

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

“Efecto del tipo de variedad de arroz ecuatoriano en las características de hidratación de la harina y del gel.”

### **INFORME DE PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

#### **INGENIERAS DE ALIMENTOS**

Presentado por:

María Victoria Cedeño Moreira  
Andrea Carolina Galarza Carrión

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2013**

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por bendecirnos para lograr este sueño anhelado y darnos humildad, paciencia y sabiduría para hacer todo esto posible.*

*A nuestros familiares y amigos por su comprensión y apoyo incondicional cada día.*

*Agradecemos de manera muy especial a nuestra directora, MSc. Fabiola Cornejo, quien con sus conocimientos y apoyo nos supo guiar en el presente proyecto desde su inicio hasta su culminación.*

*A mi compañera de proyecto por su paciencia y comprensión, ya que hemos pasado mucho tiempo en conjunto para conseguir esta meta.*

**Victoria Cedeño M.**

**Andrea Galarza C.**

## DEDICATORIA

*A Dios por darme las fuerzas necesarias y estar conmigo siempre.*

*A mis hermanos, Patricia, Fabián y Gabriel por darme su apoyo incondicional en todos los sentidos.*

*A mi cuñado Rubén por ser como un padre para mí, brindándome sus conocimientos e impartirme valores que ayudaron con mi formación personal y profesional.*

*A todas mis tías, en especial Yinis y Rosely por abrirme las puertas de su casa y ayudar con mi formación.*

*A las personas especiales que pasaron por mi vida a lo largo de mi carrera y contribuyeron para este objetivo.*

*A todos mis amigos y compañera de Proyecto Andrea Galarza, por su paciencia en todo momento.*

**Victoria Cedeño M.**

## DEDICATORIA

*Primeramente a Dios por ser mi guía durante este largo camino, quien no me ha abandonado a pesar de todas las adversidades que se me han presentado en la vida.*

*A mis padres, Harolt Galarza y Rosa Carrión por darme la vida, por ser mi inspiración, por ser ejemplo de lucha y jamás darse por vencidos, por seguir en pie a pesar de los golpes que nos ha dado la vida.*

*A mis hermanos, Allán, Karen, Allyson, y Harolt, que nunca es tarde, e imposible para lograr los sueños que tenemos por cumplir.*

*A Pedro Arrobo y Pilar Zavala por su preocupación, ayuda y apoyo incondicional.*

*A Eduardo Arrobo por ser mi compañero en todo momento, por el amor y comprensión que me ha dado.*

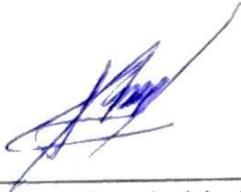
*A Nicole Arrobo por ser la inspiración en todo momento y quien le da felicidad y la razón a mi vida.*

*A mis tías Ligia, Esther, y Luz Galarza, que en algún momento me dieron su ayuda y consejos para ser una persona de bien.*

*A mis compañeros, amigos y familiares que confiaron en mí, y que de alguna u otra manera me dieron su apoyo y ayuda, y a mi compañera de proyecto Victoria Cedeño por tenerme la paciencia para culminar este trabajo con éxito ya que con perseverancia y constancia se logran los objetivos.*

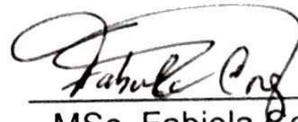
**Andrea Galarza C.**

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



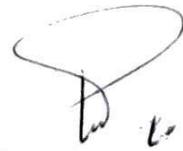
---

Dr. Kleber Barcia V., Ph.D.  
DECANO DE LA FIMCP  
PRESIDENTE



---

MSc. Fabiola Cornejo Z.  
DIRECTORA



---

Ing. Mirella Bermeo G.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Informe de Proyecto de Graduación nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

ANDREA GALARZA  
Andrea Galarza C.

Victoria Cedeño  
Victoria Cedeño M.

## RESUMEN

La harina de arroz es el resultado del grano triturado y transformado a un polvo fino. Aporta al organismo gran variedad de nutrientes, ya que contiene: vitaminas, hierro, calcio, riboflavina y tiamina. Una de las características principales de la harina de arroz en la panificación es su función hipoalergénica que beneficia a personas intolerantes al gluten. Sin embargo, la falta de gluten imposibilita a la harina de arroz a formar una fase continua y estructura de masa cuando se mezcla con agua, indispensable para obtener panes de buena calidad. En panes sin gluten el hinchamiento y gelatinización del almidón es importante para la formación de la miga de pan. Por ende, fue necesario analizar las características de hidratación de algunas variedades de harina de arroz ecuatoriano, con el fin de encontrar la variedad más susceptible para panificación.

Las variedades de harina de arroz ecuatoriano estudiadas son INIAP 14, 15,16,17, y F50, S-FL-09 y los análisis de hidratación que se realizaron son: capacidad de retención de agua (CRA), poder de hinchamiento, capacidad de ligamiento, índice de absorción de agua (IAA) e índice de solubilidad de agua (ISA) y capacidad de absorción de aceite (CAA).

Además, se realizaron isotermas de sorción de todas las variedades de harina de arroz ecuatorianas. Todos los análisis fueron realizados por

triplicado, cuya tabulación estadística se realizó con el programa Statgraphics Centurion XVI.

Los resultados obtenidos indican que las variedades de arroz INIAP 17 y F50 fueron las que tuvieron un buen comportamiento en la hidratación de sus gránulos. Por lo tanto estas variedades pueden ser utilizadas para la elaboración de diversos productos. Por otro lado, las variedades INIAP 15 y SFL09 fueron las que presentaron menor hidratación en sus partículas.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN .....	II
ÍNDICE GENERAL.....	IV
ABREVIATURAS .....	VII
SIMBOLOGÍA .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XI
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO 1

1.FUNDAMENTO TEÓRICO.....	3
1.1.Situación comercial de los cultivos de arroz en el Ecuador. ....	3
1.2.Variedades.....	5
1.3.Propiedades de hidratación de harinas.....	10
1.3.1. Capacidad de retención de agua. ....	10

1.3.2. Poder de Hinchamiento de agua.....	11
1.3.3. Capacidad de ligamiento de agua.....	12
1.4. Propiedades de hidratación de geles.....	12
1.4.1. Índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua... ..	14
1.4.2. Capacidad de absorción de aceite.....	17

## **CAPÍTULO 2**

2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
2.1. Variedades de arroz analizadas.....	18
2.2. Propiedades de hidratación de harinas.....	19
2.2.1. Protocolo de capacidad de retención de agua.....	19
2.2.2. Protocolo de poder de hinchamiento.....	20
2.2.3. Protocolo de capacidad de ligamiento de agua.....	20
2.3. Propiedades de hidratación de geles.....	21
2.3.1. Protocolo del índice de absorción de agua e índice de solubilidad de agua.....	21
2.3.2. Protocolo de capacidad de absorción de aceite.....	22
2.4. Análisis estadístico.....	22

**CAPÍTULO 3**

3.RESULTADOS.....	23
3.1.Análisis estadístico de propiedades de hidratación de harinas de seis variedades de arroz ecuatoriano.....	23
3.1.1.Capacidad de retención de agua.....	23
3.1.2.Poder de hinchamiento.....	26
3.1.3.Capacidad de ligamiento de agua.....	28
3.1.4.Isotermas de sorción.....	31
3.2.Análisis estadístico de propiedades de hidratación de geles de seis variedades de arroz ecuatoriano.....	38
3.2.1.Índice de absorción de agua e índice de solubilidad de agua...	38
3.2.2 Capacidad de absorción de aceite.....	43

**CAPÍTULO 4**

4.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	1
APÉNDICES.....	3
BIBLIOGRAFÍA.....	9

## ABREVIATURAS

INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
CRA	Capacidad de retención de agua
IAA	Índice de Absorción de agua
ISA	Índice de Solubilidad de Agua
CAA	Capacidad de Absorción de Aceite
IRRI	International Rice Research Institute
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
mm	Milímetros
Kg	Kilogramos
g	Gramos
mg	Miligramos´
lbs	Libras
Ha	Hectáreas
TM	Toneladas Métricas
pH	Potencial Hidrógeno
µg	Microgramos
TM	Toneladas Métricas
xg	Fuerza centrífuga
rpm	Revoluciones por minuto
ml	Mililitros
bs	base seca
MS	Materia Seca
Aw	Actividad de Agua

## SIMBOLOGÍA

°C	Grados Centígrados
%	Por ciento
H <sub>2</sub> O	Agua

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3.1 Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz INIAP 14 .....	32
FIGURA 3.2 Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz INIAP 15 .....	33
FIGURA 3.3 Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz INIAP 16 .....	34
FIGURA 3.4 Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz INIAP 17 .....	35
FIGURA 3.5 Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz F09.....	36
FIGURA 3.6 Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz F50.....	37

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Prueba de multiples rangos para la capacidad de retención de agua .....	24
TABLA 2	Prueba de multiples rangos para el poder de hinchamiento por variedad .....	27
TABLA 3	Prueba de múltiples rangos para capacidad de ligamiento de agua por variedad. ....	29
TABLA 4	Pruebas de múltiple rangos para índice de absorción de agua (iaa) por variedad. ....	39
TABLA 5	Pruebas de múltiple rangos para índice solubilidad en agua (isa) por variedad. ....	42
TABLA 6	Pruebas de múltiple rangos para capacidad de absorción de aceite por variedad. ....	45

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 3.1 Capacidad de Retención de Agua de las seis Variedades de arroz ecuatoriano estudiadas.....	25
GRÁFICO 3.2 Poder de Hinchamiento de las seis Variedades de arroz ecuatoriano estudiadas.....	28
GRÁFICO 3.3 Capacidad de ligamiento de agua de las seis Variedades de arroz ecuatoriano estudiadas.....	30
GRÁFICO 3.4 Índice de absorción de agua de las seis Variedades de arroz ecuatoriano estudiadas.....	40
GRÁFICO 3.5 Índice de solubilidad de agua de las seis Variedades de arroz ecuatoriano estudiadas.....	43
GRÁFICO 3.6 Índice de absorción de aceite de las seis Variedades de arroz ecuatoriano estudiadas.....	46

## INTRODUCCIÓN

A través de la historia el arroz se ha considerado uno de los alimentos base para el consumo humano. Además, éste contribuye de forma funcional al aporte calórico de la dieta, gracias al contenido de carbohidratos que posee. Se lo considera el segundo cereal más producido en el mundo luego del maíz, por lo cual, su uso como harina permitirá la obtención de alimentos de consumo masivo como pan, fideos, etc.

El principal problema que tiene la harina de arroz es que absorbe poco líquido y da como resultado, en el caso del pan un producto muy crujiente y fino. Es por ello, que en el presente trabajo se analiza las propiedades de hidratación de la harina y los geles de variedades de arroz ecuatoriano como son, INIAP 14, 15, 16,17 y S-FL-O9, F-50.

Entre las propiedades estudiadas se encuentran, poder de hinchamiento, índice de absorción de agua, índice de absorción de aceite e índice de solubilidad, con el fin de determinar cuál de las variedades es la más óptima para la elaboración de pan sin gluten. Consiguiendo así, una harina utilizable como sustituto de otras harinas. Además, que pueda servir para la elaboración de un sin número de productos que de una u otra forma

beneficien a las personas intolerantes al gluten (celíacos) y que ofrezca características muy similares a la harina de trigo tradicional.

