

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

“Influencia del Grado de Madurez del Arroz INIAP12 en el
Rendimiento de su Pilado y la Calidad del Producto Cocido”

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO DE ALIMENTOS

Presentada por:

Cristhian Lenin Abad Pilligua

GUAYAQUIL – ECUADOR

2010

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fortaleza y sabiduría de culminar exitosamente todas las metas que me he propuesto alcanzar.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS AMIGOS

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade S.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Priscila Castillo S.
DIRECTORA DE TESIS

Ing. Fabiola Cornejo Z.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Cristhian Abad Pilligua

RESUMEN

Ecuador en los últimos diez años ha tenido un crecimiento en la producción de arroz donde la región que aporta más es la Costa, la cual posee dos de las principales provincias de mayor producción las cuales son Guayas en primer lugar y Los Ríos en el segundo.

Asimismo, el agricultor ha afrontado serios problemas en la recolección de arroz en la estación invernal, ya que en algunos casos afecta a muchos cultivos en su etapa final de cosecha, provocando pérdidas económicas a los productores que no pueden recoger a tiempo su producto debido a las inundaciones en sus cultivos y al desbordamiento de ríos.

Por tanto, conociendo la problemática que enfrenta el agricultor, esta tesis se propuso como objetivo ayudar en cierta manera en el aspecto social y económico a los agricultores a tomar como decisión un “plan b” para recolectar su producto a una etapa de cosecha temprana y prevenir futuras pérdidas en su producción.

Para la realización del presente proyecto se tomó en primera instancia datos de temperatura y humedad relativa del aire en tendales de una piladora ubicada en la zona Daule, con el propósito de tener como referencia las condiciones climáticas a la que fue sometida las muestras de arroz en el secado.

En el campo o sitio de cultivo se muestreó arroz en diferentes tiempos de cosecha y por consiguiente a diferentes grados de madurez, muestras que fueron llevadas a un tendal para ser secadas de manera natural y proceder a su posterior pilado y cuantificación de rendimientos.

Se tomaron muestras de arroz pilado para cada grado de madurez con el propósito de cuantificar el diámetro de granos de arroz por medio de un tamizado.

Además se utilizó un colorímetro Z 200 para cuantificar el grado de madurez que poseían las muestras de arroz.

Las muestras de arroz fueron almacenadas durante dos meses con el objetivo de evaluar de mejor manera la calidad del arroz en la cocción por medio de métodos de incremento en peso y en volúmen.

Finalmente se hizo comparaciones de las tres muestras de arroz en rendimientos en pilado y también en cocción, por medio de un método estadístico para ver si existieron diferencias significativas en cada muestra.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	2
1.1 Arroz.....	2
1.2 Cultivo y Zonas de Producción.....	6
1.3 Estadísticas de Producción.....	14
1.4 Variedades.....	15
1.4.1 Clasificación General de Arroz de acuerdo a su Longitud y Variedad.....	16

1.4.2	Variedad INIAP12-BOLICHE.....	18
1.5	Pilado de Arroz.....	19
1.5.1	Diagrama de Flujo en el Proceso de Pilado.....	19
1.5.2	Clasificación General de Arroz Pilado.....	23
1.6	Métodos Artesanales de Secado del Arroz.....	26
1.6.1	Secado en Secador.....	26
1.6.2	Secado Solar en Tendales.....	27
1.7	Almacenamiento de Arroz.....	30

CAPÍTULO 2

2.	DISEÑO DE LA EXPERIMENTACIÓN.....	33
2.1	Diseño Experimental.....	34
2.2	Caracterización Geográfica y Propiedades del Aire en Tendales De la Zona Daule.....	38
2.2.1	Monitoreo de Temperatura y Humedad del Ambiente.....	38
2.3	Muestreo y Preparación de Muestras.....	40
2.3.1	Caracterización de los Estados de Madurez....	42
2.4	Metodología.....	42

2.4.1	Análisis Físico-Químico.....	42
2.5	Relación De % Humedad Vs. Pérdida de Peso.....	50
2.6	Pilado.....	51
2.6.1	Cálculo de Rendimiento.....	51
2.6.2	Granulometría.....	52
2.7	Cocción.....	56
2.7.1	Cálculo de Rendimiento.....	58
2.7.2	Métodos para la Evaluación de la Calidad de Arroz Cocido.....	60

CAPÍTULO 3

3.	Análisis de Resultados.....	61
3.1.	Relación de % Humedad Vs. Pérdida de Peso en Secado en Tendal en los Diferentes Estados de Madurez.....	63
3.2.	Análisis del Efecto de los diferentes Estados de Madurez del Arroz en el Pilado.....	71
3.3.	Análisis del Efecto de los diferentes Estados de Madurez del Arroz en la Cocción.....	79
3.3.1.	Incremento en Peso.....	79
3.3.2.	Incremento en Volumen.....	82

CAPITULO 4

4. Conclusiones y Recomendaciones.....85

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

cm	Centímetro
cm ³	Centímetro cúbico
gr	Gramo
G1	Grado de madurez Uno
G2	Grado de madurez Dos
G3	Grado de madurez Tres
M1	Muestra Uno
M2	Muestra Dos
M3	Muestra Tres
pulg.	Pulgada
qq	Quintal
SDB	Suma de cuadrados entre grupos
SDW	Suma de cuadrados dentro de grupos
INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias

SIMBOLOGÍA

$T^{\circ}\text{C}$	Temperatura en grado Celsius
%	Porcentaje
%HR	Porcentaje de Humedad Relativa
$D_{P_{\text{sup}}}$	Diámetro promedio de malla superior
mi	Masa retenida
Σmi	Sumatoria de masa retenida
X_i	Fracción de finos que pasaron la malla x
Y_i	Fracción de gruesos que se quedaron en la malla y
$\overline{D_p}$	Diámetro promedio de partículas
D_p	Diámetro promedio de todo el material
D_{pi}	Diámetro medio de malla

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Valor Nutricional del Arroz Pilado.....	4
Figura 1.2	Siembra por Trasplante.....	7
Figura 1.3	Siembra al Voleo.....	8
Figura 1.4	Ciclo de crecimiento del arroz.....	11
Figura 1.5	Volteo del Arroz.....	28
Figura 1.6	Secado en Tendal.....	29
Figura 1.7	Equipos y Materiales utilizados en Secado en Tendal.....	29
Figura 2.1	Higrómetro.....	39
Figura 2.2	Desgrane del Arroz mediante el Chicoteo.....	41
Figura 2.3	Corte de Arroz mediante Uso de Hoz.....	41
Figura 2.4	Medidor Portátil de Humedad.....	43
Figura 2.5	Grado de Madurez Uno.....	45
Figura 2.6	Grado de Madurez Dos.....	46
Figura 2.7	Grado de Madurez Tres.....	46
Figura 2.8	Espacio de color CIE l,a,b	49
Figura 2.9	Uso de tamices en prueba granulométrica.....	53
Figura 2.10	Materiales y Equipos utilizados en la Cocción.....	57
Figura 3.1	Relación % Humedad vs. Pérdida de Peso en Muestras con Grado de Madurez Uno.....	63
Figura 3.2	Pérdida de Peso Durante el Tiempo de Muestras de G1.....	65
Figura 3.3	Relación % Humedad vs. Pérdida de Peso en Muestras con Grado de Madurez Dos.....	66

Figura 3.4	Pérdida de Peso Durante el Tiempo de Muestras de G2.....	67
Figura 3.5	Relación % Humedad vs. Pérdida de Peso en Muestras con Grado de Madurez Tres.....	69
Figura 3.6	Pérdida de Peso Durante el Tiempo de Muestras de G3....	70
Figura 3.7	Comparación de Rendimientos de arroz entero en Pilado...	72
Figura 3.8	Comparación de rendimientos de arroz quebrado en pilado.....	74
Figura 3.9	Incremento en Peso.....	80
Figura3.10	Incremento en Volúmen.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Porcentajes de Producción de Arroz en Cáscara	14
Tabla 1.2	Composición Nutritiva del Arroz (por cada 100 grs. de porción comestible, en crudo).....	25
Tabla 2.1	Caracterización de Arroz INIAP12.....	42
Tabla 2.2	Colorimetría en 3 estados de madurez.....	48
Tabla 3.1	Diámetro Promedio de granos de Arroz en cada Grado de Madurez.....	62
Tabla 3.2	Rendimiento de Arroz entero en Pilado en tres estados de Madurez.....	71
Tabla 3.3	Rendimiento de Arroz quebrado en Pilado en tres estados de Madurez.....	74
Tabla 3.4	Varianza en Arroz Pilado para cada Grado de Madurez.....	78
Tabla 3.5	Análisis de Varianza de un solo Factor en Arroz Pilado.....	78
Tabla 3.6	Incremento en Peso.....	79
Tabla 3.7	Varianza en Incremento en Peso para cada Grado de Madurez.....	81
Tabla 3.8	Análisis de Varianza de un solo Factor en Incremento en Peso.....	81
Tabla 3.9	Incremento en Volumen.....	82

Tabla 3.10	Varianza en Incremento en Volúmen para cada Grado de Madurez.....	83
Tabla 3.11	Análisis de Varianza de un solo Factor en Incremento en Volumen.....	84

INTRODUCCIÓN

En nuestro país, el Instituto Nacional de Investigaciones Autónomas (INIAP) trabaja constantemente en el mejoramiento genético de semillas de arroz para cumplir las exigencias tanto del agricultor como para el consumidor , es decir, mayor rentabilidad en cosechas para el agricultor y exigencias para el consumidor en la calidad de arroz en el pilado.

Actualmente existen diferentes variedades que el INIAP ha desarrollado variedades como por ejemplo. INAP11, INIAP14, INIAP415, INAP12, INIAP15 y la más reciente que es la INIAP17.

Para la realización del presente proyecto de investigación se enfocará en la utilización de la variedad INIAP12.

Como cualquier producto que se coseche en etapa óptima de maduración, el arroz también tiene sus debilidades durante la recolección en la estación de invierno, ya que en ciertos casos las fuertes lluvias provocan inundaciones en donde los agricultores se ven afectados por las pérdidas de sus sembríos.

Conociendo la problemática que enfrenta el agricultor, esta tesis propone realizar un estudio en cosechar arroz un poco antes de la óptima y encontrar diferencias significativas en pilado y calidad de arroz cocido en los diferentes grados de madurez.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1 Arroz

El arroz cuyo nombre científico es *Oryza Sativa* es considerado originario de Asia Meridional, donde China es el lugar de mayor consumo y productor mundial, el arroz es para los habitantes de China, La India y sus alrededores su alimento básico de subsistencia. La introducción de este alimento a los países del Occidente se la atribuyen a Alejandro Magno según los historiadores (1).

Independiente de su origen el arroz es uno de los cereales que no puede faltar en el plato de comida de los ecuatorianos por ser uno de los alimentos deliciosos y por presentar en su composición nutricional componentes como carbohidratos que producen energía que necesitamos para realizar nuestras actividades diarias. El arroz aunque es rico en ácido glutámico y ácido aspártico posee poca lisina, un aminoácido esencial necesario para una buena nutrición, por eso es necesario que se combine con otro alimento para suplir la deficiencia de este componente químico.

En el siguiente cuadro se observa que este cereal es fuente importante de vitaminas como riboflavina, tiamina y Niacina las cuales son necesarias para combatir enfermedades como el beriberi y pelagras.

La cantidad de vitaminas y minerales presentes en la gramínea va depender de la clase de arroz pilado que se vaya a obtener, ya sea arroz integral o arroz blanco.

FIGURA 1.1. VALOR NUTRICIONAL DEL ARROZ PILADO



FUENTE: La Revista, Guayaquil, Pág.31, Mayo 10 del 2009

Por las bondades que ofrece esta gramínea su cultivo ha crecido hasta un punto que es el cereal más producido en el mundo según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

En nuestro país el cultivo del arroz genera alrededor de 124.000 empleos directos según el censo agropecuario del año 2000 (2). La producción arrocería en el Ecuador ha tenido un inusitado crecimiento en los últimos años, convirtiéndose en uno de los rubros más destacados de la industria agropecuaria, y es así que por la alta producción de la gramínea se ha producido un exceso de la misma y se ha recurrido a la exportación de toneladas de arroz a países vecinos.

Debido al excedente de la gramínea que se produce, nuestro país se da el lujo de proceder a la exportación y uno de nuestros aliados para la compra es nuestro vecino país del norte Colombia.

Tradicionalmente el proceso de compra se realiza a través de empresas que compran el arroz ecuatoriano ya sea en cáscara o pilado para procesar y luego vender en Colombia, en este sentido los pequeños y grandes agricultores aprovechan esta oportunidad para vender su producto a un precio razonable que le signifique generar ganancias. (3)

La inversión que se requiere para producir este apreciado alimento es muy alto debido a los altos costos de cosecha ya que para su cultivo se necesita de fertilizantes, abonos y demás, los cuales en ciertos casos son importados y sus precios son muy caros.

Lo anteriormente dicho es una parte de lo que se necesita para producir el arroz, puesto que el proceso de producir empieza con la preparación de la tierra aplicando técnicas de cultivo como el arado,

row-plo, fanguero , mano de obra y demás , los cuales son gastos adicionales que influyen al final en el precio del arroz .

1.2 Cultivo y Zonas de Producción

El cultivo empieza con la preparación del terreno en cuyo primer paso es la nivelación (en caso de que sea necesario) con tractores provistos de pala para arrastrar tierra de sectores muy altos a sectores bajos, culminado este paso el suelo es arado y rastrado mediante el uso de tractores muy pesados , luego se procede a ingresar agua al terreno mediante el uso de bombas de riego para empezar el fanguero con maquinarias o monocultores, cuyo trabajo es formar una masa compacta y suave que permita la siembra de la gramínea ya sea por trasplante o al voleo con semilla pregerminada.

Para el caso de la siembra por trasplante (véase figura 1.2) se requiere primero hacer un semillero, lugar donde se van a arrancar las plantitas para su posterior siembra, el cual debe estar previamente fanguero para poder depositar allí las semillas pregerminadas de manera directa , la densidad que debe tener el

semillero es de 100 a 150 g/m² y, cuando el semillero tenga de 18 a 25 días se procede a arrancar las plantitas de manera cuidadosa para proceder a la siembra, la cual debe hacerse de 25X25 cm y mediante hileras, dejando 2 a 3 plantitas por sitio.

Con respecto al riego para este tipo de siembra se lo hará después de ocho días de haberse sembrado y de ahí en adelante estará con un nivel de agua de manera permanente hasta diez a quince días antes de la cosecha, en la cual se drena el agua. (4).

FIGURA 1.2 SIEMBRA POR TRASPLANTE



Fuente: Cristhian Abad P, Foto tomada de Zona Daule, 2009

Siembra al voleo (véase figura 1.3) significa que se usa semillas pregerminadas o secas las cuales se siembran directamente en el suelo fangueado, previamente drenado el agua para que las semillas no se pudran.

El primer riego para este tipo de siembra se lo hace cuando las plantas de arroz tengan aproximadamente 2 a 2.5 cm de altura, el nivel del agua no debe rebasar más de la mitad de la planta, el riego debe ser permanente y solo se procede a drenar el agua cuando se vaya aplicar insecticidas, herbicidas u otro químicos, o quince días antes de la cosecha. (4)

FIGURA 1.3 SIEMBRA AL VOLEO



Fuente: Cristhian Abad P, Foto tomada de Zona Daule, 2009

Tanto para la siembra al voleo o por transplante se requiere que el terreno esté semi- inundado desde la etapa de crecimiento hasta dos semanas antes de la cosecha por lo que los sistemas riego y las técnicas agrícolas que se empleen deben ser adecuados.

Culminado los pasos de preparación de terreno y siembra, los siguientes pasos serán la nutrición de las plantas mediante la adición de abonos orgánicos y el uso de fertilizantes; también se incurre al uso de bioestimulantes u hormonas de crecimiento para acelerar el ciclo vegetativo de plantas de arroz.

El control de malezas se las realiza ya sea manual o mediante el uso de herbicidas.

Para el control de plagas se utilizan los insecticidas o plaguicidas para cada tipo de plagas o insectos.

En el ciclo de la planta de arroz se distinguen tres etapas importantes: vegetativa, reproductiva y maduración.

En la etapa vegetativa es donde se produce el crecimiento de nuevas hojas así como también la aparición de los macollos o hijos de la planta principal de arroz de la que fue sembrada.

La etapa reproductiva se distingue por la formación de espiguillas y la floración.

En la etapa de maduración se considera el llenado del grano y la maduración propia del grano.

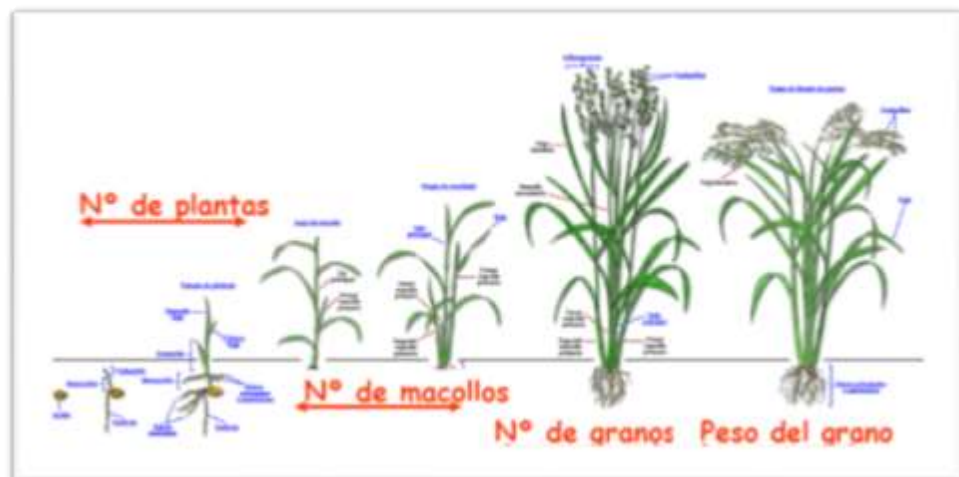
El llenado del grano puede durar entre 7 y 10 días dependiendo de la variedad, durante el llenado el endosperma presenta apariencia lechosa y ya empiezan a aparecer los gránulos de almidón.

