

**Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Química
Sección de Nutrición**



**DETERMINACION DEL FACTOR DE CONVERSION DE PESO Y
VOLUMEN DE CRUDO A COCIDO Y VICEVERSA DEL ARROZ**

María Victoria Monge Ponce de de la Cerda

**Trabajo de graduación presentado
para optar al grado académico
de Licenciatura en Nutrición**

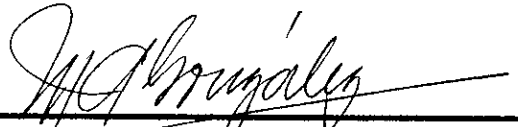
**Asesor: Licda. María Antonieta González
Asesor Estadístico: Lic. Jorge Matute**

Guatemala, 23 de septiembre de 1995.

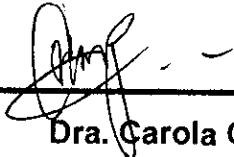
Vo.Bo.

(f) 
Licda. María Antonieta González
ASESORA

Vo.Bo. TRIBUNAL EXAMINADOR

(f) 
Licda. María Antonieta González

(f) 
Dra. Gilda Gomar

(f) 
Dra. Carola Cruz

GUATEMALA, 19 DE OCTUBRE DE 1995.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que colaboraron y me apoyaron en la elaboración de esta investigación:

Cervecería Centroamericana, S.A.

Universidad del Valle de Guatemala

Juan F. Monge C.

María Victoria Ponce

Lucrecia Zelada B.

Licda. María Antonieta González

Lic. Jorge Matute

Ing. Carlos Tejada Castillo

Ing. Sandra Figueroa

DEDICATORIA

A Dios Padre y la Virgen María porque nunca me han abandonado y me han colmado de infinitas bendiciones.

A mis padres porque me brindaron lo que todo ser humano anhela: un hogar lleno de amor, confianza y apoyo, y una educación moral e intelectual. Gracias por haberme ayudado a realizar todas la metas que me he propuesto en la vida.

A mi esposo por su amor, apoyo incondicional, colaboración y compañía.

A mi hija Nicolle quién fue mi inspiración para terminar este trabajo. Siempre trataré de ser un buen ejemplo para tí.

INDICE

	PAGINA
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	3
III. JUSTIFICACION	30
IV. OBJETIVOS	31
V. HIPOTESIS	32
VI. MATERIALES Y METODOS	33
VII. RESULTADOS	40
VIII. DISCUSION DE RESULTADOS	63
IX. CONCLUSIONES	67
X. RECOMENDACIONES	69
XI. BIBLIOGRAFIA	70
XII. ANEXOS	73

I. INTRODUCCION

Existen varios alimentos, dentro de las Tablas de composición de Alimentos para América Latina y la Tabla de Valor Nutricional de los Alimentos para Centroamérica y Panamá, que en los procesos de cocción sufren cambios de volumen y peso. Estos cambios pueden ser cuantificados por medio del factor de conversión de peso y/o volumen.

El nutricionista juega un papel fundamental en la evaluación y cálculo de dietas. Cuando el nutricionista calcula una dieta y estima el contenido de la misma en base a los datos de la tabla, generalmente considera valores para alimentos crudos. Para algunos alimentos ya existen factores de conversión que permiten al nutricionista realizar conversiones de crudo a cocido, o viceversa. El factor de conversión puede variar según el método de cocción.

El consumo de arroz, en Guatemala, constituye un 4.9 % de la ingesta diaria de alimentos. El arroz se consume en todo nivel socioeconómico. Por lo tanto, uno de los objetivos del estudio fue completar los datos de constantes de conversión de peso y volumen de las tablas de composición de alimentos.

El presente estudio se realizó con el propósito de determinar los factores de conversión de peso y volumen, tanto en crudo como en cocido, del arroz. Antes de realizar esta investigación, ya se contaba con un factor de conversión de peso del arroz cocido que no especifica las condiciones de preparación ni el método de cocción utilizado.

La muestra estuvo constituida por dos tipos de arroz: pulido sin recubrir y precocido. Para el arroz pulido, existen tres grados de calidad y para el precocido dos grados de calidad. La combinación de tipo-grado de calidad hacen un total de cinco tratamientos. Los dos métodos de cocción fueron: calor húmedo y microondas. El tamaño de muestra por tratamiento fue de 16 unidades experimentales, por lo que 16 unidades experimentales X cinco tratamientos X dos métodos de cocción hacen un total de 160 unidades que constituyen el tamaño de la muestra. Se determinó la longitud de los granos crudos para determinar si existía relación con la calidad del arroz. A cada una de las muestras se le estableció el peso y volumen antes y después de la cocción.

En este estudio, se determinó que sí existe relación entre los factores de conversión de peso y volumen y el método de cocción, tipo y/o grado de calidad del arroz. Para el análisis estadístico, se realizó la prueba de análisis de varianza. Al encontrarse un F significativo, se procedió a realizar comparaciones múltiples, aplicando la prueba de Tukey o Duncan ($\alpha = 0.05$).

Los resultados mostraron que el factor de conversión de peso depende del método de cocción y el tipo y/o grado de calidad del arroz. El factor de conversión de volumen es independiente del tipo y calidad del arroz, pero no del método de cocción. Además, la longitud del grano crudo tiene relación con el grado de calidad del arroz.

II. ANTECEDENTES

A. Cereales: arroz

1. Descripción

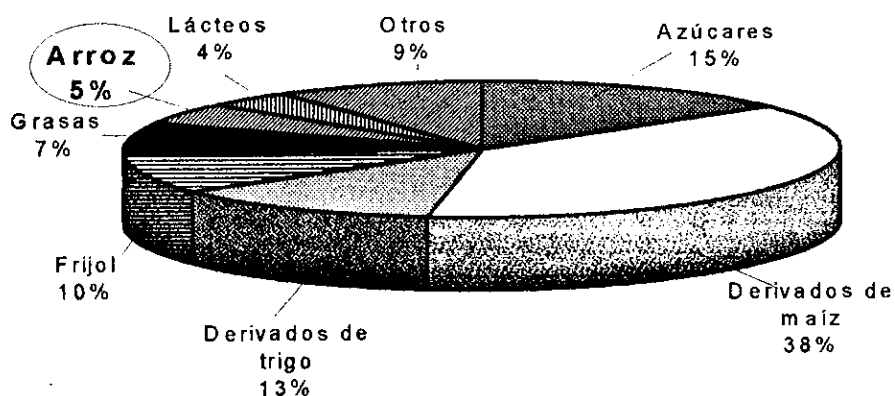
La palabra "cereal" viene de la raíz latina "ceres" que identifica al dios romano de los granos. Actualmente, se considera cereal o cereal de grano a las frutas o semillas de la familia de la gramíneas (30) que se utilizan en la alimentación humana, y cuyo valor nutritivo es semejante (16).

Los cereales de mayor importancia en la alimentación humana son el trigo, el maíz, el arroz, la cebada, el centeno, la avena, el mijo y el sorgo (30). Estos granos se consumen descortados parcial o totalmente y triturados. La cantidad de sustancias nutritivas varía considerablemente según el refinamiento de las harinas (16).

El cultivo de los cereales para alimentación humana, tiene un rendimiento por área mayor del que se obtiene con otros alimentos. Por ejemplo, la crianza de cabras necesita de 4046 m de terreno para alimentar a una persona durante un año. Pero en la misma extensión, se puede obtener suficiente cantidad de arroz para alimentar a 24 personas. Esta diferencia en rendimiento por área, hace que los cultivos sean preferidos en los países subdesarrollados, y su consumo ocupa un lugar importante, cubriendo del 80 al 90 % del valor energético total de las dietas consumidas por día (30). Los cereales proporcionan casi la mitad (47%) de la proteína dietética a nivel mundial (4). Una dieta no es más que un conjunto de alimentos que, además de llenar los requisitos de palatabilidad y satisfacción, debe contribuir con los nutrientes requeridos por el hombre, para poder cumplir con sus funciones fisiológicas de crecimiento y desarrollo.

En la gráfica No.1 se muestra la distribución porcentual de los grupos de alimentos al consumo per cápita de energía a nivel nacional. Con base en los datos anteriores, los cereales (56 %) y las leguminosas de grano (9.5%) contribuyen con los mayores porcentajes de consumo per cápita de energía(2).

GRAFICA.No.1
Contribución porcentual de los grupos de alimentos al
consumo percápita de energía a nivel nacional



Fuente: (2)

En Guatemala, una dieta típica para un niño preescolar se muestra en la Tabla 1.

TABLA 1. Consumo de alimentos por niños preescolares de áreas rurales de Guatemala.

ALIMENTO	INGESTA (g/día)	PORCENTAJE (%)
Tortilla **	103.5	31.9
Pan	19.5	6.0
Arroz	16.1	4.9
Frijol	47.9	14.7
Azúcar	28.9	8.9
Caldo de res	26.4	8.2
Carne	4.8	1.5
Huevos	7.8	2.4
Vegetales	21.2	6.5
Frutas	2.6	9.1
Papas	4.3	1.3
Caldo de frijol	12.5	3.8
Café	2.6	0.8
TOTAL	324.9	100.0

**Maíz tratado con cal

Fuente: (2)

En base a los datos anteriores, los cereales aportan un 42 % del peso total, los farináceos el 19 %, las leguminosas de grano el 15 %, las verduras el 6.5 %, los productos de origen animal el 4 % y los restantes, la diferencia (2).

En el grano del cereal se identifican tres estructuras: el endospermo que ocupa el 83 % del grano, la cutícula que ocupa el 14 % y el germen que ocupa el 2 %.

Tabla 2. Porcentaje de macro y micronutrientes en las estructuras del grano de cereal.

MACRO Y MICRO NUTRIMENTO	ENDOSPERMO (%)	CUTICULA (%)	GERMEN (%)
PROTEINA	70-75	19	8
NIACINA	12	86	2
ACIDO PANTOTENICO	43	40	7
PIRIDOXINA	6	73	21
TIAMINA	3	33	64
RIBOFLAVINA	32	42	26

Fuente: (30)

Observando los porcentajes de nutrientes del grano de cereal, se encuentra la razón por la que se recomienda el consumo de cereales integrales, es decir, incluyendo la cutícula, ya que ésta, además de su alto contenido de vitaminas, contiene casi la totalidad de fibra insoluble del grano (30).

A continuación se presenta el valor nutritivo de algunos de los cereales más consumidos:

Tabla 3. Valor nutritivo de varios cereales.

VALOR NUTRITIVO (100 GRAMOS)	CEREALES				
	CEBADA	TRIGO	MAIZ	AVENA	ARROZ
Energía, kcal	348.0	330.0	348.0	390.0	363.0
Proteína, g	9.6	12.3	8.9	14.2	6.7
Grasas, g	1.1	1.8	3.9	7.4	0.4
Carbohidratos, g	76.0	69.0	70.0	67.0	80.0
Fibra, mg	0.9	2.3	2.0	1.2	0.3
Calcio, mg	34.0	46.0	22.0	53.0	24.0
Fósforo, mg	290.0	354.0	268.0	405.0	94.0
Hierro, mg	2.7	3.4	2.1	4.5	2.9
Tiamina, mg	0.21	0.52	0.37	0.60	0.40
Riboflavina, mg	0.07	0.12	0.12	0.14	0.40
Niacina, mg	3.7	4.3	2.2	1.0	3.5

Fuente: (30).

Según la Comunidad Económica Europea, se dan varias definiciones para los distintos tipos de arroz. Se define **arroz descascarillado** como granos de arroz de los cuales se han eliminado las cascarillas, pero que aún estén encerrados en el pericarpio. El arroz es aquel en el

que el grano esté aún dentro de la cáscara floral por lo que se especifica un contenido máximo de humedad de 14.5% (18).

La Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) establece las siguientes definiciones:

a) **Arroz en cáscara o en granza:** Es el conjunto de granos provenientes de la especie Oryza sativa, formado por más del 98% de granos sin que se les haya removido la cáscara (glumas).

b) **Arroz elaborado:** Son los granos de arroz, enteros o quebrados, a los cuales haya sido retirada la cáscara, los embriones y el salvado.

c) **Arroz descascarado:** Son los granos de arroz a los que sólo se les ha removido la cáscara (glumas) y no han recibido ningún otro proceso de elaboración (26 a).

El arroz, Oryza sativa, es el alimento básico de la mayoría de la población mundial. La evidencia botánica sugiere que el arroz proviene del sur este del continente asiático. Las diversas variedades de arroz reflejan la gran diversidad en las condiciones de cultivo (6).

El valor nutritivo de los cereales, está representado, principalmente, por su alto contenido de hidratos de carbono y proteínas vegetales. Además contienen fósforo y cantidades relativamente pequeñas de tiamina y niacina. En el caso de las harinas, el contenido de tiamina es mucho menor que en el grano, ya que ésta se encuentra principalmente en la cáscara, que es separada durante la molienda (17). Los cereales que mantienen el germen, suministran vitaminas A y E (7). El valor nutritivo de 100 gramos del arroz es el siguiente:

Tabla 4. Valor nutritivo para 100 gramos de arroz

Calorías	364
Proteína	7.2 g
Grasa	0.6 g
Hidratos de carbono	79.7 g
Calcio	8.9 mg
Fósforo	103.9 mg
Hierro	1.3 mg
Vitamina A (de actividad)	7.2 mcg
Tiamina	0.1 mg
Rivoflavina	0.03 mg
Niacina	1.61 mg
Acido ascórbico	0.0 mg

Fuente: (10)

El contenido de proteína y la composición de aminoácidos de la proteína del arroz, varía según la variedad y condiciones de crecimiento. La distribución de aminoácidos en grano, no es uniforme (21). La proteína del arroz es la de mejor calidad entre los cereales, aunque su contenido de proteína total es bajo (27). El aminoácido limitante es la lisina, aunque el contenido de isoleucina, treonina, triptófano y aminoácidos que contienen sulfuro también es baja (22), como consecuencia indirecta de su bajo contenido de prolaminas y alto contenido de glutelina (17). El arroz y la avena sobrepasan a los otros cereales en contenido de arginina (27).

Se han realizado varios intentos para mejorar la calidad aminoacídica del arroz. Varios investigadores han realizado injertos entre variedades de alto contenido proteico, para mejorar la calidad nutricional de los granos de arroz, especialmente en su contenido de lisina y treonina (1). Por otro lado, en varios países se lleva a cabo la fortificación del arroz con un suplemento de lisina, el cual no presenta riesgos de toxicidad ni de desequilibrio en aminoácidos (4). Un estudio realizado por Cerón (31), demuestra que elaborando mezclas vegetales, es posible igualar o sobrepasar el requerimiento de aminoácidos esenciales para un hombre adulto de 60 kilogramos. Una de las mezclas vegetales utilizadas, con resultados muy positivos, fue la de arroz + frijol + maíz (31).

2. Variedades

En el mundo se producen alrededor de 7000 variedades de arroz (6). La proporción de cáscara en el grano de arroz supone un promedio de 21%. Las variedades de arroz, se clasifican de acuerdo al peso del albumen, su longitud y forma (21). Las características físicas y químicas del grano de arroz, que están asociadas con la forma de cocción y con su relación respecto al producto de arroz procesado son (5):

- a) Contenido de amilosa.
- b) Tiempo de reacción alcalina y pH.
- c) Temperatura de gelatinización determinada por el método del punto final de la birrefringencia en relación a la temperatura.
- d) La absorción de agua a 77 °C.
- e) La viscosidad de la pasta amilográfica (unidades Brabender) en el máximo cuando se ha cocinado durante 10 min. a 95 °C y se ha enfriado a 50 °C.

f) La facilidad de cocción con malta; el tiempo de flujo según la viscosidad (segundos para 150 ml).

g) La estabilidad de cocción-enlatado: materia seca (porcentaje de pérdida de sólidos).

3. Clasificación

Según la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR) la clasificación del arroz en cáscara y del arroz elaborado es la siguiente:

a) Clasificación del arroz en cáscara: El arroz en cáscara se clasificará en base a su tamaño en diferentes tipos. Cada tipo estará formado por todas las variedades de arroz cuyos granos, solamente descascarados, tengan longitudes específicas (26 a).

i. Tipo extralargo: granos que midan más de 7 mm de largo.

ii. Tipo largo: granos que midan de 6 a 7 mm de largo.

iii. Tipo mediano: granos que midan de 5 a menos de 6 mm de largo.

iv. Tipo corto: granos que midan menos de 5 mm de largo.

v. Tipo mezclado: Se entenderá como tal, a todo lote de arroz que contenga más de 12% de un tipo de arroz dentro de otro.

b) Clasificación del arroz elaborado: El arroz elaborado se clasificará en base a su tamaño en diferentes tipos. Cada tipo estará formado por todas las variedades de arroz cuyos granos, una vez elaborados, tengan longitudes específicas.

i. Tipo extralargo: granos que midan más de 7 mm de largo.

ii. Tipo largo: granos que midan de 6 a 7 mm de largo.

iii. Tipo mediano: granos que midan de 5 a menos de 6 mm de longitud.

iv. Tipo corto: granos que midan menos de 5 mm de largo.

v. Tipo mezclado: Se entenderá como tal a todo lote de arroz elaborado que contenga más de 12 % de un tipo dentro de otro.

Nota: El arroz elaborado es de color blanco. Un ligero color cremoso, grisáceo o pajizo en los granos no afecta la calidad (26 a).

Los tipos de grano medio, tienden a ser ligeramente pegajosos o húmedos al cocerse. El arroz de grano corto es todavía más pegajoso. El tipo de grano largo es más fácil de cocer, por lo que los granos se separan y esponjan cuando están listos para consumirse (6).

4. Designación

El arroz se designará por su nombre, tipo y calidad, seguido de la referencia de la norma a la cual pertenece. Ejemplos:

- a) Arroz en cáscara, extralargo, calidad 1, COGUANOR NGO 34049
- b) Arroz elaborado, mediano, calidad 2, CDGUANOR NGO 34049

5. Especificaciones

a) Calidad: Es la medida en que las propiedades de un bien o servicio, cumplen con los requisitos establecidos en la norma o especificaciones técnicas, así como con las exigencias del usuario de dicho bien o servicio en cuanto a la funcionalidad, durabilidad y costo. Los grados de calidad que debe cumplir el arroz son los siguiente:

i. El arroz en cáscara deberá ser sano y limpio, y cumplir con los grados de calidad de la Tabla 5.

Tabla 5. Grados de calidad del arroz en cáscara

TOLERANCIAS MAXIMAS EN % DE MASAS	GRADOS DE CALIDAD (1,2)			
	1	2	3	4
Humedad (3)	13	13	13	13
Impurezas (3)	3	4	5	6
Grano dañado (4)	4	6	8	10
Grano contrastante (5)	6	8	10	12
Grano yesoso (6)	6	8	10	12
Grano rojo (7)	1	2	2	2
Grano o semilla objetable (8)	4	6	8	12
Grano infestado (9)	NSA	NSA	NSA	NSA
Grano dudosamente infestado (10)	SA	SA	SA	SA

NSA = NO SE ACEPTA

SA = SE ACEPTA

Fuente: (26 a)

ii. El arroz elaborado, deberá ser sano y limpio, y cumplir con los grados de calidad de la Tabla 6.