# **CAPÍTULO 1**

## **1. FUNDAMENTO TEÓRICO.**

### **1.1. Situación comercial de los cultivos de arroz en el Ecuador.**

En nuestro país, el mercado de arroz se establece en dos épocas de siembra, que son: la cosecha realizada en la época lluviosa, donde es más voluminosa y genera excedentes de producción y la época seca, de menor cuantía.

El consumo mensual interno es de 40.000 TM, por lo que el requerimiento total de la población consumidora es de 480.000 TM (1).

En el 2012, se cosecharon cerca de 295 mil hectáreas, se obtuvieron más de 602 mil toneladas de arroz blanco. Con esta cosecha se atendió el consumo interno con 451.500 toneladas, el consumo colombiano con 87.500 toneladas y se mantuvo una reserva estratégica con 139.693 toneladas que se estima alcanzaría hasta marzo del 2013. En estos valores están incluidas las 42.108 toneladas que ingresaron de Perú y el gran flujo de producto que sale de contrabando por el norte del país (2).

Debido a la gran producción de arroz en el Ecuador se ha exportado regularmente al mercado colombiano, venezolano entre otros, ya sea porque esta materia prima no se encuentra industrializada en nuestro país actualmente. Es por ello, que se han dado un sinnúmero de proyectos con respecto al aprovechamiento del arroz en productos como harina para la elaboración de pan, fideos, etc.

## **1.2. Variedades.**

El Programa Nacional de Arroz del INIAP, a partir de la década de los 80, se ha enfocado en la obtención de variedades precoces de excelente rendimiento y resistencia. Las variedades que el INIAP selecciona para su distribución son de grano largo (6,6 a 7,5 mm), extra largo (más de 7,5 mm), translúcido, y con características de un arroz de textura suave y granos sueltos al cocinarse (1).

En nuestro país, las siembras iniciales de arroz se realizaron con materiales criollos y variedades introducidas de Colombia. El Programa Nacional del Arroz del INIAP desde 1971 ha entregado 11 variedades de arroz, INIAP 2, 6, 7, 415, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, provenientes de diferentes orígenes: Filipino, Colombiano, Ecuatoriano (1).

A más del INIAP, PRONACA también cuenta con algunas variedades que se describirán posteriormente.

A continuación se describirán las características más importantes de las variedades:

**INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias).**

**INIAP 2:** El ciclo vegetativo de esta variedad es de 117 días en la época lluviosa y de 135 días en la época seca. Se caracteriza por poseer granos largos, delgado y de color claro (3).

**INIAP 6:** El ciclo vegetativo es de 120 días en la estación lluviosa y 140 días en la estación seca. Es de fácil desgrane. Su grano es largo, claro y traslúcido (3).

**INIAP 7:** El ciclo vegetativo es de aproximadamente 130 días en la época lluviosa y de 145 días en la época seca. Posee un grano largo, delgado y cristalino (3).

**INIAP 11:** Tiene de 20 a 21 días menos de ciclo vegetativo que la INIAP -415 y produce hasta 17.5 sacas de 200lbs de arroz con cáscara seca y limpia más que la testigo. En el sistema de riego con la variedad INIAP 11 se puede lograr tres cosechas en el año, desde su precocidad y su potencial de rendimiento, lo que caracteriza a esta variedad es que presenta buena germinación (3).

**INIAP 12:** Es más precoz que INIAP 11 y 415y supera en rendimiento a ésta última variedad. Por lo tanto, INIAP 12 es una variedad de alto rendimiento 5.138 a 5.777 kg/ha. Es por esta razón que los productores demandan principalmente esta variedad por su precocidad, calidad de grano y rendimiento (3).

**INIAP 14:** El ciclo vegetativo de esta variedad consta de 113-117 días. Se caracteriza por ser precoz de grano largo, arroz entero al pilar 62%, latencia de la semilla 4-6 semanas (3).

**INIAP 15:** Ésta variedad tiene un tamaño del grano extra largo, mayor de 7.5 mm. Tiene un índice de pilado mayor al 67%. Buena calidad culinaria. Por lo tanto, amplio rango de adaptación y buena estabilidad. Además, presenta una buena germinación (3).

**INIAP 16:** Buena calidad de grano (molinería y culinaria). El tamaño de grano extra largo. Amplio rango de adaptación y estabilidad de rendimiento. Precocidad con un ciclo vegetativo de 106 a 120 días (3).

**INIAP 17:** Con el manejo de cultivo recomendado produce en promedio 8.000 kg/ha. Posee un grano extra largo y de excelente calidad molinera y culinaria. Esta variedad presenta un ciclo vegetativo entre 117 a 136 días, según la época del cultivo (3).

**INIAP 18:** Con el manejo de cultivo recomendado produce en promedio 7.823 kg/ha. Posee grano extra-largo y de excelente calidad molinera y culinaria. Presenta un ciclo vegetativo entre 117 a 136 días según la época del cultivo (3).

#### **Variedades de Pronaca.**

**Variedad SGO-667:** Con el manejo de cultivo recomendado produce en promedio 7 Tm/ha. Es de excelente calidad molinera y culinaria. Presenta ciclo vegetativo de 135 días según la época del cultivo. El rendimiento de pilado es de 60 a 63%, el grano entero de 68.5% y grano quebrado 5% (4).

**Variedad F-21:** Ésta variedad presenta un ciclo vegetativo entre 125 a 130 días, según la época del cultivo. Es de grano largo 7.27 mm y de excelente calidad molinera y culinaria (4).

**Variedad F-50:** Esta variedad presenta un ciclo vegetativo entre 130 a 135 días, según la época del cultivo, con un rendimiento molinero considerado bueno; se caracteriza por poseer un grano largo translúcido de excelente calidad culinaria (4).

**Variedad S-FL-09:** Con el manejo de cultivo recomendado se produce un rendimiento potencial de 8.000 – 10.000 kg/ha. Esta variedad de semilla se caracteriza por su grano largo y ciclo precoz, lo cual permite su cosecha entre 110 y 115 días en invierno, y 120 y 125 días en verano. El resultado es un grano de entre 7 y 7,2 mm de largo y de una tonalidad más clara que otras que se comercializan en el mercado (4).

Para objeto de estudio se utilizaron las variedades INIAP (14, 15, 16, 17 y 18) y PRONACA F09 y F50.

### **1.3. Propiedades de hidratación de harinas.**

Las propiedades de hidratación de todo sistema alimentario están vinculadas a la capacidad de sus macromoléculas para fijar en sus estructuras una cierta cantidad de moléculas de agua. Estas propiedades de hidratación se determinan por el comportamiento de las macromoléculas frente al agua y se refleja en parámetros como la capacidad de retención de agua, la solubilidad o viscosidad. Los enlaces que intervienen en estos fenómenos fisicoquímicos suelen ser de dos tipos: enlaces de hidrógeno y fuerzas de Van der Waals; aun así, en los casos donde exista una solvatación de los grupos ionizables, también pueden intervenir fuerzas iónicas (9).

#### **1.3.1. Capacidad de Retención de Agua.**

La capacidad de retención de agua (CRA) se define como la capacidad de un alimento hidratado para retener agua en la matriz proteica. Esta fracción de agua puede ser asimilable a la suma del agua capilar y el agua unida por puentes de hidrógeno a los grupos de la proteína. Esta propiedad funcional depende no solo del tamaño de los poros y de los capilares, sino también

de las características de las moléculas proteicas como interacciones hidrofóbicas, puentes hidrogeno, puentes disulfuro, ácidos, bases y de fuerzas de Van der Waalls presentes. Asimismo, se ve influida por parámetros del medio como fuerza iónica especies iónicas, pH, temperatura y el tiempo consumido en alcanzar el equilibrio. La capacidad de los ingredientes proteicos de absorber y retener agua juega un importante papel en la textura de diversos alimentos. Esta propiedad está vinculada directamente con la solubilidad (6).

### **1.3.2. Poder de Hinchamiento.**

Este método se relaciona con la capacidad de adsorción de agua de harinas o almidones. Es decir, en presencia de agua los gránulos de almidón empiezan a hincharse y a embeber el agua, cuando se aplica energía. Las moléculas de agua rompen los puentes de hidrógeno intermoleculares en la región amorfa y penetran al gránulo causando hinchamiento del mismo.

El poder de hinchamiento del almidón está influenciado por muchos factores como la presencia de lípidos, el

tamaño del gránulo, la presencia de grupos de fosfatos cargados negativamente, tamaño del poro, superficie específica del área (7).

### **1.3.3. Capacidad de Ligamiento de Agua.**

La capacidad de ligamiento o fijación de agua es definida como la cantidad de agua retenida por la muestra sometida a una fuerza de centrifugación a baja velocidad. Por otro lado, se puede también mencionar que es un factor limitante en aplicaciones de alimentos proteicos.

El ligamiento de agua de una proteína está influenciado por la concentración de proteínas, pH, polisacáridos iónicos, lípidos y sales, el tiempo de tratamiento de calor y las condiciones de almacenamiento. (8)

### **1.4. Propiedad de hidratación de geles.**

La gelificación es una propiedad tecnológica propia de proteínas y polisacáridos, que desempeñan un papel

importante en la elaboración de un gran número de alimentos: productos lácteos, gelatinas, productos texturizados de origen animal o vegetal, masa de panadería, etc. Tanto unas como otros son estructuras hidrocoloides que forman dispersiones coloidales y bajo determinadas condiciones experimentales permiten, en algunos casos, la formación de geles (9).

Se define como gel a la formación de masas semisólidas que engloban agua dentro de una red o malla tridimensional formada por el establecimiento de puentes de unión entre moléculas en las zonas denominadas de cristalinidad. El número de uniones que se establezcan y su rigidez son los factores responsables de la dureza del gel y de su posible reversibilidad. Las zonas de unión se dan por acoplamientos de diferentes moléculas y se ven favorecidas por una configuración espacial similar (10).

Entonces el proceso de hidratación o formación de geles se da cuando los gránulos de almidón se calientan y en presencia de agua tienden a romperse las uniones intermoleculares, se reducen las regiones cristalinas (pérdida

de birrefringencia) y aumentan los puentes de hidrógeno con el agua. Entonces el agua incorporada al grano aumenta enormemente su tamaño, pudiendo llegar no sólo a romperse a éste, sino incluso al alimento en sí. Si al principio del calentamiento la presión ejercida entre los gránulos provoca un aumento de la viscosidad de la pasta, la rotura de los mismos, facilitada por una agitación, se refleja en una disminución de la viscosidad y la total pérdida de la birrefringencia; a la temperatura a que esto ocurre se conoce como la gelatinización (14). Por lo tanto, se puede considerar que la gelificación se produce en dos tiempos: un primer tiempo de solubilización de las moléculas, generalmente en caliente, y un segundo tiempo donde se establecen las uniones entre las moléculas ya solubilizadas (10).