Después del llenado de grano el grano empieza a endurecer y la consistencia empieza a ser pastosa, el endurecimiento dura alrededor de 10 días.

Después de la etapa de endurecimiento, el grano se deja madurar alrededor de 10 días más según la variedad, en el cual los granos están completamente duros y no se nota que tenga consistencia pastosa (5).

En la figura 1.4 se puede observar de mejor manera el ciclo de crecimiento de la planta de arroz.

FIGURA 1.4 CICLO DE CRECIMIENTO DE LA PLANTA DE ARROZ



Fuente:(6)

Cuando las plantaciones de arroz están listas para ser cosechadas, la recolección se la realizará usando máquinas cosechadoras de arroz o manualmente cortando con el uso de hoces para luego proceder al chicoteo o trillado.

Se debe de tener en cuenta que cuando se cosecha un arroz el cual no está completamente maduro, en el pilado se reduce su rendimiento puesto que se obtiene un alto porcentaje de grano partidos y yesados, caso similar ocurre también si se deja sobre madurar donde el rendimiento disminuye en el campo por el desgrane y en la pilada por la obtención de granos partidos.

El arroz cosechado se lo enviará directamente a la piladora por medio de volquetes o mediante el uso de camiones que llevan el arroz en bruto, o sea, arroz sin pesar, las cuales las sacas son estimadas como 240 libras de arroz en cascara o en sacos debidamente pesados los cuales pesan 205 libras, y el arroz ya en las piladoras es secado para su posterior pilado.

En nuestro país el cultivo del arroz se realiza tanto en el invierno como en el verano dependiendo exclusivamente de agua de riego, considerando que la cosecha de invierno se extiende en los meses de mayo-junio y la cosecha de verano se extiende en los meses de septiembre-diciembre, éstos tiempos de cosecha no siempre son en fechas establecidas y fijas ya que hay agricultores que en época de invierno por ejemplo cosechan sus productos en los meses de marzo- abril o mayo-junio y en época de verano la cosecha puede extenderse hasta Enero-Febrero.

Las formas de cultivo de arroz son lo mismo para cada variedad ya sea esta INIAP11, INIAP12 u otras variedades.

Con respecto a las zonas de producción nuestro país posee provincias que se han destacado por ser productoras de arroz a nivel nacional como es la provincia del Guayas y Los Ríos, esto se debe a la ubicación geográfica en donde se encuentran y por poseer suelos aptos para este tipo de cultivo.

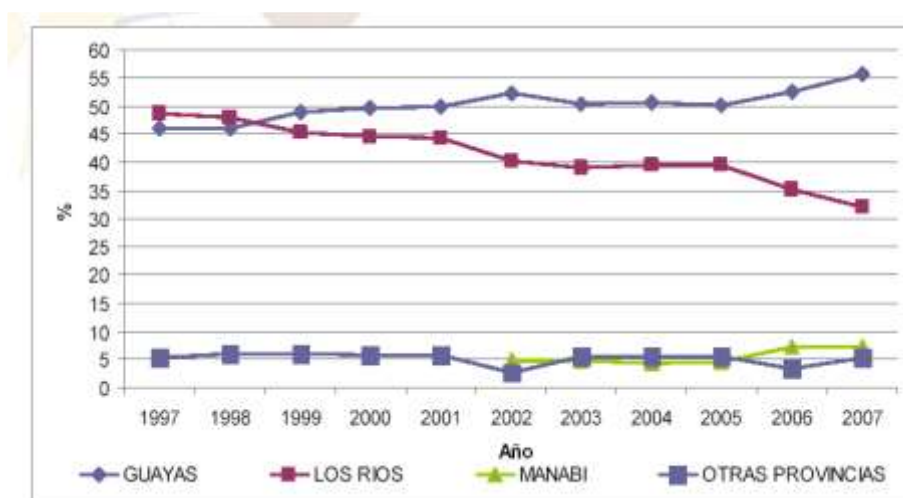
Además se cultiva el arroz en casi todas las provincias del Ecuador por su amplio rango de adaptación con excepción de las provincias de Galápagos y del Tungurahua, ya que en estos lugares los suelos no son propicios para cultivo del arroz ya sea por no permitir el ingreso de plantas que se consideren perjudicial al medio o por no poseer un clima adecuado.

Del total de superficie destinada al cultivo de arroz en nuestro país el 96% se halla en la costa, siendo la provincia del Guayas la que posee el 54% la totalidad de superficie, seguida por la provincia de Los Ríos, con un 34% del total del hectareaje designado al cultivo de arroz. (7).

1.3 Estadísticas de Producción

A continuación se presenta el siguiente cuadro donde se detalla la producción de arroz en nuestro país en porcentajes a partir del año 1997 hasta el 2007.

TABLA 1.1.- Porcentaje de Producción de Arroz en Cáscara



FUENTE: (8)

Como se ve en el cuadro la producción de arroz ha ido incrementando en gran medida especialmente en la provincia del Guayas con respecto a otras provincias que también cultivan esta gramínea.

Datos adicionales a la producción nacional de arroz , ésta en el 2007 fue de 1'371,189 Tm en donde Guayas y Los Ríos cubrieron f aproximadamente un 88% de esta producción y con respecto a la producción de arroz pilado El MAGAP detalla que en el 2008 fue de 14'155.428,58 quintales(8).

1.4 Variedades

Como se dijo anteriormente el organismo regulador de semillas y el encargado de las investigaciones sobre el arroz en nuestro país es el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), el cual ha desarrollado un importante trabajo de investigación en la obtención de variedades de arroz que actualmente son utilizadas por los agricultores. En la provincia del Guayas y Los Ríos donde se siembra y se produce la mayor cantidad de arroz existen diferentes variedades existentes que van desde el corriente hasta el Premium.

Algunas de estas variedades tenemos: INIAP 11, INIAP12, INIAP 415, INIAP 16, INIAP 7, INIAP 15 y la más reciente que es INIAP17.

También existen variedades criollos como el 1001, y otras variedades ingresadas sin registro de los países vecinos, como por ejemplo: caña brava, conejo, F-50, Carvajal, etc.

1.4.1 Clasificación General de Arroz de acuerdo a su Longitud y Variedad

Así como encontramos una amplia variedad de arroz, también existe en este caso una clasificación de arroz de acuerdo a su tamaño en longitud para cada una de las variedades existentes.

De manera general existen variedades que se clasifican por la forma y tamaño del grano: largo, mediano y corto o redondo.

En el manual de cultivo de arroz para el Ecuador se añade una clasificación más en donde se menciona también variedades de arroz con longitud extralargo.

Las variedades de arroz con longitud extralargo son aquellas que presentan una longitud mayor que 7,5mm, en este caso tenemos variedades conocidas como INIAP12, INIAP15 y la nueva INIAP17.

En segundo lugar, las variedades de arroz cuya longitud es largo son aquellas las cuales presentan una longitud entre

6,6mm y 7,5mm, en este caso tenemos variedades como INIAP415, INIAP11 e INIAP14.

En tercer lugar las variedades de arroz cuya longitud es conocida como mediano son aquellas que presentan longitud entre 5,2mm y 6mm.

Y finalmente existen variedades de arroz con longitud corto o redondo las cuales presentan una longitud menor de 5,2 mm.

Las variedades de arroz de acuerdo al tipo de longitud de grano al que pertenece, poseen características químicas que las hacen diferenciar cuando se las cocinan, en especial los arroces con longitud de grano largo poseen alto contenido de amilosa mayor al 26%.

Los arroces con un alto contenido de amilosa permanecen secos y sueltos después de cocinarse absorbiendo mayor cantidad de agua con el consecuente aumento de volumen (9).

1.4.2 Variedad INIAP12-Boliche

La variedad INIAP 12 es una de las variedades de arroz de alto rendimiento y buena calidad en el grano que es lo que el consumidor de estos días requiere, el año en que se la liberó para ser vendida al público fue en el año 1994.

De manera científica corresponde al pedigrí CT 8008-3-3-8P-M-2P, introducido con el VIOAL-1990 del CIAT-Colombia (10).

Como principal característica del grano de esta variedad es tener una longitud aproximada de 8 mm la cual la hace estar en el grupo de variedades de arroz con longitud extralargo.

En la siembra tiene un ciclo vegetativo de aproximadamente 104-111 días según la época y método de siembra, y

su rendimiento esperado en producción es 90-120 qq/ha (11).

1.5 Pilado del Arroz

1.5.1 Diagrama de Flujo en el Proceso de Pilado

A continuación se presenta un diagrama de flujo de bloques especificando el proceso industrial al que es sometido el arroz desde que se receipta hasta llegar el almacenamiento y venta.

En el diagrama se especifica valores aproximados en porcentajes de la cantidad de salvado de arroz obtenidos al someter el arroz al pulido, así también se indican valores de cantidad de cascarilla extraída en un proceso normal de pilado.

Pilado de



A continuación se describe el proceso del pilado descrito en el diagrama de flujo de bloques:

Recepción MP.- El arroz llega a las piladoras en sacas pesadas (205 lbs.) y también en bruto es decir en camiones o volquetes sin pesar.

En verano el arroz llega a las piladoras con una humedad del 22-25% aprox. Y en invierno la humedad es un poco superior cercana a los 30% de humedad.

Secado.- En piladoras hay maneras de secar el arroz ya sean estas al sol por medio de tendales o mediante el uso de aire caliente proveniente de secadores.

Tolva.- El arroz secado en tendales o por medio del uso de un secador, es llenado en sacos y luego es llevado a una tolva para su respectivo llenado y proceder al proceso de pilado.

Tamiz.- Una vez llenada la tolva, el arroz pasa a un tamiz vibratorio con diámetro de apertura de 0,5 Pulg (1,27 cm) para separar la basura, piedras u objetos extraños contenidos en este.

El arroz ya limpio es llevado hacia la maquina descascaradora por medio de elevadores de baldes.

Descascarillado.- En esta parte del proceso el arroz es descascarado por fricción mediante el uso de rodillos de caucho los cuales giran hacia la dirección interna a varias velocidades, y la cáscara es separada mediante el uso de sopladores y llevada por medio de tuberías hacia la parte externa de la planta.

En esta etapa el arroz que todavía es integral y tiene un color marrón, es llevado hacia los pulidores por medio de elevadores de baldes.

Pulido.- En esta etapa el arroz integral es sometido a fricción para remover la mayor parte de las capas externas del grano descascarado.

Tamiz.- El arroz pulido es pasado a través de un elevador de baldes hacia el tamiz, con el fin de separar los granos enteros de los muy quebrados.

En este caso el diámetro de apertura del tamiz es de 3mm.

Tolva.- El arroz ya tamizado es llevado hacia una tolva por medio de un elevador de baldes.

Pesado.- El arroz en tolva es vaciado poco a poco para permitir el pesado del mismo mediante una balanza electrónica.

El arroz es llenado en sacos y pesado en 100 lbs. (1 qq)

Almacenamiento y Venta.- Los sacos de arroz son comercializados en el momento o almacenados en un lugar seco y fresco.

1.5.2 Clasificación General de Arroz Pilado

En el proceso de pilado se obtiene dos clases de arroz dependiendo lo que quiera el consumidor: el arroz pulido o blanqueado al que se le denomina arroz blanco y el arroz integral o descascarado.

- Arroz blanco.- Se denomina así puesto que se le ha retirado las capas exteriores del embrión y endosperma en

donde se encuentra localizado el pericarpio, tegumento y aleurona.

Este tipo de arroz no es tan nutritivo porque la mayor parte de vitaminas y proteínas se encuentran en la capa externa.

Casi en totalidad los consumidores prefieren este tipo de arroz por la mejor apariencia y, por brindar más tiempo de almacenamiento y fácil cocción.

- Arroz integral.- Se denomina así puesto que solamente se le ha retirado la cáscara al gránulo de arroz mediante rodillos, sin perder la capa exterior.

A pesar de que posee todos sus componentes nutricionales, su consumo no es tan bueno, puesto que el grano es duro y se requiere lavarlo varias veces por las impurezas que puede contener.

Este tipo de arroz tiene sus desventajas en relación al arroz blanco o pulido, no es de fácil almacenamiento ya que se conserva por menor tiempo debido a que contiene un porcentaje mayor de lípidos lo hace que sea susceptible a una oxidación lipídica, y al oxidarse es atacado con mucha facilidad por insectos.

A continuación, una tabla (véase tabla 1.2) donde se indican los valores nutricionales de cada tipo de arroz, en donde podemos ver que tanto las vitaminas, proteínas se reducen en el arroz blanco con respecto al integral, además se nota que en el arroz blanco la cantidad de lípidos es menor que en integral y de ahí la clave por lo que el arroz pulido tiene mayor tiempo de almacenamiento.

TABLA 1.2 COMPOSICIÓN NUTRITIVA DEL ARROZ (POR 100 GRAMOS DE PORCIÓN COMESTIBLE, EN CRUDO)

Componente	Arroz integral	Arroz blanco
Proteínas	7.5	6.6
Lípidos	2.7	0.6
Carbohidratos	76.2	79.3
Fibra dietética	3.4	2.2
Tiamina	0.41	0.07
Riboflavina	0.04	0.05
Calcio	33	9
Hierro	1.8	0.8
Fósforo	264	108
Lisina	0.29	0.24
Metionina	0.17	0.16
Triptófano	0.10	0.08

Fuente: (12)

1.6 Métodos Artesanales de Secado del Arroz

1.6.1 Secado en Secador

Para un buen almacenamiento del arroz ya sea este en cáscara o pilado es necesario que se realice un buen secado para prolongar el tiempo de vida.

En verano cuando hay gran cantidad de arroz en tendales y no se da abasto para el secado o cuando en la estación de invierno se hace muy difícil la utilización de tendales, se necesita el uso de secadores para bajar la humedad del arroz.

En las piladoras de hoy el uso de secadores de cama fluidizada es muy frecuente, unos secadores utilizan gas otros diesel como combustible, pero el fin es el mismo.

El funcionamiento consiste en la utilización de un quemador al que se le inyecta gas o diesel para producir un flama que calienta el aire, el cual es producido por un ventilador, este flujo de aire caliente pasa por debajo de la base en donde

se encuentra el arroz, permitiendo que haya transferencia de calor entre el producto y el aire.

La humedad es controlada utilizando un equipo portátil en el cual se colocan muestras representativas de arroz cada cierto tiempo hasta llegar a una humedad final requerida para el pilado.

1.6.2 Secado Solar en Tendales

El método de secar arroz en tendales es el más común y utilizado en piladoras industriales, donde ahí el arroz es depositado, y luego es distribuido o esparcido en todo el tendal (piso de concreto generalmente de menos de 0,10 m de espesor) mediante la utilización de rastrillos.

Cada cierto tiempo el arroz es volteado para permitir que los rayos solares sequen el arroz completamente (Véase figura 1.4)

FIGURA 1.5 VOLTEO DEL ARROZ



Fuente: Cristhian Abad P, Foto tomada en tendal, Marzo del 2009

El proceso de secar al sol consiste en el intercambio de energía y de humedad, entre el aire y el producto, es decir, existe transferencia de masa entre la humedad del producto y el aire del ambiente. El movimiento constante del aire debido al viento hace que atrape la humedad que tiene el producto y vaya disminuyendo, así también la energía solar es absorbida por los granos de arroz permitiendo acelerar el movimiento de la humedad, desde el interior de la cáscara hacia la superficie de los granos ,facilitando, por tanto, el secado (13).

FIGURA 1.6 SECADO EN TENDAL

Fuente: Cristhian Abad P, Foto tomada en tendal, Marzo del 2009

Los materiales que se necesitan y se usan de manera rústica para facilitar el riego de la gramínea cuando se desee secar en tendal son el uso de rastrillo, pala y una escoba, y para el pesaje en sacos se usa una pesa.

FIGURA 1.7 EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN SECADO EN TENDAL

Fuente: Cristhian Abad P, Foto tomada, Marzo del 2009

1.7 Almacenamiento del arroz

El almacenamiento del arroz tanto en cáscara como en pilado es muy importante, por eso, el lugar y las condiciones ambientales van a incidir en el producto, y es así que durante el almacenamiento del arroz en cáscara suceden muchos cambios producidos por factores que inciden negativamente en este cereal, uno de los principales es el exceso de humedad. Una humedad excesiva favorece el crecimiento de hongos y bacterias, provocando la aparición de parásitos y alterando el metabolismo enzimático.

Si la humedad es relativamente alta a niveles del 15% o más el grano pierde almidón y azúcares por la acción de las alfa y beta amilasas que convierten los gránulos de almidón en dextrinas y maltosa que en otras palabras son azúcares reductores.

En esta fase de descomposición los azúcares son consumidos y convertidos en CO₂ y H₂O debido a la actividad respiratoria. (14).

Como vemos el factor humedad es de mucha importancia a tomar en cuenta, y esta puede aumentar por factores externos como infiltración en paredes, caídas repentinas de temperaturas ocasionando una condensación, y por el metabolismo propio de insectos, hongos y del arroz mismo.