Tabla 6. Grados de calidad del arroz elaborado

TOLERANCIAS MAXIMAS EN % DE MASAS	GRADOS DE CALIDAD (1,2)			
	1	2	3	4
Humedad (3)	13	13	13	13
Impurezas (3)	0.5	1	1.5	2
Grano dañado (4)	5	7	9	11
Grano contrastante (5)	6	8	10	12
Grano yesoso (6)	5	7	9	11
Grano rojo (7)	1	2	2	2
Grano o semilla objetable (8)	4	6	8	12
Grano infestado (9)	NSA	NSA	NSA	NSA
Grano dudosamente infestado (10)	NSA	NSA	NSA	NSA

NSA = NO SE ACEPTA

Fuente: (26 a)

- (1) El grano de calidad, estará determinado por el factor que se encuentre en condiciones más desfavorables conforme esta tabla, sin tomar en cuenta el factor humedad.
- (2) El grano de cualquier clase que no reúna ninguno de lo grados de calidad indicados, o que por cualquier motivo se considere de calidad inferior, se designará como **calidad según muestra**.
- (3) Los valores para tales porcentajes que aparecen en la Tabla 5 y Tabla 6, se deberán tomar como cifras de comparación en las transacciones comerciales para bonificar o castigar el precio.
- (4) Los **granos dañados** son los granos enteros de arroz que estén hendidos, marcadamente dañados por el agua, insectos, hongos, calor o cualquier otro medio. Se consideran granos dañados por el calor, aquellos granos enteros o quebrados, que han sufrido deterioro en su color, apariencia o estructura, o consecuencia de secamiento inadecuado o fermentación por exceso de humedad.

- (5) Los **granos contrastantes**, son los granos de arroz descascarado o arroz elaborado, cuyo tamaño difiere notoriamente del arroz de la clase que se considera, a tal punto que haga variar su valor comercial.
- (6) Los **granos yesosos** son los granos de arroz descascarado o elaborado que presentan una fisura longitudinal (26 a). Por apariencia, los granos se clasifican: yesosos (opacos y cristalinos). Se cree que los granos opacos, después de cocidos tienen una consistencia de masa (15).
- (7) Los **granos rojos** son los granos de arroz elaborado que tengan por lo menos una o más estrías de color rojo que sumados den la longitud al grano.
- (8) Los **granos o semillas objetables** son todos aquellos que no sean granos de arroz y que afectan la calidad comercial del producto. Esta cifra está representada por número de semillas en 100 gramos.
- (9) El **grano de arroz infestado**, se considera aquel que contenga insectos vivos dañinos para el grano almacenado.
- (10) El **grano de arroz dudosamente infestado** es aquel que contenga solamente insectos muertos.
- (11) Los **granos quebrados** son los pedazos de granos de arroz descascarado que tengan menos de 3/4 de la longitud original.

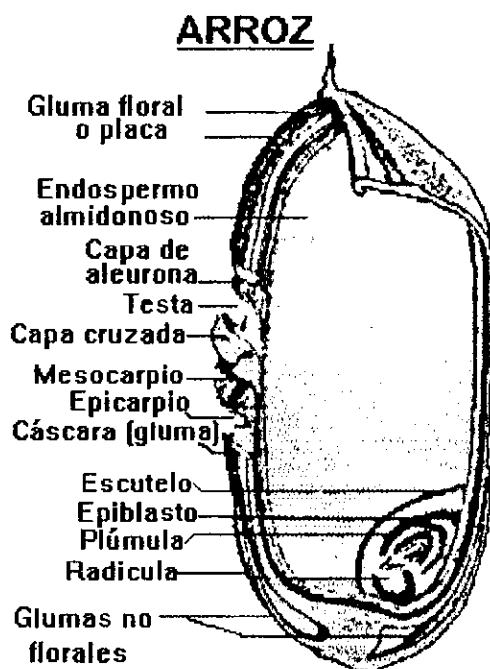
b) Contenido de aflatoxina: El contenido máximo de aflatoxinas tanto en el arroz en cáscara como en el arroz elaborado, no deber ser mayor de 20 microgramos/kg. Las aflatoxinas son un grupo de metabolitos carcinogénicos altamente tóxicos producidos por algunos tipos de los hongos Aspergillus flavus, así como también por otros hongos relacionados con el deterioro de alimentos y forrajes.

c) Masa unitaria: En toda transacción comercial, la masa de arroz en cáscara o del arroz elaborado, se expresará en kilogramos netos. Cuando las estipulaciones de compra y venta lo especifiquen, o cuando el comprador lo solicite, se determinará la masa del arroz en kilogramos por hectolitro (26 a).

6. Aspectos Bioquímicos del Arroz

El grano de arroz, está formado por la cáscara (hollejo), la capa de la semilla (pericarpio), el embrión (germen) y el endospermo harinosos. El recubrimiento de la semilla, consta de seis capas de células diferenciadas y las más cercanas al endospermo, forman la capa de aleurona que es rica en proteínas, lípidos, minerales y vitaminas del complejo B. Las proteínas y las sales minerales se encuentran presentes en las células de aleurona y también en las células exteriores que contienen almidón (6).

Figura 1. Corte longitudinal de un grano de arroz



La porción comestible del grano de arroz se encuentra encerrada por glumas. El almidón es el mayor constituyente, seguido de la proteína. El almidón se encuentra en el endospermo, en forma de gránulos de un tamaño de 3-10 μ m; poliédricos, compactados en el endosperma del grano maduro. Sus moléculas se encuentran ordenadamente arregladas, dándole cristalinidad al grano.

Los granos de almidón, son bastantes higroscópicos por lo que el contenido de agua del grano de arroz, cambia con la temperatura y la humedad relativa durante el almacenamiento. El almidón está formado por unidades de glucosa en dos distintas fracciones, una fracción ramificada, la **amilopectina** y una fracción lineal, la **amilosa**.

Figura 2. Porción de la molécula de amilosa

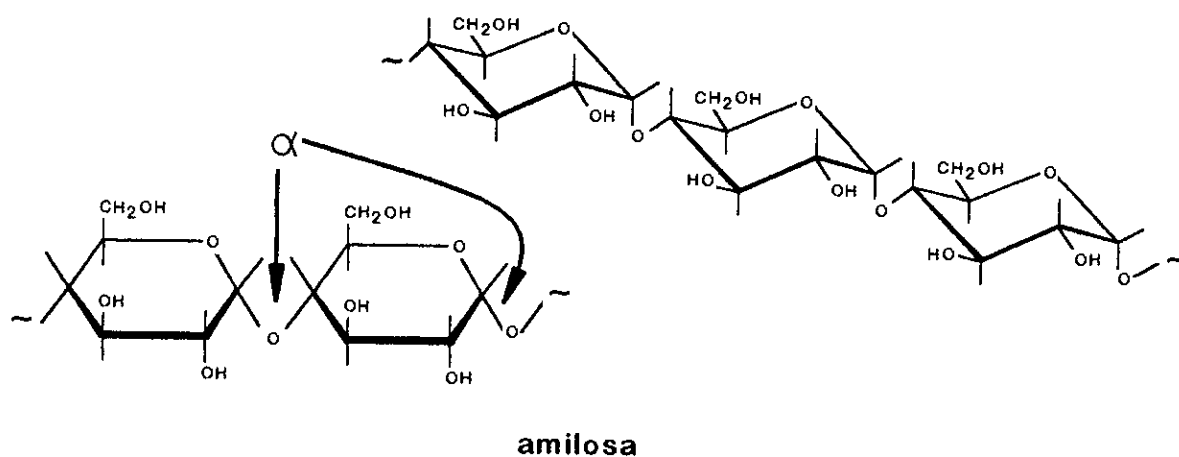
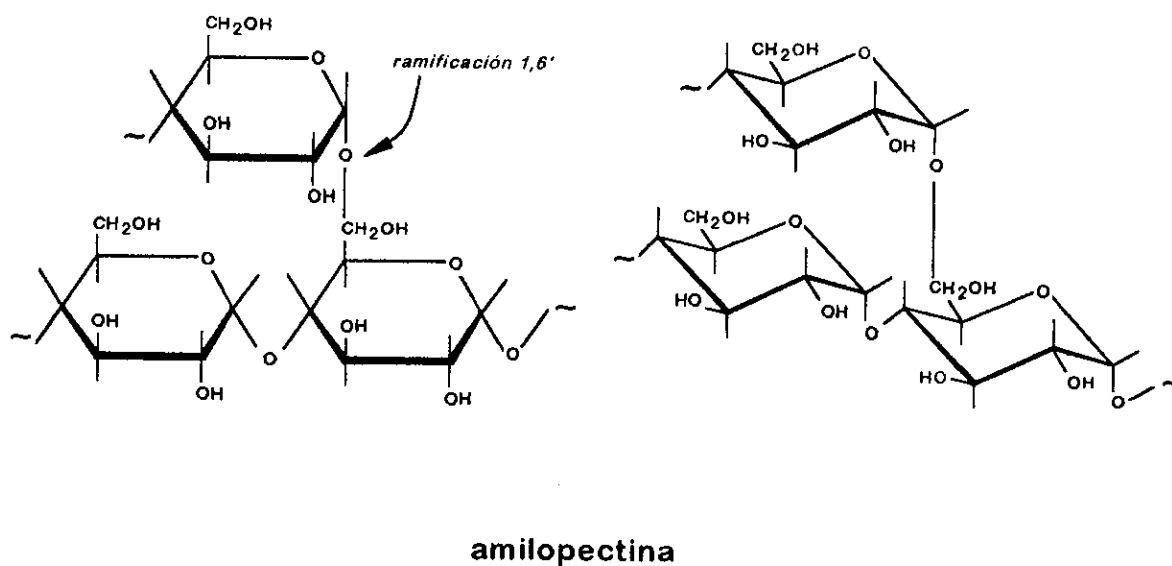


Figura 3. Porción de la molécula de amilopectina



En base a ello puede clasificarse en:

- a) aceroso o glutinoso (cuando está especialmente constituido por amilopectina y menos de un 2% de amilosa) y,
- b) no cesoso o no glutinoso (con más de 5 % de amilosa).

La amilosa es la fracción lineal del almidón; la amilopectina es la fracción ramificada. Las variedades de arroz, se agrupan en base a su contenido de amilosa en : glutinosas (1-2 % de

amilosa), bajas (8-20% de amilosa), intermedias (21-25% de amilosa) y altas (más de 25% de amilosa).

Una de las características mejor conocidas de la amilosa es su capacidad para retener el yodo, hasta un 20 % de su peso. Las cadenas cortas de amilosa obtenidas por hidrólisis parcial (dextrinas) absorben poco yodo y dan un complejo azul. La amilopectina sólo absorbe una pequeña cantidad de yodo, generando un complejo rojizo. La capacidad media de retención de yodo por parte de una muestra de almidón, sirve como un buen índice de la relación amilosa-amilopectina (2). Por lo tanto, el almidón ceroso al ponerlo en contacto con el yodo, produce una coloración café rojiza, y el no ceroso, azul púrpura (15).

A través de difracción de rayos-X, resulta evidente que en el grano de almidón existe un grado de orden en la disposición de las moléculas. Se cree que esta estructura se debe a la presencia de partículas microcristalinas que son las responsables de la **birrefringencia** del grano de almidón cuando se observa bajo la luz polarizada (2). Los grupos hidrofílicos en la molécula de almidón, pueden adquirir humedad en proporción a la humedad relativa de la atmósfera (9). El grano de almidón es prácticamente insoluble en agua fría, pero al aumentar la temperatura, el gránulo absorbe agua y aumenta de volumen. La fase inicial de hinchamiento es reversible, y el gránulo puede secarse y retornar a su tamaño original. A medida que se va aumentando la temperatura, continúa el hinchamiento (2) se pierde la orientación radial de las micelas y se pierde la birrefringencia (9). En este punto, se dice que el almidón ha alcanzado la etapa de **gelatinización**. Finalmente, el gránulo se desintegra y el almidón pasa a solución (2). La temperatura en la que los gránulos comienzan a hincharse y pierden su birrefringencia, es llamada **temperatura de gelatinización**. El rango de gelatinización de los gránulos de almidón del arroz, se muestra en la

Tabla 7.

Tabla 7. Rango de gelatinización del arroz

FUENTE	TEMPERATURA A LA CUAL SE PIERDE LA BIRREFRINGENCIA (°C)		
	INICIACION	PUNTO MEDIO	TERMINACION
ARROZ	68	74.5	78

Fuente: (7)

7. Molienda

El grano de arroz con hollejo y seco se conoce como arroz en cáscara o bruto. Llega a los molinos en saco o a granel. El primer paso en la molienda, es eliminar el hollejo y preservar la mayoría de granos enteros. Por medio de varias máquinas, se corta, se cierne y se revuelve con aire para eliminar piedras, suciedad, paja y otros materiales extraños. El arroz en bruto limpio, pasa a una máquina de rodillos de hule móviles, que se conocen como descascaradoras (6). Estos rodillos no aplastan los granos, sino que aplican fricción para separar la cáscara exterior del grano interior (28). De las máquinas descascaradoras, el arroz se transporta a un dispositivo llamado "separador" donde se apartan los granos con hollejo de los que ya están limpios. El arroz descascarado en esta etapa de molienda, se conoce como **arroz café**. El arroz café pasa a otra descascaradora que elimina por fricción las capas exteriores de cáscara y el salvado del grano de arroz, no así el hollejo. Pasan a una malla y se separan por aspiración y cernido. Al arroz molido que tiene un color crema, se le conoce como **arroz subprocesado**. Este arroz pasa a los cepillos que eliminan la mayor parte de la capa interna de la cáscara o pulimento. Al arroz que sale de esta operación se le conoce como **arroz pulido no recubierto**. Si al arroz anterior se le lleva a las máquinas acabadoras, en las cuales se recubre con talco y glucosa para darle brillo y lustre, se le llama **arroz pulido recubierto** (6).

Cuanto mayor sea el grado de molienda, menor será el contenido restante de vitaminas y minerales (28). Algunos granos se rompen durante la molienda. Las máquinas clasificadoras separan los diferentes tamaños de granos. Los rendimientos de productos y subproductos que se obtienen a partir del arroz en bruto en el proceso de molienda son los siguientes:

Tabla 8. Productos y subproductos de la molienda del arroz

PRODUCTO Y SUBPRODUCTO	%
Hollejos	17.0-21.0
Salvado	8.0-14.0
Pulimento	1.8-4.0
Arroz de primera	37.0-65.0
Arroz de segunda	2.6-11.7
Residuos	3.1-11.0
Arroz cervecero	2.0-4.9
Pérdida y desperdicios	1.2-3.0

Fuente: (6)

8. Arroz precocido (parboiled)

El significado del arroz precocido, es arroz que ha sido parcialmente hervido. El proceso consiste en sancochar o remojar los granos enteros de arroz en agua caliente, antes de eliminar la cáscara, salvado y germen en la molienda. El sancochado puede durar 10 horas a 70 °C, aunque pueden realizarse otras combinaciones de tiempo y temperatura. Esto resulta en la lixiviación hacia el endospermo de las vitaminas B y minerales de la cáscara, salvado y germen (28). El arroz reconstituido se hierve para gelatinizar el almidón. El agua se extrae o decanta y el arroz así hervido (**parboiled**) se esparce al sol para secarlo (6). Al final, el arroz se muele y se pule como de costumbre. El arroz que ha sido sancochado para enriquecerse, se llama **arroz convertido** (28).

La gelatinización del grano que se efectúa durante el cocimiento y la restauración subsecuente del grano de arroz a su estado normal por el secado, aumenta las fisuras o fracturas interiores, unifica el grano y provoca la desaparición de las zonas blancas en el interior y las deformidades naturales del grano. Como resultado de estas transformaciones estructurales, el grano es relativamente blanco opaco, adquiere una mejor consistencia, mayor dureza y se hace más vítreo, con un color ámbar claro (6). La dureza del grano es proporcional a la severidad del proceso de calor. La decoloración del grano, se debe a reacciones de oscurecimiento de tipo Millard (17).

Como resultado del procesamiento se alcanza una mayor resistencia a la ruptura mecánica durante la molienda, especialmente al eliminar el salvado. Los granos se reducen y, en ocasiones, casi se eliminan (6).

El comportamiento de hidratación y cocción, la calidad comestible y la preparación del arroz precocido, son profundamente alteradas. Se ha demostrado que el arroz precocido tiene una menor absorción de agua, por lo tanto necesita un tiempo más prolongado de cocción. Sin embargo retiene una mejor forma, es más esponjoso y menos pegajoso (17). El arroz precocido, presenta una calidad de cocción más uniforme, ya que se presentan menos pérdidas de sólidos en el agua de cocción y menos coherencia o aspecto gelatinoso en los granos cocidos (6). Otra peculiaridad del arroz precocido es que durante la cocción, expande menos en largo, pero más de ancho, por lo

que el arroz precocido aparenta ser redondo después de la cocción, en comparación con el arroz bruto (17).

El contenido de vitaminas del complejo B después de la molienda mejora considerablemente. El contenido de aceite en el salvado aumenta.

9. Calidad del grano para molinería.

a) Apariencia del endosperma

La apariencia del arroz después de la molienda es un factor importante para el consumidor y por consiguiente para el productor y el molinero.

En nuestra región, se prefieren arroces con endosperma claro, es decir cristalino y éstos tienen mejores precios. Aún cuando la opacidad desaparece durante la cocción y no altera la calidad nutricional.

La opacidad del endosperma del arroz gelatinoso, se debe a la presencia de microporos dentro de los gránulos de almidón. La opacidad de arroz no-glutinoso es ocasionada por los espacios de aire entre los gránulos de almidón. Esto es por la poca compactación de las partículas de almidón. El grano con áreas opacas en el endospermo, se quiebra fácilmente durante la molinería, perdiendo su valor comercial (15).

b) Longitud del grano

Las preferencias con respecto a esta característica, varían de una región a otra. En América se prefieren los largos y extralargos. Las preferencias del consumidor y la prolongada selección humana, han dado como resultado asociaciones no genéticas de tipos de grano con el comportamiento de cocción. De aquí que el grano largo, usualmente queda seco y suelto al cocinarse; y el grano corto húmedo y pegajoso (17).

c) Dureza del grano

El endosperma del arroz glutinoso es tan duro como el endosperma del arroz no glutinoso. Los estudios sobre dureza del grano son difíciles de realizar, debido a que éste es afectado por las condiciones ambientales, tales como el contenido de humedad a la cosecha, acondicionamiento y secado después de la cosecha y envejecimiento durante el almacenamiento. Las variaciones en forma y tamaño, hacen difícil desarrollar métodos para estimar la dureza del grano.

d) Calidad culinaria

La relación de amilosa y amilopectina en el almidón, es un índice de contenido de amilosa y es el principal factor que influye en la calidad del sabor. Se correlaciona negativamente con la paleabilidad, cohesión, blandura, color y brillo del arroz cocido. Las variedades de arroz glutinoso cocido, presentan una consistencia chiclosa o pegajosa, húmedas y sin brillo. Durante la cocción, se expanden poco y absorben poca agua. Las variedades no glutinosas, las cuales constituyen la mayor parte de arroz que se consume en el mundo, tienen de 8-37% de amilosa, aunque la mayoría fluctúa de 13-32%.

Los arroces de alto contenido de amilosa quedan sueltos y secos, después de la cocción, pero se endurecen al enfriarse. Los que tienen contenido de amilosa intermedia, quedan sueltos y secos de la cocción y no se endurecen al enfriarse.

El contenido de amilosa, es el principal factor para determinar los puntajes de evaluación para cohesión, blandura, color y brillo del arroz cocido no glutinoso. Puede utilizarse para ello la prueba de consistencia de gel, la cual se basa en la consistencia de la pasta de arroz y diferencia a las variedades con alto contenido de amilosa. Esta prueba clasifica los arroces con contenidos altos de amilosa, en tres clases:

- i. Arroces muy sueltos o esponjosos, con consistencia de gel dura (longitud del gel, 40 mm o menos).
- ii. Arroces sueltos con consistencia de gel media (longitud de gel = 41 a 60 mm).
- iii. Arroces blandos con consistencia suave (longitud de gel menos de 61 mm).