#### **1.4.1. Índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua.**

##### **a. Índice de absorción de agua.**

En la absorción de agua, los gránulos se hinchan, gradualmente a medida que se aumenta la temperatura

básicamente en el rango comprendido entre 70 y 90 °C. Como resultado del calentamiento se produce la ruptura de los puentes de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas, que permiten una absorción irreversible y progresiva de agua (11).

Si se continúa incrementando el calor, la dispersión de almidón perderá la conformación micelar, provocada por la absorción de agua y el incremento de tamaño del gránulo con un probable incremento en la cantidad de sólidos solubles (7).

Entonces, esto indica que a medida que los gránulos de almidón absorben agua, se hinchan, pierden cristalinidad y se produce lixiviación de amilosa. Cuanto mayor sea el contenido de amilosa, menor es el poder de hinchamiento y más pequeña es la resistencia del gel para la misma concentración de almidón. Entonces, en cierta medida un menor hinchamiento es debido al alto contenido de amilosa el cual puede ser contrarrestado por un gránulo de tamaño más grande (15).

**b. Índice de Solubilidad en Agua.**

La solubilidad suele ser considerada como el principal factor que rige la hidratación de las moléculas de soluto y marca su magnitud. La solubilidad de una macromolécula depende de las atracciones entre las moléculas del soluto y del disolvente, de modo particular cuando esas atracciones predominan sobre las interacciones soluto-soluto. Por ello, resultan bastante numerosos los factores que pueden modular esta solubilidad, en función de la naturaleza química de las macro-moléculas: polisacáridos o proteínas. En la práctica, se suele usar, el término dispersabilidad. Sin embargo, desde un punto de vista fisicoquímico son conceptos que difieren de modo esencial en el tamaño de las partículas, una vez que se disocian en el agua.

En el caso de polisacáridos, la solubilidad de sus moléculas depende de modo esencial de su estructura, caracterizada por la posesión de numerosos grupos hidroxilos. Las moléculas lineales neutras, tales como amilosa y celulosa poseedoras de enlaces (1 → 4), que resultan muy difíciles de disolver al existir zonas

poco accesibles para el agua, originadas por las fuertes interacciones moleculares (9).

#### **1.4.2 Capacidad de Absorción de Aceite.**

La capacidad de absorción de aceite nos indica la cantidad de aceite que puede absorber una muestra de harina o almidón siendo posteriormente determinada por diferencia de pesos. (12). Esta característica está relacionada con la naturaleza de la superficie y con la densidad de las partículas, por lo que partículas mayores, con superficie, presentan teóricamente una mayor capacidad de absorción de sustancias oleosas (13).

# CAPÍTULO 2

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 2.1. Variedades de arroz analizadas.

En el presente trabajo se utilizaron las variedades INIAP 14, 15, 16 y 17 adquiridas del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP), estación Boliche en la provincia del Guayas, Ecuador. La característica principal de este tipo de variedades es el tamaño de los granos, ya que tienen una longitud aproximada de 7.5 mm.

Además, también se utilizó las variedades SFL09 y F50 las mismas provenientes de la industria Pronaca. Lo que

caracteriza a estas variedades de semilla es que su grano está entre 7 y 7,2 mm de largo y poseen una tonalidad más clara que otras que se comercializan en el mercado.

Para llevar a cabo los análisis correspondientes a cada variedad, se procedió al descascarillado y pilado para obtener la harina de arroz, principal materia prima a utilizar.

## **2.2. Propiedades de hidratación de harinas.**

### **2.2.1. Protocolo de capacidad de retención de agua.**

Para determinar la capacidad de retención de agua (CRA), se procedió a tomar  $1\text{g} \pm 5\text{mg}$  de cada una de las harinas, las mismas que se mezclaron con 10 ml aproximados de agua desionizada. Luego, se agitaron para formar la mezcla, posteriormente se dejó a temperatura ambiente durante 24 horas y finalmente, se decantó el sobrenadante.

El protocolo y el procedimiento gráfico se detalla en el APÉNDICE A.

### **2.2.2. Protocolo de poder de hinchamiento.**

Para el análisis del poder de hinchamiento, se colocó  $1\text{g} \pm 5\text{mg}$  de la muestra con 10 ml de agua en una probeta durante 24 horas a temperatura ambiente, para luego determinar el hinchamiento que sufrió la harina que se ve reflejado con el aumento del volumen.

El protocolo y el procedimiento gráfico se detalla en el APÉNDICE B.

### **2.2.3. Protocolo de capacidad de ligamiento de agua.**

Con respecto a la capacidad de ligamiento de agua se procedió a colocar  $1\text{g} \pm 5\text{mg}$  de cada una de las muestras con 10 ml de agua desionizada en tubos para centrifuga, se agitó hasta formar la mezcla. Luego, se colocó en una centrifuga a 2000 xg por 10 min, para finalmente decantar.

El protocolo y el procedimiento gráfico se detalla en el APÉNDICE C.

### **2.3. Propiedades de hidratación de geles.**

#### **2.3.1. Protocolo del índice de absorción de agua e índice de solubilidad de agua.**

Para la determinación de las propiedades de hidratación de geles se procedió a realizar el índice de absorción de agua e índice de solubilidad de agua, se estableció siguiendo el método de Anderson, Conway, Pfeifer y Griffin. En el método se colocó  $50\text{mg} \pm 0.1\text{mg}$  de harina con 1 ml de agua destilada micro-tubos (eppendorf) para centrifuga. Luego, se agitaron con una varilla de alambre. Posteriormente, se colocó los tubos eppendorf en baño María a  $90^{\circ}\text{C}$  por 15 minutos luego se enfrió a temperatura ambiente. Después, se procedió a centrifugar a  $3000 \text{ xg}$  a  $4^{\circ}\text{C}$  por 10 minutos. Finalmente, se decantó el sobrenadante para determinar el contenido de sólidos.

El protocolo y el procedimiento gráfico se detalla en el APÉNDICE D.

### **2.3.2. Protocolo de capacidad de absorción de aceite.**

En la determinación de la capacidad de absorción de aceite se tomó  $100 \text{ mg} \pm 0.2 \text{ mg}$  de harina y 1 ml de aceite vegetal, se colocó en un micro-tubo para centrífuga y se agitó con una varilla de alambre para dispersar la muestra en el aceite. Luego, se ubicó en un mezclador vórtex. Posteriormente, se centrifugó a  $3000 \text{ xg}$  a  $4^{\circ}\text{C}$  por 10 minutos. Finalmente, se eliminó el sobrenadante para obtener el peso de los sólidos o pellet.

El protocolo y el procedimiento gráfico se detalla en el APÉNDICE E.

### **2.4. Análisis Estadístico.**

Para verificar si existe diferencia entre las variedades de harina de arroz ecuatoriano se utilizó el programa Statgraphics centurión XVI. Los análisis estadísticos se determinaron mediante la prueba de ANOVA y la prueba de múltiples rangos, con un 95% de confianza.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS.

### 3.1. Análisis estadístico de propiedades de hidratación de harinas de seis variedades de arroz ecuatoriano.

#### 3.1.1. Capacidad de retención de agua.

De acuerdo al análisis obtenido por la prueba ANOVA, se determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa en la capacidad de retención de agua, entre las medias de las seis variedades de arroz estudiadas, con un nivel del 95% de confianza. Según la prueba de comparación de múltiples rangos, (TABLA 1) entre los pares F50 - INIAP14, F50 - INIAP16, INIAP14 - INIAP15, INIAP14 - SFL09 no hay diferencia significativa. Por lo tanto, podemos mencionar que

estos pares se comportan de igual manera en la capacidad de retención de agua.

En el gráfico de cajas y bigotes (GRÁFICO 3.1) se puede observar que las medias de las variedades analizadas se encuentran en el rango de 1,48 y 1,95. Además, que las variedades F50, INIAP16, INIAP17 son las que poseen mayor capacidad de retención de agua. Por otro lado, la variedad INIAP 15 fue la que obtuvo una menor retención posiblemente influenciado por el tamaño de los gránulos de almidón o por el contenido de amilosa presente en la muestra; ya que a mayor contenido de amilosa menor hinchamiento de las partículas.

**TABLA 1**

**Prueba de múltiples rangos para la capacidad de retención de agua**

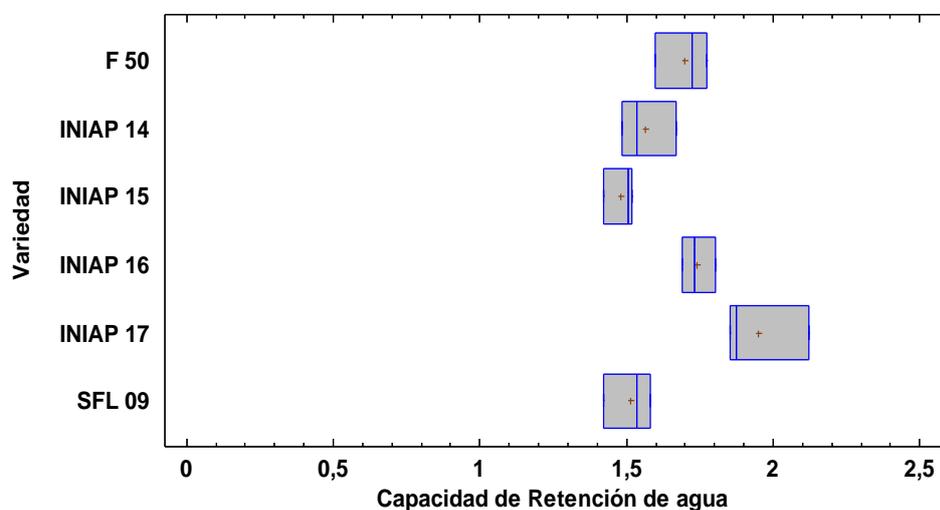
Método: 95,0 porcentaje LSD

<b>Variedad</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
INIAP 15	3	1,5	X
SFL 09	3	1,5	X
INIAP 14	3	1,6	XX
F 50	3	1,7	XX
INIAP 16	3	1,7	X
INIAP 17	3	1,9	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F 50 - INIAP 14		0,1	0,2
F 50 - INIAP 15	*	0,2	0,2
F 50 - INIAP 16		-0,04	0,2
F 50 - INIAP 17	*	-0,3	0,2
F 50 - SFL 09	*	0,2	0,2
INIAP 14 - INIAP 15		0,08	0,2
INIAP 14 - INIAP 16	*	-0,2	0,2
INIAP 14 - INIAP 17	*	-0,4	0,2
INIAP 14 - SFL 09		0,05	0,2
INIAP 15 - INIAP 16	*	-0,3	0,2
INIAP 15 - INIAP 17	*	-0,5	0,2
INIAP 15 - SFL 09		-0,03	0,2
INIAP 16 - INIAP 17	*	-0,2	0,2
INIAP 16 - SFL 09	*	0,2	0,2
INIAP 17 - SFL 09	*	0,4	0,2

\* indica una diferencia significativa.

Gráfico Caja y Bigotes



**GRÁFICO 3.1** Capacidad de Retención de Agua de las seis Variedades de arroz ecuatoriano estudiadas.

*Elaborado por:* GALARZA C. ANDREA; CEDEÑO M. VICTORIA, 2013.