En lo anterior se menciona que la humedad puede aumentar por el metabolismo propio del arroz, puesto que, una vez almacenado prosigue la respiración y sigue perfeccionando su madurez hasta cuanto mas tiempo se lo tiene almacenado. A más de la humedad, el otro factor a tomar en cuenta es la humedad relativa y que esta relacionado con la cantidad de agua contenida en el aire que circula por los granos, por lo que un cambio repentino en temperaturas en el ambiente provocaría en una condensación. Además el contenido de ácidos grasos libres presentes en los granos influye en el deterioro acelerado de los mismos, debido a la presencia de hongos ya que estos microorganismos tienen alta actividad lipolítica (15).

OBJETIVO GENERAL:

Encontrar la influencia del grado de madurez en el rendimiento en pilado y cocción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Someter al pilado las muestras de arroz con diferentes grados de madurez.
- Cuantificar rendimientos de pilado de arroz entero para los diferentes grados de madurez.
- Analizar diámetro promedio a granos de arroz después del pilado por medio de la prueba granulométrica.
- Someter a cocción las diferentes muestras de arroz que han sido almacenadas durante dos meses para cuantificar incrementos en peso y en volúmen.
- Analizar la relación de porcentaje de Humedad vs. Pérdida de Peso en Secado en Tendal en los 3 estados de madurez.
- Determinar diferencias significativas en rendimiento en pilado de arroz entero y en cocción.

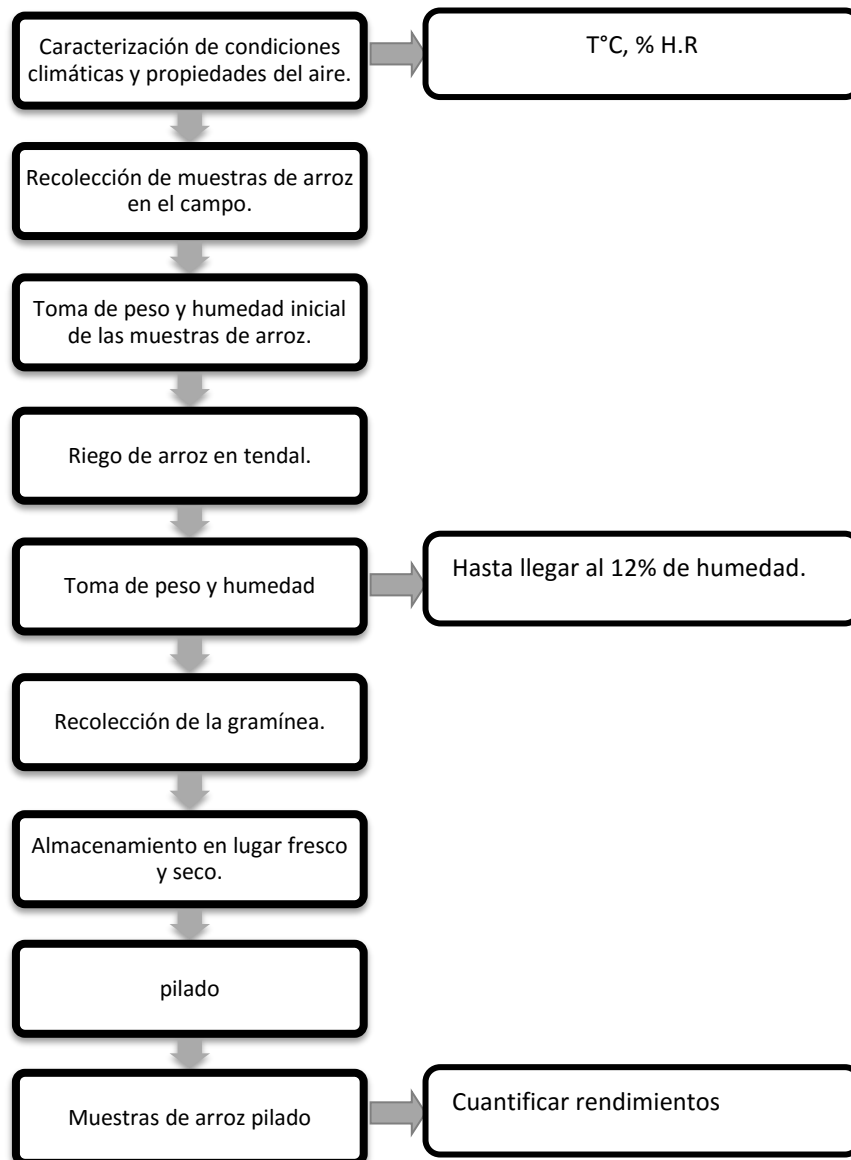
CAPÍTULO 2

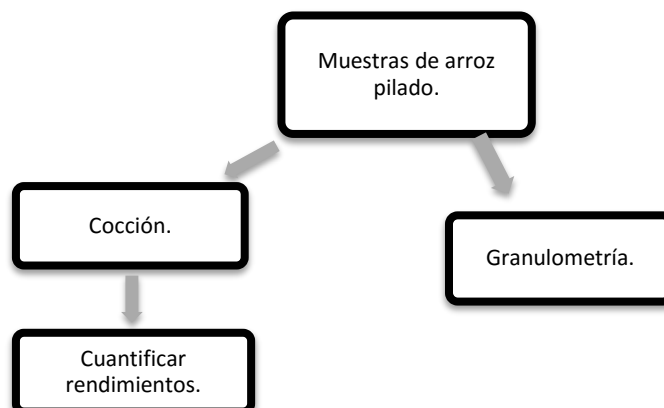
2. DISEÑO DE LA EXPERIMENTACIÓN

El desarrollo de este capítulo comprende aplicar métodos para encontrar los objetivos propuestos antes mencionados, mediante la utilización de materiales para cada uno de los métodos.

El objetivo principal está dado en el tema del presente proyecto, para lo cual se tiene una planificación que este acorde al desarrollo del mismo, siguiendo, comprendiendo y desarrollando cada paso descrito allí.

2.1. Diseño experimental





El diseño experimental de la presente investigación se centra en tomar muestras de arroz con tres grados de madurez y con contenido de humedad diferente, durante el invierno.

Previamente a la recolección del arroz, se debe realizar toma de datos de temperatura y humedad relativa del sitio donde se secará el arroz, esto se realiza durante un tiempo aproximado de 2 semanas y se lo hace con el fin de conocer las condiciones climáticas del aire (temperatura y humedad relativa) a la que será sometida la gramínea durante el secado.

La obtención de muestras de arroz es en el sitio de cultivo del mismo, donde el arroz es cortado mediante el uso de hoces para luego ser desgranado con un tipo de método como es el chicoteo, posteriormente las muestras se pesan y se llevan a un tendal para el secado.

A las muestras de arroz en el tendal se les determina humedad, inicialmente cada dos horas puesto que la humedad del producto es alta y cuando el arroz tenga una humedad relativamente baja se tomará datos cada hora, así mismo se registrará el peso. La humedad final a la que se debe llegar es un 12% aproximadamente, la cual es el porcentaje más seguro para su pilado y almacenamiento.

Cabe indicar que las medidas del tendal que se van a utilizar para secar cada muestra de arroz son de 6 metros de largo x 4 metros de ancho.

Las muestras de arroz ya secas no se someten al pilado en ese momento sino al siguiente día para prevenir un riesgo de choque térmico y ocasione que haya un trisado del arroz de manera inducida.

Al día siguiente las muestras de arroz se las somete al pilado y se le hace el respectivo cálculo de rendimientos.

Para saber si el arroz obtenido en el pilado tiene una marcada diferencia en el diámetro de cada una de ellas, se les hace unas pruebas granulométricas para cada grado de madurez, para ello se toma una libra de arroz pilado de cada muestra para cada grado de madurez y hacerle la respectiva prueba.

Adicionalmente las muestras de arroz pilado se almacenan durante dos meses con el fin de determinar su rendimiento en cocción y comparar los resultados para ver si hay alguna diferencia entre ellas.

2.2. Caracterización Geográfica y Propiedades del Aire en Tendales de la Zona de Daule

2.2.1. Monitoreo de Temperatura y Humedad del Ambiente

El monitoreo de temperaturas y humedad del ambiente se lo hace en turnos específicos indicando la hora para lo cual son secadas las muestras de arroz.

El equipo a utilizar para la medición de la humedad relativa y temperatura es mediante el uso de un higrómetro.

Los datos a tomar se establecen mediante los siguientes parámetros:

Temperatura y humedad relativa del aire en el piso

Temperatura y humedad relativa del aire a una altura de 50-60 cm del suelo

.

FIGURA 2.1 HIGRÓMETRO



Fuente: Cristhian Abad P, Foto tomada, 2009

Los turnos en los que se seca el arroz son:

El primer turno comprende un rango entre las 10:00 -12:00.

Anexo A

El segundo turno comprende un rango entre las 12:00 -14:00. Anexo B

El tercer turno comprende un rango entre las 14:00 -16:00.

Anexo C

Estos rangos de horas se los establece con el fin de monitorear de mejor manera las condiciones del ambiente, además de tener una idea del promedio de temperaturas y humedades en cada rango horario, y como influyen estas variables en el arroz pilado.

2.3. Muestreo y Preparación de Muestras

Las muestras de arroz a diferentes grados de madurez se las recolectan en un lote de terreno cuya producción oscila entre 8-10 sacas.

Para cada grado de madurez le corresponden tres muestras, es decir tres sacas de arroz con su respectivo peso.

El método que se emplea para la recolección es el chicoteo (véase figura 2.2), el cual consiste en golpear manojos de plantas de arroz contra un tronco, este método se lo aplica con el fin de no desperdiciar los granos de arroz, ya que si se recolecta por el medio de máquinas cosechadoras de arroz no se puede desgranar correctamente el arroz con grado de madurez menor puesto que

contiene semillas de arroz aun no muy maduras, previamente el arroz es cortado mediante el uso de hoces (véase figura 2.3).

FIGURA 2.2 DESGRANE DE ARROZ MEDIANTE EL CHICOTEO



Fuente: Cristhian Abad P, Foto tomada en Marzo del 2009

FIGURA 2.3 CORTE DE ARROZ MEDIANTE USO DE HOZ



Fuente: Cristhian Abad P, Foto tomada en Marzo del 2009

2.3.1. Caracterización de los estados de madurez

Para diferenciar los estados de madurez de las muestras recolectadas, se las caracteriza mediante el tiempo desde en que fueron sembradas hasta su cosecha.

Las muestras de arroz toman la respectiva caracterización en la siguiente tabla:

TABLA 2.1 Caracterización del Arroz INIAP12

Tipo de Siembra	Tiempo de cosecha	Grado de madurez
Trasplante	100 días	1
	105 días	2
	110 días	3

Elaborado por: Cristhian Abad P.

2.4. Metodología

2.4.1. Análisis físico-químico

- **Humedad**

- Equipos:

El equipo es un medidor portátil de humedad, el cual presenta lecturas de porcentajes en base húmeda.

FIGURA 2.4 Medidor Portátil de Humedad



Fuente: Foto tomada por Cristhian Abad P, Marzo del 2009.

- Procedimiento:

- Encender el equipo portátil de medición de humedad, el cual esta calibrado para el arroz.
- Tomar 150 gr.de arroz de cada grado de madurez y colocarlo en el equipo.
- Pulsar el botón de lectura y se espera unos segundos.
- Leer la lectura en el equipo y registrar datos.

- Frecuencia de muestreo:

La frecuencia de muestreo se realiza al inicio y en tendal.

Se realiza al inicio con el fin de tener una idea el porcentaje de agua que posee la gramínea en el momento de la recolección.

En tendal para observar la disminución, la cual el arroz debe llegar la 12% de humedad final como se dijo anteriormente.

- **Color**

Con respecto al análisis del color del arroz, se emplea dos maneras de análisis: la primera es de manera visual, la cual se realiza en el campo o lugar de recolección de muestras y la segunda es en laboratorio donde por medio de un colorímetro se analizan muestras de cascarillas de arroz de los tres grados de madurez.

Análisis de color de manera visual

- Procedimiento:

De manera directa se visualiza si el 90% del arroz tiene un color pajizo o amarillento y esta listo para cosechar.

También se toma como referencia el tiempo desde que fue sembrado para ver si esta listo o no para cosechar (el tiempo de cosecha del arroz INIAP12 por trasplante es aproximadamente 111 días).

FIGURA 2.5 GRADO DE MADUREZ UNO



Fuente: Foto tomada por Cristhian Abad P, Marzo del 2009

FIGURA 2.6 GRADO DE MADUREZ DOS



Fuente: Foto tomada por Cristhian Abad P, Marzo del 2009

FIGURA 2.7 GRADO DE MADUREZ TRES



Fuente: Foto tomada por Cristhian Abad P, Marzo del 2009

Análisis de color en laboratorio

- Equipo utilizado en laboratorio:

El equipo a utilizar es un colorímetro ZE 2000 el cual utiliza celdas de cristal.

- Principio:

El principio se basa en la refractancia de la luz a través de las partículas de la muestra colocada en el equipo.

- Procedimiento en laboratorio:

El procedimiento a aplicar es el siguiente:

- limpiar el lente del colorímetro
- Calibrar el equipo con los patrones O-ADJ y S-ADJ (constantes de calibración: $X= 95,03$; $Y= 95,00$; $Z=111,98$) con agitación.
- Colocar la muestra en la celda de vidrio, llenándola hasta el tope enrasando con la ayuda de la espátula,

- Colocar la celda en el porta-cápsula; y limpiar la base de la celda con un algodón empapado de alcohol.
- Colocar el porta-cápsula en el equipo y presionar el botón START.
- Registrar el valor indicado.
- Expresar los resultados.
- Tomar la lectura de manera directa.

Los resultados obtenidos por el colorímetro son los siguientes:

Tabla 2.2 Colorimetría en 3 estados de madurez

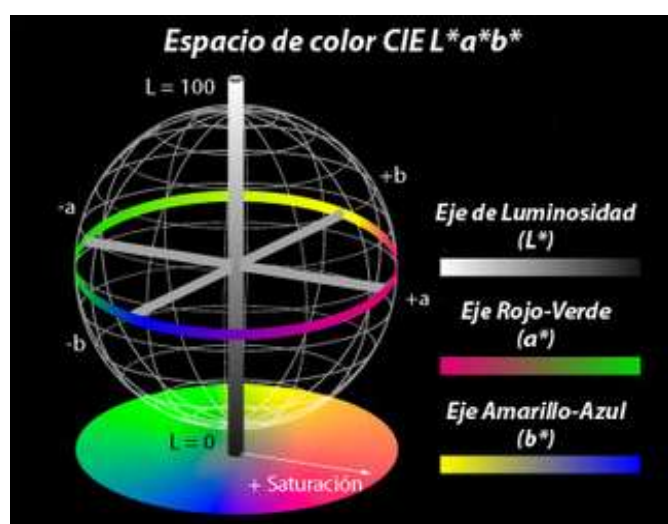
Estados de madurez	Valores(L, a, b)
G1	L = 70.12 ; a= 1.10 ; b=10.38
G2	L = 63.88 ; a= 3.54 ; b=11.87
G3	L = 58.26 ; a= 5.32; b=14.61

Elaborado por: Cristhian Abad P.

Los datos presentados en la tabla 2.2 se obtienen mediante el uso de un colorímetro ZE 2000 con estándares

mencionados en el procedimiento para análisis de café tostado, la interpretación de los resultados en el análisis del color de la cascarilla de arroz se las hace en referencia al café tostado, y para localizar los puntos L, a, b se toma como referencia la siguiente figura:

Figura 2.8 Espacio de color CIE L, a b



Fuente: (16)

2.5. Relación de % Humedad vs. Pérdida de Peso

Para tener una referencia de cómo varía el % de humedad con su respectivo peso durante el secado en tendal se crea tablas en donde se indican el peso, humedad y el número de días de secado; con ayuda de éstas tablas poder reflejarlas en un gráfico, esto con el objetivo de ver la relación del peso con la pérdida de humedad durante el número de días que dura este.

Para ver dicha relación se sigue el siguiente procedimiento:

- Recoger el arroz regado en tendal y pesar.
- Tomar una pequeña muestra de arroz para ver el porcentaje de humedad.
- Regar otra vez en tendal.

Este proceso se realiza al inicio cada dos horas y después cada hora cuando el valor de la humedad vaya acercándose a el valor del 12%.

2.6. Pilado

2.6.1. Cálculo de Rendimiento

A continuación se presenta la fórmula correspondiente utilizada para el cálculo de rendimiento arroz entero en los 3 diferentes grados de madurez de esta variedad INIAP12.

$$\%R = 100 - \left[\left(\frac{P_o \text{ cáscara} - P_f \text{ pilado}}{P_o \text{ cáscara}} \right) * 100 \right] \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

% R = Rendimiento de arroz en porcentaje

P_o cáscara = Peso inicial de la cantidad de arroz en cáscara

P_f pilado = Peso final de arroz pilado.

Para el cálculo de rendimiento de arroz quebrado en el pilado de las muestras en los tres grados de madurez se utiliza la siguiente fórmula:

$$\%R = 100 - \left[\left(\frac{P_0 \text{ cáscara} - P_f \text{ arroz quebrado}}{P_0 \text{ cáscara}} \right) * 100 \right] \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Donde:

% R = Rendimiento de arroz quebrado en porcentaje

P_0 cáscara = Peso inicial de la cantidad de arroz en cáscara

P_f arroz quebrado = Peso final de arroz quebrado.

La nomenclatura de las variables incluidas dentro de la fórmula se encuentra en el índice de abreviaturas.

Los cálculos de rendimientos se encuentran en el apéndice D.