La consistencia del gel difiere entre variedades con contenidos altos similares de amilosa (más de 25%). La consistencia de gel del arroz con menos de 24% de amilosa es generalmente suave. La prueba de consistencia de gel, se basa en la consistencia de la pasta de arroz, por la gelatinización con álcali.

c) Calidad del grano para aspectos culinarios

i. Tiempo de gelatinización

El tiempo de cocción del arroz se afecta directamente por la temperatura de gelatinización del almidón y por el contenido de proteína. La absorción de agua y contenido de

proteína. La absorción de agua y volumen de expansión durante el cocido, se afectan directamente por el contenido de almidón.

ii. Temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización está parcialmente asociada con el contenido de amilosa del almidón, el principal determinante del comportamiento de cocción (15).

10. Enriquecimiento

Hay dos métodos principales de enriquecer el arroz, y éstos difieren de la simple adición de vitaminas y minerales en forma de polvo. Un método consiste en recubrir los granos de arroz pulido con una mezcla enriquecedora y, encima de ésta, una película comestible impermeable. Al endurecerse esta película, impide que se disuelvan los ingredientes enriquecedores cuando el arroz se lava, como se hace comúnmente.

El segundo método (mencionado anteriormente) es el proceso de precocido del arroz, en donde uno de los pasos es remojar los granos enteros de arroz en agua caliente antes de eliminar la cáscara, salvado y germen en la molienda (arroz precocido). Esto resulta en la lixiviación hacia el endospermo de las vitaminas B y minerales de la cáscara, salvado y germen. El arroz que ha sido sancochado para enriquecerse, se llama **arroz convertido** (28). En este proceso aumenta el valor nutritivo debido al enriquecimiento de vitaminas solubles que se difunden del exterior al interior del grano, durante el remojo y el calentamiento. Es digna la mención de la vitamina E (6).

Los principales nutrientes con que conviene enriquecer el arroz son tiamina, niacina y hierro, los cuales son particularmente efectivos para reducir la incidencia de beriberi en donde el arroz pulido es un artículo básico de la dieta (28).

B. Preparación de los Cereales.

1. Formas de preparación de los cereales:

Los cereales enteros se cuecen por ebullición. Según la cantidad de agua que se utilice, la preparación toma distintos nombres y consistencias.

a) Sopas de cereales: Se preparan agregando al caldo de carne una cucharada de cereal por taza de líquido. Así se pueden preparar sopas de arroz, cebada, avena y trigo.

b) Guisos de cereales: Es una preparación espesa, con poco líquido, en la que el cereal se ha cocido hasta que se ablanda totalmente, y suelta parte de su almidón, espesando el

líquido sobrante. Generalmente se adereza con algún refrito o carne guisada o alguna leguminosa guisada. En esta forma se prepara el maíz, el arroz, la cebada y el trigo.

c) Cereales secos: Es una forma de preparación en la cual se utiliza casi exclusivamente el arroz. La cantidad de líquido que se agrega, es el doble de la del arroz, de manera que al finalizar se obtiene una preparación seca. También se le agrega cierta cantidad de grasa, para evitar que los granos se peguen. Esta grasa puede agregarse al agua hirviendo antes de poner el arroz, o puede freírse primero el arroz y luego agregarle el agua caliente. Esta forma de preparación, constituye la preparación básica del arroz blanco, pero hay un número de variantes que se obtienen por la adición de distintos alimentos, que pueden ser carne de res, de cerdo, de ave, de pescado, camarones, calamares, almejas, vegetales picados o cortados en tiritas, leguminosas y frutas. Estos alimentos se agregan crudos o ligeramente fritos cuando se agrega agua.

d) Tortitas o croquetas de cereales: El cereal cocido seco se coloca en un poco de salsa blanca espesa o en una mezcla a base de huevo y harina, combinados en una proporción de dos cucharadas de harina por cada huevo. Se revuelve, se le da forma de tortita, se cubre con miga de pan rallado y se fríe en grasa caliente hasta que quede dorado.

e) Refrescos de cereales: Se cocina el cereal en abundante cantidad de agua. Se cuece hasta que se ablanda y se agrega azúcar, leche, canela o vainilla. Puede agregarse jugo de frutas (16).

2. Preparación previa del arroz: Lavado

El arroz es casi siempre lavado antes de cocinarlo con el propósito de remover suciedad, insectos, etc. Otra razón para lavarlo es para remover las partículas pequeñas de almidón que puedan quedar en la superficie del grano, que si están allí, provocan que el arroz cocinado quede pegajoso. La intensidad del lavado varía de lugar a lugar, pero como el arroz casi siempre viene contaminado con impurezas, el lavado casi nunca se omite. El arroz es el cereal que usualmente se lava en preparaciones domésticas, y este proceso puede tener efectos negativos en el contenido nutricional, especialmente de tiamina, riboflavina y niacina.

Los actuales porcentajes de pérdida de nutrientes durante el lavado, varían considerablemente, dependiendo del método, pero su efecto es el mismo (17).

3. Cocción del arroz:

A continuación, se presentan los diferentes métodos de cocción que se llevan a cabo en varios países, según la clasificación de Batcher et.al. (17):

a) Cocción en horno - En un pyrex de horno se adiciona un volumen de agua predeterminado (220-260 ml) para 100 gramos de arroz. Se tapa el pyrex y se cocina el arroz por 28 min. a 176 °C. Se deja reposar el pyrex en el horno por cinco minutos. El arroz precocido se cocina por 33 minutos.

b) Cocción con poca cantidad de agua (Burma, Egipto, Francia, Grecia, India, Indonesia, Japón, Corea, Tailandia): En una cacerola se ponen a hervir 200 ml de agua. Se adicionan 100 gramos de arroz y se hierven por dos minutos. Después se tapa la cacerola o contenedor y se cocina a fuego lento por 18 minutos. En Burma, Francia, Japón, Corea y Tailandia, el arroz es adicionado con agua fría en lugar de hervida. En India y Japón el arroz se remoja por 30 minutos y se escurre antes de adicionarlo al agua hirviendo. El arroz precocido se calienta a fuego lento por 23 minutos y puede requerir más agua, si no ha sido remojado.

c) Cocción con mediana cantidad de agua (Argentina, Burma, Portugal y España): En una cacerola de aluminio tapada, se llevan a ebullición 400 ml de agua. Se adicionan 100 gramos de arroz y se hierven por dos minutos. Después se cocina a fuego lento de 13-18 minutos en un contenedor tapado. El exceso de agua se remueve antes de servir. El arroz precocido se cocina a fuego lento por 23 minutos.

d) Cocción con gran cantidad de agua (Australia, Alemania, Italia, Tailandia): En una cacerola de aluminio tapada se llevan a ebullición 800 ml de agua. Se adicionan 100 gramos de arroz y se hierven de 12 a 20 minutos en contenedor sin tapar. Se escurre el arroz antes de servir. El arroz australiano no se lava antes de cocinarse. En Alemania se cocina con el contenedor tapado y al arroz se agrega a agua fría no hervida. El arroz precocido requiere 25 minutos de ebullición.

e) Al vapor: En Indonesia, 100 gramos de arroz son cocinados por evaporación (baño María) de 30 a 45 minutos.

f) Al vapor con adición de aceite (Irán): En una cacerola de aluminio tapada, se lleva a ebullición 800 ml de agua. Se adicionan 100 gramos de arroz y se deja hervir de cinco a 15

minutos en la cacerola sin tapar. Se escurre el arroz y se coloca en una olla que contenga 14.9 ml de aceite y 60 ml de agua caliente. Se calienta a baño María por 15 minutos.

g) **Cocción en agua con adición de agua** (Brasil, Ecuador, Chile, México, Guatemala y Perú): En una olla de aluminio, se fríen 100 gramos de arroz en 14.9 ml (una cucharada) de aceite vegetal. Se agregan de 200 a 250 ml de agua y se calienta a fuego lento 20, 25 o 28 minutos en la cacerola tapada. Se deja reposar el arroz por 15 minutos. En Ecuador y Perú, el aceite y 250 ml de agua se dejan hervir, después se adiciona el arroz y se cocina a fuego lento por 30 minutos.

La cantidad de líquido y los tiempos de cocción, varían ligeramente para diferentes arroces. Las recomendaciones del Consejo de Arroz para diferentes tipos y formas de arroz, se encuentran en la Tabla 9.

Tabla 9. Procedimientos de cocción recomendados para el arroz.

ARROZ SIN COCINAR [1 taza (240 ml)]	LIQUIDO		TIEMPO DE COCCION	RENDIMIENTO OEL ARROZ COCIDO	
	tazas	ml	(min)	tazas	ml
Arroz regular molido blanco					
- grano largo	1 3/4	420-480	15	3	720
- grano mediano o corto	1 1/2	360	15	3	720
Arroz café	1 1/2 - 2	480-600	45-50	3-4	720-960
Arroz precocido	1 1/2 - 2	480-600	20-25	3-4	720-960
Arroz de cocimiento rápido	SEGUN INSTRUCCIONES DEL PAQUETE				
Mezclas saboradas o condimentadas	SEGUN INSTRUCCIONES DEL PAQUETE				

Fuente: (17)

4. Cambios de peso y volumen en el arroz

La proporción de agua con el cereal, depende del tamaño de las partículas y su habilidad para absorber agua. La cantidad de agua necesaria para cocinar un cereal, indica la cantidad aproximada que se hinchará. Sin embargo, el arroz aumentará más del doble en volumen, aunque se cocine al vapor en la mitad de su volumen de agua. Cuando se usa esta proporción, baja de agua, los granos de arroz absorben toda el agua, y su hinchamiento es limitado. Si el arroz se cuece con una mayor proporción de agua, el aumento de volumen será mayor. Los granos de

mayor longitud tienden a hincharse más que los de corta longitud. El arroz convertido se hincha menos que el arroz pulido (5).

Los cereales al cocerse, fijan agua y aumentan tres veces su peso, es decir, el valor nutritivo se diluye tres veces y, por lo tanto, 300 gramos de arroz cocido representan el valor nutritivo de 100 gramos de arroz crudo (15).

5. Tiempo de cocción

Existen varios factores que influyen en el tiempo de cocción de un cereal. Dos de estos factores son: el tamaño de los fragmentos y el tratamiento de calor. Los cereales tienen un mejor sabor cuando se cocinan por debajo del punto en el que el almidón alcanza el punto de gelatinización. El tiempo de cocción del arroz depende de la variedad. Algunos necesitan ser cocidos por 15 minutos, otros necesitan hasta 30 minutos (5).

6. Características del arroz cocinado

Las características del arroz cocinado incluyen: la cantidad de humedad que el grano absorbió conforme fue cocinado, su temperatura de gelatinización, el contenido de amilosa en el almidón, y la anatomía del grano, particularmente la cantidad y distribución de los componentes que podrían limitar la hinchazón del almidón. En un estudio realizado, donde se utilizaron siete métodos de cocción, la calidad del arroz cocinado estuvo más ligada a las características inherentes del arroz, que al método de cocción (5).

El arroz pulido y los cereales refinados pueden ser coloreados de crema o teñidos de amarillo cuando se cocinan en agua alcalina debido a la presencia de compuestos flavonoides. Una pequeña cantidad de ácido (vinagre, jugo de limón o cremor tártaro) adicionado al agua de cocción, preferiblemente en la etapa tardía de cocción, mantendrá los pigmentos en forma incolora, ya que los flavonoides son compuestos anfotéricos con la capacidad de reaccionar tanto con ácidos, como con bases.(5).

C. Procesos Básicos de Cocción de los Alimentos

1. Definición

La cocción del alimento es la aplicación de calor que emana de una fuente que se transmite al alimento confiriéndole modificaciones químicas que alteran su estructura.

Según el medio que se utilice, la cocción de los alimentos puede realizarse a través de tres procesos básicos de cocción, siendo ellos:

a) Calor húmedo: Tiene el efecto de hidratar el alimento a través de ebullición, fuego lento, vapor o baño María.

b) Calor seco: Su acción es la deshidratación del alimento por medio de fritura, asado u horneado.

c) Ebullición: El medio de cocción utilizado en este método es el agua de ebullición, es decir a una temperatura de 100 °C (esta varía con la altitud). El método consiste en cocinar un alimento en abundante cantidad de agua, con aplicación de fuego interno durante cierto tiempo (23).

d) Cocción en el horno de microondas: Las microondas es un tipo de energía electromagnética que genera ondas de alta frecuencia. La electricidad es convertida en energía de microondas por un tubo de magnetrón. Las microondas viajan del tubo a la cavidad del horno donde son reflejadas, transmitidas o absorbidas (29). La vajilla de vidrio, loza o plástico no absorben calor, sino lo transmiten al alimento. Las ondas se reflejan sólo con metales, por lo cual no pueden utilizarse vajillas metálicas. En el horno de microondas los alimentos se cocinan y calientan, pero el recipiente se mantiene frío. El horno produce su energía en forma de microondas, las que al penetrar en los alimentos la convierten en energía calórica por vibración de las moléculas de agua. Esto permite acortar los tiempos de cocción y preservar los valores nutritivos del alimento. Los alimentos tales como la carne roja, de aves u otras preparaciones resultan cocinadas, pero sin obtener el clásico dorado (8).

i. Reflexión - Las microondas son reflejadas por los metales de manera similar a la que una pelota rebota en una pared. La mayoría de los utensilios de cocina y loza de metal, no son recomendables para cocinar con microondas, ya que producirán un cocinado irregular. Además, si un traste de metal se coloca cerca de la pared del horno (que también es de metal), pueden producirse arcos eléctricos (puentes de chispas azuladas). Estos arcos pueden dañar el horno o producir un incendio.

ii. Transmisión - Las microondas pasan a través de algunos materiales como papel, vidrio y plástico, de manera parecida a la que la luz atraviesa los vidrios de una ventana.

Debido a que estos materiales no absorben ni reflejan las microondas, son ideales como recipientes para cocinar con microondas. Sin embargo sí pueden calentarse, porque a medida que la comida se calienta, el calor generado, es transmitido de ésta al recipiente.

iii. Absorción - Las microondas son absorbidas por la comida. Estas penetran a profundidades de 3/4 a una pulgadas. Las microondas excitan las moléculas de la comida (especialmente las de agua, azúcar y grasas), y provocan que éstas vibren muy rápidamente. Esto produce fricción y de ésta se genera calor. Cuando se cocinan comidas grandes, el calor viaja del centro a los extremos (29).

D. Factor de Conversión

1. Definición

Actualmente se tiene conocimiento de que algunos alimentos sufren cambios, tanto en peso, como en volumen, al ser sometidos a cocción. Una de las causas de estos cambios es que el alimento incorpora o evapora agua.

La información sobre los porcentajes de variación del peso o del volumen durante la cocción del alimento, es limitada, hasta el momento (13).

La constante de conversión, se define como el resultado de dividir una cantidad neta o limpia del alimento crudo, entre la cantidad del alimento después de la cocción o proceso de transformación (13, 23). La constante de conversión va a relacionar las medidas de peso y volumen, en crudo y cocido, y es diferente para cada preparación del alimento (13).

2. Métodos para determinar el factor de conversión

El factor de conversión es diferente para cada preparación del alimento. Se le puede definir como el resultado de dividir una cantidad neta limpia del alimento crudo entre la cantidad del alimento después de su cocción (25).

En general, los pasos que deben seguirse para la determinación del factor de conversión para peso y volumen son los siguientes:

- a) Escoger la variedad, calidad o especificaciones del alimento elegido.
- b) Definir el método y tiempo de cocción (estufa eléctrica, de gas, asado, microondas, etc.)



c) Definir el diseño experimental a utilizar, que incluya el número de repeticiones y combinaciones, según las variables seleccionadas.

d) Pesar el alimento crudo (en una balanza dietética), preferible una cantidad constante, después de las operaciones de preparación previa (limpieza).

e) Determinar el volumen del alimento, por medio de tazas medidoras (sin ejercer presión).

f) Determinar las condiciones que van a investigarse, tales como: cantidad del alimento, volumen de agua, temperatura de cocción, estado y tipo de alimento.

g) Cocinar el alimento.

h) Escurrir el alimento si fuera necesario.

i) Pesar (balanza dietética) y determinar el volumen (tazas medidoras) del alimento cocido.

j) Tabular los datos y calcular los cambios en peso y volumen del alimento (11, 13, 23, 24).

3. Fórmulas para la obtención del factor de conversión de peso y volumen.

a) Factor de conversión de peso

$$\text{Factor de conversión} = \frac{\text{Peso del alimento crudo}}{\text{Peso del alimento cocido}}$$

(25)

b) Fórmula para obtener el factor de conversión de volumen:

$$\text{Factor de conversión de volumen} = \frac{\text{Volumen del alimento crudo}}{\text{Volumen del alimento cocido}}$$

(25)

Según el tipo de medición que se emplee para determinar la cantidad de alimento, puede obtenerse una constante de conversión de volumen (cucharadas, vasos, tazas, etc.) o una constante de conversión de peso (gramos, libras, kilogramos, etc.) (23).

4. Usos del Factor de Conversión

El factor de conversión de un alimento puede utilizarse de la siguiente manera:

a) La constante de conversión de un alimento se utiliza para calcular la cantidad en crudo de un alimento cocido y viceversa (13).

i. Si se quiere obtener la cantidad de alimento crudo, se multiplica la cantidad de alimento cocido por el factor de conversión.

$$\text{Alimento crudo} = \text{Alimento cocido} \times \text{Factor de conversión}$$

ii. Si se quiere obtener la cantidad de alimento en cocido se divide la cantidad del alimento crudo entre el factor de conversión.

$$\text{Alimento cocido} = \frac{\text{Alimento crudo}}{\text{Factor de conversión}}$$

(25)

b) Es necesario recordar que el valor nutritivo de los alimentos en la tablas de composición, contiene el valor nutritivo en crudo, por lo que es necesario hacer uso de las constantes de conversión (23). Al obtener el factor de conversión del alimento, se puede calcular el valor nutritivo, hacer cálculos de porciones, determinar cantidad de víveres, analizar resultados de encuestas y entrevistas alimentarias, etc. (13, 23).

c) Estandarizar recetas minimizando las pérdidas de alimentos a nivel institucional (23).

5. Estudios relacionados con la constante de conversión

En el período comprendido de 1965 a 1967, el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), realizó diversos estudios, en los cuales se analizaron los efectos de diferentes métodos de cocción. En estos estudios, se obtuvo una constante de conversión promedio por alimento y método de cocción. Los alimentos analizados fueron los siguientes: arroz, carne de cerdo, carne de res, frijol, lenteja y pasta.

En 1983, García realizó un estudio en el cual analizó el efecto de varios métodos y tiempos de cocción sobre el cambio de peso y volumen de dos vegetales verdes: acelga y berro. En este estudio, no se pudo determinar una sola constante de conversión para peso, ya que existió un cambio de peso en los vegetales en relación con el tiempo y método de cocción. Se determinaron dos constantes de conversión de volumen (11).

En 1989 se realizaron dos estudios. Méndez realizó un estudio en el cual analizó el efecto de varios métodos y tipos de preparación sobre el cambio de peso y volumen de frijol negro. En este estudio se obtuvieron cinco constantes de conversión de peso y cinco de volumen (23).

El segundo estudio lo realizó Montenegro, quien analizó el efecto de la forma y marca de las pastas sobre las constantes de conversión. En el estudio se obtuvieron tres constantes de conversión de peso y tres de volumen (25).

En 1992 Mendoza determinó las constantes de conversión de peso de la carne de res, proveniente de tres cortes: caña, puyazo y lomo grande. En su estudio, aplicó diferentes métodos y tiempos de cocción, obteniendo cinco constantes de conversión de peso (24).