### 3.1.2. Poder de hinchamiento.

La prueba ANOVA, demostró que existe una diferencia estadísticamente significativa en el poder de hinchamiento entre las medias de las seis variedades de arroz analizadas, con un nivel del 95% de confianza. Con respecto a la prueba de múltiples rangos, (TABLA 2) se observa que entre los pares F50-INIAP17, F50-SFL09, INIAP14-INIAP15, INIAP14-INIAP16, INIAP14-INIAP17, INIAP15-INIAP16, INIAP16-INIAP17, INIAP17-SFL09 no existe diferencias estadísticamente significativas; por lo que se puede asumir que su comportamiento es similar.

Mediante el gráfico de cajas y bigotes (GRÁFICO 3.2) se puede observar que las medias de las variedades analizadas se encuentran entre 2,8 y 3,4. Además, que las variedades F50 y SFL 09 son las que predominan en el poder de hinchamiento, mientras que la variedad INIAP15 es la que menor hinchamiento obtuvo. Posiblemente, este resultado se debió a que los gránulos de almidón no son lo suficientemente grandes como para empezar a hincharse y a embeberse de

agua, aunque también influyen factores como la presencia de lípidos, grupos fosfatos, etc.

**TABLA 2**

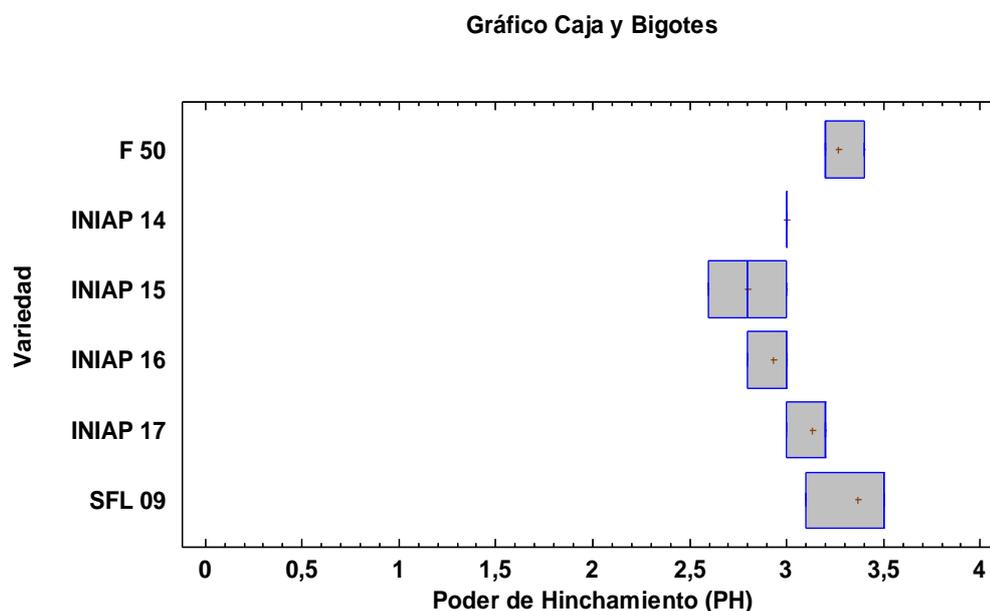
**Prueba de múltiples rangos para el poder de hinchamiento por variedad**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Variedad	Casos	Media	Grupos Homogéneos
INIAP 15	3	2,8	X
INIAP 16	3	2,9	XX
INIAP 14	3	3,0	XX
INIAP 17	3	3,1	XX
F 50	3	3,3	X
SFL 09	3	3,4	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F 50 - INIAP 14	*	0,3	0,3
F 50 - INIAP 15	*	0,5	0,3
F 50 - INIAP 16	*	0,3	0,3
F 50 - INIAP 17		0,1	0,3
F 50 - SFL 09		-0,1	0,3
INIAP 14 - INIAP 15		0,2	0,3
INIAP 14 - INIAP 16		0,1	0,3
INIAP 14 - INIAP 17		-0,1	0,3
INIAP 14 - SFL 09	*	-0,4	0,3
INIAP 15 - INIAP 16		-0,1	0,3
INIAP 15 - INIAP 17	*	-0,3	0,3
INIAP 15 - SFL 09	*	-0,6	0,3
INIAP 16 - INIAP 17		-0,2	0,3
INIAP 16 - SFL 09	*	-0,4	0,3
INIAP 17 - SFL 09		-0,2	0,3

\* indica una diferencia significativa.



**GRÁFICO 3.2** Poder de Hinchamiento de las seis Variedades de arroz ecuatoriano estudiadas.

*Elaborado por: GALARZA C. ANDREA; CEDEÑO M. VICTORIA, 2013.*

### 3.1.3. Capacidad de ligamiento de agua

Mediante los resultados obtenidos por la tabla ANOVA se puede decir que existe una diferencia estadísticamente significativa en la capacidad de ligamiento de agua entre las medias de las seis variedades de harina de arroz estudiadas, con un nivel del 95,0% de confianza. Según, la prueba de múltiples rangos, (TABLA 3), se puede observar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las

variedades de harina de arroz analizadas a excepción de la variedad INIAP 14.

Por medio del gráfico de cajas y bigotes (GRÁFICO 3.3) se puede observar que las medias de las variedades analizadas se encuentran en el rango con una desviación de 2 y 3,8. Además, que las variedades INIAP 15 y SFL 09 son las que predominan en la capacidad de ligamiento de agua y por otro lado la variedad INIAP14 fue la que tuvo menor cantidad de agua ligada. Posiblemente, el bajo contenido de agua ligada se deba a la cantidad de humedad presente en la muestra.

**TABLA 3**

**Prueba de múltiples rangos para capacidad de ligamiento de agua por variedad.**

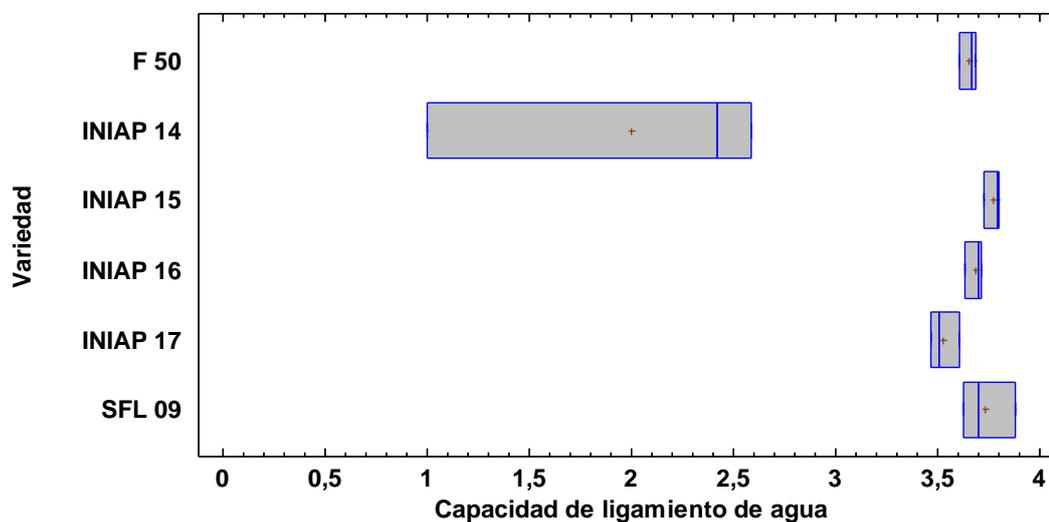
Método: 95,0 porcentaje LSD

<b>Variedad</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
INIAP 14	3	2,0	X
INIAP 17	3	3,5	X
F 50	3	3,7	X
INIAP 16	3	3,7	X
SFL 09	3	3,7	X
INIAP 15	3	3,8	X

<b>Contraste</b>	<b>Sig</b>	<b>Diferencia</b>	<b>+/- Límites</b>
F 50 - INIAP 14	*	1,6	0,6
F 50 - INIAP 15		-0,1	0,6
F 50 - INIAP 16		-0,03	0,6
F 50 - INIAP 17		0,1	0,6
F 50 - SFL 09		-0,1	0,6
INIAP 14 - INIAP 15	*	-1,8	0,6
INIAP 14 - INIAP 16	*	-1,7	0,6
INIAP 14 - INIAP 17	*	-1,5	0,6
INIAP 14 - SFL 09	*	-1,7	0,6
INIAP 15 - INIAP 16		0,1	0,6
INIAP 15 - INIAP 17		0,2	0,6
INIAP 15 - SFL 09		0,03	0,6
INIAP 16 - INIAP 17		0,1	0,6
INIAP 16 - SFL 09		-0,05	0,6
INIAP 17 - SFL 09		-0,2	0,6

\* indica una diferencia significativa.