2.6.2. Granulometría

La granulometría es un método analítico diseñado a determinar el grado de finura de las partículas de los sólidos ya sean granulares o polvorientos, usando diferentes tamices

superpuestos, en orden de diámetro de poro o malla empezando por el de menor diámetro desde abajo. (17)

Los tamices con número de mesh a utilizar para el método de granulometría son:

7, 8, 9, 10, 12, 14, y 16.

Donde:

El mesh 7 corresponde a un diámetro mayor.

El mesh 16 corresponde a un diámetro menor.

FIGURA 2.9 USO DE TAMICES EN PRUEBA GRANULOMÉTRICA



Fuente: Foto tomada por Cristhian Abad P, 2009

El procedimiento que se sigue para la prueba granulométrica es el siguiente:

- Tomar una muestra de arroz con un peso de 400 gr. para cada grado de madurez.
- Pesar los tamices a utilizar.
- Ordenar los tamices de mayor a menor diámetro con su correspondiente base.
- Colocar la muestra de arroz en el primer tamiz es decir en el de mayor diámetro.
- Colocar los tamices con la muestra en el equipo.
- Regular el tiempo de vibración del equipo a 5 minutos.
- Sacar los tamices del equipo.
- Pesar cada tamiz tenga o no tenga muestra retenida.
- Sacar la diferencia entre el tamiz con la muestra y el peso del tamiz, para ver la masa retenida en cada tamiz.
- Mediante el uso de tablas observar el D_{psup} para cada tamiz.
- Para cada tamiz encuentro las variables: ΔX_i , D_{pi} medio (mm), X_i , Y_i , $\Delta X_i/D_{pi}$ y finalmente se halla el diámetro promedio de la muestra.

Las fórmulas utilizadas para esta prueba son las siguientes:

$$masa\ total = masa\ de\ malla + mi \quad (Ec.2.3)$$

$$mi = masa\ total - masa\ malla \quad (Ec.2.4)$$

$$\Delta Xi = \frac{mi}{\Sigma mi} \quad (Ec.2.5)$$

$$\overline{Dp} = \frac{DP_{sup} + D}{2} \quad (Ec.2.6)$$

$$X_i = X_{i-1} - \Delta X_{i-1} \quad (Ec.2.7)$$

$$Y_i = X_i - 1 \quad (Ec.2.8)$$

$$Dp(mm) = \frac{1}{\Sigma \Delta Xi / \overline{Dp}} \quad (Ec.2.9)$$

La nomenclatura de cada una de las variables utilizadas en las ecuaciones anteriormente se encuentra en el índice de abreviaturas.

El desarrollo de la prueba granulométrica para cada grado de madurez se encuentra en tablas, las cuales se localizan en la parte de apéndice E.

Los gráficos que reflejan la curva granulométrica de cada tabla también se encuentran en la parte de apéndice F.

La tabla de Nominación Tyler se encuentra en el apéndice G.

2.7. Cocción

Para la cocción de las muestras de arroz se utilizan los siguientes ingredientes, y su respectivo equipo y método:

Ingredientes:

- Arroz
- Agua
- Aceite de cocina
- Sal

Materiales y Equipo:

Para la prueba de la cocción se utiliza como equipo a una olla arrocera de 1.2 libras de capacidad, un medidor de volumen y una paleta de plástico (véase figura 2.9)

FIGURA 2.10 MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS EN COCCIÓN



Fuente: Foto tomada por Cristhian Abad P, 2009

Método:

- Utilizar una libra de arroz como muestra para hacer la cocción para cada grado de madurez.
- Lavar una vez el arroz para eliminar cualquier suciedad que se halla impregnado el arroz durante el paso por las maquinas del pilado.
- Conectar la olla arrocera al tomacorriente.
- Colocar el arroz lavado en la olla de cocción y añadir dos cucharaditas de aceite y una cucharadita de sal.

- Oprimir el botón de encendido.
- Tomar el tiempo de cocción hasta cuando el arroz esta abierto, es decir, cuando la parte del centro del grano esta dura.
- Sacar el arroz de la olla y medir en una taza la cantidad de arroz cocido en volúmen.
- Pesar cada muestra de arroz contenida en dicha taza.
- Sumar el número de tazas para conocer el total de porciones.

2.7.1. Cálculo de rendimiento

El cálculo de rendimiento del arroz cocido está basado en los métodos utilizados para la evaluación de la calidad del arroz cocido que se detalla más adelante.

En este tema se utilizan fórmulas para ver el incremento de volúmen y el incremento en peso en porcentajes, y éstas son:

Incremento en volumen

$$\%IV = 100 - \left[\left[\frac{\Sigma V}{V} \right] * 100 \right] \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Donde:

% IV = Incremento en volumen en porcentaje

ΣV = Sumatoria de volúmenes

V = Volumen (cm³) de agua utilizado en cocción

Incremento en peso

$$\%IP = 100 - \left[\left[\frac{\Sigma P}{P} \right] * 100 \right] \quad (\text{Ec. 2.10})$$

Donde:

% IP = Incremento en peso en porcentaje

ΣP = Sumatoria de pesos

P = Peso (gr.) de muestra de arroz utilizado en cocción

El peso de muestra de arroz que se utiliza para hacer la cocción es 1 lb equivalente a 454 gr, con su correspondiente cantidad de agua de 500 cm³.

Los resultados de cocción se presentan en tablas, las cuales se encuentran en el apéndice H.

2.7.2. Métodos para la evaluación de la calidad del arroz cocido

Los métodos que se aplican en cocción están relacionados con el rendimiento en si del arroz cocido, es decir ver el poder de hinchamiento o la capacidad de atrapar agua que tiene el arroz en los diferentes grados de madurez, que en este caso es el incremento en volumen.

El otro método es conocer hasta que punto es hinchamiento tiene incidencia en el rendimiento en el peso, para ello se observa el incremento en peso.

CAPÍTULO 3

3. Análisis de Resultados

En este capítulo se tratará el análisis de los resultados de los temas desarrollados en el capítulo anterior de acuerdo a cada método y procedimiento aplicado.

Un tema que se desarrolló pero que no está dentro de los temas a analizarse mas adelante fue el de granulometría pero que se analizará previamente ya que considero que tiene relevancia a analizarse.

Al final del desarrollo de la prueba granulométrica lo que interesa presentar como resultado es el diámetro promedio de los granos de arroz después del pilado y determinar si existe alguna diferencia en tres

cosechas diferentes, para ello se realiza la siguiente tabla en la que se describe el promedio de diámetro de los granos de arroz,

TABLA 3.1 DIÁMETRO PROMEDIO DE GRANOS DE ARROZ EN CADA GRADO DE MADUREZ.

Grado de Madurez	Muestra	Diámetro Promedio(mm)
G1	M1	1,66295
	M2	1,66233
	M3	1,65578
G2	M1	1,68770
	M2	1,70125
	M3	1,70208
G3	M1	1,71619
	M2	1,71149
	M3	1,71025

Elaborado por: Cristhian Abad P.

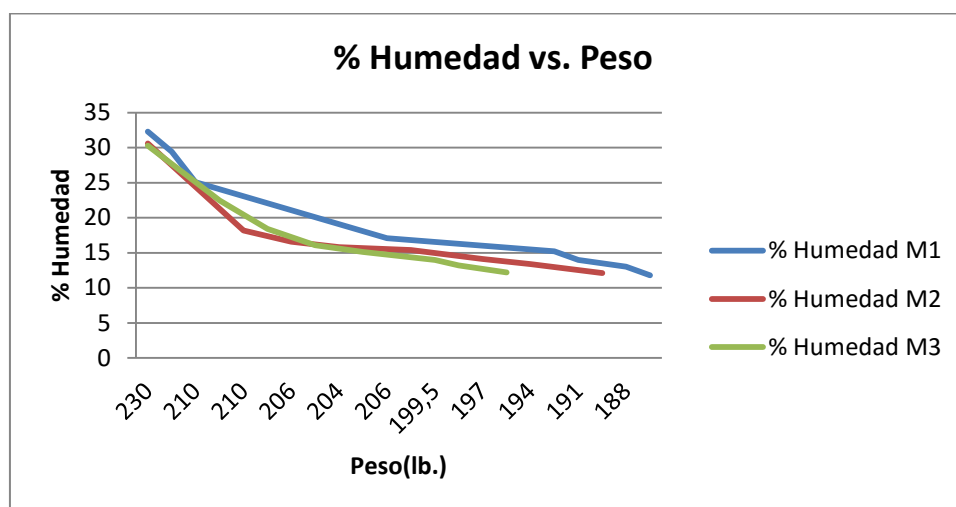
Como vemos en el recuadro la diferencia en los diámetros de las muestras correspondientes a cada grado de madurez es mínima entre la de mayor y menor diámetro, es decir, de 0,06 mm aproximadamente por lo que cosechar antes de la etapa normal sería casi lo mismo, pero al analizar si existe diferencia significativa por medio del método de la ANOVA de un solo factor se obtiene como resultado que si existe diferencias significativas entre diámetros (ver resultados en apéndice I).

3.1. Relación de % Humedad vs. Pérdida de Peso en Secado en Tendal en los diferentes Estados de Madurez.

Grado de Madurez Uno

Las muestras de arroz con este grado de madurez es el de menor grado de madurez (Véase figura 3.1).

FIGURA 3.1 RELACIÓN % HUMEDAD VS. PÉRDIDA DE PESO DE MUESTRAS DE ARROZ CON GRADO DE MADUREZ UNO.

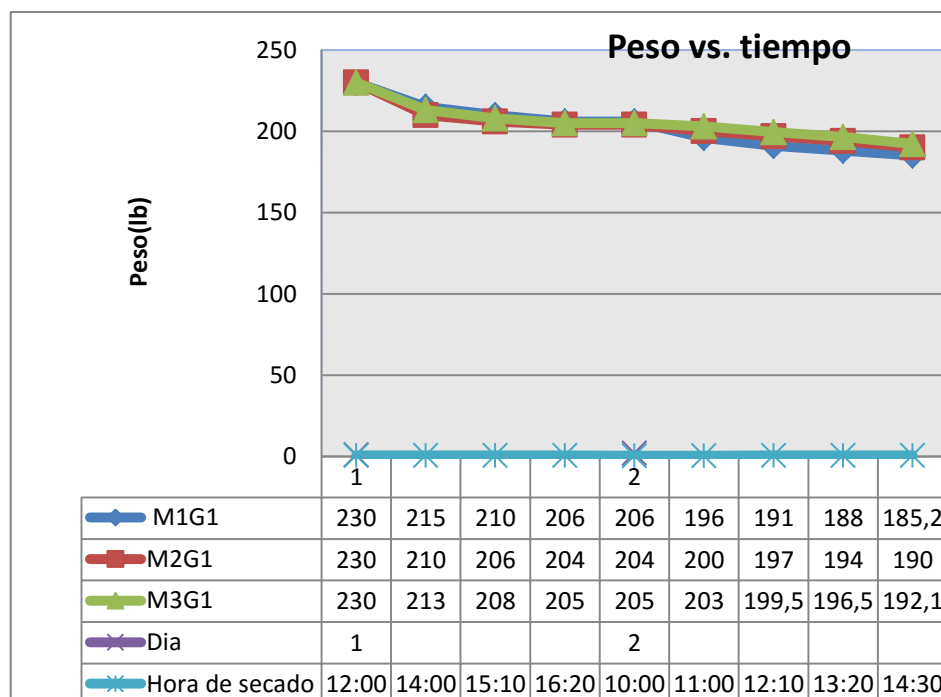


Elaborado por: Cristhian Abad P.

En la gráfica se observa que al inicio del proceso de secado hubo un descenso rápido de la humedad en las muestras presentes, para luego ir decreciendo a un ritmo no muy acelerado, esto se debe a que en la capa externa o cascarilla que recubre a los granos de arroz poseía un alto contenido de agua y facilitaba el intercambio de la masa de vapor de agua entre el aire y el arroz, para luego ir disminuyendo con el transcurso del tiempo puesto que se hacía más difícil la eliminación del agua al interior de los granos, este descenso se lo puede observar en un gráfico (véase figura 3.2) que indica el número de días que se demoró en secar dichas muestras.

En la figura 3.1 nos podemos dar cuenta que las muestras poseían al inicio pesos iguales (230 lbs.) y humedades diferentes, además se notó que el peso de la muestra uno (M1) con un porcentaje mayor de humedad (32.3%) al final del secado fue la que tuvo un peso menor (185,2 lbs.) que las otras muestras, esto nos hace pensar que el porcentaje de humedad que posea el arroz influye en el peso final.

FIGURA 3.2 PÉRDIDA DE PESO DURANTE EL TIEMPO DE MUESTRAS DE G1



Elaborado por: Cristhian Abad P.

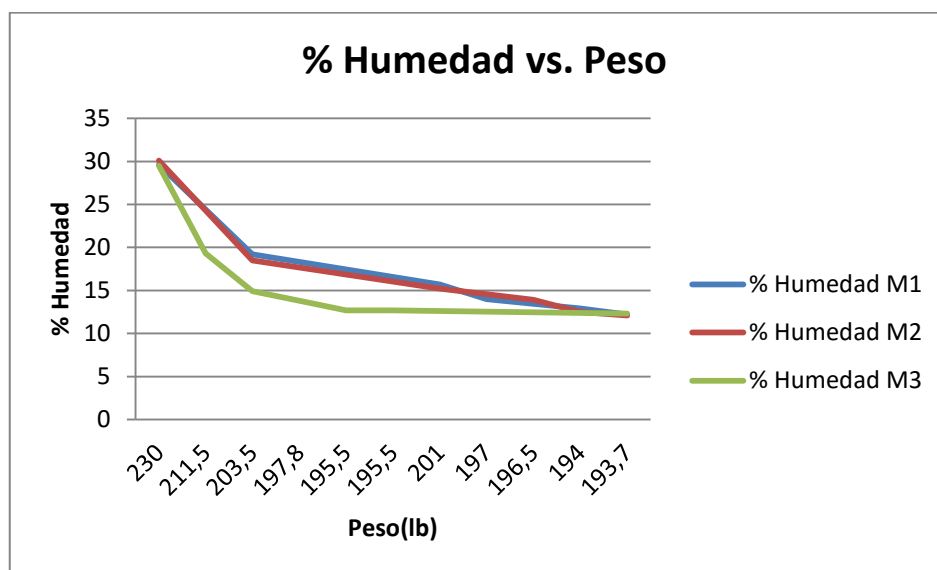
En la gráfica se observa que el tiempo de secado en tendal de las muestras fue de 2 días (8 horas de secado), uno de los motivos es que en el interior de los granos existía un alto porcentaje de agua debido a que los granos estaban en una etapa de endurecimiento y la cascarilla que los recubre estaba blanda y por tanto se hacía más fácil la extracción del agua del interior del grano al exterior de éste.

Al final del secado la pérdida de peso en promedio de las muestras presentes fue alrededor de 17,78% equivalente 40,9 libras.

Grado de Madurez Dos

Las muestras de arroz con este grado de madurez es el intermedio entre el inusual para cosechar y el normal. (Véase figura 3.2)

FIGURA 3.3 RELACIÓN % HUMEDAD VS. PÉRDIDA DE PESO EN MUESTRAS CON GRADO DE MADUREZ DOS



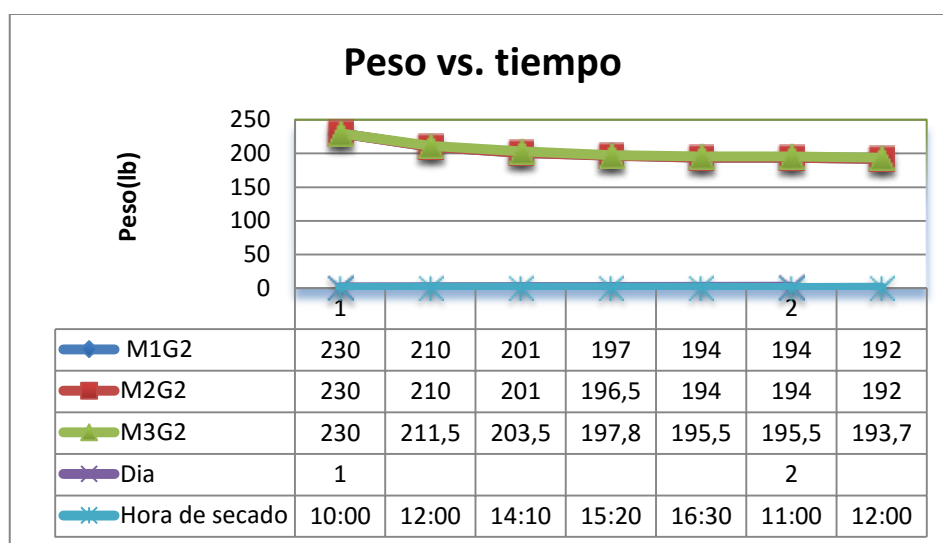
Elaborado por: Cristhian Abad P.

En la gráfica se observa que las muestras al inicio del secado poseían iguales pesos pero con humedades que diferían entre si

en alrededor de un grado aproximadamente, comparando lo que sucedía con las muestras del grado de madurez anterior nos aclara mas la idea de que el porcentaje de humedad que posea el arroz influye en el peso final.

El descenso de pérdida de peso durante el tiempo se lo puede observar en un gráfico (véase figura 3.4) que indica el número de días que se demoró en secar dichas muestras.

FIGURA 3.4 PÉRDIDA DE PESO DURANTE EL TIEMPO DE MUESTRAS DE G2



Elaborado por: Cristhian Abad P.