En 1992 Godínez determinó las constantes de conversión para peso del pollo, para tres partes anatómicas del pollo: muslo, pierna y pechuga. Utilizó tres métodos de cocción: horneado, frito y cocido. Godínez obtuvo cinco constantes de conversión, según pieza anatómica y método de cocción (12).

6. Constantes de conversión de peso y volumen

Tabla 10. Factores de Conversión de Alimento

ALIMENTO	FACTOR	
	PESO	VOLUMEN
Carne de cerdo asada o cocida *	1.64	-----
Carne de cerdo frita*	1.40	-----
Carne de res asada*	1.90	-----
Carne de res cocida *	1.72	-----
Carne de res frita*	1.59	-----
Carne de res**		
-Ebullición 40 minutos	1.918	-----
-Asado, 16 y 10 minutos	1.74	-----
-Fritura, 16 y 10 minutos	1.684	-----
Frijol cocido*	0.28	-----
Frijol Frito*	0.20	-----
Frijol***		
-Cocido en olla abierta	0.44	0.38
-Cocido en olla de presión	0.51	0.44
-Licuado ralo	0.56	0.34
-Licuado espeso	0.23	0.30
-Volteado	0.39	0.47
Lenteja cocida*	0.30	-----
Vegetales verdes****		
-Ebullición, ½ taza agua, 10 minutos de cocción	-----	3.81
-Al vapor, 5 y 10 minutos de cocción	-----	3.81
-Ebullición, ½ taza agua, 5 minutos de cocción	-----	2.44
Pollo*****		
-Muslo	1.86	-----
-Pierna o pechuga	1.64	-----
-Horneado o frito	1.87	-----
-Hervido	1.40	-----
Papas cocidas*	0.44	-----

Continuación Tabla 11. Factores de Conversión de Alimentos

ALIMENTO	FACTOR	
	PESO	VOLUMEN
Arroz cocido *	0.45	-----
Arroz frito (Guatemala, El Salvador)	0.35	-----
Arroz frito (Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá)*	0.42	-----

Fuente: (*10, **24, ***23, ****11, *****12)

Tabla 12. Factores de conversión de volumen por combinaciones marca-forma de pasta alimenticias

MARCA/FORMA	FACTOR DE CONVERSION								
	0.62			0.93			1.5		
	INA	CAPRI	LIMA	INA	CAPRI	LIMA	INA	CAPRI	LIMA
TALLARINES				X	X	X			
CORBATA	X	X							
FIDEO DE PELO				X	X				X
MACARRONES	X	X	X						
ESPAGUETTI	X	X				X			
CODITO	X	X	X						
TORNILLO	X		X		X				
CARACOLITO	X	X	X						

Fuente: (25)

Tabla 13. Factores de conversión de peso por combinaciones de marca-forma de pastas alimenticias

MARCA/FORMA	FACTOR DE CONVERSION								
	0.44			0.37			0.28		
	INA	CAPRI	LIMA	INA	CAPRI	LIMA	INA	CAPRI	LIMA
TALLARINES				X	X	X			
CORBATA	X				X				
FIDEO DE PELO					X		X		X
MACARRONES	X	X	X						
ESPAGUETTI				X	X	X			
CODITO	X	X	X						
TORNILLO	X	X				X			
CARACOLITO			X	X	X				

Fuente: (25)

III. JUSTIFICACION

Los cereales son los productos alimenticios de mayor importancia en la alimentación humana y su producción como su comercialización son de gran importancia económica y nutricional. Entre los cereales de mayor consumo en Guatemala se encuentra el arroz. El arroz es consumido por diferentes niveles socioeconómicos, desde el nivel bajo hasta el alto.

Actualmente varios nutricionistas utilizan mezclas vegetales (ejmplo:arroz-frijol) para mejorar la calidad y la cantidad de la proteína al calcular dietas. Existe el problema de que cuando un nutricionista desea realizar una estimación del consumo de alimentos de un individuo, la información que obtiene, en la mayoría de alimentos, es la de porciones o cantidades de alimentos cocidos. En la Tabla de Composición de Alimentos para Centro América y Panamá los valores están dados para alimentos crudos. Por lo tanto, es necesario contar con factores de conversión de alimentos cocidos a crudos y viceversa, tanto para cambios en peso, como en volumen. Hasta la fecha se cuenta con 27 factores de conversión para peso y 11 factores de conversión para volumen, utilizando diferentes métodos y tiempos de cocción. Los nutricionista deben y pueden ir determinando más constantes de conversión y contribuir al cálculo más exacto de las dietas.

En el caso del arroz, existen factores de conversión de peso para el arroz cocido y el arroz frito, pero sin especificación alguna de las condiciones de preparación.

En base a lo expuesto anteriormente y considerando el alto consumo de arroz a nivel institucional, rural y urbano, es necesario determinar si la calidad, tipo de arroz y método de preparación, está asociado con el factor de conversión de peso y volumen bajo condiciones experimentales.

IV. OBJETIVOS

A. Generales

1. Determinar el factor de conversión del arroz de peso y volumen, de crudo a cocido y viceversa.
2. Contribuir a aumentar los datos de factores de conversión de peso y volumen ya existentes.

B. Específicos

1. Determinar si la calidad y tipo de arroz afecta el peso del mismo después de cocido.
2. Determinar si la calidad y tipo de arroz, afecta el volumen del mismo después de cocido.
3. Determinar si la calidad y tipo de arroz, afecta el factor de conversión del mismo.
4. Comparar el efecto de dos métodos de cocción (calor húmedo y microondas), sobre el peso y el volumen del arroz pulido sin recubrir y el arroz precocido.
5. Determinar si existe relación entre la longitud del grano crudo y la calidad del arroz.

V. HIPOTESIS¹

- A. El factor de conversión de peso no varía con el tipo de arroz.
- B. El factor de conversión de volumen no varía con el tipo de arroz.
- C. El factor de conversión de peso no varía con el grado de calidad del arroz.
- D. El factor de conversión de volumen no varía con grado de calidad del arroz.
- E. El factor de conversión de peso no varía con el método de cocción.
- F. El factor de conversión de volumen no varía con el método de cocción.
- G. La longitud del grano de arroz crudo no varía con la calidad.

¹ En esta sección las hipótesis están planteadas en forma de **hipótesis nulas**.

VI. MATERIALES Y METODOS

A. Materiales

1. Muestra

La muestra estuvo constituida por 160 unidades de 200 gramos de arroz (en total 21.24 libras de arroz pulido no recubierto y 14.16 libras arroz hervido o precocido (parboiled)).

2. Instrumento

a) Lista de calidad y tipo de arroz que se utilizaron en la investigación (**Anexo 1**). Este instrumento, se elaboró para determinar cuáles son los tipos y grados de calidad más comunes que se venden en los mercados y depósitos nacionales.

b) Lista de tipo y grado de calidad del arroz con su número de identificación, según el método de cocción (**Anexo 2**).

c) Esquema de diseño de investigación para el método de cocción de calor húmedo. Bloques completos al azar (**Anexo 3**). Este instrumento sirvió para identificar el tipo, grado de calidad y hornillas que se utilizaron durante los cuatro días que duró esta parte del ensayo.

d) Esquema de diseño de investigación para el método de cocción de microondas. Bloques completos al azar (**Anexo 4**). Este instrumento sirvió para identificar el tipo y grado de calidad de las 20 muestras diarias que se utilizaron durante los cuatro días que duró esta parte del ensayo.

e) Cuadro de registro de peso y volumen en crudo y cocido del arroz para el método de cocción de microondas (**Anexo 5**). Este instrumento sirvió para anotar toda la información derivada de esta parte del ensayo.

f) Cuadro de registro de peso y volumen en crudo y cocido del arroz para el método de cocción de calor húmedo (**Anexo 6**). Este instrumento sirvió para anotar toda la información derivada de esta parte del ensayo.

3. Equipo

Esta investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Alimentos, utilizando el siguiente equipo: una balanza dietética con capacidad de 100 gramos, graduada en gramos y libras, una estufa eléctrica marca RCA modelo L3B360GL con cuatro hornillas de plato, un microondas PANASONIC modelo NN-7369 con plato giratorio, cuatro ollas de acero inoxidable con capacidad para dos litros. Cuatro contenedores plásticos con capacidad para dos litros especiales para cocinar en microondas, un beaker con capacidad de 500 ml y un beaker con capacidad de 10 ml. Un juego de tazas medidoras de sólidos con capacidad de una, 1/2, 1/3, 1/4 y 1/8 de taza, un set de cucharas medidoras con capacidad de una cucharada, 1/2 cucharadita, 1/4 cucharadita y 1/8 cucharadita, dos cajas de bolsas de plástico con cierre adherente, un cronómetro, plástico (Wrap plastic), un colador plástico grande, un Bernier y utensilios menores.

B. Método

1. Selección de la muestra

Se seleccionaron dos tipos de arroz (precocido y pulido) cuya venta es la más común en mercados y depósitos nacionales. Tanto los mercados, como los depósitos, clasifican el arroz precocido en dos grados de calidad y el arroz pulido en tres grados de calidad. La muestra tuvo un total de 160 unidades, 16 por cada combinación de dos métodos de cocción por cinco tipos de arroz (definidos en la sección Diseño Estadístico, calidad del arroz o **Anexo 1**). Debido al tipo de estudio, en este caso no se necesitó un muestreo aleatorio de "unidades de arroz", por lo que se adquirió el arroz en más de un depósito hasta conseguir los cinco tipos de arroz.

2. Diseño Estadístico

a) Unidad experimental. Cada unidad experimental estuvo constituida por una taza arroz crudo (200 gramos).

b) Variables explicatorias

i. Factores de interés

- Tipo de arroz: Se utilizaron dos tipos de arroz:

* precocido

* pulido

- Calidad del arroz: varios depósitos y mercados locales visitados venden el arroz clasificado bajo los siguientes grados de calidad, según el largo del grano y limpieza del lote de arroz.

Arroz pulido

*Primera calidad o calidad extra

*Segunda calidad

*Tercera calidad

Arroz precocido

*Primera calidad o calidad extra

*Segunda calidad

Por lo tanto, se utilizaron tres grados de calidad de arroz pulido y dos grados de calidad de arroz precocido.

- Método de cocción: se utilizaron dos diferentes métodos de cocción:

*Calor Húmedo (Método No. 1)

*Microondas (Método No. 2)

c) Variables confusoras

i. Tiempo de cocción: se realizaron pruebas preliminares para poder determinar el tiempo de cocción para cada método (método de Ranghino). Se utilizaron para el método de cocción de microondas cinco minutos a una temperatura alta y 15 minutos a temperatura media-baja (28). El microondas que se utilizó define el nivel "medio-bajo" (medium-low) cuando el horno utiliza el 55 % de la potencia del voltaje para cocinar el alimento y el nivel "alto" (high) cuando el horno utiliza el 100 % de la potencia del voltaje para cocinar el alimento. En el caso del método de cocción de estufa eléctrica el tiempo de cocción fue de 20 minutos para arroz pulido y 25 minutos para arroz precocido, a un nivel de cocción mediano-bajo.

ii. Volumen de agua: Para el método de cocción de microondas, se utilizaron 480 ml para el arroz precocido y 400 ml para el arroz pulido. En el caso del método de calor húmedo, se utilizó 400 ml para el arroz precocido y 360 ml para el arroz pulido.

iii. Hornillas

iv. Días de trabajo

d) Diseño -El ensayo consistió en un diseño de bloques completamente al azar. Con un arreglo factorial de cinco combinaciones de tipos-grado de calidad (**Anexo 1**) y dos métodos de cocción, el cual da como resultado: $5 \times 2 = 10$ tratamientos.

e) Número de unidades experimentales (n) en cada combinación - El tamaño de la muestra se calculó a través de la siguiente fórmula (19):

$$n_i = 2 \times \frac{(NC^2 \times Var)}{LE^2}$$

donde: n_i = tamaño de la muestra por tratamiento

Var = varianza

LE = límite de error o diferencia

NC^2 = nivel de confianza elevado al cuadrado

Como no se conocía la varianza, se aceptó tener un límite de error o diferencia (LE) en relación al tamaño de una desviación estándar (LE = desviación estándar, de donde $LE^2 = Var$).

$$n_i = 2 \times \frac{(NC^2 \times Var)}{Var} = 2 \times NC^2$$

El nivel de confianza, se calculó con un $\alpha=0.05$, con probabilidad del 5 % de cometer el error de tipo I y con $\beta=0.5$, con la probabilidad del 50 % de cometer el error de tipo II, de donde el poder de la prueba es de 50 % ($1 - \beta$). Se utilizó este poder basado en Harris y Quade (19), quienes afirman que no es necesario un poder más alto. Por lo que el nivel de confianza

$$(NC) = Z(1-(\alpha/2)) + Z(1-(\beta/2)) = 2.79.$$

NOTA: El valor correspondiente para $Z(1-(\alpha/2))$, $\alpha=0.05$, es 2.79 para 10 grupos a comparar. En el caso de $Z(1-(\beta/2))$, $\beta=0.5$, es 0 (14). Por lo tanto $NC=2.79$.

$$n_i = 2 \times NC^2 = 2 \times (2.79)^2 = 15.57 \approx 16$$

El tamaño de muestra por tratamiento fue de 16 unidades experimentales.

Por lo que:

16 unidades X 10 tratamientos = 160 unidades

3. Recolección de datos para la determinación de las constantes de conversión

a) Para tener un parámetro de los grados de calidad establecidos por los depósitos, se realizaron determinaciones del tipo de arroz por longitud, según el método de ensayo presentado en la Norma ICAITI 34 057 h7 (26 b):

- i. Se pesa con exactitud aproximadamente un gramo de arroz.
- ii. Con un Bernier, se mide el largo de todos los granos promediándose las medidas respectivas.
- iii. Con los resultados anteriores se determinó el tipo de grano de arroz de acuerdo a la Norma COGUANOR NGO 34 049.
- iv. Se registraron los datos en el formulario respectivo (**Anexo 7**).

b) Para poder determinar el tiempo mínimo de cocción, se tomaron los procedimientos de cocción recomendados por el Consejo de Arroz de Estados Unidos, el cual establece rangos de volumen y tiempo (Ver Tabla 9), y realizaron pruebas preliminares utilizando el método de Ranghino (17) que consistió en:

- i. Después de iniciar 10 minutos de cocción en agua hervida, cada minuto se sacaron 10 granos de la olla y se presionaron entre dos vasos de vidrio.
- ii. El tiempo mínimo de cocción fue cuando el 90 % de los granos ya no mostró el centro opaco.
- iii. El tiempo óptimo de cocción fue el tiempo mínimo de cocción más dos minutos.
- iv. El propósito de la prueba de Ranghino fue obtener un arroz cocido con características óptimas para el consumo humano. Los tiempos y volúmenes establecidos para obtener un arroz cocido suelto, esponjoso y con características organolépticas aceptables, fueron los siguientes:

Tabla 14. Tiempos y volúmenes de agua establecidos según método de cocción y tipo de arroz de acuerdo al método Ranghino.

METODO DE COCCION	TIPO DE ARROZ	VOLUMEN DE AGUA (ml (tazas))	TIEMPO DE COCCION (min.)
CALOR HUMEDO	PRECOCIDO	400 (1 2/3)	25
CALOR HUMEDO	PULIDO	360 (1 ½)	20
MICROONDAS	PRECOCIDO	480 (2)	20
MICROONDAS	PULIDO	400 (1 2/3)	20

c) Método de cocción No.1: Calor húmedo²

- i. Se pesaron 200 gramos (1 taza) de arroz.
- ii. Se midió el volumen del arroz en tazas medidoras.
- iii. Se colocó el arroz en un colador y se pasó por un chorro de agua por 30 segundos.
- iv. Se agregó una cucharada de aceite (14.9 ml) a la olla y se calentó a nivel alto (high) (el nivel alto se define como el nivel al cual 500 ml de agua a temperatura ambiente 21 °C llega a 89 °C en cinco minutos) por un minuto.
- v. Se agregó el arroz crudo y tres gramos de sal y se frió por dos minutos a un nivel medio-bajo (medium-low) (el nivel medio-bajo se define como el nivel al cual 500 ml de agua a temperatura ambiente 21 °C llega a 85 °C en 24 minutos) , se movió constantemente hasta que se tornó a un café muy suave (más cremoso que café) y se adicionaron 360 ml (1½ tazas) de agua para el arroz pulido y 400 ml (1 2/3 tazas) de agua para el arroz precocido.
- vi. Se tapó la olla con su tapadera respectiva y se cocinó por 20 minutos en el peso del arroz pulido y 25 minutos en el caso del arroz precocido.
- vii. Se apagó la estufa y se dejó enfriar el arroz en la olla por 15 minutos. Seguidamente se movió con una espátula y se esperó a que estuviera completamente enfriado antes de pesar.
- viii. Se determinó el peso del arroz cocido.
- ix. Se midió el volumen del arroz cocido en tazas medidoras.

² El orden en que se realizaron las muestras se determinó por un dado al azar y aparece en el diseño de bloques al azar del **Anexo 3**.

x. Se registraron los datos en el instrumento respectivo (Anexo 6).

d) Método de cocción No. 2: microondas³

i. Se pesaron 200 gramos de arroz crudo.

ii. Se midió el volumen del arroz en tazas medidoras.

iii. Se colocó el arroz en un colador y se pasó por un chorro de agua por 30 segundos.

iv. En un refractario plástico se adicionó una cucharada de aceite (14.7 ml) y se calentó por dos minutos en el nivel de potencia "alto" (high), nivel que utiliza el 100% de la potencia del voltaje para cocinar el alimento. A la mitad del tiempo se movió y continuó la cocción.

v. Se adicionaron 400 ml (1 2/3 tazas) de agua para arroz pulido y 480 ml (dos tazas) de agua para arroz precocido, tres gramos de sal y el arroz lavado.

vi. Se tapó con plástico (wrap plastic) el refractario y calentó en el nivel "alto" por cinco minutos y después 15 minutos en el nivel "medio-bajo", tanto para el arroz precocido, como para el pulido.

vii. Se dejó reposar el refractario tapado adentro del microondas, por 10 minutos, y después se sacó. Seguidamente se movió el arroz con una espátula y se esperó a que estuviera completamente enfriado antes de pesar.

viii. Se determinó el peso del arroz cocido.

ix. Se midió el volumen del arroz cocido en tazas medidoras.

xi. Se registraron los datos en el instrumento formulario (Anexo 5).

4. Análisis de datos

Se hizo un estudio descriptivo de los factores de conversión de volumen y peso para cada uno de los tratamientos. Para el análisis inferencial (prueba de hipótesis) se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) tomando en cuenta el diseño presentado. Al encontrarse un valor para F significativo con el ANDEVA, se procedió a realizar comparaciones múltiples (prueba de Tukey y Duncan) para establecer si las diferencias eran significativas.

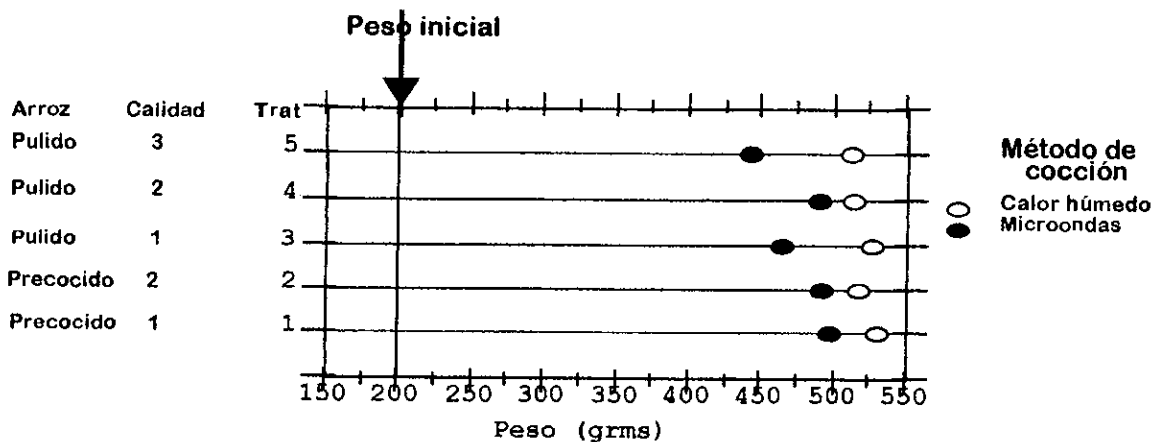
³ El orden en que se realizaron las muestras se determinó por un dado al azar y aparece en el diseño de bloques al azar del Anexo 4.