**Gráfico Caja y Bigotes**

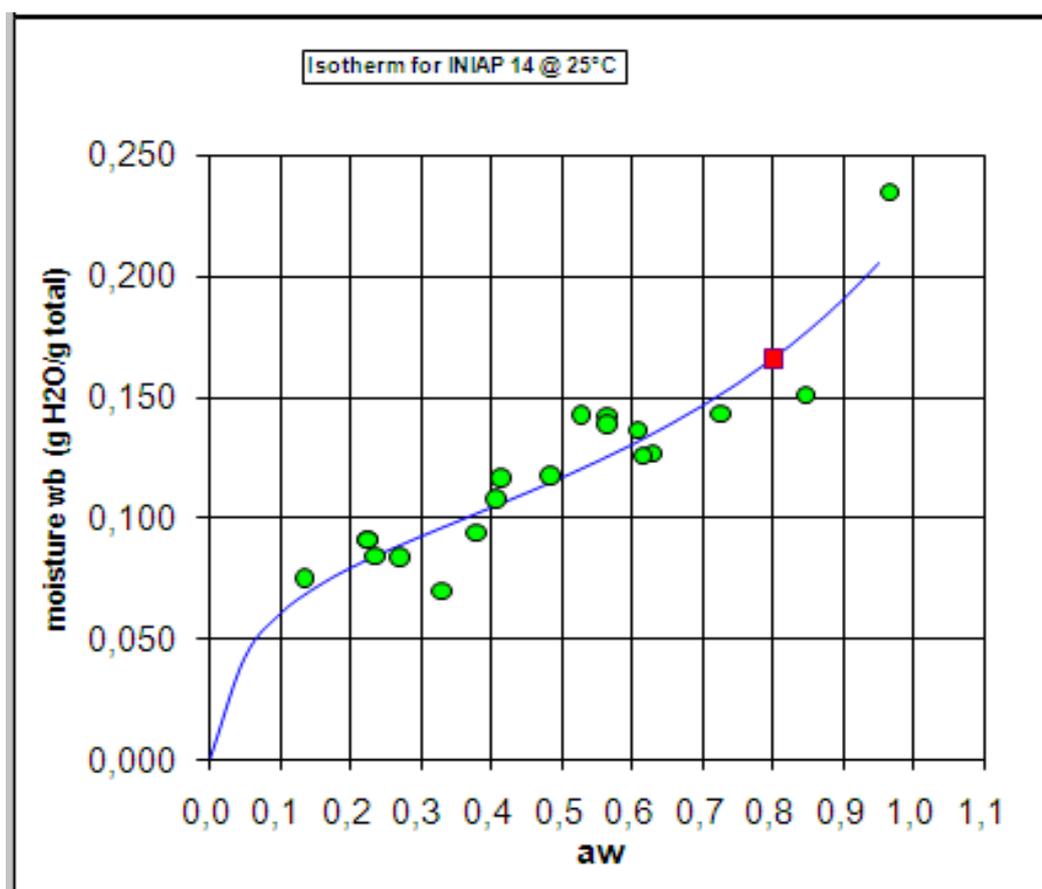


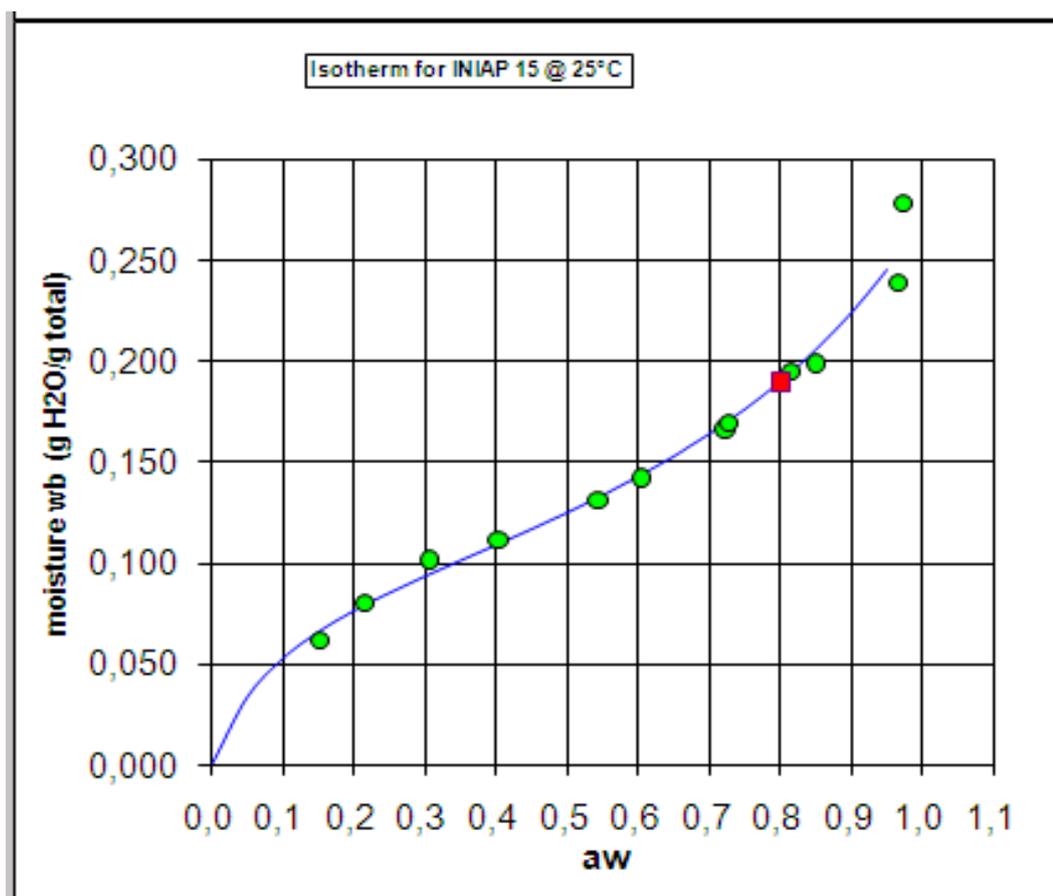
**GRÁFICO 3.3** Capacidad de ligamiento de agua de las seis Variedades de arroz ecuatoriano estudiadas.

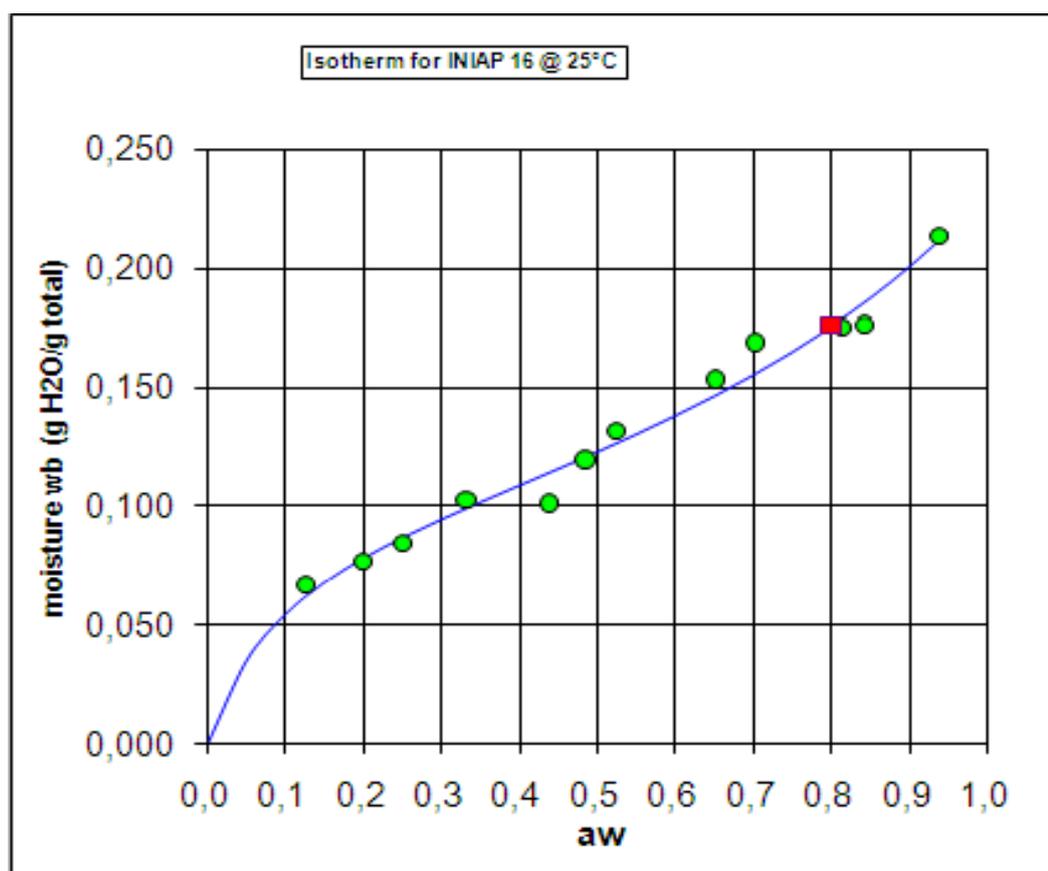
*Elaborado por:* GALARZA C. ANDREA; CEDEÑO M. VICTORIA, 2013.

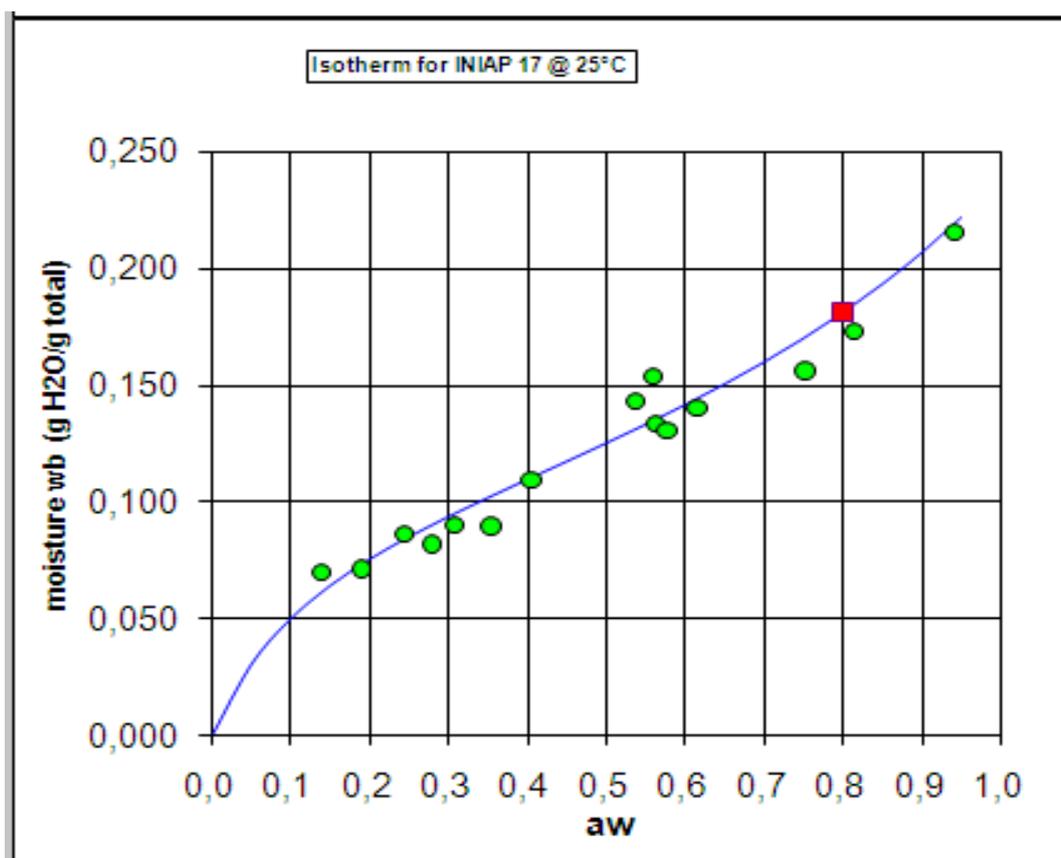
#### **3.1.4. Isotermas de sorción**

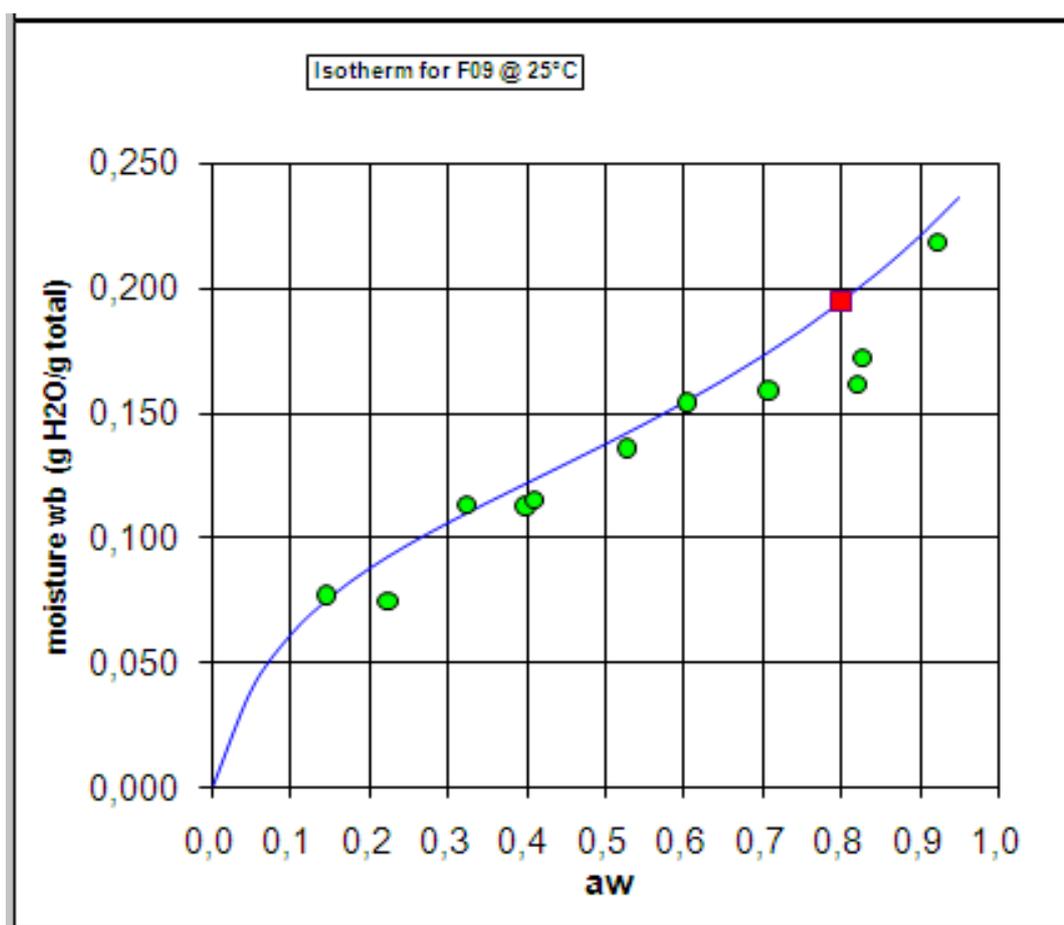
Se determinó las isotermas de sorción de las variedades INIAP 14,15,16,17 y SFL09, F50. Previamente se determinó la Actividad de agua y la Humedad de las muestras con la ayuda del Aqua Lab Water Activity Meter y la Termo-balanza Kern respectivamente, las isotermas fueron diseñadas con la ayuda del programa Water Analyser 97,4 por el Dr. Theodore P. Labuza, Obteniendo el valor de la monocapa y el valor  $R^2$  de cada variedad.

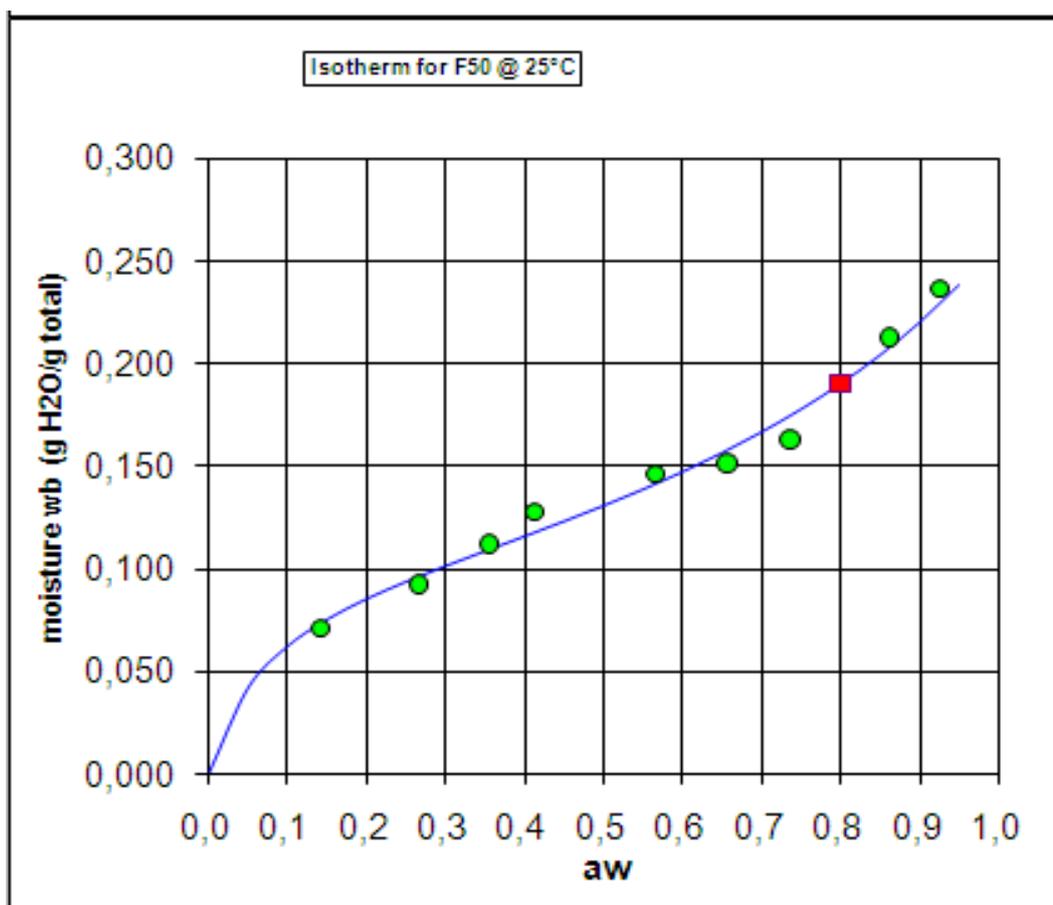
**Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz INIAP 14****GAB model: Monolayer: 0,0946 g H<sub>2</sub>O/g solid** $R^2$  0,8657187**FIGURA 3.1** Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz INIAP14*Elaborado por: GALARZA C. ANDREA; CEDEÑO M. VICTORIA, 2013.*

**Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz INIAP 15****GAB model:** Monolayer: 0,1031 g H<sub>2</sub>O/g solidR<sup>2</sup> 0,9735287**FIGURA 3.2** Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz INIAP15*Elaborado por: GALARZA C. ANDREA; CEDEÑO M. VICTORIA, 2013.*

**Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz INIAP 16****GAB model:** Monolayer: 0,1085 g H<sub>2</sub>O/g solidR<sup>2</sup> 0,975276**FIGURA 3.3** Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz INIAP 16*Elaborado por:* GALARZA C. ANDREA; CEDEÑO M. VICTORIA, 2013.

**Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz INIAP 17****GAB model:** Monolayer: 0,1155 g H<sub>2</sub>O/g solidR<sup>2</sup> 0,9484574**FIGURA 3.4** Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz INIAP 17*Elaborado por:* GALARZA C. ANDREA; CEDEÑO M. VICTORIA, 2013.

**Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz F09****GAB model:** Monolayer: 0,1237 g H<sub>2</sub>O/g solidR<sup>2</sup> 0,8005239**FIGURA 3.5** Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz F09*Elaborado por:* GALARZA C. ANDREA; CEDEÑO M. VICTORIA, 2013.

**Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz F50****GAB model:** Monolayer: 0,1083 g H<sub>2</sub>O/g solidR<sup>2</sup> 0,9822608**FIGURA 3.6** Isoterma de sorción de la variedad de harina de arroz F50*Elaborado por:* GALARZA C. ANDREA; CEDEÑO M. VICTORIA, 2013.

### **3.2. Análisis estadístico de propiedades de hidratación de geles de seis variedades de arroz ecuatoriano.**

#### **3.2.1. Índice de absorción de agua e Índice de solubilidad de agua.**

##### **a. Índice de absorción de agua**

Mediante los resultados obtenidos de la tabla ANOVA, se puede mencionar que existe una diferencia estadísticamente significativa en el índice de absorción de agua entre las medias de las seis variedades de harina de arroz analizadas, con un nivel del 95% de confianza.

Con respecto a la prueba de múltiples rangos para el índice de absorción de agua, (TABLA 4) los pares entre variedades en los que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellas, los cuales se mencionan a continuación INIAP17 y F50, INIAP16 y SFL09. Por lo tanto, se puede decir que estos pares de variedades de harina de arroz se comportan de igual manera en el índice de absorción de agua.

El gráfico de cajas y bigotes, (GRÁFICO 3.4) nos indica que las medias de las variedades analizadas se encuentran en el rango con desviación de 5 y 13. Asimismo, que la variedad INIAP14 tuvo mayor índice de absorción de agua en comparación con las demás variedades de harina de arroz estudiadas y la INIAP15 la menor cantidad. Por lo tanto, se asume que es debido a que la muestra INIAP 15 puede contener una mayor cantidad de amilosa ya que el comportamiento en relación al contenido de amilosa es inversamente proporcional. Además, posiblemente el tamaño de sus gránulos sean pequeños y no permitan la absorción de agua suficiente.

**TABLA 4**

**Pruebas de múltiple rangos para índice de absorción de agua (IAA) por variedad.**

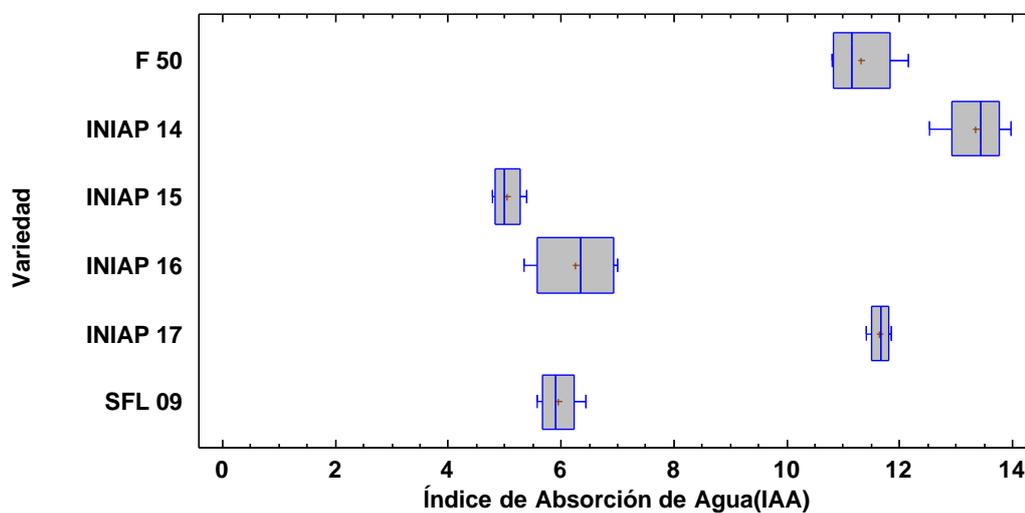
Método: 95,0 porcentaje LSD

<b>Variedad</b>	<b>Casos</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
INIAP 15	4	5,0	X
SFL 09	4	5,9	X
INIAP 16	4	6,2	X
F 50	4	11,3	X
INIAP 17	4	11,6	X
INIAP 14	4	13,3	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F 50 - INIAP 14	*	-2,0	0,8
F 50 - INIAP 15	*	6,3	0,8
F 50 - INIAP 16	*	5,1	0,8
F 50 - INIAP 17		-0,3	0,8
F 50 - SFL 09	*	5,4	0,8
INIAP 14 - INIAP 15	*	8,3	0,8
INIAP 14 - INIAP 16	*	7,1	0,8
INIAP 14 - INIAP 17	*	1,7	0,8
INIAP 14 - SFL 09	*	7,4	0,8
INIAP 15 - INIAP 16	*	-1,2	0,8
INIAP 15 - INIAP 17	*	-6,6	0,8
INIAP 15 - SFL 09	*	-0,9	0,8
INIAP 16 - INIAP 17	*	-5,4	0,8
INIAP 16 - SFL 09		0,3	0,8
INIAP 17 - SFL 09	*	5,7	0,8

\* indica una diferencia significativa.

Gráfico Caja y Bigotes



**GRÁFICO 3.4** Índice de absorción de agua de las seis Variedades de arroz ecuatoriano estudiadas.

*Elaborado por: GALARZA C. ANDREA; CEDEÑO M. VICTORIA, 2013.*

**b. Índice de solubilidad de agua.**

La prueba ANOVA, indica que existe una diferencia estadísticamente significativa en el índice de solubilidad de agua, entre las medias de las seis variedades de arroz estudiadas, con un nivel del 95% de confianza. Por otro lado, según la prueba de comparación de múltiples rangos, (TABLA 5) los pares de variedades que son significativamente diferentes, son F50-INIAP14, F50-INIAP16, F50-SFL09, INIAP14-INIAP17, INIAP17-SFL09. Además, se muestra que no existe diferencia estadísticamente significativa como son la INIAP 14, 15, 16 y SFL09; por lo que se puede asumir un comportamiento similar en el índice de solubilidad de agua.

Mediante el gráfico de cajas y bigotes (GRÁFICO 3.5) se puede observar que las medias de las variedades analizadas se encuentran en el rango con desviación de 0,02 y 0,03. Además, que las variedades de harina de arroz F50 y la INIAP17 son las que mayor índice de solubilidad de agua han logrado. Por el contrario, la variedad INIAP14 es la que menor solubilidad logró,

posiblemente por el tamaño de sus gránulos, la temperatura o viéndose influenciado por la composición de la muestra en cuanto a su contenido de lípidos, hidratos de carbono, minerales entre otros.

**TABLA 5**

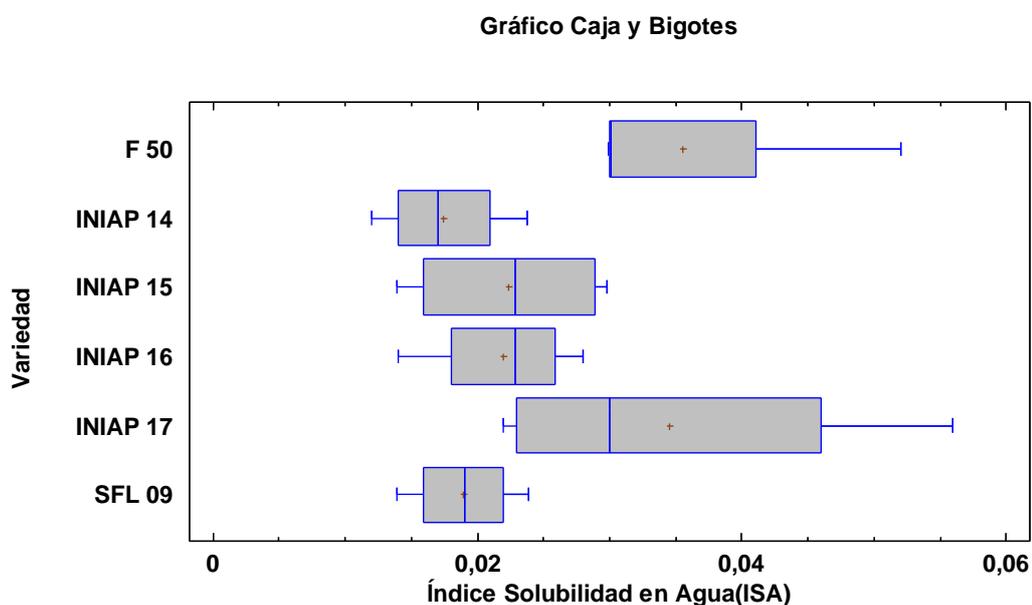
**Pruebas de múltiple rangos para índice solubilidad en agua (isa) por variedad.**

Método: 95,0 porcentaje LSD

Variedad	Casos	Media	Grupos Homogéneos
INIAP 14	4	0,02	X
SFL 09	4	0,02	X
INIAP 16	4	0,02	XX
INIAP 15	4	0,02	XXX
INIAP 17	4	0,03	XX
F 50	4	0,03	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F 50 - INIAP 14	*	0,02	0,01
F 50 - INIAP 15		0,01	0,01
F 50 - INIAP 16	*	0,01	0,01
F 50 - INIAP 17		0,001	0,01
F 50 - SFL 09	*	0,02	0,01
INIAP 14 - INIAP 15		-0,004	0,01
INIAP 14 - INIAP 16		-0,004	0,01
INIAP 14 - INIAP 17	*	-0,02	0,01
INIAP 14 - SFL 09		-0,001	0,01
INIAP 15 - INIAP 16		0,0004	0,01
INIAP 15 - INIAP 17		-0,01	0,01
INIAP 15 - SFL 09		0,003	0,01
INIAP 16 - INIAP 17		-0,01	0,01
INIAP 16 - SFL 09		0,003	0,01
INIAP 17 - SFL 09	*	0,01	0,01

\* indica una diferencia significativa.



**GRÁFICO 3.5** Índice de solubilidad de agua de las seis Variedades de arroz ecuatoriano estudiadas.

*Elaborado por: GALARZA C. ANDREA; CEDEÑO M. VICTORIA, 2013.*

### 3.2.2 Capacidad de absorción de aceite.

Mediante la prueba de la tabla ANOVA, se determinó que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las seis variedades de harina de arroz analizadas, con un nivel del 95% de confianza. Sin embargo, la prueba de múltiples rangos indicó que los siguientes pares F50-INIAP16, F50-INIAP17, F50-SFL09, si muestran diferencias estadísticamente significativas. También encontramos

las variedades en las que no existe diferencia estadísticamente significativa la INIAP 14, 15, 16, 17 y la SFL09 lo que tienen un comportamiento similar en el índice de absorción de aceite.

Mediante el gráfico de cajas y bigotes (GRÁFICO 3.6) se puede observar que las medias de las variedades analizadas se encuentran en el rango con desviación de 1.7 y 1.8. Además, que las variedades de harina de arroz F50 es la que mayor índice de absorción de aceite tiene. Por otro lado, la INIAP16 es la que menor índice de absorción de aceite ha logrado debido a sus partículas que posiblemente son de menor tamaño y a la naturaleza de la superficie de la misma no se logró una buena capacidad de absorción de sustancias oleosas.

TABLA 6

**Pruebas de múltiple rangos para capacidad de absorción de aceite por variedad.**

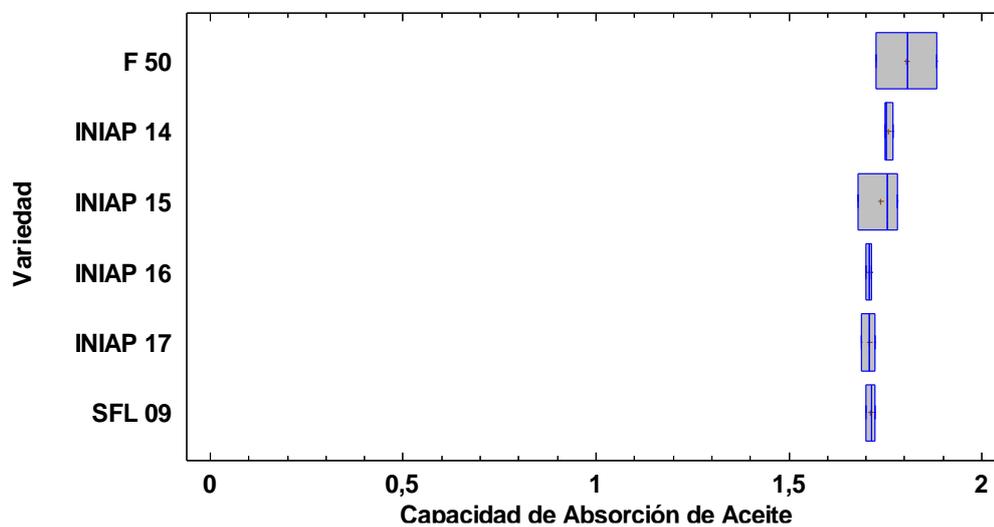
Método: 95,0 porcentaje LSD

Variedad	Casos	Media	Grupos Homogéneos
INIAP 16	3	1,7	X
INIAP 17	3	1,7	X
SFL 09	3	1,7	X
INIAP 15	3	1,7	XX
INIAP 14	3	1,7	XX
F 50	3	1,8	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
F 50 - INIAP 14		0,05	0,07
F 50 - INIAP 15		0,07	0,07
F 50 - INIAP 16	*	0,1	0,07
F 50 - INIAP 17	*	0,1	0,07
F 50 - SFL 09	*	0,1	0,07
INIAP 14 - INIAP 15		0,02	0,07
INIAP 14 - INIAP 16		0,05	0,07
INIAP 14 - INIAP 17		0,05	0,07
INIAP 14 - SFL 09		0,04	0,07
INIAP 15 - INIAP 16		0,03	0,07
INIAP 15 - INIAP 17		0,03	0,07
INIAP 15 - SFL 09		0,03	0,07
INIAP 16 - INIAP 17		-0,0002	0,07
INIAP 16 - SFL 09		-0,004	0,07
INIAP 17 - SFL 09		-0,004	0,07

\* indica una diferencia significativa.

Gráfico Caja y Bigotes



**GRÁFICO 3.6** Índice de absorción de aceite de las seis Variedades de arroz ecuatoriano estudiadas.

*Elaborado por: GALARZA C. ANDREA; CEDEÑO M. VICTORIA, 2013.*

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Las harinas de la variedad de arroz INIAP 17 y F50 fueron las que tuvieron un buen comportamiento en la hidratación de sus gránulos en todos los métodos analizados. Por lo tanto, se recomienda el uso de estas variedades en la elaboración de pan u otros productos industriales que requieren de una buena hidratación. Así mismo las variedades que presentaron baja hidratación y por lo tanto menor hinchamiento de sus partículas fueron la INIAP 15 Y SFL09.
- En las propiedades de hidratación de geles las variedades que predominaron fueron F50, INIAP17 e INIAP14 ya que tuvieron valores entre 11 y 13 en cuanto a la absorción de agua. Entonces, resulta

favorable la utilización de estas variedades para la elaboración de masa de panadería.

- La variedad de harina de arroz F50 es la que mayor índice de absorción de aceite obtuvo entre todas las variedades analizadas. Este resultado puede ser debido a que sus partículas son de mayor.
- La baja hidratación e hinchamiento de las partículas de almidón de algunas variedades se pudo haber producido por poseer una menor área superficial del gránulo y tal vez un alto contenido de amilosa.
- Según los valores obtenidos en las isothermas de sorción indican que las variedades INIAP17 Y SFL09 son las que presentaron mayor ligamiento de agua en su monocapa.
- Es recomendable realizar el respectivo estudio en las variedades de harina de arroz ecuatoriano que permitan determinar el tamaño de los gránulos de almidón y la cantidad de amilosa presente en las muestras. Además, también es necesario analizar la composición de macromoléculas en las harinas.

## **APÉNDICES.**

## **APÉNDICE A**

**PROTOCOLO Y PROCEDIMIENTO GRÁFICO DE LAS  
CARACTERÍSTICAS DE HIDRATACIÓN DE LAS  
HARINAS Y ALMIDONES PARA LA CAPACIDAD DE  
RENTENCIÓN DE AGUA.**

**Procedimiento gráfico de las características de hidratación de las harinas y almidones para la Capacidad de Retención de Agua.**

1. Peso de la muestra,  $1\text{g} \pm 5\text{mg}$  de la variedad de harinas de arroz a estudiar.



2. Mezcla de la muestra con los 10 ml de agua destilada.



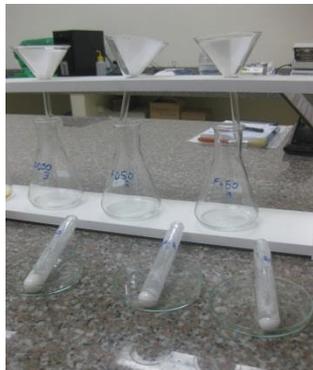
3. Tubos con muestra a temperatura ambiente por un periodo de 24 horas.



4. Decantar el sobrenadante.



5. Peso de los tubos con el pellet.



## **APÉNDICE B**

**PROTOCOLO Y PROCEDIMIENTO GRÁFICO DE LAS  
CARACTERÍSTICAS DE HIDRATACIÓN DE LAS  
HARINAS Y ALMIDONES PARA EL PODER DE  
HINCHAMIENTO.**

**Procedimiento gráfico de las características de hidratación de las harinas y almidones para el Poder de Hinchamiento.**

1. Muestra en las probetas,  $1\text{g} \pm 5\text{mg}$  de harina.



2. Colocación de los 10 ml de agua destilada.



3. Muestras homogenizadas en temperatura ambiente durante 24 horas.



4. Lectura del volumen de los gránulos hinchados transcurridas las 24h.

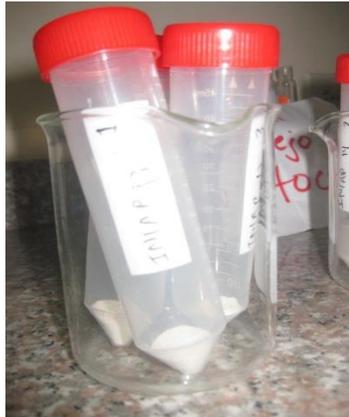


## **APÉNDICE C**

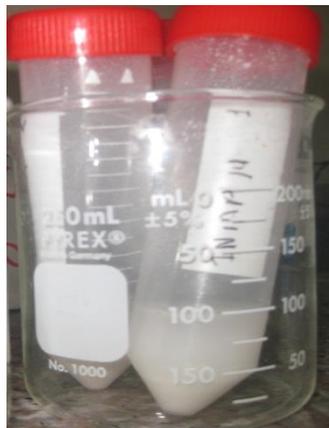
**PROTOCOLO Y PROCEDIMIENTO GRÁFICO DE LAS  
CARACTERÍSTICAS DE HIDRATACIÓN DE LAS  
HARINAS Y ALMIDONES PARA LA CAPACIDAD DE  
LIGAMIENTO DE AGUA.**

**Procedimiento gráfico de las características de hidratación de las harinas y almidones para la capacidad de ligamiento de agua.**

1. Colocar  $1\text{g} \pm 5\text{mg}$  de cada una de las muestras a los tubos.



2. Muestra homogenizada para centrifugar (10 ml H<sub>2</sub>O destilada)



3. Centrifugación de las muestras a 2000 xg por 10 min



4. Decantado del sobrenadante



5. Peso del pellet en los tubos.



## **APÉNDICE D**

**PROTOCOLO Y PROCEDIMIENTO GRÁFICO DE LAS  
CARACTERÍSTICAS DE HIDRATACIÓN DE GELES DE  
LAS HARINAS Y ALMIDONES PARA EL ÍNDICE DE  
ABSORCIÓN E ÍNDICE DE SOLUBILIDAD DE AGUA.**

**Procedimiento gráfico de las características de hidratación de geles de las harinas y almidones para el Índice de Absorción de Agua e Índice de Solubilidad de Agua.**

1. Preparación de las muestras, colocar  $50\text{mg} \pm 0.1\text{mg}$  de harina en los tubos eppendorf, agregar 1 ml de agua destilada, y agitar.



2. Temperatura del baño María a  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



3. Colocar a baño María a 90°C por 15 minutos.



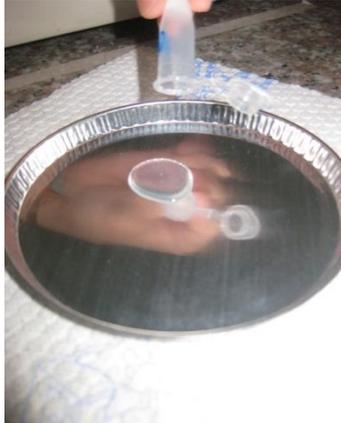
4. Enfriamiento del gel.



5. Centrifugar a 3000 xg a 4°C por 10 minutos.



6. Decantar el sobrenadante.



7. Pesar el pellet.



8. Llevar los platos de aluminio a la estufa por 24 horas, para determinar los sólidos solubles.



9. Pesar los sólidos solubles.



## **APÉNDICE E**

**PROTOCOLO Y PROCEDIMIENTO GRÁFICO DE LAS  
CARACTERÍSTICAS DE HIDRATACIÓN DE GELES DE  
LAS HARINAS Y ALMIDONES PARA LA CAPACIDAD  
DE ABSORCIÓN DE ACEITE.**

**Procedimiento gráfico de las características de hidratación de geles de las harinas y almidones para la capacidad de absorción de aceite.**

1. Preparación de la muestra, colocar  $100\text{mg} \pm 0.2\text{ mg}$  de harina, 1 ml de aceite vegetal, homogenizar la muestra con una varilla de alambre y por 30 min llevar al vórtex mixer.



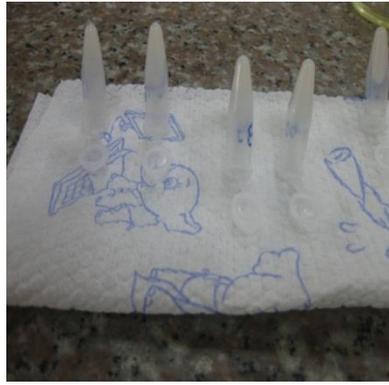
2. Centrifugar a  $3000\text{ xg}$  a  $4^{\circ}\text{C}$  por 10 minutos.



3. Eliminar el sobrenadante.



4. Invertir los tubos eppendorf por 25 min.



5. Peso del pellet en los tubos eppendorf.



## APÉNDICE F

### ISOTERMAS

1. Determinación de humedad de la muestra.



2. Determinación de actividad de agua de la muestra.



3. Muestras en vapor y estufa.



## BIBLIOGRAFÍA

(1) Proyecto: Incremento del nivel productivo, social y económico del sector arrocero ecuatoriano, a través de la inversión pública para la generación y transferencia de tecnología del INIAP. Estación Experimental Boliche. Disponible en: [http://www.iniap.gob.ec/nsite/...inversion\\_iniap/.../Proyecto\\_mef\\_arroz.doc](http://www.iniap.gob.ec/nsite/...inversion_iniap/.../Proyecto_mef_arroz.doc).

(2) FAO (Food and Agriculture Organization). AGRO Noticias América Latina y el Caribe. [En línea]. Consultado: Febrero 2013. Disponible en: [http://www.fao.org/agronoticias/agronoticias/detalle/es/?dyna\\_fef\[backuri\]=21178&dyna\\_fef\[uid\]=167748](http://www.fao.org/agronoticias/agronoticias/detalle/es/?dyna_fef[backuri]=21178&dyna_fef[uid]=167748)

(3) INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), Variedades liberadas por el INIAP. [En línea]. Consultado: Enero 2013. Disponible en:

[http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com\\_content&view=article &id=346&Itemid=249.](http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=346&Itemid=249)

(4) Variedades Pronaca. Disponible en:  
[http://www.pronaca.com/site/principal.jsp?arb=790&padre=786.](http://www.pronaca.com/site/principal.jsp?arb=790&padre=786)

(5) SÁNCHEZ, H.D.; GONZÁLEZ, R.J.; OSELLA, C.A.; TORRES, M.A.G. Elaboración de Pan sin Gluten con Harinas de Arroz Extruidas. Ciencias y Tecnología Alimentaria, Vol. 6, Núm. 2, 2008, pp. 109-116. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos México. [En línea]. Consultado: Enero 2013. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/724/72411971004.pdf>.

(6) PINCIROLI MARÍA. Proteínas de arroz: Propiedades Estructurales y Funcionales, ARGENTINA, 2010, Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología de Alimentos (CIDCA). Pág. 21. [En línea]. Consultado: Enero 2013. Disponible en: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento\\_completo\\_\\_.pdf?sequence=3.](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento_completo__.pdf?sequence=3)

(7) GUÍZAR MIRANDA ALBERO; MONTAÑÉZ SOTO JOSÉ LUÍS; GARCÍA RUIZ IGNACIO, Parcial caracterización de nuevos

almidones obtenidos del tubérculo de camote del cerro (*Dioscorea* spp), México, 2008, Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha, v. 9, n. 1, Págs. 81-88, ISSN 1665-0204. [En línea]. Consultado: Enero 2013. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=813112260> 11.

(8). JOSEPH F. ZAYAS.F. , *Functionality of Proteins in Food*. New York- USA., Págs.: 76-82. 1932.

(9). JOSÉ BELLO GUTIÉRREZ, *Ciencia Bromatológica. Principios Generales de los Alimentos*, Ediciones Díaz de Santos, S.A. Juan Bravo, 3-A. 28006, Madrid, España. Págs. 206-214.2000.

(10). N. CUBERO, A. MONFERRER Y J. VILLALTA., *Tecnología de Alimentos. Aditivo Alimentario*, Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España. Pág. 119-121.2002.

(11). FRANCO MARÍA LAJOLO., ELIZABETE WENZEL DE MENEZER., *Carbohidratos en Alimentos Regionales Iberoamericanos.*, 6ª Edición., Sao Paulo, Brasil., Pág.: 532. 2006.

(12). SALCEDO CUADRADO. Estudio del efecto de la pre-cocción y adición de inhibidores para controlar el pardeamiento del banano durante la elaboración de harina pre-cocida. Tesis. Ecuador. Págs.: 11-12.2003.

(13). A. HEREDIA MORENO - A.J. JIMÉNEZ ARAUJO J. FERNÁNDEZ- BOLAÑOS R. GUILLÉN BEJARANO. R. RODRIGUEZ ARCOS. Fibra Alimentaria. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. Págs.: 67-68. 2003.

(14). RODRÍGUEZ RIVERA VÍCTOR MANUEL, EDURNE SIMÓN MAGRO., Bases de la Alimentación Humana., La Coruña, España., Págs.: 172-174. 2008.

(15). Functionality of Starch. Disponible en:  
<http://www.lsbu.ac.uk/water/hysta.hysta.html#sou>