En la gráfica se observa que el tiempo de secado en tendal de las muestras fue de 2 días (7 horas de secado). El tiempo de secado

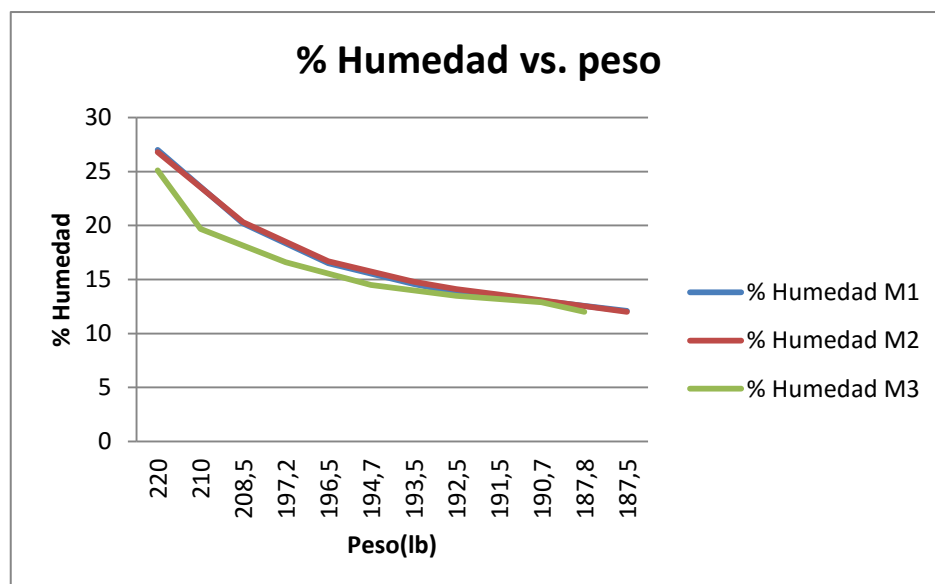
para muestras con este grado de madurez va disminuyendo quizás debido a la baja cantidad de agua presente en el interior de los granos y al endurecimiento de los mismos y la cascarilla.

Al final del secado la pérdida de peso en promedio de las muestras presentes fue alrededor de 16,28% equivalente 28,075 libras.

Grado de Madures Tres

Las muestras de arroz con este grado de madurez es el normal utilizado para la compra y venta a piladoras para el proceso de pilado. (Véase figura 3.3)

FIGURA 3.5 RELACIÓN % HUMEDAD VS. PÉRDIDA DE PESO EN MUESTRAS CON GRADO DE MADUREZ TRES

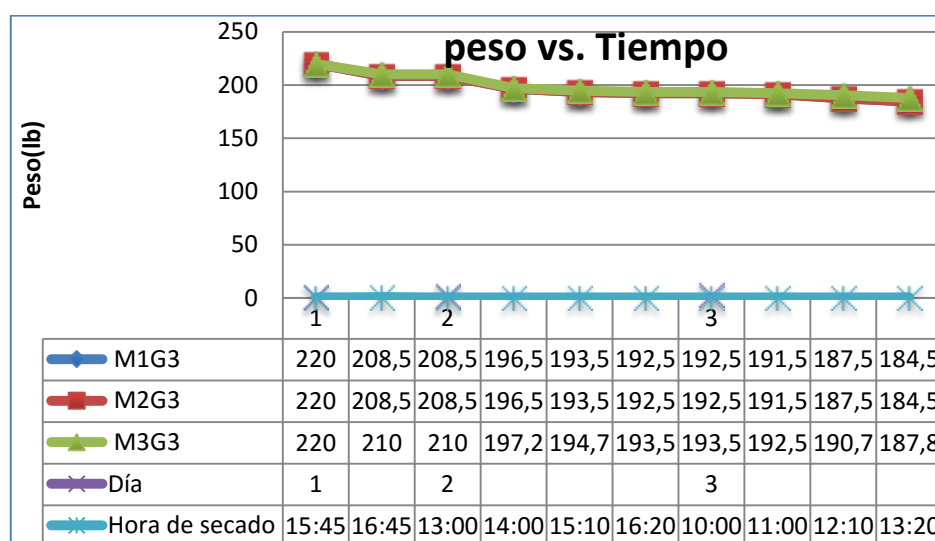


Elaborado por: Cristhian Abad P.

En la gráfica se puede observar que la humedad contenida en los granos de arroz de las diferentes muestras influye notablemente en el peso al final del secado, en este caso se encuentra la muestra tres que al inicio del secado la humedad era menor (25,1%) y al final del mismo se obtuvo una mayor cantidad de arroz seco (187,8 lbs.) en comparación a las dos primeras muestras las cuales descendieron un poco más en el peso (p1, p2=184,5) puesto que tuvieron una humedad inicial (m1= 27%,

m2= 26,8%) un poco mayor en comparación con la tercera. El descenso del peso se lo observa en la siguiente gráfica.

FIGURA 3.6 PÉRDIDA DE PESO DURANTE EL TIEMPO DE MUESTRAS DE G3



Elaborado por: Cristhian Abad P.

En la gráfica se observa que el tiempo de secado en tendal de las muestras fue de 3 días (7 horas de secado), el aumento de un día fue debido a la mañana muy lluviosa por lo que se hacía difícil el secado en tendal y se aprovechó por lo menos una hora en un día normal de secado.

Al final del secado la pérdida de peso en promedio de las muestras presentes fue alrededor de 15,64% equivalente 23,07 libras.

3.2. Análisis del Efecto de los Diferentes Estados de Madurez del Arroz Pilado

A continuación se presenta una tabla comparativa del efecto de los diferentes grados de madurez del arroz pilado especialmente en los rendimientos de arroz entero.

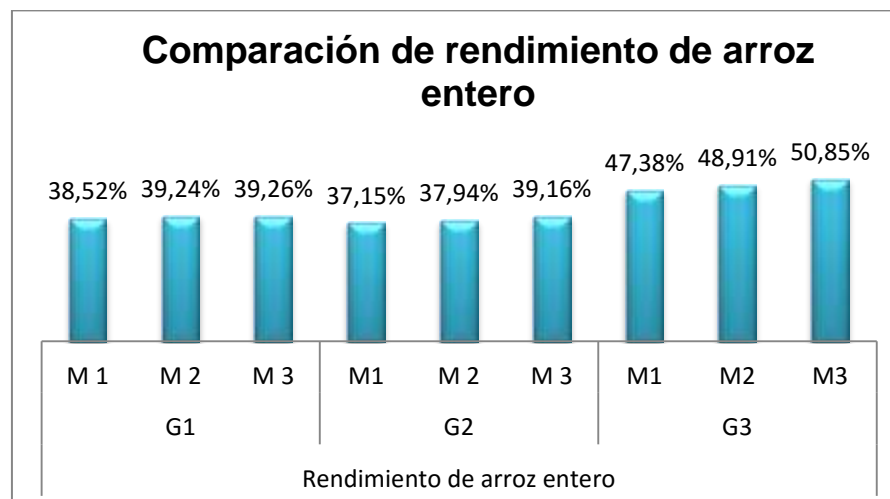
TABLA 3.2 RENDIMIENTO DE ARROZ ENTERO EN PILADO EN TRES ESTADOS DE MADUREZ

Rendimiento de arroz entero								
G1			G2			G3		
M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
33,52%	39,28%	39,75%	37,15%	37,94%	39,16%	47,33%	48,91%	50,85%

Elaborado por: Cristhian Abad P.

Para una mejor apreciación se lo representa en un gráfico de histogramas (Véase figura 3.7):

FIGURA 3.7 COMPARACIÓN DE RENDIMIENTOS EN PILADO



Elaborado por: Cristhian Abad P.

En el gráfico se ve claramente que las muestras con un mejor porcentaje de rendimiento estuvieron en el grupo de grado de madurez tres, esto ya se suponía puesto que la madurez alcanzada es la óptima, pero lo que se desea saber si al cosechar con un grado de madurez menor el rendimiento que voy a tener va a ser muy alejado al óptimo o no.

En este caso existe una diferencia porcentual en promedio de alrededor del 10,04% en peso en el rendimiento en muestras del grado Uno en relación con el grado Tres es decir, si cosechara un

poco temprano tendria una reduccion del 10,04 % en peso en bruto de arroz pilado aproximadamente. Esto observandolo desde el aspecto económico.

Viendo desde otra perspectiva , que pasaría si el invierno es muy fuerte y arrasa con todo mi cultivo , ahí tendría una pérdida mucho mayor ; entonces analizando ambas situaciones la mejor opción a elegir seria la primera aunque tendria una baja no muy considerable en el rendimiento.

En el gráfico se puede notar que los porcentajes de rendimientos de arroz entero entre G1 y G2 son similares, para esto hay una explicación lógica.

Como las muestras de arroz en los diferentes estados de madurez fueron cosechadas en invierno, el clima pudo ser un factor importante en esto, ya que, debido al brusco cambio de temperatura y humedades hicieron que se produjera lo que se conoce como choque térmico y ocasionara la ruptura del arroz en el pilado.

En la siguiente tabla se puede notar el porcentaje de arroz quebrado producido para cada grado de madurez.

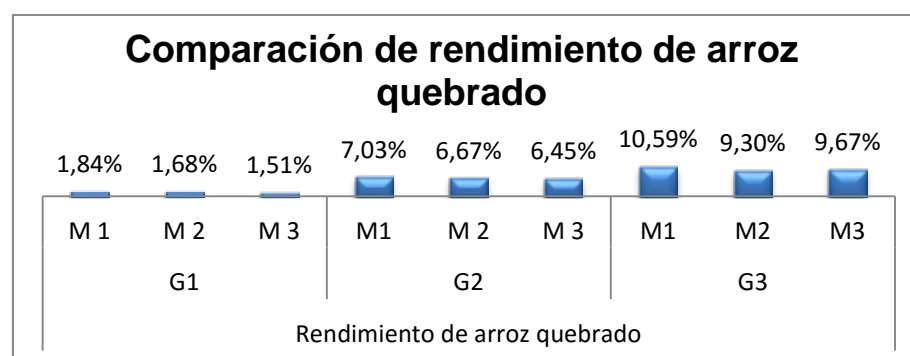
TABLA 3.3 RENDIMIENTO DE ARROZ QUEBRADO EN LOS TRES ESTADOS DE MADUREZ.

Rendimiento de arroz quebrado								
G1			G2			G3		
M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
1,84%	1,68%	1,51%	7,03%	6,67%	6,45%	10,59%	9,30%	9,67%

Elaborado por: Cristhian Abad P.

En el siguiente gráfico podemos observar mejor estos valores.

FIGURA 3.8 RENDIMIENTOS DE ARROZ QUEBRADO EN LOS TRES DIFERENTES ESTADOS DE MADUREZ.



Elaborado por: Cristhian Abad P.

Como podemos observar en la gráfica anterior si no se hubiera producido esta cantidad considerable de arroz quebrado el rendimiento de arroz entero sería lógicamente mayor.

- **Análisis de varianza de un solo factor**

El Análisis de Varianza (ANOVA) es un método que consiste en probar la igualdad de tres o más medias poblacionales analizando las varianzas de las muestras correspondientes. El análisis de la ANOVA de un solo factor se basa en la distribución F (Fisher), en donde F es sesgada a la derecha, puede tener valores de cero a positivos más no negativos, y existe una F para cada grado de libertad.

En este análisis se considerará la hipótesis nula $H_0: G_1 = G_2 = G_3$ contra la hipótesis alterna de que todas esas medias son iguales. (18)

El criterio usado para rechazar o no rechazar una hipótesis es la siguiente:

Si $F_{\text{calculado}} > F_{\text{crítico}}$, se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

Si F calculado $<$ F crítico, no se rechaza la hipótesis de igualdad de medias.

Para calcular la F crítica o de tabla se utiliza la F con $1 - \alpha = 0.95$

La ecuación siguiente es usada para determinar la F calculada es la siguiente:

$$F = \frac{\text{suma de cuadrados medio entre grupos (SDB)}}{\text{suma de cuadrados medio dentro de grupos (SDW)}} \quad \text{Ec.3.1}$$

Dentro de la ecuación anterior se encuentran variables que se deben calcular , y , el cálculo de estas variables son las siguientes:

$$SDB = \frac{\text{suma de cuadrados entre grupos}}{k-1} \quad \text{EC. 3.2}$$

$$SDW = \frac{\text{suma de cuadrados dentro de grupos}}{N-k} \quad \text{Ec. 3.3}$$

Donde:

Grados de libertad del numerador = $k-1$; k =# de grupos.

Grados de libertad del denominador= $N- k$; N = # de muestras.

Para el cálculo de suma de cuadrados entre grupos y dentro de grupos se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\text{Suma de cuadrados entre grupos} = \sum n_i (\bar{x} - \bar{\bar{x}})^2 ; \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$\text{Suma de cuadrados dentro de grupos} = \sum (n_i - 1) s_i^2 ; \quad \text{Ec.3.5}$$

Donde:

\bar{x} = medias de todos los valores de la muestra combinados.

K = número de medias poblacionales que están siendo comparadas.

n_i = número de valores en la i -ésima muestra.

\bar{x}_i = media de valores en la i -ésima muestra.

s^2 = varianza de valores en la i -ésima muestra.

La tabla de distribución F(fisher) utilizada para este método estadístico se encuentra en el apéndice J.

Aplicando la estadística para determinar si en verdad existe una diferencia significativa se determina lo siguiente:

TABLA 3.4 VARIANZA EN CADA GRADO DE MADUREZ EN ARROZ PILADO

RESUMEN				
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
G1	3	117,02	39,0067	0,1777
G2	3	114,25	38,0833	1,0254
G3	3	147,14	49,0467	3,0242

Elaborado por: Cristhian Abad P.

TABLA 3.5 ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN SOLO FACTOR EN ARROZ PILADO

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	221,8488	2	110,9244	78,7182	0,00052	5,1433
Dentro de los grupos	8,4548	6	1,4091			
Total	230,3036	8				

Elaborado por: Cristhian Abad P.

El criterio usado para este caso es la prueba F : Si F calculado es menor que F crítica o de tabla, se concluye que no hay diferencia significativa entre tratamientos.

Al final se obtiene como resultado que la F calculado de 78,718 es mayor que F crítico de 5.143, y se concluye que si hay diferencia significativa entre los tratamientos grados de madurez para el rendimiento en pilado.

3.3. Análisis del Efecto de los Diferentes Estados de Madurez en la Cocción

3.3.1. Incremento en Peso

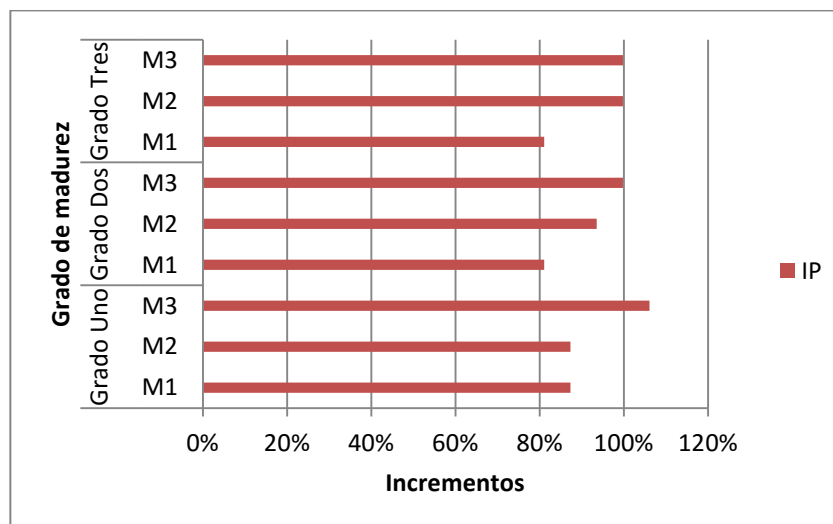
TABLA 3.6 INCREMENTO EN PESO

	Grado Uno			Grado Dos			Grado Tres		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
IP	87%	87%	106%	81%	94%	100%	81%	100%	100%

Elaborado por: Cristhian Abad P.

Para una mejor apreciación se lo representa en un gráfico de histogramas:

FIGURA 3.9 INCREMENTO EN PESO



Elaborado por: Cristhian Abad P.

En la gráfica podemos observar que muestras en el grupo con grado de madurez tres tuvieron un porcentaje de rendimiento en peso mayor en comparación con los otros dos grados de madurez, pero esto se sospechaba que fuese así puesto que las muestras pertenecen a la cosecha normal.

Las muestras recolectadas a una etapa temprana de cosecha compiten fácilmente con las muestras recolectadas a una etapa óptima, y viendo de esta forma no existe tanta diferencia, así mismo para determinar de manera estadística si existe alguna diferencia se aplica lo siguiente:

TABLA 3.7 VARIANZA EN CADA GRADO DE MADUREZ EN INCREMENTO EN PESO

RESUMEN					
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	promedio
grado 1	3	280	93,3333	120,3333	92,8889
grado 2	3	275	91,6667	94,3333	
Grado 3	3	281	93,6667	120,3333	

Elaborado por: Cristhian Abad P.

TABLA 3.8 ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN SOLO FACTOR EN INCREMENTO EN PESO

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	6,8889	2	3,4444	0,03095	0,67980	5,1433
Dentro de los grupos	670,0000	6	111,6667			
Total	676,8889	8				

Elaborado por: Cristhian Abad P.

Según los resultados se obtiene como resultado que la F calculado de 0,0309 es menor que F crítico de tabla 5.14, y se concluye que no hay diferencia significativa entre los tratamientos grados de madurez para el incremento en peso.

3.3.2. Incremento en Volumen

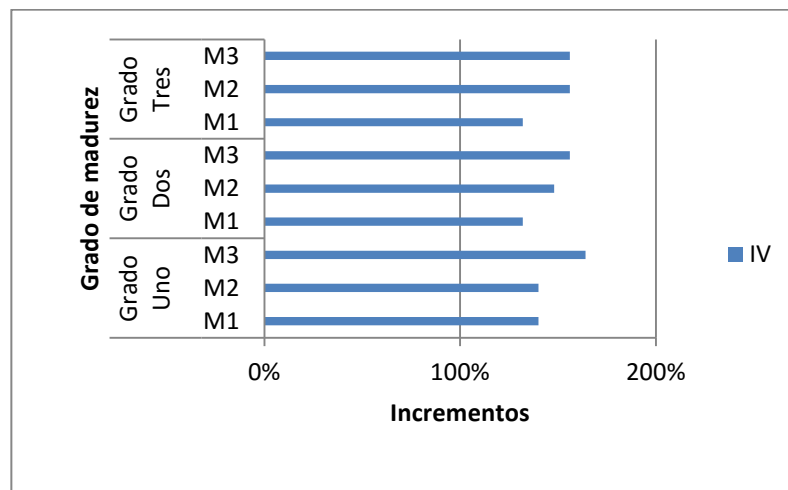
TABLA 3.9 INCREMENTO EN VOLUMEN

	Grado Uno			Grado Dos			Grado Tres		
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
IV	140%	140%	164%	132%	148%	156%	132%	156%	156%

Elaborado por: Cristhian Abad P.

Para visualizar mejor los valores en tabla se realiza un grafico de histogramas

FIGURA 3.10 INCREMENTO EN VOLUMEN



Elaborado por: Cristhian Abad P.

Asimismo como se observó con el incremento en peso, en este caso las muestras con un mayor incremento están en el grado de madurez uno.

Las muestras recolectadas a una etapa temprana de cosecha compiten fácilmente con las muestras recolectadas a una etapa óptima, y viendo de esta forma no existe tanta diferencia.

Asimismo para determinar de manera estadística si existe alguna diferencia se aplica lo siguiente:

TABLA 3.10 VARIANZA EN CADA GRADO DE MADUREZ EN INCREMENTO EN VOLUMEN

RESUMEN					
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	promedio
grado 1	3	444	148,0000	192,0000	147,111
grado 2	3	436	145,3333	149,3333	
Grado 3	3	444	148,0000	192,0000	

Elaborado por: Cristhian Abad P.

TABLA 3.11 ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN SOLO FACTOR EN INCREMENTO EN VOLUMEN

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Procedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	14,2222	2	7,111	0,0400	0,6087	5,1433
Dentro de los grupos	1066,6667	6	177,7778			
Total	1080,8889	8				

Elaborado por: Cristhian Abad P.

Según los resultados se obtiene como resultado que la F calculado de 0,0400 es menor que F crítico de tabla 5.143, y se concluye que no hay diferencia significativa entre los tratamientos grados de madurez para el incremento del volumen.

CAPÍTULO 4

4. Conclusiones y Recomendaciones

- ✚ Muestras de arroz con grado menor de madurez y con un contenido alto de humedad al inicio del secado, tienen al final del mismo una pérdida mayor de contenido de agua con respecto a otras muestras de arroz con un grado mayor de madurez y alto contenido de humedad; debido a que existen granos semi-maduros con una consistencia un poco blanda y pastosa los cuales presentan mayor contenido de agua en la composición de los mismos.
- ✚ Es posible cosechar un arroz con tipo de siembra por trasplante con un grado de madurez menor (100 días), analizando desde el aspecto de calidad en el pilado puesto que la diferencia en el espesor de las

muestras de los tres grados de madurez fue de alrededor de 0,06 mm entre la de mayor diámetro (1,71619mm) y la de menor diámetro (1,65578mm), datos obtenidos al haber realizado una prueba granulométrica.

- ✚ De acuerdo al análisis estadístico de varianza de un solo factor aplicado a los resultados obtenidos en el rendimiento de arroz con diferentes grados de madurez en el pilado, se demostró que hay diferencias significativas entre los tratamientos de los grados de madurez y que la diferencia porcentual en promedio de rendimientos es alrededor del 10,04% entre muestras de menor grado de madurez con muestras de mayor grado de madurez.
- ✚ Además desde el aspecto económico cosechar a un grado menor implica un pérdida de alrededor del 10,04% en peso en el rendimiento de arroz pilado, pero frente a las amenazas de una posible pérdida de los cultivos, este porcentaje sería muy bajo.
- ✚ En la relación de pérdida de peso de muestras de tres Grado de Madurez vs. Tiempo se concluye que el arroz con una madurez óptima (G3) y una humedad de alrededor de 25%, al final de secado va a perder en promedio aproximadamente 15,64% equivalente a 23,07 libras de peso.
- ✚ Caso contrario sucede si se cosecha un arroz con madurez G1 y humedad alta de alrededor de 30% de humedad, al final del secado

va a perder en promedio aproximadamente 17,78% equivalente a 40,9 libras de peso.

- ✚ En muestras de arroz con diferente grado de madurez sometido a cocción para determinar el incremento en peso y en volumen no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos de grados de madurez mediante el análisis estadístico de varianza de un solo factor.
- ✚ Se recomienda el uso de otras variedades de arroz para determinar la comparación entre las mismas si existe o no variabilidad en la influencia en cosechar a una etapa temprana de maduración en el rendimiento en el pilado como en la cocción.

APÉNDICES

APÉNDICE A

MONITOREO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE

PRIMER TURNO 10:00 -12:00.

10:00 -12:00														Min	Max	Δ	prom.	
Fecha		03-03-09	04-03-09	05-03-09	06-03-09	07-03-09	09-03-09	10-03-09	11-03-09	12-03-09	13-03-09	14-03-09	15-03-09					
T°C/%HR aire en	T°C	Min	-	32,8	28,1	31,7	29,0	34,5	30,2	-	33,1	33,6	35,3	35,4	28,1	36,2	8,1	33,0
		Max	-	33,5	30,5	35,2	31,0	34,6	30,7	-	34,1	34,7	35,5	36,2				
superficie del piso	%HR	Min	-	66,0	79,0	61,0	68,0	60,4	72,1	-	65,5	66,0	55,2	49,1	49,1	80,5	31,4	65,1
		Max	-	73,1	80,5	62,0	70,7	62,5	72,3	-	66,4	67,0	55,8	49,4				
T°C/%HR aire a una altura 40- 50 cm del piso	T°C	Min	-	31,5	31,1	31,5	29,0	31,6	28,9	-	33,1	33,6	35,2	34,7	28,9	35,3	6,4	32,6
		Max	-	32,6	32,4	33,7	33,1	32,7	29,9	-	33,5	33,7	35,3	34,8				
	%HR	Min	-	59,0	66,8	55,0	54,0	61,3	63,7	-	60,2	58,0	56,0	54,1	54,0	69,2	15,2	59,6
		Max	-	62,2	69,2	57,1	57,0	62,5	66,5	-	60,5	59,0	56,3	54,2				

APÉNDICE B

MONITOREO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE

SEGUNDO TURNO 12:00 -14:00.

12:00 -14:00															Min	Max	Δ	prom.
Fecha		03-03-09	04-03-09	05-03-09	06-03-09	07-03-09	09-03-09	10-03-09	11-03-09	12-03-09	13-03-09	14-03-09	15-03-09					
T°C/%HR	aire en	Min	31,5	32,0	29,1	29,2	31,5	32,3	33,1	31,4	36,7	-	35,1	37,8	29,1	38,3	9,2	33,7
		T°C Max	31,8	34,1	33,5	30,2	33,2	35,5	34,9	35,6	37,8	-	36,5	38,3				
superficie	del piso	Min	63,4	63,0	69,1	62,3	70,7	61,2	66,7	63,9	57,1	-	54,1	43,6	43,6	72,2	28,6	62,3
		%HR Max	63,8	65,3	72,2	63,7	71,3	62,5	70,6	68,7	58	-	54,5	43,9				
T°C/%HR	aire a una	Min	31,8	30,1	33,1	31,6	32,2	34,5	30,7	33,7	35,5	-	35,7	36,7	30,1	36,8	6,7	33,6
		T°C Max	32,2	31,5	34,1	32,6	32,9	34,8	32,5	33,8	35,6	-	36,5	36,8				
50 cm del	piso	Min	64,9	64,8	61	60,0	64,4	52,9	55,1	53,4	60,4	-	53,5	47,5	47,5	65,7	18,2	58,8
		%HR Max	65	65,1	65,1	62	65,7	53,7	55,7	56,7	63,2	-	55,1	49,1				

APÉNDICE C

MONITOREO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE

TERCER TURNO 14:00 -16:00

14:00 -16:00														Min	Max	Δ	prom.		
Fecha		03-03-09	04-03-09	05-03-09	06-03-09	07-03-09	09-03-09	10-03-09	11-03-09	12-03-09	13-03-09	14-03-09	15-03-09						
T°C/%HR	aire en	T°C	Min	34,6	33,4	32,9	29,6	-	34,6	34,9	31,9	29,5	37,0	34,6	37,0	29,5	38,6	9,1	34,2
			Max	34,9	34,7	33,4	30,2	-	34,9	35,2	34,7	29,6	38,6	37,2	38,6				
superficie	del piso	%HR	Min	57,3	62,1	76,3	68,5	-	57,3	53,2	65,6	75,3	53,4	51,2	53,4	51,2	81,5	30,3	62,3
			Max	59,1	63,2	81,5	69,2	-	59,1	56,2	75,6	75,5	53,8	52,7	53,8				
T°C/%HR	aire a una	T°C	Min	34,1	31,2	30,3	30,5	-	32,4	34,3	32,3	29,3	37,5	36,6	37,5	29,3	38,2	8,9	33,6
			Max	34,2	32,2	31,4	31	-	34,5	34,6	33,5	29,4	38,2	36,7	38,2				
50 cm del	piso	%HR	Min	57,5	70,1	64	63,2	-	59,5	56,1	61,9	75,3	48,8	50,1	48,8	48,8	75,6	26,8	60,1
			Max	62,5	71,5	64,6	64,1	-	61,0	56,5	62,6	75,6	49,1	50,6	49,1				

APÉNDICE D

Cálculos de rendimientos de arroz entero

Grado de madurez Uno

- Muestra Uno

Datos iniciales:

Po= 185,2 lbs.

Pf= 71,33 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{185,2 - 71,33}{185,2} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 38,52\%$$

- Muestra Dos

Datos iniciales:

Po= 190 lbs.

Pf= 74,56 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{190 - 74,56}{190} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 39,24\%$$

- Muestra Tres

Datos iniciales:

Po= 192,1 lbs.

Pf= 75,41 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{192,1 - 75,41}{192,1} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 39,26\%$$

Grado de madurez Dos

- Muestra Uno

Datos iniciales:

Po= 192 lbs.

Pf= 71,32 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{192 - 71,32}{192} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 37,15\%$$

- Muestra Dos

Datos iniciales:

Po= 192 lbs.

Pf= 72,85 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{192 - 72,85}{192} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 37,94\%$$

- Muestra Tres

Datos iniciales:

Po= 193,7 lbs.

Pf= 75,85 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{193,7 - 75,85}{193,7} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 39,16\%$$

Grado de madurez Tres

- Muestra Uno

Datos iniciales:

Po= 184,5 lbs.

Pf= 87,42 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{184,5 - 87,42}{184,5} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 47,38$$

- Muestra Dos

Datos iniciales:

Po= 184,5 lbs.

Pf= 90,24 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{184,5 - 90,24}{184,5} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 48,91\%$$

- Muestra Tres

Datos iniciales:

Po= 187,8 lbs.

Pf= 95,50lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{187,8 - 95,50}{187,8} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 50,85\%$$

Cálculos de rendimientos de arroz quebrado

Grado de madurez Uno

- Muestra Uno

Datos iniciales:

Po= 185,2 lbs.

Pf= 3,4 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{185,2 - 3,4}{185,2} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 1,84\%$$

- Muestra Dos

Datos iniciales:

Po= 190 lbs.

Pf= 3,2 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{190 - 3,2}{190} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 1,68\%$$

- Muestra Tres

Datos iniciales:

Po= 192,1 lbs.

Pf= 2,9 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{192,1 - 2,9}{192,1} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 1,51\%$$

Grado de madurez Dos

- Muestra Uno

Datos iniciales:

Po= 192 lbs.

Pf= 13,5 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{192 - 13,5}{192} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 7,03\%$$

- Muestra Dos

Datos iniciales:

Po= 192 lbs.

Pf= 12,8 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{192 - 12,8}{192} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 6,67\%$$

- Muestra Tres

Datos iniciales:

Po= 193,7 lbs.

Pf= 12,5 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{193,7 - 12,5}{193,7} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 6,45\%$$

Grado de madurez Tres

- Muestra Uno

Datos iniciales:

Po= 184,5 lbs.

Pf= 19,54 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{184,5 - 19,54}{184,5} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 10,59\%$$

- Muestra Dos

Datos iniciales:

Po= 184,5 lbs.

Pf= 17,16 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{184,5 - 17,16}{184,5} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 9,30\%$$

- Muestra Tres

Datos iniciales:

Po= 187,8 lbs.

Pf= 18,16 lbs.

Desarrollo:

$$\%Rend. = 100\% - \left[\frac{187,8 - 18,16}{187,8} * 100 \right]$$

$$\%Rend. = 9,67\%$$

APÉNDICE E

GRANULOMETRÍA

Grado de madurez Uno

Prueba granulométrica – muestra uno

Mesh	masa total(gr)	masa malla(gr)	mi (gr.)	ΔXi	Dpsup	Dpi medio(mm)	Xi	Yi	$\Delta Xi/Dpi$	Dp (mm)
7	449,05	449,04	0,01	0,000025	2,8	2,58	1	0	0,00000969	$1/\sum \Delta Xi/Dpi$
8	476,14	459,30	16,84	0,042099	2,36	2,18	0,999975	0,000025	0,01931144	1,662949
9	601,18	456,35	144,83	0,362066	2	1,85	0,957876	0,042124	0,19571132	
10	680,36	447,90	232,46	0,581135	1,7	1,55	0,595810	0,404190	0,37492611	
12	459,17	453,32	5,85	0,014625	1,4	1,29	0,014675	0,985325	0,01133693	
14	452,20	452,18	0,02	0,000050	1,18	1,09	0,000050	0,999950	0,00004587	
16	427,85	427,85	0,00	0,000000	1		0,000000	1,000000		
total			400,01	1,00					0,60134136	

Elaborado por: Cristhian Abad

Prueba granulométrica – muestra dos

Mesh	masa total(gr)	masa malla(gr)	mi (gr.)	ΔXi	Dpsup	Dpi medio(mm)	Xi	Yi	$\Delta Xi/Dpi$	Dp (mm)
7	449,05	449,04	0,01	0,000025	2,8	2,58	1	0	0,00000969	$1/\sum \Delta Xi/Dpi$
8	473,57	459,30	14,27	0,035674	2,36	2,18	0,999975	0,000025	0,01636427	1,6623312
9	603,38	456,35	147,03	0,367566	2	1,85	0,964301	0,035699	0,19868422	
10	682,22	447,90	234,32	0,585785	1,7	1,55	0,596735	0,403265	0,37792604	
12	457,44	453,32	4,12	0,010300	1,4	1,29	0,010950	0,989050	0,00798430	
14	452,44	452,18	0,26	0,000650	1,18	1,09	0,000650	0,999350	0,00059632	
16	427,85	427,85	0,00	0,000000	1		0,000000	1		
total			400,01	1,00					0,60156483	

Elaborado por : Cristhian Abad

Prueba granulométrica – muestra tres

Mesh	masa total(gr)	masa malla(gr)	mi (gr.)	ΔXi	Dpsup	Dpi medio(mm)	Xi	Yi	$\Delta Xi/Dpi$	Dp (mm)
7	449,04	449,04	0,00	0,000000	2,8	2,58	1	0	0,00000000	$1/\sum \Delta Xi/Dpi$
8	468,77	459,30	9,47	0,023674	2,36	2,18	1,000000	0,000000	0,01085982	1,6557783
9	604,83	456,35	148,48	0,371191	2	1,85	0,976326	0,023674	0,20064363	
10	684,14	447,90	236,24	0,590585	1,7	1,55	0,605135	0,394865	0,38102273	
12	458,68	453,32	5,36	0,013400	1,4	1,29	0,014550	0,985450	0,01038734	
14	452,63	452,18	0,45	0,001125	1,18	1,09	0,001150	0,998850	0,00103208	
16	427,85	427,85	0,00	0,000000	1		0,000025	0,999975		
total			400,00	1,00					0,60394561	

Elaborado por : Cristhian Abad

Grado de madurez Dos

Prueba granulométrica – muestra uno

Mesh	masa total(gr)	masa malla(gr)	mi (gr.)	ΔXi	Dpsup	Dpi medio(mm)	Xi	Yi	$\Delta Xi/Dpi$	Dp (mm)
7	449,04	449,04	0,00	0,000000	2,8	2,58	1	0	0,00000000	$1/\sum \Delta Xi/Dpi$
8	477,8	459,30	18,50	0,046250	2,36	2,18	1,000000	0,000000	0,0212156	1,6877012
9	626,43	456,35	170,08	0,425200	2	1,85	0,953750	0,046250	0,2298378	
10	658,01	447,90	210,11	0,525275	1,7	1,55	0,528550	0,471450	0,3388871	
12	454,51	453,32	1,19	0,002975	1,4	1,29	0,003275	0,996725	0,0023062	
14	452,30	452,18	0,12	0,000300	1,18	1,09	0,000300	0,999700	0,0002752	
16	427,85	427,85	0,00	0,000000	1		0,000000	1,000000		
total			400	1,00					0,5925220	

Elaborado por : Cristhian Abad

Prueba granulométrica – muestra dos

Mesh	masa total(gr)	masa malla(gr)	mi (gr.)	ΔXi	Dpsup	Dpi medio(mm)	Xi	Yi	$\Delta Xi/Dpi$	Dp (mm)
7	449,04	449,04	0,00	0,000000	2,8	2,58	1	0	0,000000	$1/\sum \Delta Xi/Dpi$
8	483,25	459,30	23,95	0,059875	2,36	2,18	1,000000	0,000000	0,027466	1,701250
9	635,74	456,35	179,39	0,448475	2	1,85	0,940125	0,059875	0,242419	
10	642,45	447,90	194,55	0,486375	1,7	1,55	0,491650	0,508350	0,313790	
12	455,32	453,32	2,00	0,005000	1,4	1,29	0,005275	0,994725	0,003876	
14	452,29	452,18	0,11	0,000275	1,18	1,09	0,000275	0,999725	0,000252	
16	427,85	427,85	0,00	0,000000	1		0,000000	1,000000		
total			400,00	1,00					0,587803	

Elaborado por: Cristhian Abad

Prueba granulométrica – muestra tres

Mesh	masa total(gr)	masa malla(gr)	mi (gr.)	ΔXi	Dpsup	Dpi medio(mm)	Xi	Yi	$\Delta Xi/Dpi$	Dp (mm)
7	449,04	449,04	0,00	0,000000	2,8	2,58	1	0	0,000000	$1/\sum \Delta Xi/Dpi$
8	484,82	459,30	25,52	0,063800	2,36	2,18	1,000000	0,000000	0,0292661	1,702081
9	635,16	456,35	178,81	0,447025	2	1,85	0,936200	0,063800	0,2416351	
10	640,58	447,90	192,68	0,481700	1,7	1,55	0,489175	0,510825	0,3107742	
12	456,18	453,32	2,86	0,007150	1,4	1,29	0,007475	0,992525	0,0055426	
14	452,31	452,18	0,13	0,000325	1,18	1,09	0,000325	0,999675	0,000298	
16	427,85	427,85	0,00	0,000000	1		0,000000	1,000000		
total			400,00	1,00					0,587516	

Elaborado por: Cristhian Abad

Grado de madurez Tres

Prueba granulométrica – muestra uno

Mesh	masa total(gr)	masa malla(gr)	mi (gr.)	ΔXi	Dpsup	Dpi medio(mm)	Xi	Yi	$\Delta Xi/Dpi$	Dp (mm)
7	449,04	449,04	0,00	0,000000	2,8	2,58	1	0	0,000000	$1/\sum \Delta Xi/Dpi$
8	488	459,30	28,70	0,071750	2,36	2,18	1,000000	0,000000	0,032913	1,716190
9	648,8	456,35	192,45	0,481125	2	1,85	0,928250	0,071750	0,260068	
10	623,15	447,90	175,25	0,438125	1,7	1,55	0,447125	0,552875	0,282661	
12	456,73	453,32	3,41	0,008525	1,4	1,29	0,009000	0,991000	0,006609	
14	452,37	452,18	0,19	0,000475	1,18	1,09	0,000475	0,999525	0,000436	
16	427,85	427,85	0,00	0,000000	1		0,000000	1,000000		
total			400	1,00					0,582686	

Elaborado por: Cristhian Abad

Prueba granulométrica – muestra dos

Mesh	masa total(gr)	masa malla(gr)	mi (gr.)	ΔXi	Dpsup	Dpi medio(mm)	Xi	Yi	$\Delta Xi/Dpi$	Dp (mm)
7	449,04	449,04	0,00	0,000000	2,8	2,58	1	0	0,000000	$1/\sum \Delta Xi/Dpi$
8	489,18	459,30	29,88	0,074700	2,36	2,18	1,000000	0,000000	0,0342661	1,7114886
9	644,41	456,35	188,06	0,470150	2	1,85	0,925300	0,074700	0,2541351	
10	623,32	447,90	175,42	0,438550	1,7	1,55	0,455150	0,544850	0,2829355	
12	459,73	453,32	6,41	0,016025	1,4	1,29	0,016600	0,983400	0,0124225	
14	452,41	452,18	0,23	0,000575	1,18	1,09	0,000575	0,999425	0,000528	
16	427,85	427,85	0,00	0,000000	1		0,000000	1,000000		
total			400,00	1,00					0,584287	

Elaborado por: Cristhian Abad

Prueba granulométrica – muestra tres

Mesh	masa total(gr)	masa malla(gr)	mi (gr.)	ΔXi	Dpsup	Dpi medio(mm)	Xi	Yi	$\Delta Xi/Dpi$	Dp (mm)
7	449,04	449,04	0,00	0,000000	2,8	2,58	1	0	0,000000	$1/\sum \Delta Xi/Dpi$
8	489,41	459,30	30,11	0,075275	2,36	2,18	1,000000	0,000000	0,034530	1,7102499
9	641,3	456,35	184,95	0,462375	2	1,85	0,924725	0,075275	0,2499324	
10	627,18	447,90	179,28	0,448200	1,7	1,55	0,462350	0,537650	0,2891613	
12	458,65	453,32	5,33	0,013325	1,4	1,29	0,014150	0,985850	0,0103295	
14	452,51	452,18	0,33	0,000825	1,18	1,09	0,000825	0,999175	0,000757	
16	427,85	427,85	0,00	0,000000	1		0,000000	1,000000		
total			400,00	1,00					0,584710	

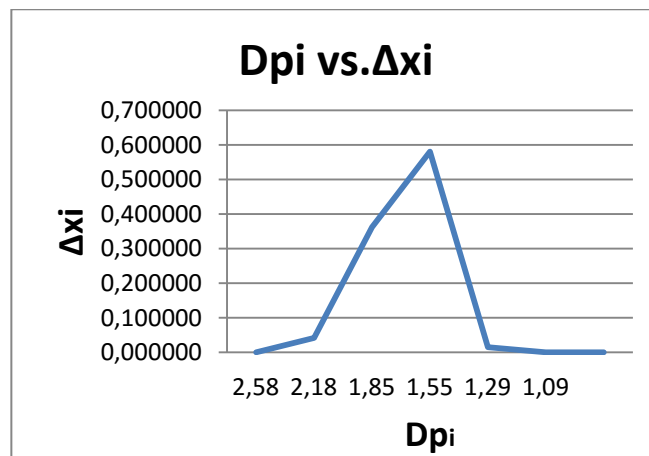
Elaborado por : Cristhian Abad

APÉNDICE F

CURVAS DE TABLAS GRANULOMETRICAS

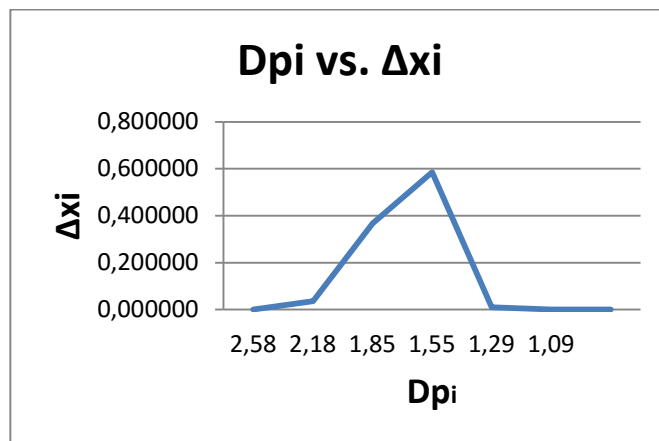
Grado de madurez Uno

- Muestra uno



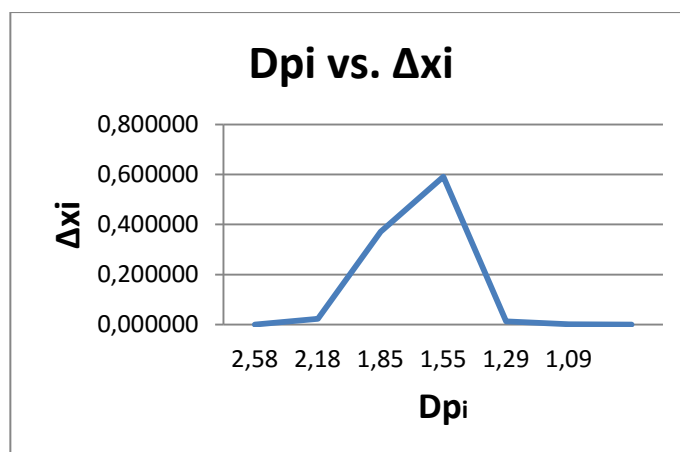
Elaborado por: Cristhian Abad P.

- Muestra dos



Elaborado por: Cristhian Abad P.

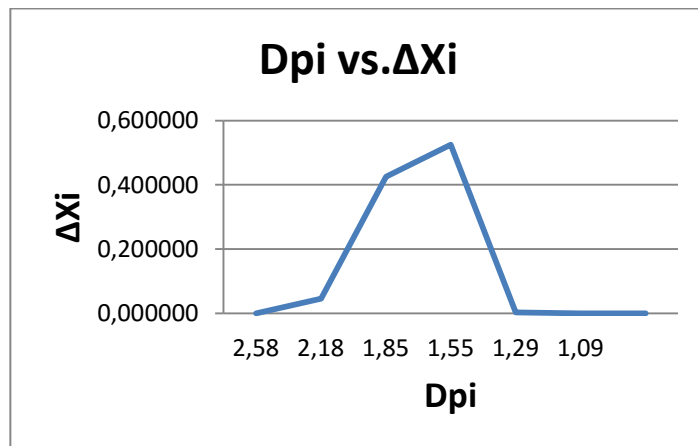
- Muestra tres



Elaborado por: Cristhian Abad P.

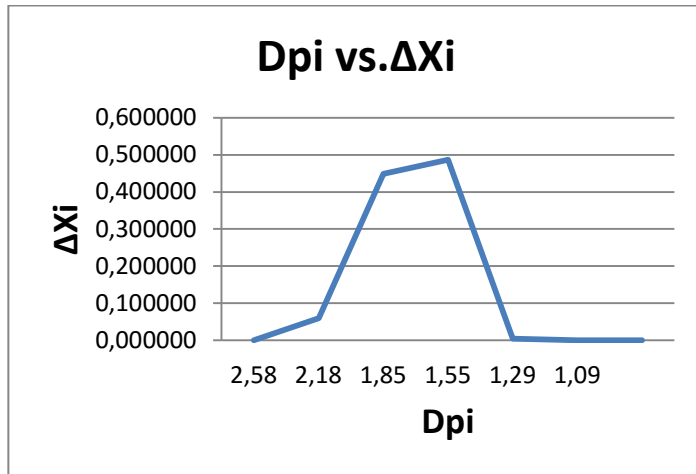
Grado de madurez dos

- Muestra uno



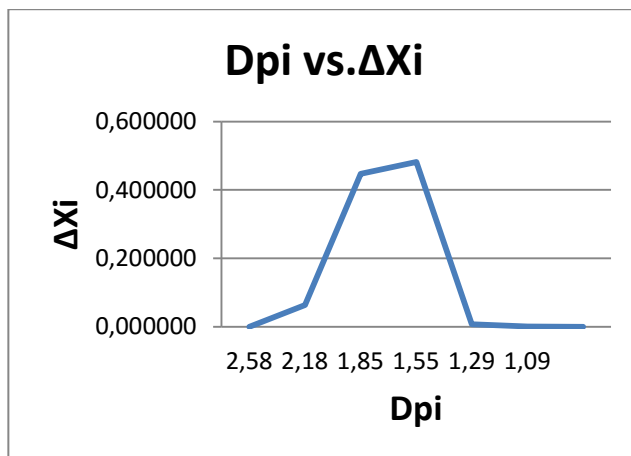
Elaborado por: Cristhian Abad P.

- Muestra dos



Elaborado por: Cristhian Abad P.

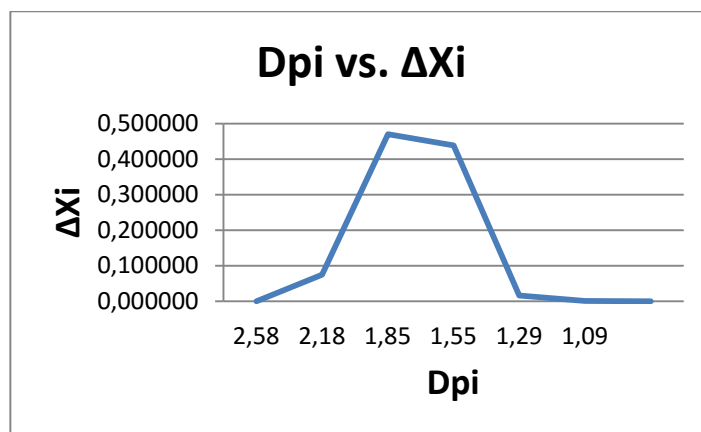
- Muestra tres



Elaborado por: Cristhian Abad P

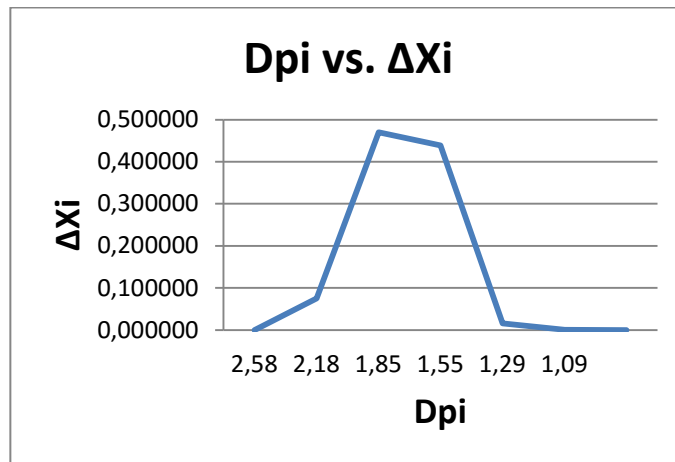
Grado de madurez tres

- Muestra uno



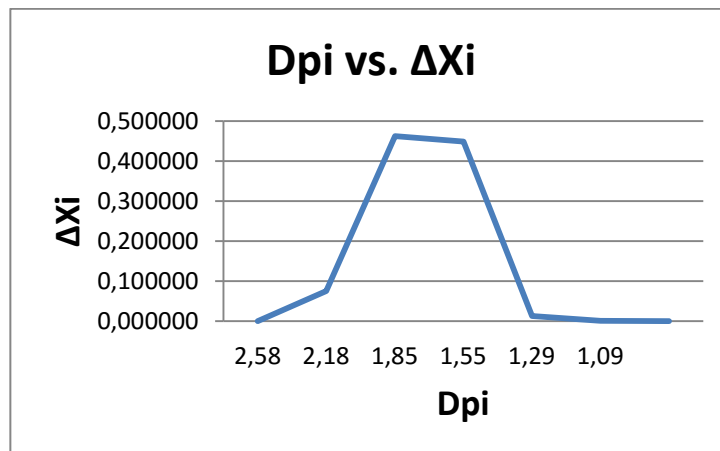
Elaborado por: Cristhian Abad P.

- Muestra dos



Elaborado por: Cristhian Abad P

- Muestra tres



Elaborado por: Cristhian Abad P.

APÉNDICE G

Nominación Tyler

U. S. A. SIEVE SERIES AND TYLER EQUIVALENTS
A.S.T.M.—E-11-70

Sieve Description		Sieve Opening		Nominal Wire Diameter		Tyler Screen Size Equivalent Designation
Standard (a)	Alternate	mm	in (approx. equivalents)	mm	in (approx. equivalents)	
125 mm	5 in.	125	5	5	.190	
150 mm	4 24/64 in.	150	4.24	4.40	.170	
180 mm	4 in. (b)	180	4.00	4.20	.160	
200 mm	3 1/2 in.	200	3.50	3.68	.140	
25 mm	3 in.	25	3.00	3.00	.120	
30 mm	2 3/4 in.	30	2.50	2.50	.100	
35 mm	2 1/2 in.	35	2.50	2.50	.100	
40 mm	2 in. (b)	40	2.00	2.00	.080	
45 mm	1 3/4 in.	45	1.75	1.75	.070	
50 mm	1 3/8 in.	50	1.50	1.50	.060	
60 mm	1 1/2 in.	60	1.50	1.50	.060	
75 mm	1 3/8 in.	75	1.25	1.25	.050	
100 mm	1 1/8 in.	100	1.00	1.00	.040	
150 mm	1 in. (b)	150	.75	.75	.030	1000 in.
200 mm	3/4 in.	200	.50	.50	.020	
250 mm	3/8 in.	250	.375	.375	.015	
300 mm	3/4 in.	300	.300	.300	.012	
350 mm	3/8 in.	350	.250	.250	.010	
400 mm	3/8 in.	400	.250	.250	.010	
450 mm	3/8 in.	450	.225	.225	.009	
500 mm	3/8 in.	500	.200	.200	.008	
550 mm	3/8 in.	550	.175	.175	.007	
600 mm	3/8 in.	600	.150	.150	.006	
650 mm	3/8 in.	650	.125	.125	.005	
700 mm	3/8 in.	700	.100	.100	.004	
750 mm	3/8 in.	750	.075	.075	.003	
800 mm	3/8 in.	800	.050	.050	.002	
850 mm	3/8 in.	850	.025	.025	.001	
900 mm	3/8 in.	900	.025	.025	.001	
950 mm	3/8 in.	950	.025	.025	.001	
1000 mm	3/8 in.	1000	.025	.025	.001	
1050 mm	3/8 in.	1050	.025	.025	.001	
1100 mm	3/8 in.	1100	.025	.025	.001	
1150 mm	3/8 in.	1150	.025	.025	.001	
1200 mm	3/8 in.	1200	.025	.025	.001	
1250 mm	3/8 in.	1250	.025	.025	.001	
1300 mm	3/8 in.	1300	.025	.025	.001	
1350 mm	3/8 in.	1350	.025	.025	.001	
1400 mm	3/8 in.	1400	.025	.025	.001	
1450 mm	3/8 in.	1450	.025	.025	.001	
1500 mm	3/8 in.	1500	.025	.025	.001	
1550 mm	3/8 in.	1550	.025	.025	.001	
1600 mm	3/8 in.	1600	.025	.025	.001	
1650 mm	3/8 in.	1650	.025	.025	.001	
1700 mm	3/8 in.	1700	.025	.025	.001	
1750 mm	3/8 in.	1750	.025	.025	.001	
1800 mm	3/8 in.	1800	.025	.025	.001	
1850 mm	3/8 in.	1850	.025	.025	.001	
1900 mm	3/8 in.	1900	.025	.025	.001	
1950 mm	3/8 in.	1950	.025	.025	.001	
2000 mm	3/8 in.	2000	.025	.025	.001	
2050 mm	3/8 in.	2050	.025	.025	.001	
2100 mm	3/8 in.	2100	.025	.025	.001	
2150 mm	3/8 in.	2150	.025	.025	.001	
2200 mm	3/8 in.	2200	.025	.025	.001	
2250 mm	3/8 in.	2250	.025	.025	.001	
2300 mm	3/8 in.	2300	.025	.025	.001	
2350 mm	3/8 in.	2350	.025	.025	.001	
2400 mm	3/8 in.	2400	.025	.025	.001	
2450 mm	3/8 in.	2450	.025	.025	.001	
2500 mm	3/8 in.	2500	.025	.025	.001	
2550 mm	3/8 in.	2550	.025	.025	.001	
2600 mm	3/8 in.	2600	.025	.025	.001	
2650 mm	3/8 in.	2650	.025	.025	.001	
2700 mm	3/8 in.	2700	.025	.025	.001	
2750 mm	3/8 in.	2750	.025	.025	.001	
2800 mm	3/8 in.	2800	.025	.025	.001	
2850 mm	3/8 in.	2850	.025	.025	.001	
2900 mm	3/8 in.	2900	.025	.025	.001	
2950 mm	3/8 in.	2950	.025	.025	.001	
3000 mm	3/8 in.	3000	.025	.025	.001	

(a) These standard designations correspond to the values for test sieve openings recommended by the International Standards Organization Committee, International.

(b) These sizes are not in the fourth part of 2 Series, but they have been included because they are in common usage.

(c) These numbers (175 to 400) are the approximate number of openings per linear inch but it is preferred that the size be identified by the standard designation in millimeters or microns.

1000 μm = 1 mm.

APÉNDICE H

COCCIÓN

Grado de Madurez Uno

- Muestra Uno

Muestra Uno				
Tiempo(min)				
Tiempo inicio cocción		Tiempo final cocción		
0		30		
#porciones	volumen(cm3)	peso(onz)	peso(gr.)	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	80	2	56,7	
total	8	1200	30	850,5

Elaborado por: Cristhian Abad P.

- Muestra Dos

Muestra Dos			
Tiempo(min)			
Tiempo inicio cocción		Tiempo final cocción	
0		31	
#porciones	volumen(cm3)	peso(onz)	peso(gr.)
1	160	4	113,4
1	160	4	113,4
1	160	4	113,4
1	160	4	113,4
1	160	4	113,4
1	160	4	113,4
1	160	4	113,4
1	80	2	56,7
total	8	1200	30
			850,5

Elaborado por: Cristhian Abad P.

- Muestra Tres

Muestra Tres			
Tiempo(min)			
Tiempo inicio cocción		Tiempo final cocción	
0		31	
#porciones	volumen(cm3)	peso(onz)	peso(gr.)
1	160	4	113,4
1	160	4	113,4
1	160	4	113,4
1	160	4	113,4
1	160	4	113,4
1	160	4	113,4
1	160	4	113,4
1	160	4	113,4
1	40	1	28,35
total	9	1320	33
			935,55

Elaborado por: Cristhian Abad P.

Grado de Madurez Dos

- Muestra Uno

Muestra Uno				
Tiempo(min)				
Tiempo inicio cocción		Tiempo final cocción		
0		29		
#porciones	volumen(cm3)	peso(onz)	peso(gr.)	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	40	1	28,35	
total	8	1160	29	822,15

Elaborado por: Cristhian Abad P.

- Muestra Dos

Muestra Dos				
Tiempo(min)				
Tiempo inicio cocción		Tiempo final cocción		
0		29		
#porciones	volumen(cm3)	peso(onz)	peso(gr.)	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	40	1	28,35	
total	8	1160	29	822,15

Elaborado por: Cristhian Abad P.

- Muestra Tres

Muestra Tres				
Tiempo(min)				
Tiempo inicio cocción		Tiempo final cocción		
0		29		
#porciones	volumen(cm3)	peso(onz)	peso(gr.)	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
Total	8	1280	32	907,2

Elaborado por: Cristhian Abad P.

Grado de Madurez Tres

- Muestra Uno

Muestra uno				
Tiempo(min)				
Tiempo inicio cocción		Tiempo final cocción		
0		27		
#porciones	volumen(cm3)	peso(onz)	peso(gr.)	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	40	1	28,35	
total	8	1160	29	822,15

Elaborado por: Cristhian Abad P.

- Muestra Dos

Muestra Dos				
Tiempo(min)				
Tiempo inicio cocción		Tiempo final cocción		
0		25		
#porciones	volumen(cm3)	peso(onz)	peso(gr.)	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
total	8	1280	32	907,2

Elaborado por: Cristhian Abad P.

- Muestra Tres

Muestra Tres				
Tiempo(min)				
Tiempo inicio cocción		Tiempo final cocción		
0		25		
#porciones	volumen(cm3)	peso(onz)	peso(gr.)	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
1	160	4	113,4	
total	8	1280	32	907,2

Elaborado por: Cristhian Abad P.

APÉNDICE I

Análisis de la ANOVA de un solo factor en diámetros de partículas de arroz a diferentes grados de madurez.

n	G1	G2	G3
1	1,6629	1,6877	1,7162
2	1,6623	1,7012	1,7115
3	1,6558	1,7021	1,7102

Elaborado por. Cristhian Abad P.

RESUMEN					
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Promedio
G1	3	4,98105844	1,6604	0,0000	1,69000211
G2	3	5,09103188	1,6970	0,0001	
G3	3	5,13792867	1,7126	0,0000	

Elaborado por. Cristhian Abad P.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0043	2	0,002161	71,4184	0,00052	5,1433
Dentro de los grupos	0,0002	6	0,000030			
Total	0,0045	8				

Elaborado por: Cristhian Abad P.

En los resultados se obtiene que F calculada es 71,4184 el cual es mayor a F crítica o de tabla, por lo tanto si existe diferencia significativas entre diámetros.

APÉNDICE J

Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER

1 - $\alpha = 0.95$

v_1 = grados de libertad del numerador

1 - $\alpha = P(F \leq f_{\alpha, v_1, v_2})$

v_2 = grados de libertad del denominador

$v_2 \backslash v_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	161.446	189.489	215.707	224.583	230.160	233.986	236.767	238.884	240.543	241.882	242.981	243.905	244.690	245.363	245.949	246.466	246.917	247.324	247.688	248.016
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.405	19.412	19.419	19.424	19.429	19.433	19.437	19.440	19.443	19.446
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.785	8.763	8.745	8.729	8.715	8.703	8.692	8.683	8.675	8.667	8.660
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.936	5.912	5.891	5.873	5.858	5.844	5.832	5.821	5.811	5.803
5	6.606	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.704	4.678	4.655	4.636	4.619	4.604	4.590	4.579	4.568	4.558
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.027	4.000	3.976	3.956	3.938	3.922	3.908	3.896	3.884	3.874
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.603	3.575	3.550	3.529	3.511	3.494	3.480	3.467	3.455	3.445
8	5.318	4.458	4.066	3.838	3.688	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.313	3.284	3.259	3.237	3.218	3.202	3.187	3.173	3.161	3.150
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.102	3.073	3.048	3.025	3.006	2.989	2.974	2.960	2.948	2.936
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.943	2.913	2.887	2.865	2.845	2.828	2.812	2.798	2.785	2.774
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.818	2.788	2.761	2.739	2.719	2.701	2.685	2.671	2.658	2.646
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.717	2.687	2.660	2.637	2.617	2.599	2.583	2.568	2.555	2.544
13	4.667	3.805	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.635	2.604	2.577	2.554	2.533	2.515	2.499	2.484	2.471	2.459
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.565	2.534	2.507	2.484	2.463	2.445	2.428	2.413	2.400	2.388
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.507	2.475	2.448	2.424	2.403	2.385	2.368	2.353	2.340	2.328
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.456	2.425	2.397	2.373	2.352	2.333	2.317	2.302	2.288	2.276
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.411	2.381	2.353	2.329	2.308	2.289	2.272	2.257	2.243	2.230
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.575	2.510	2.456	2.412	2.374	2.342	2.314	2.290	2.269	2.250	2.233	2.217	2.203	2.191
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.541	2.475	2.421	2.378	2.340	2.308	2.280	2.256	2.234	2.215	2.198	2.182	2.168	2.155
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.511	2.445	2.391	2.348	2.310	2.278	2.250	2.225	2.203	2.184	2.167	2.151	2.137	2.124
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.485	2.420	2.366	2.321	2.283	2.250	2.222	2.197	2.176	2.156	2.139	2.123	2.109	2.096
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.461	2.395	2.341	2.297	2.259	2.226	2.198	2.173	2.151	2.131	2.114	2.098	2.084	2.071
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.440	2.374	2.320	2.275	2.236	2.204	2.175	2.150	2.128	2.109	2.091	2.075	2.061	2.048
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.621	2.508	2.421	2.355	2.300	2.255	2.216	2.183	2.155	2.130	2.108	2.088	2.070	2.054	2.040	2.027
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.403	2.337	2.282	2.236	2.198	2.165	2.136	2.111	2.089	2.069	2.051	2.035	2.021	2.007
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.387	2.321	2.265	2.220	2.181	2.148	2.119	2.094	2.072	2.052	2.034	2.018	2.003	1.990
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.371	2.305	2.250	2.204	2.166	2.132	2.103	2.078	2.056	2.036	2.018	2.002	1.987	1.974
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.357	2.291	2.236	2.190	2.151	2.118	2.089	2.064	2.041	2.021	2.003	1.987	1.972	1.959
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.344	2.278	2.223	2.177	2.138	2.104	2.075	2.050	2.027	2.007	1.989	1.973	1.958	1.945
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.333	2.266	2.211	2.165	2.126	2.092	2.063	2.037	2.015	1.995	1.976	1.960	1.945	1.932
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.248	2.180	2.124	2.077	2.038	2.003	1.974	1.948	1.924	1.904	1.885	1.868	1.853	1.839
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.287	2.199	2.130	2.073	2.026	1.986	1.951	1.921	1.895	1.871	1.850	1.831	1.814	1.798	1.784
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.166	2.097	2.040	1.993	1.952	1.917	1.887	1.860	1.836	1.815	1.796	1.779	1.763	1.748
70	3.976	3.128	2.736	2.503	2.346	2.231	2.143	2.074	2.017	1.969	1.928	1.893	1.863	1.836	1.812	1.790	1.771	1.753	1.737	1.722
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951	1.910	1.875	1.845	1.817	1.793	1.772	1.752	1.734	1.718	1.703
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.316	2.201	2.113	2.043	1.986	1.938	1.897	1.861	1.830	1.803	1.779	1.757	1.737	1.720	1.703	1.688
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927	1.886	1.850	1.819	1.792	1.768	1.746	1.726	1.709	1.691	1.676
200	3.888	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.056	1.985	1.927	1.878	1.837	1.801	1.769	1.742	1.717	1.694	1.674	1.656	1.639	1.623
500	3.860	3.014	2.623	2.390	2.232	2.117	2.028	1.957	1.899	1.850	1.808	1.772	1.740	1.712	1.686	1.664	1.643	1.625	1.607	1.592
1000	3.851	3.005	2.614	2.381	2.223	2.108	2.019	1.948	1.890	1.840	1.798	1.762	1.730	1.702	1.676	1.654	1.633	1.614	1.597	1.581

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

Bibliografía

(1)PROYECTO COMUNITARIO, *Conservación de alimentos* [en línea] [consulta: 05 Abril 2009]. Disponible en: < http://www.alimentacioncomunitaria.org/secciones/alimentos_arroz.html >.

(2)PINCHEVSKY, Moisés. Arroz Nacional. LA REVISTA, El universo. pág.30. Mayo 2009.

(3)MAG, *Arroz* [en línea] [consulta: 05 Abril 2009]. Disponible en: < www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/Convenio%20MAG%20IICA/productos/arroz_mag.pdf >.

(4) INIAP, Manual de Producción de Arroz de Calidad en el Ecuador [en línea] Ecuador [consulta: 15 Abril 2009]. *semillero cama húmeda*. Disponible en: <

http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo_Agro/Tecnologia_innovacion/Agricola/Cultivos_Tradicionales/Cultivos/Cereales/arroz/ct87.htm >.

(4) INIAP, Manual de Producción de Arroz de Calidad en el Ecuador [en línea] Ecuador [consulta: 15 Abril 2009]. *Siembra por transplante*. Disponible en: <
http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo_Agro/Tecnologia_innovacion/Agricola/Cultivos_Tradicionales/Cultivos/Cereales/arroz/ct87.htm >.

(5) FEDERACIÓN DE ARROCEROS DE SEVILLA, *Fenología* [en línea] España [consulta: 11 Marzo 2010]. Fase de maduración. Disponible en: <
http://www.federaciondearroceros.es/plantilla/pdf/pdf_cultivo/20060730Fenologia_.pdf>.

(6) ULLOA, Jara M. Fisiología del Arroz y Mejoramiento [en línea]. [consulta: 16 Abril 2009]. *Fenología de la planta de arroz*. Disponible en: <
<http://agr.unne.edu.ar/fao/chile-ppt/1-Fisiologia%20del%20arroz%20Marassi.pdf>>

(7)ERODATA S.A, El Cultivo del Arroz[en línea] [consulta: 20 Abril 2009].*Áreas arroceras del Ecuador* Disponible en: <
http://www.ecuaquimica.com.ec/index.php?option=com_content&task=view&id=10&Itemid=28&tit=Arroz&lang= >

(8)DÁVILA, Carlos. Desarrollo de Biocombustibles, Ventajas, Desventajas y Proyectos. [en línea] [consulta: 25 Abril 2009].*Producción de arroz*. Disponible en:
<<http://www.epn.edu.ec/bio2008/Documentos/Patricia%20Recalde%20%20Ministerio%20de%20Electricidad%20y%20Energia%20Renovable.pdf> >

(9) INTA, Calidad Industrial y Culinaria del Arroz. [en línea] [consulta: 20 Abril 2009].Disponible en:
<<http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/cereales/arroz02.pdf>>

(10) INIAP. [en línea] [consulta: 05 Marzo 2010].*Origen del arroz INIAP12* Disponible en:
<http://mail.iniapecuador.gov.ec/isis/view_detail.php?mfn=33&qtype=search&dbinfo=FICHAS&words=ARROZ Actualizado 05 de marzo de 2010>

[11] CORECAF. *Guía de cultivo del arroz* [en línea] [consulta: 20 Abril 2009]. Disponible en: <http://www.corecaf.org/archivos/file31_Cartilla_Arroz.pdf>

(12) PEPEKITCHEN. *Propiedades nutritivas del arroz* [en línea] [consulta: 06 Julio 2009]. Disponible en: <<http://www.pepekitchen.com/articulo/propiedades-nutritivas-del-arroz/>>

(13) Secado de granos: natural, solar y a bajas temperaturas [en línea] [consulta: 11 Agosto 2008]. *Secado en terrazas*. Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/x5058s/x5058S02.htm#Necesidad%20de%20secado>>

(14). Giambastiani, Gustavo. Rubiolo, Oscar. AGRO UNCOR.

Efecto del almacenaje y el secado sobre la calidad de los granos

[En línea] [Consulta: 05 Abril 2009]. Disponible en: <<http://agro.uncor.edu/~ceryol/documentos/postcosecha/calidadalmacenamiento.pdf>>

(15) FRANQUET BERNIS, Josep María. Economía del arroz: Variedades y Mejora [en línea] [consulta: 05 Abril 2009]. *Efectos de la humedad en la*

conservación del arroz-cáscara. Disponible en:
<<http://www.eumed.net/libros/2006a/fbbp/1f.htm> efectos de conservación de arroz húmedo actualizado 05 de marzo 2010>

(16) WIKIPEDIA, la enciclopedia libre [en línea] [consulta: 2007]. Disponible en: < <http://es.wikipedia.org/wiki/Granulometr%C3%ADa>>

(17) WIKIPEDIA, *la enciclopedia libre*[en línea] [consulta:8 de Agosto del 2010]. Disponible en:<http://campusvirtual.unex.es/cala/epistemowikia/index.php?title=Aplicaciones_de_la_L%C3%B3gica_Difusa_a_la_Colorimetr%C3%ADa>

(18)AVILÉS GARAY, Edgardo José .*ED 800 ESTADÍSTICAS* [en línea] [consulta: 09 de Agosto del 2010].Disponible en: <

(19) VALDEZ Y ALFARO, PATRICIA IRENE .*Tablas de Fisher* [en línea] [consulta: 09 de Agosto del 2010]. Disponible en :< <http://dcb.fic.unam.mx/profesores/irene/Notas/tablas/Fisher.pdf>>