VII. RESULTADOS

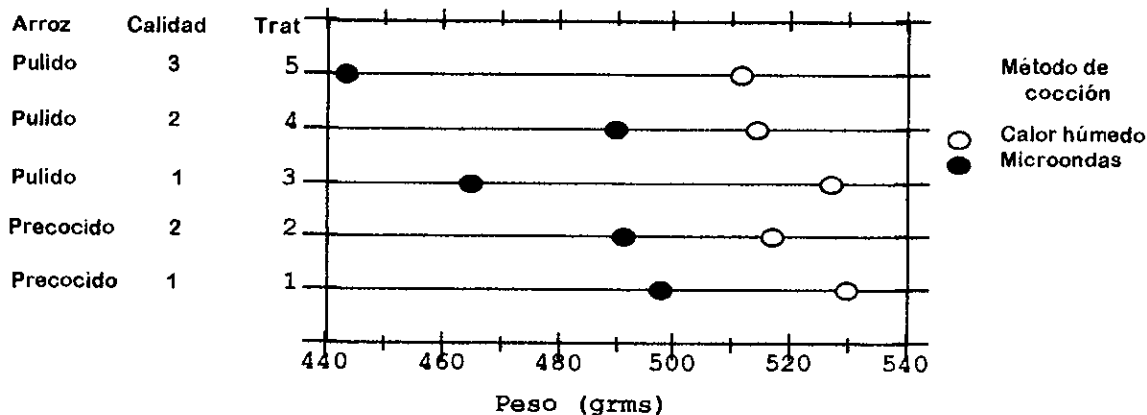
A. Cambios de peso

En el Cuadro No. 1 se muestran los cambios de peso y volumen que sufrieron las muestras según tipo y calidad de arroz para cada método de cocción. En ambos métodos de cocción, se observa que hubo un mayor aumento de peso y volumen en el arroz precocido, que en el pulido. En la Gráfica No.2 (a y b) se muestran las variaciones de peso para cada método de cocción.

GRAFICA No.2a. PESO DEL ARROZ DESPUÉS DE COCIDO: En esta gráfica, se puede apreciar cómo aumentó el peso del arroz después de cocido, llegando a tener casi un 250% de su peso inicial. Puede apreciarse que con el método de cocción de calor húmedo se obtuvo mayor peso. De igual forma se puede notar que el peso obtenido al final, está relacionado con el tipo y calidad de arroz (tratamiento).



GRAFICA No.2b. PESO DEL ARROZ DESPUÉS DE COCIDO (2): En esta gráfica, se puede apreciar en mejor forma la diferencia en peso que se obtiene entre los dos métodos de cocción, así como la relación que este tiene con el tipo y calidad de arroz (tratamiento). También es posible ver que el tratamiento posee una interacción con el tipo de cocción. Dicha interacción, no esconde los efectos principales, por lo que se puede apreciar que calor húmedo da un mayor peso.



Cuadro No.1

Estadísticas descriptivas para peso y volumen para las combinaciones de tipo y calidad del arroz según el método de cocción

DATO	TIPO Y CALIDAD DE ARROZ	METODO DE COCCION														
		CALOR HUMEDO							MICROONDAS							
		MEDIA	D.S.	E.S.	I.C.MIN	I.C.MAX	MEDIA	D.S.	E.S.	I.C.MIN	I.C.MAX	MEDIA	D.S.	E.S.	I.C.MIN	I.C.MAX
** PESO COCIDO	PRECOCIDO CALIDAD 1	529.38	18.2347	1.1397	527.10	531.66	516.85	26.7918	1.6745	513.50	520.19	513.99	23.4003	1.4625	511.07	516.92
	PRECOCIDO CALIDAD 2	526.67	22.0024	1.3752	523.92	529.42	497.50	24.1233	1.5077	494.48	500.51	497.50	24.1233	1.5077	494.48	500.51
	PULIDO CALIDAD 1	511.42	26.2116	1.6382	508.15	514.70	484.63	31.0965	1.9435	460.75	468.52	484.63	31.0965	1.9435	460.75	468.52
	PULIDO CALIDAD 2	490.96	19.4776	1.2174	488.52	493.39	443.12	42.5856	2.6616	437.80	448.45	443.12	42.5856	2.6616	437.80	448.45
	PULIDO CALIDAD 3	489.77	16.5568	1.0348	487.70	491.84	1.0674	0.0128	0.0008	1.0658	1.0690	1.0674	0.0128	0.0008	1.0658	1.0690
VOLUMEN CRUDO	PRECOCIDO CALIDAD 1	1.0762	0.0149	0.0009	1.0744	1.0781	1.0527	0.0138	0.0009	1.0510	1.0545	1.0527	0.0138	0.0009	1.0510	1.0545
	PRECOCIDO CALIDAD 2	1.0924	0.0152	0.0010	1.0906	1.0943	1.0280	0.0100	0.0006	1.0267	1.0293	1.0280	0.0100	0.0006	1.0267	1.0293
	PULIDO CALIDAD 1	1.0482	0.0179	0.0011	1.0459	1.0504	1.0194	0.0155	0.0010	1.0174	1.0213	1.0194	0.0155	0.0010	1.0174	1.0213
	PULIDO CALIDAD 2	1.0104	0.0146	0.0009	1.0085	1.0122	1.0174	0.0159	0.0010	1.0155	1.0194	1.0174	0.0159	0.0010	1.0155	1.0194
	PULIDO CALIDAD 3	1.0026	0.0060	0.0004	1.0019	1.0034	3.2500	0.1909	0.0119	3.2261	3.2739	3.2500	0.1909	0.0119	3.2261	3.2739
VOLUMEN COCIDO	PRECOCIDO CALIDAD 1	3.5890	0.2254	0.0141	3.5608	3.6172	3.2500	0.1976	0.0124	3.2253	3.2747	3.2500	0.1976	0.0124	3.2253	3.2747
	PRECOCIDO CALIDAD 2	3.4844	0.1680	0.0105	3.4634	3.5054	3.2500	0.1340	0.0084	3.2332	3.2668	3.2500	0.1340	0.0084	3.2332	3.2668
	PULIDO CALIDAD 1	3.3890	0.1796	0.0112	3.3666	3.4115	3.2500	0.1563	0.0098	3.2305	3.2695	3.2500	0.1563	0.0098	3.2305	3.2695
	PULIDO CALIDAD 2	3.3268	0.1127	0.0070	3.3127	3.3409	3.2500	0.1880	0.0117	3.2265	3.2735	3.2500	0.1880	0.0117	3.2265	3.2735
	PULIDO CALIDAD 3	3.3127	0.1147	0.0072	3.2559	3.2846										

**El peso crudo fue constante (200 gramos)

Se realizaron tres análisis estadísticos para evaluar el factor de conversión: calor húmedo, microondas y unificación calor húmedo-microondas. Además, se analizó la relación de longitud de los granos con la calidad de los mismos. A cada ensayo, se le realizó un análisis de varianza (ANDEVA), tomando en cuenta las que inicialmente se definieron como variables confusoras: tiempo de cocción, volumen de agua, hornillas, días de trabajo y número de pruebas. El tiempo de cocción y volumen de agua son variables. Esta variabilidad se dio en función del tipo de arroz. Por ejemplo, en el caso del método de calor húmedo, el arroz pulido se cocinó por 20 min. con un volumen de agua de 360 ml, y el arroz precocido por 25 min. con 400 ml. de agua. Las variables que se utilizaron en el diseño de bloques completos al azar, que fueron **días de trabajo y hornillas** (para calor húmedo), y **días de trabajo y número de prueba** (para microondas) se eliminaron de los modelos estadísticos iniciales, ya que el ANDEVA demostró que en ningún caso (ya sea para el factor de conversión de peso o volumen) explicaban la variabilidad presente en los factores de conversión. En otras palabras, no hubo interacción, ni tampoco los grupos evaluados presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$), con la variabilidad del factor de conversión para el tipo y calidad de arroz, y/o método de cocción. Una vez eliminadas estas variables, se repitieron los modelos estadísticos, permitiendo un análisis más eficiente de las variables explicatorias que sí tuvieron interacción.

A continuación, se presentan los resultados del factor de conversión de peso y volumen para ambos métodos de cocción. Cada ensayo, se evaluó por separado, pero los resultados muestran que el comportamiento del factor de conversión del método de cocción de calor húmedo, fue similar al de microondas.

Es importante definir los siguientes conceptos: el tratamiento se define como las combinaciones de tipo y grado de calidad de arroz que hacen un total de cinco combinaciones o tratamientos (ver **Anexo 2**), y el factor de conversión se define como una razón entre un peso o volumen inicial (previo a la cocción) y el peso o volumen final (después de la cocción).

B. Cambios debidos al tipo de cocción

1. Factor de conversión de peso

En el Cuadro No. 2 (calor húmedo) y Cuadro No.3 (microondas) se presenta la media, desviación estándar, mediana y los intervalos de confianza al 95% de los factores de conversión de peso, datos que fueron calculados para cada tratamiento. A simple vista se puede observar que la medias, así como la variabilidad (desviación estándar) fueron mayores para el método de cocción de microondas, diferencia que más adelante se hace evidente en el ANDEVA ($P=0.001$ ver Cuadro No.20).

CUADRO No.2
ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS DEL FACTOR DE CONVERSION DE PESO
SEGUN TRATAMIENTO PARA EL METODO DE COCCION DE CALOR HUMEDO
GUATEMALA, 1995.

TRATAMIENTO	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	MEDIANA	I.C. 95 %* MIN.	I.C. 95 %* MAX.
1	16	0.37823125	0.01321155	0.3759	0.3766	0.3799
2	16	0.38038750	0.01631175	0.3790	0.3783	0.3824
3	16	0.39201750	0.02027964	0.3895	0.3895	0.3946
4	16	0.40794375	0.01569310	0.4133	0.4060	0.4066
5	16	0.40880000	0.01394800	0.4075	0.4071	0.4105

*I.C. 95% = INTERVALO DE CONFIANZA AL 95%

CUADRO No.3
ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS DEL FACTOR DE CONVERSION
DE PESO PARA EL METODO DE COCCION DE MICROONDAS
GUATEMALA, 1995.

TRATAMIENTO	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	MEDIANA	I.C. 95 %* MIN.	I.C. 95 %* MAX.
1	16	0.38793125	0.02001615	0.3884	0.3854	0.3904
2	16	0.38990000	0.01829405	0.3890	0.3876	0.3922
3	16	0.40293125	0.02009570	0.3988	0.4004	0.4054
4	16	0.43221875	0.02841732	0.4364	0.4287	0.4358
5	16	0.45535000	0.04457273	0.4438	0.4438	0.4609

*I.C. 95% = INTERVALO DE CONFIANZA AL 95%

Los factores de conversión para peso, mostraron un comportamiento entre tratamientos, bastante similar con los de los tipos de cocción, tal y como puede observarse en los cuadros No.4 (calor húmedo) y No.5 (microondas), que resumen los ANDEVA. En ambos cuadros, se observa que sí existe diferencia significativa ($P=0.0001$ para ambos) entre los tratamientos para ambos métodos de cocción. La Gráfica No.3 (calor húmedo) y No.4 (microondas) muestra una comparación del factor de conversión para el tipo y calidad del arroz, donde es más fácil observar las diferencias debidas al tratamiento.

CUADRO No.4

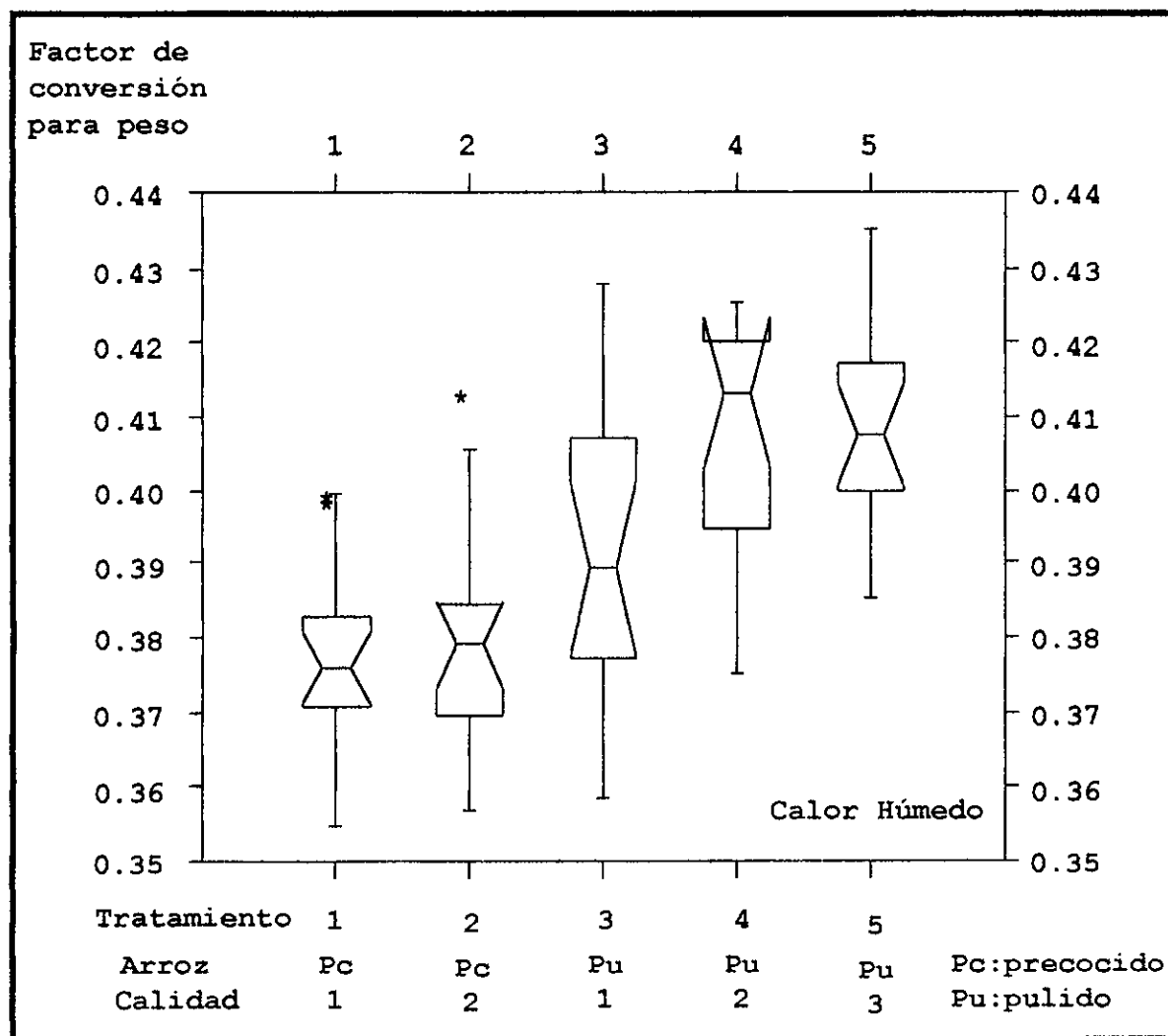
ANALISIS DE VARIANZA PARA EL FACTOR DE CONVERSION DE PESO SEGUN
TRATAMIENTO PARA EL METODO DE COCCION DE CALOR HUMEDO
GUATEMALA, 1995

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Probabilidad Pr>F
Tratamiento	4	0.01359874	0.00339968	13.15	0.0001*
Error	75	0.01939053	0.00025854		

n=80 observaciones

*Al menos uno de los tratamientos es diferente.

GRAFICA No.3. DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE CONVERSIÓN DE PESO DEL ARROZ SEGUN TRATAMIENTO (TIPO Y CALIDAD) CON EL MÉTODO DE COCCIÓN DE CALOR HÚMEDO



CUADRO No.5

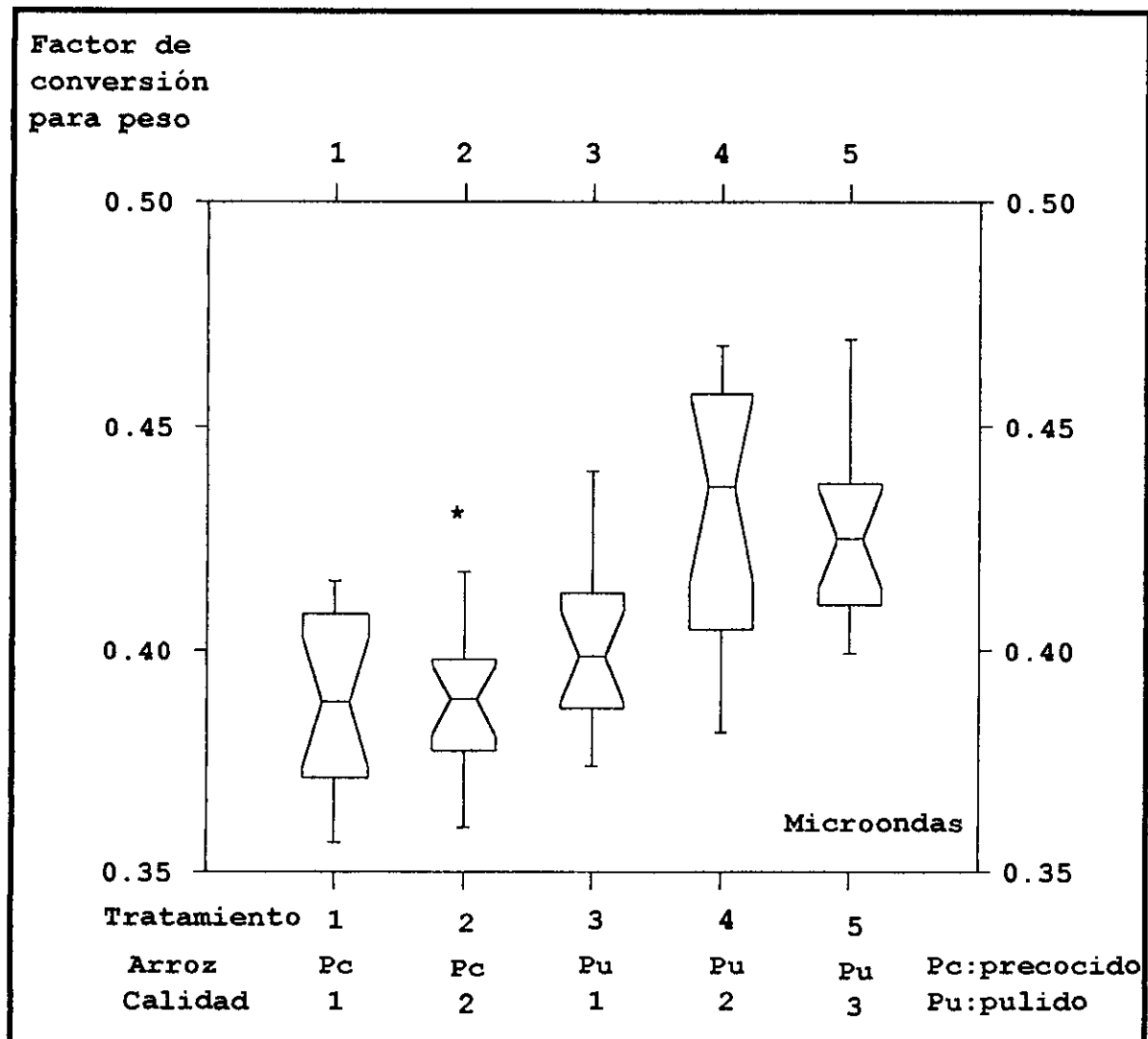
ANALISIS DE VARIANZA PARA EL FACTOR DE CONVERSION DE PESO SEGUN
TRATAMIENTO PARA EL METODO DE COCCION DE MICROONDAS
GUATEMALA, 1995

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Probabilidad Pr>F
Tratamiento	4	0.05478553	0.01369638	17.41	0.0001*
Error	75	0.05900143	0.00078669		

n=80 observaciones

*Al menos uno de los tratamientos es diferente

GRAFICA No.4. DISTRIBUCIÓN DEL FACTOR DE CONVERSIÓN DE PESO DEL ARROZ SEGUN TRATAMIENTO (TIPO Y CALIDAD) CON EL MÉTODO DE COCCIÓN DE MICROONDAS



Debido a que en la definición de tratamiento se enmascara la variabilidad debida al tipo de arroz y calidad (ésta última depende del tipo de arroz), se consideró importante conocer si la diferencia entre tratamientos está dada por el tipo de arroz y/o calidad. Por lo que a continuación se presenta la evaluación del factor de conversión de peso, tomando en cuenta estos factores.

En el Cuadro No.6 (calor húmedo) y Cuadro No.7 (microondas) se presenta la media, desviación estándar, mediana e intervalos de confianza al 95% de los factores de conversión de peso para el tipo de arroz.

CUADRO No.6
ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS DEL FACTOR DE CONVERSION DE PESO
SEGUN TIPO DE ARROZ PARA EL METODO DE COCCION DE CALOR HUMEDO
GUATEMALA, 1995.

TRATAMIENTO	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	MEDIANA	I.C. 95 %* MIN.	I.C. 95 %* MAX.
PRECOCIDO	32	0.37930937	0.01464248	0.3773	0.3784	0.3802
PULIDO	48	0.40292708	0.01823786	0.4067	0.4022	0.4037

*I.C. 95% = INTERVALO DE CONFIANZA AL 95%

CUADRO No.7
ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS DEL FACTOR DE CONVERSION DE PESO
SEGUN TIPO DE ARROZ PARA EL METODO DE COCCION DE MICROONDAS
GUATEMALA, 1995.

TRATAMIENTO	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	MEDIANA	I.C. 95 %* MIN.	I.C. 95 %* MAX.
PRECOCIDO	32	0.38891274	0.01888764	0.3890	0.3877	0.3901
PULIDO	48	0.43016676	0.03861118	0.4213	0.4286	0.4318

*I.C. 95% = INTERVALO DE CONFIANZA AL 95%

Para conocer si la variabilidad del factor de conversión se debía al tipo y/o entre calidades, se realizó un análisis de varianza tomando en cuenta estas dos variables. Los resultados del ANDEVA se muestran en los Cuadros No. 8 (calor húmedo) y No.9 (microondas).

CUADRO No.8

ANALISIS DE VARIANZA PARA EL FACTOR DE CONVERSION DE PESO SEGUN TIPO Y CALIDAD DEL ARROZ PARA EL METODO DE COCCION DE CALOR HUMEDO
GUATEMALA, 1995.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Probabilidad Pr>F
Tipo arroz	1	0.01070969	0.01070969	41.42	0.0001*
Calidad arroz	3	0.00288905	0.00096302	3.72	0.0149**
Error	75	0.01939053	0.00025854		

n=80 observaciones

*Hay diferencia significativa entre el tipo de arroz

**Al menos una calidad del arroz es diferente

CUADRO No.9

ANALISIS DE VARIANZA PARA EL FACTOR DE CONVERSION DE PESO SEGUN TIPO Y CALIDAD DEL ARROZ PARA EL METODO DE COCCION DE MICROONDAS
GUATEMALA, 1995.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Probabilidad Pr>F
Tipo arroz	1	0.03267165	0.03267165	41.53	0.0001*
Calidad arroz	3	0.02211388	0.00737129	9.37	0.0001**
Error	75	0.05900143	0.00078669		

n=80 observaciones

*Hay diferencia significativa entre el tipo de arroz

**Al menos una calidad del arroz es diferente

Los cuadros anteriores, muestran que para cada método de cocción sí existe diferencia significativa tanto entre los tipos de arroz (pulido y precocido) ($P=0.0001$ para ambos), como alguna de sus calidades es diferente ($P=0.0149$ para calor húmedo y $P=0.0001$ para microondas). Por lo tanto, para determinar entre qué calidades estaba la diferencia significativa, fue necesario aplicar la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). La Gráfica No.3 muestra los factores de conversión de peso para el tipo y calidad de arroz. En el Cuadro No.10 (calor húmedo) y Cuadro No.11 (microondas) se muestran los resultados de la prueba de Tukey, que agrupa y muestra que hay diferencia significativa entre tratamientos (combinación tipo de arroz y calidad); en dichos cuadros se presenta además el factor de conversión unificado (agrupando tratamientos semejantes ($p>0.05$)); y que viene a ser el factor de conversión propuesto.

CUADRO No.10
AGRUPAMIENTO DEL FACTOR DE CONVERSION DE PESO* DE ACUERDO
AL TIPO Y CALIDAD DE ARROZ SEGUN LA PRUEBA DE TUKEY PARA
EL METODO DE COCCION DE CALOR HUMEDO
GUATEMALA , 1995

AGRUPAMIENTO TUKEY	TRATAMIENTO	TIPO	CALIDAD	MEDIA	UNIFICACION F.C.P.*	TAMAÑO DE MUESTRA
A	5	PULIDO	CALIDAD 3	0.40880	0.40837	32
	4	PULIDO	CALIDAD 2	0.40794		
B	3	PULIDO	CALIDAD 1	0.39204	0.38355	48
	2	PRECOCIDO	CALIDAD 2	0.38039		
	1	PRECOCIDO	CALIDAD 1	0.37823		

*Factor de conversión de peso

CUADRO No.11
AGRUPAMIENTO DEL FACTOR DE CONVERSION DE PESO* DE ACUERDO
AL TIPO Y CALIDAD DE ARROZ SEGUN LA PRUEBA DE TUKEY PARA
EL METODO DE COCCION DE MICROONDAS
GUATEMALA , 1995

AGRUPAMIENTO TUKEY	TRATAMIENTO	TIPO	CALIDAD	MEDIA	UNIFICACION F.C.P.*	TAMAÑO DE MUESTRA
A	5	PULIDO	CALIDAD 3	0.45535	0.44378	32
	4	PULIDO	CALIDAD 2	0.43222		
B	3	PULIDO	CALIDAD 1	0.40293	0.39358	48
	2	PRECOCIDO	CALIDAD 2	0.38990		
	1	PRECOCIDO	CALIDAD 1	0.38793		

*Factor de conversión de peso

2. Factor de conversión de volumen

En el Cuadro No.12 (calor húmedo) y Cuadro No.13 (microondas) se muestran los datos estadísticos descriptivos para el factor de conversión de volumen.

CUADRO No.12
ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS DEL FACTOR DE CONVERSION DE
VOLUMEN PARA EL METODO DE COCCION DE CALOR HUMEDO
GUATEMALA, 1995.

TRATAMIENTO	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	MEDIANA	I.C. 95% MIN.	I.C. 95% MAX.
1	16	0.30085116	0.0174350	0.3004	0.2987	0.3030
2	16	0.31411937	0.01385251	0.3116	0.3124	0.3159
3	16	0.31011771	0.01770390	0.3101	0.3079	0.3123
4	16	0.30400673	0.01058661	0.3036	0.3027	0.3053
5	16	0.30695064	0.01127231	0.3039	0.3055	0.3084

*I.C. 95% = INTERVALO DE CONFIANZA AL 95%

CUADRO No.13
ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS DEL FACTOR DE CONVERSION
DE VOLUMEN PARA EL METODO DE COCCION MICROONDAS
GUATEMALA, 1995.

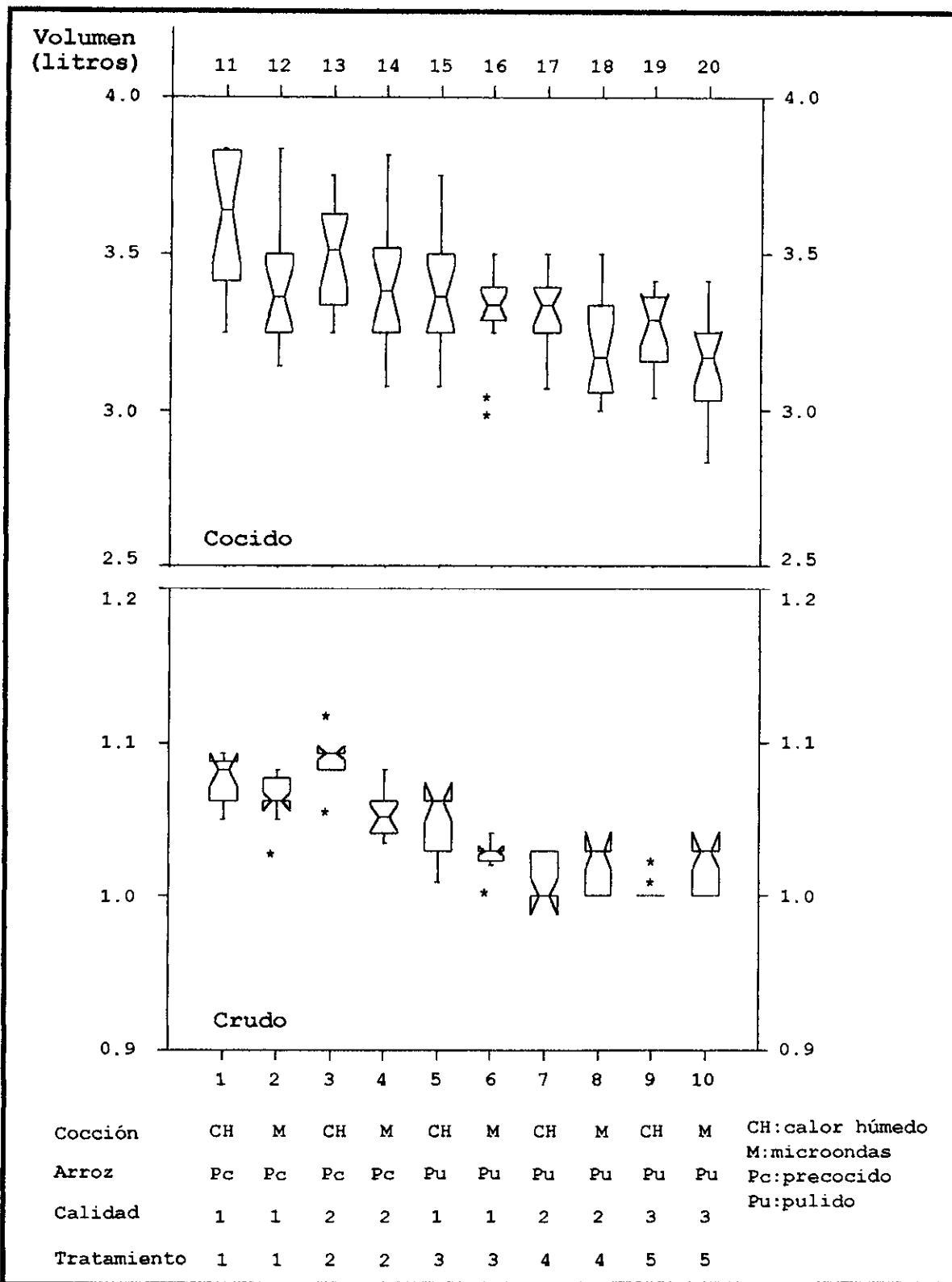
TRATAMIENTO	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	MEDIANA	I.C. 95% MIN.	I.C. 95% MAX.
1	16	0.31317048	0.01487126	0.3155	0.3113	0.3150
2	16	0.31151462	0.02029006	0.3143	0.3090	0.3141
3	16	0.30902979	0.01383322	0.3084	0.3073	0.3108
4	16	0.31952600	0.00030019	0.3233	0.3174	0.3217
5	16	0.32573125	0.01889350	0.3203	0.3234	0.3281

*I.C. 95% = INTERVALO DE CONFIANZA AL 95%

Antes de analizar el factor de conversión de volumen, cabe mencionar que se realizó un **análisis de varianza de medidas repetidas** entre el volumen del arroz crudo y el cocido. Este tipo de análisis estadístico, permitió conocer el cambio de volumen en función del tiempo (tiempo inicial = previo a cocción, y tiempo final = al final de la cocción). Tanto el volumen crudo, como el cocido, se relacionaron con el tipo y calidad del arroz. En ambos volúmenes, el tipo y la calidad del arroz, mostraron diferencia significativa ($P < 0.05$). En la Gráfica No.5 se muestra una comparación de los volúmenes, tanto crudo como cocido, para cada tipo y calidad de arroz de acuerdo al método de cocción. En el volumen crudo, para cada método de cocción, se observa que el tratamiento 4 y 5 tuvieron un comportamiento similar con respecto a los demás. En el caso del volumen cocido, para ambos métodos de cocción, se observa una clara diferencia entre los tipos de arroz. Los Cuadro No.14 y No.15 (para calor húmedo) y el Cuadro No. 16 y 17 (para microondas) muestran el agrupamiento de la prueba de Tukey y Duncan, respectivamente, que muestran entre qué tratamientos está la diferencia significativa.

Como era de esperarse, el volumen cambió significativamente entre crudo y cocido para ambos métodos de cocción (variable tiempo con $P = 0.0001$ en ambos casos). Los cuadros del No.14 al No. 17 también presentan el factor de conversión unificado, que al igual que el factor de conversión de peso, es el factor de conversión que se obtiene de agrupar los tratamientos que poseen factor de conversión similar ($P > 0.05$).

GRAFICA No.5. DISTRIBUCIÓN DEL VOLUMEN DEL ARROZ, ANTES Y DESPUÉS DE LA COCCIÓN POR MÉTODO DE COCCIÓN, TIPO Y CALIDAD DEL ARROZ



CUADRO No.14
AGRUPAMIENTO DEL VOLUMEN CRUDO SEGUN PRUEBA DE
TUKEY PARA EL METODO DE COCCION DE CALOR HUMEDO
GUATEMALA , 1995

AGRUPAMIENTO TUKEY	TRATAMIENTO	TIPO	CALIDAD	MEDIA	UNIFICACION VOLUMEN	TAMAÑO DE MUESTRA
A	1	PRECOCIDO	CALIDAD 1	1.09250	1.09250	16
B	2	PRECOCIDO	CALIDAD 2	1.07625	1.07625	16
C	3	PULIDO	CALIDAD 1	1.04838	1.04838	16
D	4	PULIDO	CALIDAD 2	1.01031	1.00643	32
	5	PULIDO	CALIDAD 3	1.00256		

CUADRO No.15
AGRUPAMIENTO DEL VOLUMEN COCIDO SEGUN PRUEBA DE
DUNCAN PARA PARA EL METODO DE COCCION DE CALOR HUMEDO
GUATEMALA , 1995

AGRUPAMIENTO TUKEY	TRATAMIENTO	TIPO	CALIDAD	MEDIA	UNIFICACION VOLUMEN	TAMAÑO MUESTRA
A	1	PRECOCIDO	CALIDAD 1	3.5889	3.3567	32
	2	PRECOCIDO	CALIDAD 2	3.4844		
B	2	PRECOCIDO	CALIDAD 2	3.4844	3.4367	32
	3	PULIDO	CALIDAD 1	3.3890		
C	3	PULIDO	CALIDAD 1	3.3890	3.3286	48
	4	PULIDO	CALIDAD 2	3.3267		
	5	PULIDO	CALIDAD 3	3.2702		

CUADRO No.16
AGRUPAMIENTO DEL VOLUMEN CRUDO SEGUN PRUEBA DE
TUKEY PARA PARA EL METODO DE COCCION DE MICROONDAS
GUATEMALA , 1995

AGRUPAMIENTO TUKEY	TRATAMIENTO	TIPO	CALIDAD	MEDIA	UNIFICACION VOLUMEN	TAMAÑO MUESTRA
A	1	PRECOCIDO	CALIDAD 1	1.06750	1.06750	16
B	2	PRECOCIDO	CALIDAD 2	1.05300	1.05300	16
C	3	PULIDO	CALIDAD 1	1.02781	1.02154	48
	4	PULIDO	CALIDAD 2	1.01938		
	5	PULIDO	CALIDAD 3	1.01744		

CUADRO No.17
AGRUPAMIENTO DEL VOLUMEN COCIDO SEGUN PRUEBA DE
DUNCAN PARA PARA EL METODO DE COCCION DE MICROONDAS
GUATEMALA , 1995

AGRUPAMIENTO TUKEY	TRATAMIENTO	TIPO	CALIDAD	MEDIA	UNIFICACION VOLUMEN	TAMAÑO MUESTRA
A	1	PRECOCIDO	CALIDAD 1	3.4095	3.3776	48
	2	PRECOCIDO	CALIDAD 2	3.3914		
	3	PULIDO	CALIDAD 1	3.3319		
B	4	PULIDO	CALIDAD 2	3.1981	3.1659	32
	5	PULIDO	CALIDAD 3	3.1336		

A pesar de que los volúmenes son diferentes antes y después de cocidos, y que los mismos dependen de los tratamientos, los factores de conversión no necesariamente se comportan igual. En los cuadros No.18 (calor húmedo) y No.19 (microondas), para ambos métodos de cocción, no hay una diferencia significativa entre tratamientos ($P > 0.05$), y por ello entre tipos, ni calidades del arroz. El comportamiento anterior puede ejemplificarse de la siguiente manera: Se realizan dos pruebas, para la primera prueba se obtienen dos (2) unidades de volumen crudo y cuatro (4) unidades de volumen cocido. En la segunda prueba se obtienen una (1) unidad de volumen crudo y dos (2) de volumen cocido. La relación de volumen crudo/volumen cocido es $\frac{1}{2}$ en ambos casos, a pesar de que hay diferencia entre las unidades de volumen crudo y volumen cocido para ambas pruebas.

CUADRO No.18

ANALISIS DE VARIANZA PARA EL FACTOR DE CONVERSION DE VOLUMEN SEGUN TRATAMIENTO PARA EL METODO DE COCCION DE CALOR HUMEDO
GUATEMALA, 1995

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Probabilidad $Pr > F$
Tratamiento	4	0.00170939	0.00042735	2.06	0.0947
Error	75	0.01556961	0.00020759		

n=80 Observaciones

CUADRO No.19

ANALISIS DE VARIANZA PARA EL FACTOR DE CONVERSION DE VOLUMEN SEGUN TRATAMIENTO PARA EL METODO DE COCCION DE MICROONDAS
GUATEMALA, 1995

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Probabilidad $Pr > F$
Tratamiento	4	0.00180429	0.00045107	1.13	0.3560
Error	75	0.02330852	0.00020759		

n=80 Observaciones

C. Unificación Calor Húmedo y Microondas

Como ya se demostró anteriormente, los factores de conversión fueron evaluados inicialmente por cada método de cocción en forma individual. Con los análisis anteriores, se logró eliminar variables que se creían confusoras, pero no se logró contestar la siguiente pregunta: ¿Existe una diferencia entre los factores de conversión debido a los métodos de cocción? Por lo

tanto, en esta sección se unieron los resultados de los ensayos para contestar y analizar dicha pregunta.

De acuerdo con la información anterior, se sabe que los tratamientos (tipo y calidad del arroz) explican la variabilidad de los factores de conversión., por lo que el modelo evaluado con el ANDEVA , además de incluir tipo de cocción, incluye tratamiento.

1. Factor de Conversión de Peso

Después de analizar cada método de cocción, es necesario analizar si existe una interacción entre ellos. En el Cuadro No.20 presenta los estadísticos descriptivos de los métodos de cocción.

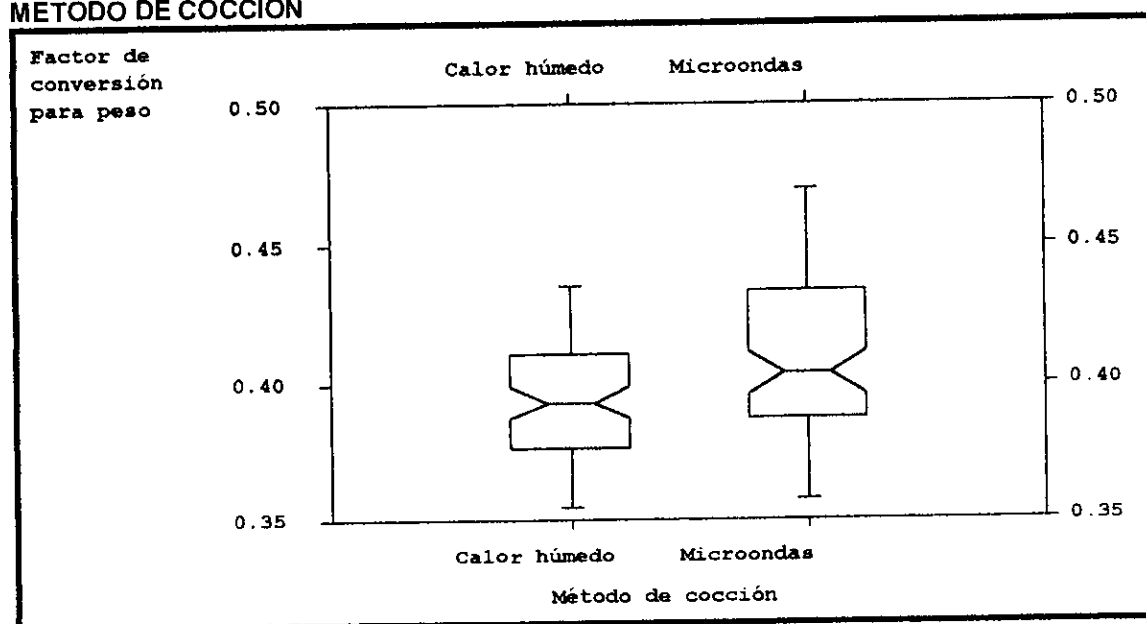
CUADRO No.20
ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS DEL FACTOR DE CONVERSION
DE PESO PARA AMBOS METODOS DE COCCION
GUATEMALA, 1995.

METODO DE COCCION	TAMAÑO DE MUESTRA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	MEDIANA	I.C. 95%* MIN.	I.C. 95%* MAX.
CALOR HUMEDO	80	0.39347926	0.01479254	0.3930	0.3930	0.3940
MICROONDAS	80	0.41366515	0.03795469	0.4037	0.4127	0.4146

*I.C. 95% = INTERVALO DE CONFIANZA AL 95%

El Cuadro No. 21 muestra el análisis de varianza para el método de cocción y muestra que sí existe interacción entre ellos. La Gráfica No.6 se puede apreciar esta interacción.

GRAFICA No.6. DISTRIBUCION DEL FACTOR DE CONVERSION DE PESO SEGUN METODO DE COCCION



CUADRO No.21
ANALISIS DE VARIANZA PARA EL FACTOR DE CONVERSION
DE PESO SEGUN TRATAMIENTO Y METODO DE COCCION
GUATEMALA, 1995

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Probabilidad Pr>F
Método de cocción	1	0.01629939	0.01629939	31.19	0.0001*
Tratamiento	4	0.06020822	0.01505205	28.80	0.0001**
Cocción-Tratamiento	4	0.00817605	0.00204401	3.91	0.0047***
Error	150	0.07839196	0.00052261		

n=160 observaciones

*Existe diferencia significativa entre los dos métodos de cocción

**Al menos alguno de los tratamientos es diferente

***Existe interacción entre el método de cocción y los tratamientos

Como puede verse en el Cuadro No.21 se encontró una interacción significativa (P=0.0047) entre los métodos de cocción y los tratamientos. Pero ésta no esconde los efectos principales de tipo de cocción y tratamiento, los cuales muestran una diferencia significativa entre método de cocción (P=0.001) y al menos un tratamiento diferente (P=0.0001). El Cuadro No.22 muestra los estadísticos descriptivos para los tratamientos, agrupando ambos métodos de cocción.

CUADRO No.22
DEL FACTOR DE CONVERSION
DE PESO SEGUN TRATAMIENTO PARA AMBOS METODOS DE COCCION
GUATEMALA, 1995.

TRATAMIENTO	TAMAÑO DE MUESTRA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	MEDIANA	I.C. 95% * MIN.	I.C. 95%* MAX.
1	32	0.38308125	0.01739539	0.3775	0.3820	0.3842
2	32	0.38514375	0.01772105	0.3851	0.3240	0.3862
3	32	0.39748438	0.02061623	0.3975	0.3962	0.3988
4	32	0.42008125	0.02572903	0.4201	0.4185	0.4217
5	32	0.43016667	0.03860727	0.4321	0.4296	0.4346

*I.C. 95% = INTERVALO DE CONFIANZA AL 95%

En el Cuadro No.23 se presentan las estadísticas descriptivas del factor de conversión de peso para el método de cocción y el tipo de arroz.

CUADRO No.23
ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS DEL FACTOR DE CONVERSION
DE PESO SEGUN TIPO Y METODO DE COCCION DEL ARROZ
GUATEMALA, 1995

METODO DE COCCION	TIPO DE ARROZ	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	MEDIANA	I.C. 95% * MIN.	I.C.95% MAX.
CALOR HUMEDO	PRECOCIDO	32	0.37930937	0.01464248	0.3773	0.3773	0.3802
CALOR HUMEDO	PULIDO	48	0.40292708	0.01823786	0.4067	0.4022	0.4037
MICROONDAS	PRECOCIDO	32	0.38891563	0.01888915	0.3890	0.3877	0.3901
MICROONDAS	PULIDO	48	0.43016667	0.03860727	0.4213	0.4213	0.4318

*I.C. 95% = INTERVALO DE CONFIANZA AL 95%

En el Cuadro No.24 se muestran las estadísticas descriptivas del factor de conversión de peso para el método de cocción, tipo y grado de calidad del arroz.

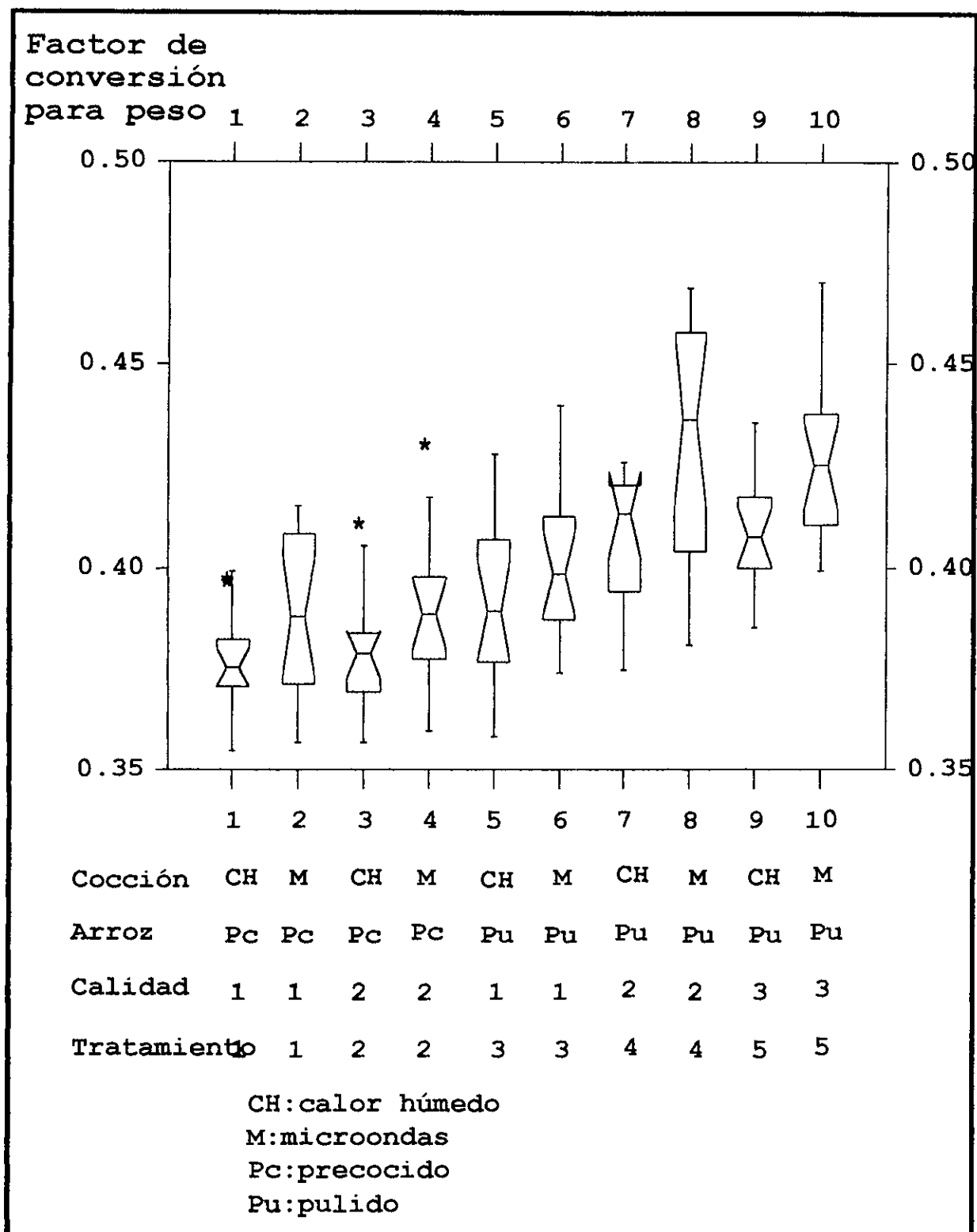
CUADRO No.24
ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS DEL FACTOR DE CONVERSION DE PESO
SEGUN TIPO, CALIDAD Y METODO DE COCCION DEL ARROZ
GUATEMALA, 1995

METODO DE COCCION	TIPO DE ARROZ	GRADO DE CALIDAD DEL ARROZ	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	MEDIANA	I.C. 95%* MIN.	I.C.95%* MAX.
CALOR HUM.	PRECOCIDO	1	16	0.37823125	0.01321155	0.37586921	0.3766	0.3799
MICROONDAS	PRECOCIDO	1	16	0.38793125	0.02001615	0.38836451	0.3854	0.3904
CALOR HUM.	PRECOCIDO	2	16	0.38038750	0.01631175	0.37904064	0.3783	0.3824
MICROONDAS	PRECOCIDO	2	16	0.38990000	0.01829408	0.38895377	0.3876	0.3922
CALOR HUM.	PULIDO	3	16	0.39203750	0.02027964	0.38950203	0.3895	0.3946
MICROONDAS	PULIDO	3	16	0.40293125	0.02009570	0.39880517	0.4004	0.4054
CALOR HUM.	PULIDO	4	16	0.40794375	0.01569310	0.41326658	0.4060	0.4099
MICROONDAS	PULIDO	4	16	0.43221875	0.02841732	0.43644528	0.4287	0.4358
CALOR HUM.	PULIDO	5	16	0.40880000	0.01394800	0.40750131	0.4071	0.4105
MICROONDAS	PULIDO	5	16	0.45535000	0.04457273	0.44378488	0.4498	0.4609

*I.C. 95% = INTERVALO DE CONFIANZA AL 95%

En la Gráfica No.7, se aprecia una comparación entre los factores de conversión de peso para tipo y calidad de arroz para cada uno de los métodos de cocción. En esta gráfica se observa que sí existe una diferencia entre los factores de conversión entre tipos de arroz (para ambos métodos de cocción), teniendo el arroz pulido un factor de conversión mayor. Por otro lado, los factores de conversión del método de cocción de microondas fueron en todos los casos mayores a los de calor humedo.

GRAFICA No.7. DISTRIBUCION DEL FACTOR DE CONVERSION DE PESO SEGUN TIPO Y CALIDAD DEL ARROZ PARA PARA CADA METODO DE COCCION.



Para saber si la interacción entre tratamiento y método de cocción, se debía al tipo de arroz o a su calidad.y/o entre calidades, se realizó un análisis de varianza que tomó en cuenta estas dos variables. El ANDEVA se muestra en el Cuadro No. 24

CUADRO No.25
ANALISIS DE VARIANZA PARA EL FACTOR DE CONVERSION DE PESO
TIPO Y GRADO DE CALIDAD DEL ARROZ POR METODO DE COCCION

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Probabilidad Pr>F
Método de cocción	1	0.01405939	0.01405939	26.90	0.0001*
Tipo de arroz	1	0.04039637	0.04039637	77.30	0.0001**
Calidad del arroz	3	0.01981185	0.00660395	12.64	0.0047***
Método de cocción x tipo arroz	1	0.00298497	0.00298497	5.71	0.0181****
Método de cocción x calidad del arroz	3	0.00519108	0.00173036	3.31	0.0218*****
Error	150	0.07839196	0.00052261		

n=160 observaciones

*Existe diferencia significativa entre los dos métodos de cocción

**Existe diferencia significativa entre los dos tipos de arroz

***Al menos una calidad del arroz es diferente

****Existe interacción entre el método de cocción y el tipo de arroz

*****Existe interacción entre el método de cocción y el grado de calidad del arroz

Los cuadros anteriores muestran que sí hay diferencia significativa entre los métodos de cocción, el tipo de arroz, y el grado de calidad del arroz. Por lo tanto fue necesario aplicar la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) para determinar entre qué calidades estaba la diferencia significativa. La Gráfica No.6 muestra los factores de conversión de peso para cada método de cocción. Seguidamente se presenta el Cuadro No.26 para la prueba de Tukey, que agrupa y muestra que hay diferencias significativas, entre los métodos de cocción y el tipo y calidad del arroz .

CUADRO No.26
AGRUPAMIENTO DEL FACTOR DE CONVERSION DE PESO SEGUN PRUEBA DE
TUKEY PARA CALIDAD DEL ARROZ PARA AMBOS METODOS DE COCCION
GUATEMALA , 1995

AGRUPAMIENTO TUKEY	TRATAMIENTO	TIPO	CALIDAD	MEDIA	UNIFICACION VOLUMEN	TAMAÑO DE MUESTRA
A	1	PULIDO	CALIDAD 3	0.43207	0.426075	64
	2	PULIDO	CALIDAD 2	0.42008		
B	3	PULIDO	CALIDAD 1	0.39748	0.388567	96
	4	PRECOCIDO	CALIDAD 2	0.38514		
	5	PRECOCIDO	CALIDAD 1	0.38308		

2. Factor de Conversión de Volumen

Al igual que con el factor de conversión de peso, fue necesario analizar si existía una diferencia significativa entre ambos métodos de cocción. En el Cuadro No. 27, se presentan los estadísticos descriptivos de los métodos de cocción. De acuerdo con los resultados de los ensayos individuales por tipo de cocción, en los cuales no hubo diferencia significativa, esta diferencia tampoco se mostró al unificar los dos ensayos ($P > 0.05$), por lo que el ANDEVA sólo muestra método de cocción.

CUADRO No.27
ESTADISTICAS DESCRIPTIVAS DEL FACTOR DE CONVERSION
DE VOLUMEN PARA AMBOS METODOS DE COCCION
GUATEMALA, 1995.

METODO DE COCCION	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	MEDIANA	I.C. 95 %* MIN.	I.C. 95 %* MAX.
CALOR HUMEDO	80	0.30720912	0.01784482	0.3076	0.3068	0.3076
MICROONDAS	80	0.31579315	0.01479254	0.3149	0.3153	0.3162

*I.C. 95% = INTERVALO DE CONFIANZA AL 95%

El Cuadro No. 28 muestra el análisis de varianza para el método de cocción y demuestra que sí existe interacción entre ellos.

CUADRO No.28
ANALISIS DE VARIANZA PARA EL FACTOR DE
CONVERSION DE VOLUMEN SEGUN METODO DE COCCION
GUATEMALA, 1995

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Probabilidad Pr>F
Método de cocción	1	0.00294981	0.00294981	10.98	0.0011*
Error	158	0.04245111	0.00026868		

n=160 observaciones

*Existe diferencia significativa entre los dos métodos de cocción

Cabe mencionar que se realizó un **análisis de varianza de medidas repetidas** entre el volumen del arroz crudo y el cocido, uniendo ambos tipos de cocción, para evaluar estos últimos. Tanto el volumen crudo, como el cocido, se relacionaron con el método de cocción, así como el tipo y calidad del arroz (tratamientos). Ambos volúmenes, presentaron diferencia significativa entre los niveles de las tres variables anteriores. Del Cuadro No.29 al Cuadro No.34, se muestra el agrupamiento de la prueba de Tukey y Duncan, respectivamente, para cada una de las variables.

CUADRO No.29
AGRUPAMIENTO DEL VOLUMEN CRUDO SEGUN
PRUEBA DE TUKEY DE ACUERDO AL METODO DE COCCION
GUATEMALA, 1995

AGRUPAMIENTO TUKEY	METODO DE COCCION	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA
A	CALOR HUMEDO	80	1.04600
B	MICROONDAS	80	1.03703

CUADRO No.30
AGRUPAMIENTO DEL VOLUMEN COCIDO SEGUN
PRUEBA DE TUKEY DE ACUERDO AL METODO DE COCCION
GUATEMALA , 1995

AGRUPAMIENTO TUKEY	METODO DE COCCION	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA
A	CALOR HUMEDO	80	3.4118
B	MICROONDAS	80	3.2929

CUADRO No.31
AGRUPAMIENTO DEL VOLUMEN CRUDO SEGUN PRUEBA DE TUKEY
DE ACUERDO AL TIPO DE ARROZ PARA AMBOS METODOS DE COCCION
GUATEMALA , 1995

AGRUPAMIENTO TUKEY	METODO DE COCCION	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA
A	PRECOCIDO	64	1.07231
B	PULIDO	96	1.02098

CUADRO No.32
AGRUPAMIENTO DEL VOLUMEN COCIDO SEGUN PRUEBA DE TUKEY
DE ACUERDO AL TIPO DE ARROZ PARA AMBOS METODOS DE COCCION
GUATEMALA , 1995

AGRUPAMIENTO TUKEY	METODO DE COCCION	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA
A	PRECOCIDO	64	3.4685
B	PULIDO	96	3.2749

Los Cuadros No.33 y No.34 presentan el factor de conversión unificado, agrupando tratamientos semejantes ($P > 0.05$).

CUADRO No.33

AGRUPAMIENTO DEL VOLUMEN CRUDO SEGUN PRUEBA DE TUKEY
DE ACUERDO A CALIDAD DEL ARROZ PARA AMBOS METODOS DE COCCION
GUATEMALA , 1995

AGRUPAMIENTO TUKEY	TRATAMIENTO	TIPO	CALIDAD	MEDIA	UNIFICACION VOLUMEN	TAMAÑO MUESTRA
A	2	PRECOCIDO	CALIDAD 2	1.07275	1.07231	64
	1	PRECOCIDO	CALIDAD 1	1.07187		
B	3	PULIDO	CALIDAD 1	1.03809	1.03809	32
C	4	PULIDO	CALIDAD 2	1.01484	1.05574	64
	5	PULIDO	CALIDAD 3	1.01000		

CUADRO No.34

AGRUPAMIENTO DEL VOLUMEN COCIDO SEGUN PRUEBA DE DUNCAN DE
ACUERDO A CALIDAD DEL ARROZ PARA AMBOS METODOS DE COCCION
GUATEMALA , 1995

AGRUPAMIENTO TUKEY	TRATAMIENTO	TIPO	CALIDAD	MEDIA	UNIFICACION VOLUMEN	TAMAÑO MUESTRA
A	1	PRECOCIDO	CALIDAD 1	3.4992	3.4686	64
	2	PRECOCIDO	CALIDAD 2	3.4379		
B	2	PRECOCIDO	CALIDAD 2	3.4379	3.3992	64
	3	PULIDO	CALIDAD 1	3.3605		
C	4	PULIDO	CALIDAD 2	3.2624	3.2321	64
	5	PULIDO	CALIDAD 3	3.2019		

A pesar de los resultados anteriores, no quiere decir que los resultados para el factor de conversión sean iguales, como ya se había mencionado anteriormente. Después de demostrar que sí existe diferencia significativa entre los dos métodos de cocción, se determinó si existía interacción entre éstos y los tratamientos. El análisis de varianza, demostró que no existe interacción ($P=0.2992$). Por lo tanto tampoco existe interacción entre el método de cocción y el tipo y/o calidad del arroz.

C. Longitud de Granos: como un análisis complementario se tomaron longitudes (mm) para cada tipo y grado de calidad del arroz crudo, para ver si existía alguna relación. En el Cuadro No.35 se muestran las estadísticas descriptivas de las longitudes del arroz.

CUADRO No.35
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS PARA LA LONGITUD DE LOS
GRANOS DE ARROZ CRUDO DE ACUERDO AL TIPO Y CALIDAD DE ARROZ
GUATEMALA, 1995

TRATAMIENTO	TIPO ARROZ	GRADO DE CALIDAD	TAMAÑO MUESTRA	MEDIA	DESVIACION ESTANDAR	MEDIANA	I.C. 95%* MIN.	I.C. 95%* MAX.
1	PRECOCIDO	CALIDAD 1	102	0.6860	0.0583	0.6900	0.6898	0.6871
3	PULIDO	CALIDAD 1	102	0.6305	0.0549	0.6300	0.6294	0.6316
2	PRECOCIDO	CALIDAD 2	102	0.6657	0.0546	0.6700	0.6646	0.6668
4	PULIDO	CALIDAD 2	102	0.6330	0.0398	0.6300	0.6323	0.6338
5	PULIDO	CALIDAD 3	102	0.5647	0.0751	0.6000	0.5632	0.5662

En el Cuadro No. 36 se presenta el análisis de varianza que muestra que sí hay relación entre la longitud del arroz y los diferentes tratamientos, ya que los tratamientos muestran diferencia significativa.

CUADRO No.36
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LAS LONGITUDES DEL
GRANO DE ARROZ CRUDO SEGUN EL TRATAMIENTO
GUATEMALA, 1995

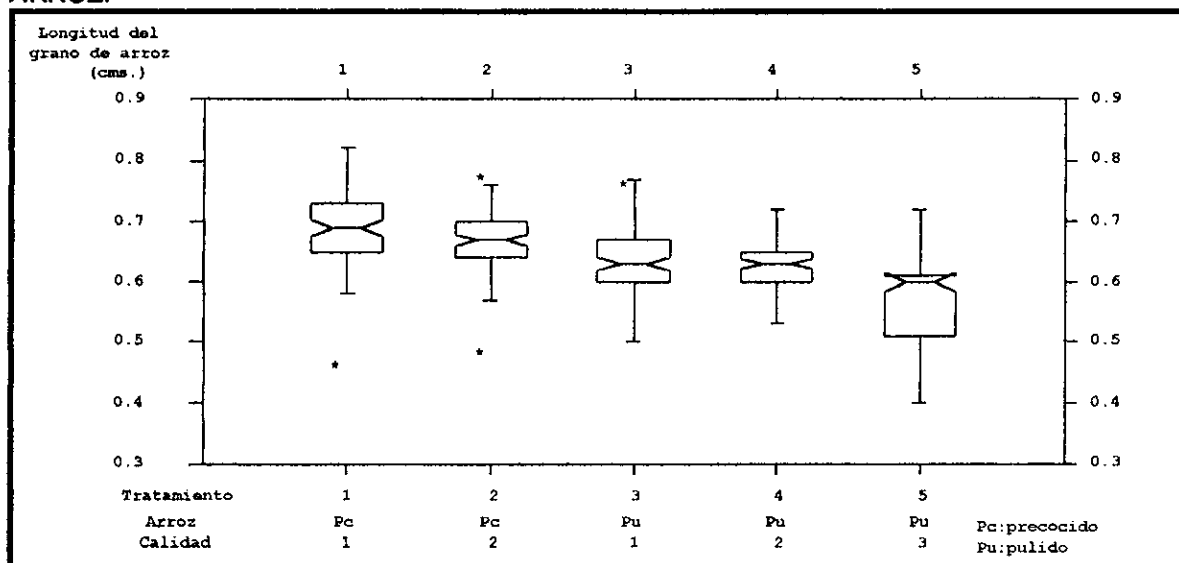
Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Probabilidad Pr>F
Tratamiento	4	0.86713137	0.21678284	65.21	0.0001*
Error	505	1.67892843	0.00332461		

n=510 observaciones

*Existe interacción entre la longitud de los diferentes tratamientos

En la Gráfica No.8 se muestra la relación que existe entre la longitud del grano de arroz crudo, y el tipo y calidad del arroz.

GRAFICA No.8. RELACION ENTRE LA LONGITUD DEL GRANO Y EL TIPO Y CALIDAD DEL ARROZ.



El Cuadro No.37 muestra el agrupamiento de la prueba de Tukey que muestra entre qué grupos está la diferencia significativa de longitud.

CUADRO No.37
AGRUPAMIENTO DEL LONGITUD DE GRANOS DE ARROZ CRUDO
SEGUN PRUEBA DE TUKEY DE ACUERDO A TRATAMIENTO
GUATEMALA , 1995

AGRUPAMIENTO TUKEY	TRATAMIENTO	TIPO	CALIDAD	MEDIA	TAMAÑO MUESTRA	CLASIFICACION COGUANOR*
A	1	PRECOCIDO	CALIDAD 1	0.6860	64	GRANO LARGO (6-7 mm)
	2	PRECOCIDO	CALIDAD 2	0.6657		
B	3	PULIDO	CALIDAD 1	0.6330	64	GRANO LARGO (6-7 mm)
	4	PULIDO	CALIDAD 2	0.6305		
C	5	PULIDO	CALIDAD 3	0.5647	32	GRANO MEDIANO (de 5 - < 6mm)

*CLASIFICACION DE LA LONGITUD DEL GRANO SEGUN LA COMISION GUATEMALETECA DE NORMAS (COGUANOR) (26a)

VIII. DISCUSION DE RESULTADOS

El procedimiento para recolectar los datos, fue ejecutado sin ningún inconveniente, por lo que puede ser usado efectivamente en los estudios posteriores.

Antes de establecer los tiempos y volúmenes de agua para cada método de cocción, se tomaron como referencia los procedimientos recomendados por el Consejo de Arroz de Estados Unidos (que son los más comunes usados a nivel de hogar). Estos procedimientos, establecen rangos, tanto de tiempo de cocción, como de volumen de agua. Teniendo los datos anteriores, se realizaron pruebas preliminares con el método de Ranghino y se establecieron los tiempos y volúmenes utilizados en este estudio. El propósito de este estudio, no era experimentar con una gran variedad de tiempos y volúmenes, sino utilizar los datos más cercanos a lo comúnmente usado. Por ejemplo, podría ser que al utilizar 500 ml de agua se requiera un tiempo de cocción de 35 min., y aún así, se obtenga un arroz con características aceptables, pero el tiempo y energía gastada no era conveniente para este estudio. Además, los datos se alejan de los procedimientos caceros actualmente utilizados.

Para el método de cocción de calor húmedo, se utilizó más tiempo de cocción para el arroz precocido que para el pulido. Este procedimiento, se realizó en base a que en varios estudios se ha demostrado que el arroz precocido tiene una menor absorción de agua. Por tanto, necesita un tiempo más prolongado de cocción y un volumen de agua mayor.

Los análisis estadísticos, muestran que sí hubo diferencia significativa para el factor de conversión, tanto de peso como de volumen, entre ambos métodos de cocción. Los factores de conversión, siempre fueron mayores para el método de cocción de microondas, que para el de calor húmedo. Dada la relación del factor de conversión de peso (peso crudo⁴/peso cocido), el peso del arroz cocido fue siempre mayor para el método de cocción de calor húmedo. Esto pudo deberse a que en el método de calor húmedo el contacto directo con la fuente de calor, en este caso las planchas de calor, hace que las moléculas del alimento reaccionen desde la superficie

⁴ El peso crudo fue constante (200 gramos)

hacia adentro, de manera que las capas sucesivas de moléculas se calienten una a su vez. Esto produce un desnivel de temperatura en el que el exterior del alimento puede estar más cocido que en el interior (28).

Al contrario, las microondas penetran al alimento uniformemente, hasta una profundidad de varios centímetros, provocando el movimiento de todas las moléculas de agua y las otras más polares a la vez. El calor no se transmite por conducción desde la superficie hacia adentro, sino que se genera rápida y uniformemente a través de la masa. El resultado es una ebullición interna que elimina la humedad. El vapor también calienta los alimentos sólidos adyacentes, por medio de conducción (28). En base a lo anterior, es probable que al cocer el arroz con calor húmedo, éste guarde más humedad, y que como consecuencia, haya un aumento en el peso cocido.

Al igual que en el factor de conversión de peso, el de volumen también fue menor para calor húmedo que para microondas. Los datos muestran que los volúmenes de arroz cocido fueron mayores con el método de calor húmedo. Si el arroz cocinado con calor húmedo guarda una mayor humedad, el volumen es mayor. La literatura señala que los granos se expanden en tres dimensiones conforme la humedad aumenta (17). En el caso del microondas hay una pérdida mayor de agua, no sólo por la ebullición interna del alimento, sino que se pierde vapor a través del "plastic wrap" que cubrió el refractario. Al cocer el arroz en olla tapada, hay una condensación de agua y menor escape de vapor.

En base a los datos anteriores, se realizó un ensayo para determinar si la pérdida de agua era mayor en el proceso de cocción de microondas o calor húmedo. Se calentó agua, tomando en cuenta las mismas condiciones que se utilizaron en este estudio (procedimientos, equipo, tiempo y volumen de agua) para cada método de cocción, peso sin arroz. Los resultados mostraron que efectivamente hay una mayor pérdida de agua con el método de cocción de microondas, que para calor húmedo. A continuación, se muestra el volumen de agua que se perdió con cada método de cocción en el ensayo realizado:

Es necesario recordar que existen otros factores bioquímicos, que no se tomaron en cuenta en este estudio, que pudieron haber influenciado de alguna manera los resultados. Por

ejemplo: humedad que el grano absorbió conforme fue cocinado, su temperatura de gelatinización, el contenido de amilosa en el almidón (cuando el contenido de almidón en su mayoría amilopectina, se considera un almidón glutinoso. Este tipo de almidón, expande poco y absorbe poca agua), y la anatomía del grano, particularmente la cantidad y distribución de los componentes que podrían limitar la hinchazón del grano (relacionado con volumen).

Respecto de las seis hipótesis nulas inicialmente planteadas, cuatro de ellas fueron rechazadas. El factor de conversión de volumen, es independiente del tipo y calidad del arroz. Por lo tanto, se determinaron dos factores de conversión de volumen, uno para cada método de cocción. Se unificaron los factores de conversión de volumen para ambos tipos de arroz y sus calidades.

Por el contrario, el factor de conversión de peso (fcp⁵) varía según el tipo y calidad del arroz. Para cada método de cocción hubo una unificación de los factores de conversión. Para el **arroz precocido (calidad 1 y 2) y el arroz pulido (calidad 1)** se determinó un fcp., y para el **arroz pulido (calidad 2 y 3)** otro fcp. Por lo tanto se determinaron cuatro fcp; dos para cada método de cocción. Los resultados anteriores, muestran claramente una diferenciación entre el tipo de arroz. Aunque en este estudio no se determinó la calidad, en base a las especificaciones (NGO 34 0 49) establecidas por COGUANOR, se tomó de referencia la clasificación del arroz crudo, en base a su longitud. Los resultados señalaron que sí existe una relación entre la longitud y los diferentes tratamientos (combinación del tipo y calidad) del arroz. Estos resultados coinciden con los fcp, ya que para cada método de cocción el fcp fue menor para la unificación del arroz precocido (calidad 1 y 2) y el arroz pulido (calidad 1). Estos presentaron mayores longitudes de arroz crudo. De acuerdo con la literatura, los granos de mayor longitud tienen mayor superficie de cocción, capacidad de hinchamiento (aumento de volumen) y usualmente quedan secos y sueltos al cocinarse. Además, el arroz precocido durante la cocción expande menos de largo, pero más de ancho, con respecto al arroz bruto. Tanto el arroz precocido (calidad 1 y 2), como el pulido (calidad 1 y 2) estuvieron clasificados en base a su longitud como **tipo largo** (6-7 mm) de acuerdo

⁵ fcp = abreviatura para el factor de conversión de peso

a la clasificación propuesta por la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). El arroz pulido calidad 3 se clasificó como **tipo mediano**. Es importante mencionar que el arroz pulido calidad 3, contenía una gran cantidad de granos quebrados y presentaba mucha suciedad y materia extraña. Los granos quebrados contribuyeron a que el peso y volumen cocido fuera menor con respecto a las otras calidades.

Actualmente, el fcp presentado en la tabla de Valor nutritivo de los alimentos para Centro América y Panamá es de 0.45 para arroz cocido y 0.35 para arroz frito (para Guatemala y El Salvador). Los fcp establecidos en este estudio están en el rango de 0.3172 a 0.4438, dependiendo del método de cocción, tipo y calidad del arroz. El intervalo de confianza máximo para el método de cocción de microondas, fue de 0.4462. Este valor es muy semejante al ya establecido, aunque realmente no se conocen las especificaciones de preparación o variedades de arroz utilizadas.

El factor de conversión de peso contribuye al cálculo rápido y exacto del valor nutritivo. En el caso del factor de conversión de volumen, éste es más práctico cuando se quiere evaluar el consumo de alimentos, debido a que la información se obtiene en unidades de volumen.

Para aplicar el factor de conversión, se presenta en el **Anexo 8** un ejemplo de la forma de utilizar los resultados obtenidos en el presente estudio. En el **Anexo 9** se presenta el costo.

IX. CONCLUSIONES

A. Los factores de conversión, tanto de peso como de volumen, dependen del método de cocción. Los factores de conversión fueron mayores para el método de cocción de microondas que para el de calor húmedo.

B. El factor de conversión de peso varía según el tipo y calidad del arroz para ambos métodos de cocción. El arroz precocido, tiene factores de conversión menores al arroz pulido, con excepción del arroz pulido calidad 1.

C. El factor de conversión de volumen es independiente del tipo y calidad del arroz para ambos métodos de cocción.

D. Se obtuvieron cuatro factores de conversión de peso; dos para cada método de cocción.

TIPO DE ARROZ	GRADO DE CALIDAD DEL ARROZ	PESO PROMEDIO POR 1 TAZA	CALOR HUMEDO	INTERVALO DE CONFIANZA 95% MINIMO	INTERVALO DE CONFIANZA 95% MAXIMO
PULIDO PULIDO	CALIDAD 3 CALIDAD 2	148.64	0.4084	0.4075	0.4093
PULIDO PRECOCIDO PRECOCIDO	CALIDAD 1 CALIDAD 2 CALIDAD 1	149.84	0.3836	0.3827	0.3844

TIPO DE ARROZ	GRADO DE CALIDAD DEL ARROZ	PESO PROMEDIO POR 1 TAZA	MICROONDAS	INTERVALO DE CONFIANZA 95% MINIMO	INTERVALO DE CONFIANZA 95% MAXIMO
PULIDO PULIDO	CALIDAD 3 CALIDAD 2	143.32	0.4438	0.4414	0.4462
PULIDO PRECOCIDO PRECOCIDO	CALIDAD 1 CALIDAD 2 CALIDAD 1	150.59	0.3936	0.3927	0.3944

E. Se obtuvieron dos factores de **conversión de volumen**; uno para cada método de cocción.

TIPO DE ARROZ	GRADO DE CALIDAD DEL ARROZ	CALOR HUMEDO	INTERVALO DE CONFIANZA 95% MINIMO	INTERVALO DE CONFIANZA 95% MAXIMO
PULIDO	CALIDAD 3	0.3072	0.3054	0.3091
PULIDO	CALIDAD 2			
PULIDO	CALIDAD 1			
PRECOCIDO	CALIDAD 2			
PRECOCIDO	CALIDAD 1			

TIPO DE ARROZ	GRADO DE CALIDAD DEL ARROZ	MICROONDAS	INTERVALO DE CONFIANZA 95% MINIMO	INTERVALO DE CONFIANZA 95% MAXIMO
PULIDO	CALIDAD 3	0.3158	0.3158	0.3180
PULIDO	CALIDAD 2			
PULIDO	CALIDAD 1			
PRECOCIDO	CALIDAD 2			
PRECOCIDO	CALIDAD 1			

E. La longitud del grano crudo, está relacionada con el tipo y calidad del arroz.

X. RECOMENDACIONES

- A. Determinar y clasificar las calidades del arroz, utilizadas en este estudio, de acuerdo a las especificaciones establecidas por las Normas COGUANOR NGO 34 049 y NGO 34 052 h7.

- B. Llevar a cabo este estudio , tomando en cuenta los tipos y calidades del arroz, para el arroz frito, que es otro método de cocción común actualmente en Guatemala.

- C. Divulgar los factores de conversión calculados en este estudio, para que sean utilizados en hospitales, servicios de alimentación u otros lugares en los que se requiera cálculo y orientación dietética y/o para la estandarización de recetas (cálculo de víveres) y porciones.

- D. Continuar con los estudios sobre factores de conversión de otros alimentos que sean típicos de la dieta guatemalteca y/o que el nutricionista utilice comúnmente en el cálculo y administración de dietas, ya que de esta manera se sumarán a la lista de factores ya determinados.

XI. BIBLIOGRAFIA

1. Altschul, A.M. New protein foods. New York, Academic Press, 1974. pp. 128-129.
2. Braverman, J.B.S. de. Bioquímica de los alimentos. México. Editorial El Manual Moderno, S.A., 1976. pp. 133-139
3. Bresanni, R. "Integración de la Producción agrícola, tecnológica de alimentos y nutrición". Conferencia Interacción entre producción agrícola, tecnología de alimentos. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), Guatemala, 6-7 noviembre 1978. pp. 1-19.
4. Burton, B.T. Nutrición humana: un tratado completo sobre nutrición en la salud y la enfermedad. Washington, Organización Panamericana de la Salud y Organización Mundial de la Salud, (146): diciembre 1966. pp. 56.
5. Charlie, H. Food Science. 2da. ed. Canadá, Editorial John Wiley & Sons, Inc., 1982. 113-145.
6. Desrosier, N.W. Elementos de tecnología de alimentos. México, Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., 1987. pp. 166-175.
7. Elías, L.G. "Características Tecnológicas y Nutricionales de los Alimentos Básicos". