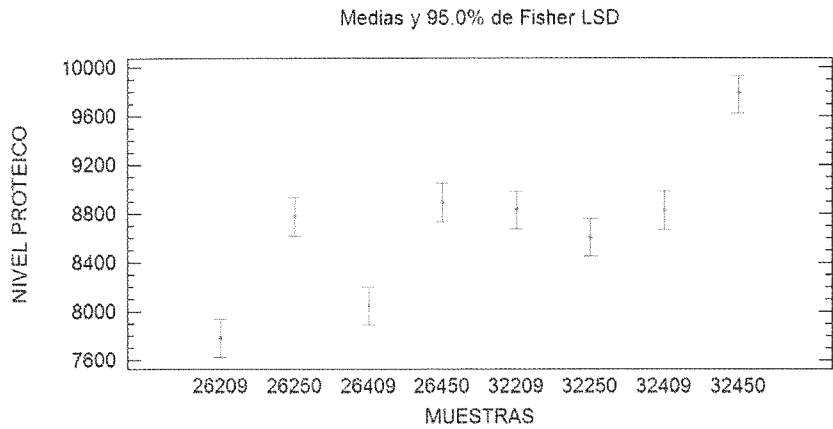


FIGURA 3. 25 MEDIAS Y 95.0% DE FISHER Y LSD, NIVEL PROTEICO

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

TABLA 42 TABLA COMPARACIÓN DUNCAN PROTEÍNAS

| MUESTRAS PROTEINA | Casos | Media   | Grupos Homogéneos |
|-------------------|-------|---------|-------------------|
| 26209             | 3     | 7783.33 | X                 |
| 26409             | 3     | 8046.67 | X                 |
| 32250             | 3     | 8603.33 | X                 |
| 26250             | 3     | 8776.67 | X                 |
| 32409             | 3     | 8823.33 | X                 |
| 32209             | 3     | 8830.0  | X                 |
| 26450             | 3     | 8893.33 | X                 |
| 32450             | 3     | 9780.0  | X                 |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

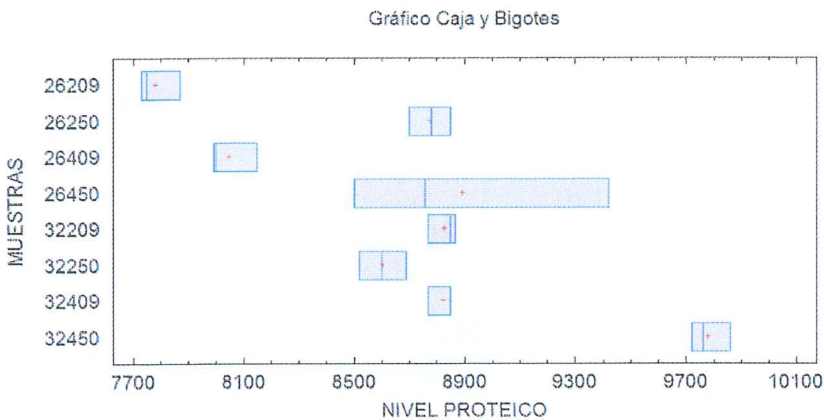


FIGURA 3. 29 GRÁFICO CAJA Y BIGOTES, MUESTRAS VS NIVEL PROTEICO

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

- Según el análisis estadístico de la prueba de múltiples rangos podemos evidenciar que la muestra 32450 tiene mayor contenido de proteína, debido a la hidrólisis de la matriz proteica de esta

semilla fomentada por la proteasas. Estas proteínas incrementan su actividad en el proceso de germinación en el cual podemos observar una tendencia exponencial en el caso de esta variedad al llegar al 4to día (Pincirolí, 2015).

•

3.3 Resultados de pruebas sensoriales

Una vez desarrollada la prueba sensorial a 30 panelistas comprendidos en un rango de 18 a 28 años en el laboratorio I+D en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción se obtuvieron los siguientes resultados:

TABLA 43 TABLA DE PUNTOS DE ESCALA HEDÓNICA

| Escala Hedónica            |    |
|----------------------------|----|
| Me disgusta extremadamente | -4 |
| Me disgusta muchísimo      | -3 |
| Me disgusta moderadamente  | -2 |
| Me disgusta levemente      | -1 |
| No me gusta ni me disgusta | 0  |
| Me gusta levemente         | 1  |
| Me gusta moderadamente     | 2  |
| Me gusta mucho             | 3  |
| Me gusta extremadamente    | 4  |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

TABLA 44 TABLA DE RESULTADOS PANELISTAS

| Panelista | 26450 | 32209 | 32450 | 32409 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 1         | 2     | 1     | 0     | 1     |
| 2         | 3     | -1    | 2     | 1     |
| 3         | 1     | 2     | 2     | 0     |
| 4         | 3     | 3     | 3     | -1    |
| 5         | 2     | 2     | 1     | 1     |
| 6         | 0     | -1    | 0     | 0     |
| 7         | 1     | -1    | 1     | 1     |
| 8         | 2     | 1     | 2     | 0     |
| 9         | 4     | 1     | 0     | 2     |
| 10        | 3     | 1     | 1     | -2    |
| 11        | 1     | -1    | 3     | 1     |
| 12        | 2     | 0     | 2     | 0     |
| 13        | 2     | 0     | 1     | 1     |
| 14        | 3     | 2     | 2     | 1     |
| 15        | 1     | 0     | 0     | 1     |
| 16        | 2     | 1     | 1     | -1    |
| 17        | 2     | 2     | 2     | 1     |
| 18        | 2     | 0     | 0     | 0     |
| 19        | 1     | 1     | 0     | -1    |
| 20        | 0     | 2     | 0     | 2     |
| 21        | 1     | -1    | 1     | 2     |
| 22        | 2     | -3    | 3     | 0     |
| 23        | 1     | 2     | 2     | -1    |
| 24        | 1     | 1     | 2     | 1     |
| 25        | 1     | 1     | 0     | 2     |
| 26        | 2     | 2     | 1     | 1     |
| 27        | 3     | 1     | 1     | 1     |
| 28        | 3     | 0     | 1     | 1     |
| 29        | 2     | 0     | 0     | 0     |
| 30        | 1     | 0     | 0     | -2    |
|           |       |       |       |       |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Los análisis se someten a un análisis de varianza, con los cuales construimos la tabla ANOVA para determinar la significancia de cada fuente de variación.

TABLA 45 TABLA ANOVA PARA LA DETERMINACIÓN DEL GRADO DE SIGNIFICANCIA DE CADA FUENTES DE VARIACIÓN

| TABLA        | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Varianza | Razón -F |
|--------------|--------------------|-------------------|----------|----------|
| Tratamientos | 3                  | 34,16             | 11,39    | 9,95     |
| Jueces       | 29                 | 36,25             | 1,25     | 1,09     |
| Residual     | 87                 | 99,59             | 1,14     |          |
| Total        | 119                | 170               |          |          |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Gracias al análisis de varianza podemos determinar que si hay suficiente evidencia estadística pera determinar que el efecto de las muestras es significativo. Nuestro valor F de tabla nos dio como resultado 1.34 el cual también nos indica que no existe diferencia significativa en los jueces.

Es necesario establecer cuál es la diferencia significativa mínima entre las muestras, para determinar cual muestra tiene mayor preferencia la cual la determinamos con la prueba de Tukey.

Error Estándar

$$E = (CM_{\text{error}} / \text{jueces})^{1/2}$$
$$E = 0.1953$$

- Procedemos a ordenar las medias de mayor a menor

TABLA 46 TABLA MEDIAS DE MAYOR A MENOR

| A     | C     | B     | D     |
|-------|-------|-------|-------|
| 26450 | 32450 | 32209 | 32409 |
| 1,8   | 1,13  | 0,60  | 0,43  |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Se consulta en la tabla de rangos estudentizados, ingresamos con el número de muestras en este caso son 4 y los grados de libertad del error en este caso 87, este valor obtenido en tabla se multiplica con el valor estándar para obtener la diferencia mínima significativa .

$Res=3.71$

$DMS = \text{error estándar} \cdot Res$

$DMS= 0.74$   
(Morales, 1994)



3.4 ANALISIS DE RESULTADOS DE PRUEBAS SENSORIALES

TABLA 47 TABLA DE ANÁLISIS DE RESULTADOS DE PRUEBAS SENSORIALES

| Muestras | Diferencia entre Medias |      | Resultado |   | Comparación |    |
|----------|-------------------------|------|-----------|---|-------------|----|
| A-D      | 1,8                     | 0,43 | 1,37      | > | 0,74        | Si |
| A-B      | 1,8                     | 0,6  | 1,2       | > | 0,74        | Si |
| A-C      | 1,8                     | 1,13 | 0,67      | < | 0,74        | No |
| C-D      | 1,13                    | 0,43 | 0,7       | < | 0,74        | No |
| C-B      | 1,13                    | 0,6  | 0,53      | < | 0,74        | No |
| B-D      | 0,6                     | 0,43 | 0,17      | < | 0,74        | No |

Elaborado por (Julio Cepeda y Fernando Zambrano)

Por lo tanto puede decirse que la muestra A tiene diferencias significativas con las medias de las muestras B y D y no existen diferencias significativas con la media de la muestra C.

El significado de esto es que la muestra A tiene mayor preferencia en comparación con el error estándar ( 0,74) debido a la diferencia de medias, mientras que las muestras C, B y D no tienen diferencia significativas es decir que la muestra A tuvo mayor preferencia.

Por lo tanto podemos concluir que la muestra 26450 tuvo mayor preferencia según el criterio de los panelistas.

## CAPITULO 4

### 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El efecto del tiempo y la temperatura influyen en los resultados de la composición proximal. El factor que tiene mayor influencia en el proceso de germinación es la temperatura según los resultados y afecta en mayor porcentaje en la variedad F50 debido posiblemente a su contenido de ácidos grasos la cual se ve aumentada en la germinación.

Las muestras obtenidas de la de germinación 2do y 4to día de la variedad FSL09 y 4 días F50, se mantuvieron constantes en las condiciones de tiempo y temperatura establecidas. Son las muestras que contiene mayor cantidad de fibra.

La germinación durante 4 días a 26°C de la variedad F50 influye considerablemente sobre contenido de Ácidos grasos y Glicerolos debido posiblemente a la cantidad ácido graso insaturado como el oleico propio de esta semilla. Mientras que la misma variedad germinada a 32°C presenta mayor cantidad de proteína, debido a que su matriz proteínica presenta un aumento en cuanto a su composición. La interacción hidrofílica desarrolla mayor contenido de prolaminas, glutelinas, globulinas y albuminas.

Se evidencio en el estudio realizado que en las semilla de arroz de ciclo corto FSL 09 su nivel desarrollo nutricional es menor que las de ciclo largo F50 en nuestro caso la semilla FSL-09 desarrollo menos que la F-50.

Existe suficiente evidencia estadística para determinar que las muestras de arroz germinado en los 4 Días a 32° C de la variedad F-50 son las que contienen mayor valor nutricional.

En base a los resultados sensorial podemos concluir que la muestra 26450 obtuvo mayor preferencia en el grado de satisfacción del consumidor según el criterio de los panelistas.

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

|                                                                                                    |                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE<br>SUBDEPARTAMENTO LABORATORIOS DEL AMBIENTE                   | SECCIÓN QUÍMICA DE ALIMENTOS                |
| <b>PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR<br/>FIBRA DIETÉTICA TOTAL</b><br>Método Enzimático - Gravimétrico | PRT-701.03-019<br>Rev N° 2<br>Página 1 de 4 |

### 1.0. OBJETIVO

Determinar fibra dietética total en diversos tipos de alimentos por método enzimático-gravimétrico.

### 2.0. CAMPO DE APLICACION

El método es aplicable a muestras de harinas, pan y cereales, recepcionadas en el Laboratorio de Aditivos del Subdepartamento de Laboratorios del Ambiente.

### 3.0. FUNDAMENTO

Muestras en duplicado de alimentos secos y desgrasados son gelatinizados con  $\alpha$  - amilasa térmicamente estable y luego digeridas enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para remover la proteína y el almidón. La fibra dietética soluble es precipitada por la adición de etanol, el residuo total se filtra, se lava, se seca y se pesa. En el residuo en duplicado se determina proteína, y en el otro cenizas.

Fibra dietética total = Peso del residuo - Peso ( proteína + cenizas).

### 4.0. REFERENCIAS

4.1.- Official Methods of Analysis. A.O.A.C. 15<sup>th</sup> Edition. U.S.A. (1990).

### 5.0. TERMINOLOGIA

5.1. N.A.

### 6.0. MATERIALES, INSUMOS Y EQUIPOS

#### 6.1. Materiales y Equipos

- 6.1.1. Balanza analítica, con sensibilidad de 0,1 mg.
- 6.1.2. Baños termostáticos: (a) a ebullición y (b) ajustable a 60 °C con agitación directa en el interior de cada matraz de digestión para dar un movimiento constante al matraz de digestión durante la hidrólisis enzimática.
- 6.1.3. Bomba de vacío.
- 6.1.4. Crisol con placa porosa, porosidad N° 2 o equivalente de 40 - 60  $\mu$ m.
- 6.1.5. Desecador con sílica gel o similar.
- 6.1.6. Estufa de vacío a 70 °C o alternativamente estufa de aire de acuerdo a lo indicado en la referencia.
- 6.1.7. Mufla a 525 °C.
- 6.1.8. Tamiz de 0,3 - 0,5 mm.
- 6.1.9. Vasos de precipitados altos de 400 a 600 mL.



## APÉNDICE B

|                                                                                                    |                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE<br>SUBDEPARTAMENTO LABORATORIOS DEL AMBIENTE                   | SECCIÓN QUÍMICA DE ALIMENTOS                |
| <b>PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR<br/>FIBRA DIETÉTICA TOTAL</b><br>Método Enzimático - Gravimétrico | PRT-701.03-009<br>Rev N°:2<br>Página 2 de 4 |

- 6.1.10. pHmetro.
- 6.1.11. Homogenizador.
- 6.1.12. Material usual de laboratorio.

### 6.2. Reactivos

- 6.2.1. Etanol al 95 %, p.a.
- 6.2.2. Etanol al 78 %. Mezclar un volumen de agua con cuatro volúmenes de etanol al 95 %.
- 6.2.3. Acetona p.a.
- 6.2.4. Tampón fosfato 0,08 M, pH 6,0:  
Disolver 1,4 g de fosfato dibásico de sodio anhidro ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) (o 1,753 g dihidratado) y 9,68 g de fosfato monobásico de sodio monohidratado ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) (o 10,94 g dihidratado) en alrededor de 700 ml de agua. Diluir a 1 L con agua. Chequear el pH con pHmetro.
- 6.2.5.  $\alpha$  - amilasa termoestable. Mantener refrigerada.
- 6.2.6. Proteasa. Mantener refrigerada.
- 6.2.7. Amiloglucosidasa. Mantener refrigerada.
- 6.2.8. Hidróxido de sodio 0,275 N. Disolver 11,00 g de NaOH en 700 ml de agua en un matraz volumétrico de 1 L. Diluir a volumen con agua.
- 6.2.9. Ácido clorhídrico 0,325 N Diluir una solución stock de HCl de título conocido, por ejemplo, 325 mL de HCl 1 N a 1 L con agua.
- 6.2.10. Celite C - 211, lavado con ácido.
- 6.2.11. Eter de petróleo.

### 7.0. DESARROLLO DEL PROCESO

#### 7.1. Determinación de la pureza de la enzima

Para asegurar la ausencia de actividad enzimática indeseable en las enzimas usadas en esta técnica, se deben ensayar las enzimas, cuando se cambia de lote, o a intervalos de 6 meses, para asegurar que la enzima no se ha degradado siguiendo el mismo procedimiento que para las muestras de acuerdo a la siguiente tabla.

| Muestra          | Actividad ensayada | Peso muestra (g) | % Recuperación |
|------------------|--------------------|------------------|----------------|
| Pectina cítrica  | pectinasa          | 0,1              | 95 - 100       |
| Goma de alerce   | hemicelulasa       | 0,1              | 95 - 100       |
| Almidón de trigo | amilasa            | 1,0              | 0 - 1          |
| Almidón de maíz  | amilasa            | 1,0              | 0 - 2          |
| Caseína          | proteasa           | 0,3              | 0 - 2          |
| $\beta$ glucano  | $\beta$ glucanasa  | 0,1              | 95 - 100.      |

## APÉNDICE C

(CHILE I. D., 2015)

|                                                                                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE<br>SUBDEPARTAMENTO LABORATORIOS DEL AMBIENTE                    | SECCIÓN QUÍMICA DE ALIMENTOS                 |
| <b>PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR<br/>FIBRA DIETÉTICA TOTAL<br/>Método Enzimático - Gravimétrico</b> | PRT-701.03-019<br>Rev N° :2<br>Página 3 de 4 |

### 7.2. Preparación de la muestra y extracción

- 7.2.1. Homogeneizar, secar y moler la muestra en un homogenizador.
- 7.2.2. Pasar por un tamiz de malla de 0,3 - 0,5 mm.
- 7.2.3. Extraer con éter de petróleo si el contenido de grasa es superior al 10 %, tres veces con porciones de 25 mL / g de muestra.
- 7.2.4. Anotar la pérdida de peso por la remoción de la grasa y considerarlo en el cálculo final.

### 7.3.- Determinación

- 7.3.1. Pesar en duplicado alrededor de 1 g de muestra en un vaso de precipitados de 400 mL.  
El peso de las muestras no debe diferir en más de 20 mg. Registrar m en el cuaderno foliado del Laboratorio de Aditivos y Contaminantes.
- 7.3.2. Agregar 50 mL de tampón fosfato pH 6,0 a cada vaso.
- 7.3.3. Controlar el pH y ajustar a pH  $6 \pm 0,2$  si fuese necesario.
- 7.3.4. Adicionar 0,1 mL de la solución de  $\alpha$  amilasa. Cubrir el matraz con papel aluminio, colocarlo en un baño de agua y hervir durante 15 minutos. Agitar a intervalos de 5 minutos. El contenido debe llegar a 95 - 100 °C.
- 7.3.5. Enfriar la solución a temperatura ambiente.
- 7.3.6. Ajustar pH a  $7,5 \pm 0,2$  con aproximadamente 10 mL NaOH 0,275 N.
- 7.3.7. Adicionar 5 mg de proteasa. Cubrir el matraz con papel aluminio e incubar 30 minutos a 60 °C con agitación continua.
- 7.3.8. Enfriar y añadir 10 mL de HCl 0,325 N.
- 7.3.9. Medir el pH y agregar gotas de ácido si fuese necesario. El pH final debe ser 4,0 - 4,6.
- 7.3.10. Añadir 0,3 mL amilogucosidasa, cubrir con papel aluminio e incubar 30 minutos a 60 °C con agitación continua.
- 7.3.11. Adicionar 280 mL de etanol al 95 % precalentado a 60 °C.
- 7.3.12. Dejar precipitar a temperatura ambiente por 60 minutos.
- 7.3.13. Pesar el crisol que contiene celite, humedecerlo y redistribuir el celite en el crisol usando etanol al 78 % y aplicar succión.
- 7.3.14. Mantener la succión y transferir cuantitativamente el precipitado al crisol.
- 7.3.15. Lavar el residuo sucesivamente con tres porciones de 20 mL de etanol al 78 %, dos porciones de 10 mL de etanol al 95 % y dos porciones de 10 mL de acetona. Se puede formar goma con algunas muestras, atrapando el líquido. Si así fuera, rompa la película de la superficie con espátula para mejorar el filtrado. El tiempo de filtración y lavado variará de 0,1 a 6 horas, con un promedio de 1 1/2 hora por muestra. Se pueden evitar tiempos largos de filtración, mediante una succión intermitente y cuidadosa.
- 7.3.16. Secar el crisol que contiene el residuo durante la noche en estufa de vacío a 70 °C o en estufa de aire a 105 °C.

## APÉNDICE D

|                                                                                                           |                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE<br>SUBDEPARTAMENTO LABORATORIOS DEL AMBIENTE                          | SECCIÓN QUÍMICA DE ALIMENTOS                 |
| <b>PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR<br/>FIBRA DIETÉTICA TOTAL</b><br><b>Método Enzimático - Gravimétrico</b> | PRT-701.03-019<br>Rev N° 02<br>Página 4 de 4 |

- 7.3.17. Enfriar en desecador y pesar. Restar el peso del crisol y del celite para determinar el peso del residuo. Registrar  $m_1$  en el cuaderno foliado del Laboratorio de Aditivos y Contaminantes.
- 7.3.18. Analizar proteínas usando  $N \times 6,25$  como factor de conversión en el residuo de una de las muestras de los duplicados. Registrar P en el cuaderno foliado del Laboratorio de Aditivos y Contaminantes.
- 7.3.19. Calcinar el residuo de la segunda muestra del duplicado durante 5 horas a  $525^\circ\text{C}$ .
- 7.3.20. Enfriar en desecador y pesar.
- 7.3.21. Restar el peso del crisol y del celite para determinar cenizas. Registrar C en el cuaderno foliado del Laboratorio de Aditivos y Contaminantes.
- 7.3.22. Efectuar la determinación del blanco en duplicado y en las mismas condiciones descritas en el procedimiento para el análisis de muestras.

### 7.4. Cálculo e informe de resultados

#### 7.4.1.- Determinación del blanco:

$$B = \text{blanco, mg} = \text{masa del residuo} - P_B - C_B$$

donde:

- Masa del residuo = promedio de masa del residuo (mg) para la determinación blanco.
- $P_B$  y  $C_B$  = masa (mg) de proteína y cenizas, respectivamente en los residuos de los blancos.

#### 7.4.2.- Cálculo de fibra dietética total:

$$\% \text{ FDT} = [ ( \text{masa del residuo} - P - C - B ) / \text{masa de la muestra} ) ] \times 100$$

donde :

- m = masa de la muestra = promedio de la masa de 2 muestras (mg).
- $m_1$  = masa del residuo = promedio de las masas de las muestras determinadas en duplicado (mg).
- P y C = masa (mg) de proteína y cenizas, respectivamente en los residuos de las muestras.
- B = blanco, indicado en 7.4.1.

Promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con dos decimales.

Repetibilidad: La diferencia de los resultados no deberá ser superior al 5 % del promedio.

Informar el % de fibra al 0,1 %, sobre la base de la muestra original considerando que ha sido desgrasada en el caso de contener más de 10 % de grasa.

# APÉNDICE E

(CHILE I. D., 2015)

## APENDICE IV

### TABLAS DE DISTRIBUCION F

$n_1$  = grados de libertad para el numerador  
 $n_2$  = grados de libertad para el denominador (  $F_{\alpha, n_1, n_2}$  )

Tabla 1. Valores de F para un nivel de significancia del 5%

| $n_1 \backslash n_2$ | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 8     | 12    | 24   | $\infty$ |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|----------|
| 1                    | 161,4 | 199,5 | 215,7 | 224,6 | 230,2 | 234   | 238,9 | 243,9 | 249  | 255      |
| 2                    | 18,51 | 19,00 | 19,16 | 19,25 | 19,30 | 19,33 | 19,37 | 19,41 | 19,5 | 19,5     |
| 3                    | 10,13 | 9,55  | 9,28  | 9,12  | 9,01  | 8,94  | 8,84  | 8,74  | 8,64 | 8,53     |
| 4                    | 7,71  | 6,94  | 6,59  | 6,39  | 6,26  | 6,16  | 6,04  | 5,91  | 5,77 | 5,63     |
| 5                    | 6,61  | 5,79  | 5,41  | 5,19  | 5,05  | 4,95  | 4,82  | 4,68  | 4,53 | 4,36     |
| 6                    | 5,99  | 5,14  | 4,76  | 4,53  | 4,39  | 4,28  | 4,15  | 4,00  | 3,84 | 3,67     |
| 7                    | 5,59  | 4,74  | 4,35  | 4,12  | 3,97  | 3,87  | 3,73  | 3,57  | 3,41 | 3,23     |
| 8                    | 5,32  | 4,46  | 4,07  | 3,84  | 3,69  | 3,58  | 3,44  | 3,28  | 3,12 | 2,93     |
| 9                    | 5,12  | 4,26  | 3,86  | 3,63  | 3,48  | 3,37  | 3,23  | 3,07  | 2,90 | 2,71     |
| 10                   | 4,96  | 4,10  | 3,71  | 3,48  | 3,33  | 3,22  | 3,07  | 2,91  | 2,74 | 2,54     |
| 11                   | 4,84  | 3,98  | 3,59  | 3,36  | 3,20  | 3,09  | 2,95  | 2,79  | 2,61 | 2,40     |
| 12                   | 4,75  | 3,88  | 3,49  | 3,26  | 3,11  | 3,00  | 2,85  | 2,69  | 2,50 | 2,30     |
| 13                   | 4,67  | 3,80  | 3,41  | 3,18  | 3,02  | 2,92  | 2,77  | 2,60  | 2,42 | 2,21     |
| 14                   | 4,60  | 3,74  | 3,34  | 3,11  | 2,96  | 2,85  | 2,70  | 2,53  | 2,35 | 2,13     |
| 15                   | 4,54  | 3,68  | 3,29  | 3,06  | 2,90  | 2,79  | 2,64  | 2,48  | 2,29 | 2,07     |
| 16                   | 4,49  | 3,63  | 3,24  | 3,01  | 2,85  | 2,74  | 2,59  | 2,42  | 2,24 | 2,01     |
| 17                   | 4,45  | 3,59  | 3,20  | 2,96  | 2,81  | 2,70  | 2,55  | 2,38  | 2,19 | 1,96     |
| 18                   | 4,41  | 3,55  | 3,16  | 2,93  | 2,77  | 2,66  | 2,51  | 2,34  | 2,15 | 1,92     |
| 19                   | 4,38  | 3,52  | 3,13  | 2,90  | 2,74  | 2,63  | 2,48  | 2,31  | 2,11 | 1,88     |
| 20                   | 4,35  | 3,49  | 3,10  | 2,87  | 2,71  | 2,60  | 2,45  | 2,28  | 2,08 | 1,84     |

(continúa)

Tabla 1. (continuación).

| $n_1$<br>$n_2$ | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 8    | 12   | 24   | $\infty$ |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| 21             | 4,32 | 3,47 | 3,07 | 2,84 | 2,68 | 2,57 | 2,42 | 2,25 | 2,05 | 1,81     |
| 22             | 4,30 | 3,44 | 3,05 | 2,82 | 2,66 | 2,55 | 2,40 | 2,23 | 2,03 | 1,78     |
| 23             | 4,28 | 3,42 | 3,03 | 2,80 | 2,64 | 2,53 | 2,38 | 2,20 | 2,00 | 1,76     |
| 24             | 4,26 | 3,40 | 3,01 | 2,78 | 2,62 | 2,51 | 2,36 | 2,18 | 1,98 | 1,73     |
| 25             | 4,24 | 3,38 | 2,99 | 2,76 | 2,60 | 2,49 | 2,34 | 2,16 | 1,96 | 1,71     |
| 26             | 4,22 | 3,37 | 2,98 | 2,74 | 2,59 | 2,47 | 2,32 | 2,15 | 1,95 | 1,69     |
| 27             | 4,21 | 3,35 | 2,96 | 2,73 | 2,57 | 2,46 | 2,30 | 2,13 | 1,93 | 1,67     |
| 28             | 4,20 | 3,34 | 2,95 | 2,71 | 2,56 | 2,44 | 2,29 | 2,12 | 1,91 | 1,65     |
| 29             | 4,18 | 3,33 | 2,93 | 2,70 | 2,54 | 2,43 | 2,28 | 2,10 | 1,90 | 1,64     |
| 30             | 4,17 | 3,32 | 2,92 | 2,69 | 2,53 | 2,42 | 2,27 | 2,09 | 1,89 | 1,62     |
| 40             | 4,08 | 3,23 | 2,84 | 2,61 | 2,45 | 2,34 | 2,18 | 2,00 | 1,79 | 1,51     |
| 60             | 4,00 | 3,15 | 2,76 | 2,52 | 2,37 | 2,25 | 2,10 | 1,92 | 1,70 | 1,39     |
| 120            | 3,92 | 3,07 | 2,68 | 2,45 | 2,29 | 2,17 | 2,02 | 1,83 | 1,61 | 1,25     |
| $\infty$       | 3,84 | 2,99 | 2,60 | 2,37 | 2,21 | 2,09 | 1,94 | 1,75 | 1,52 | 1,00     |

(Morales, 1994)



## BIBLIOGRAFÍA

1. Arregoces, I.O. (2005). Centro Internacional de Agricultura Tropical [En línea]: Disponible en: <http://ciat.cgiar.org/riceweb/esp/inicio.htm> [2012, Abril]
2. Austin, J. (1981). *Analisis de Proyectos Agroindustriales*. Madrid : Tecnos.
3. Catedra, F.V. (2005), Facultad de Ciencias Agropecuarias. Argentina: Universidad de Entre Ríos. [En línea] Disponible en: [http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/WEBFV\\_2010/mat\\_did/Ut\\_11GLSY.pdf](http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/WEBFV_2010/mat_did/Ut_11GLSY.pdf) [2012, Junio]
4. Celi, I.R. (2010). Plan Nacional de arroz. Ecuador. INIAP. [En línea] Disponible en: [http://www.iniap.gob.ec/~iniapgob/sitio/index.php?option=com\\_content&view=article&id=16:arroz&catid=6:programas#dos](http://www.iniap.gob.ec/~iniapgob/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=16:arroz&catid=6:programas#dos) [2013, Junio]
5. Gonzalez, J.F. (1999) *Enciclopedia Practica de la Agricultura y la Ganaderia*. Barcelona: Oceano Grupo Editorial S.A.
6. Horticultura, D.d. (2005) Peru: Universidad Agraria; Facultad de Agronomia: LA MOLINA. [En línea] Disponible en: [http://www.lamolina.edu.pe/agronomia/dhorticultura/html/propagacion/reprodsexual/elen\\_a.doc](http://www.lamolina.edu.pe/agronomia/dhorticultura/html/propagacion/reprodsexual/elen_a.doc) [2012, Marzo]

7. Molins, J.D. (2008). Conasi. [En línea] Disponible en: <http://biovector.com/wp-content/uploads/2013/02/germinados.pdf> [2012, Marzo]
8. PRONACA (2010) F-50 La semilla.
9. PRONACA. (2010) SFLI-09 La semilla
10. Ruiz, W.B. (2005) Ámbito Económico, La producción arroceras en el Ecuador. Ecuador.
11. García, F(2006). Introducción al funcionamiento de las plantas. [En línea] Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=YIF\\_52WRHywC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=YIF_52WRHywC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false) [2015, Enero ]
12. Andres, J.P. (2015) Optimizan germinacion del arroz integral de Ecuador. Ecuador: Agencia Iberoamericana para la difucion de la ciencia y la tecnologia. [En línea] Disponible en: <http://www.dicyt.com/noticias/optimizan-la-germinacion-del-arroz-integral-de-ecuador> [2015, Enero ]
13. Diaz, M.C.(2015) Obtenido de las cenizas en los alimentos. [En línea] Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/93592054/Cenizas-en-Alimentos-1> [2015, Enero ]
- 14. Doria, J. (2015). Cultivos tropicales. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. [En línea] Disponible en:



[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362010000100011&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362010000100011&script=sci_arttext) [2015, Febrero ]

15. Bioquímica de granos y cereales. (2015). [En línea] Disponible en:

[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento\\_completo\\_.pdf?sequence=3](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento_completo_.pdf?sequence=3) [2015, Febrero ]

16. Pincioli, M (2015). Proteínas de arroz, propiedades estructurales y funcionales. Sedici unlp. [En línea] Disponible en:

[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento\\_completo\\_.pdf?sequence=3](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento_completo_.pdf?sequence=3) [2015, Febrero ]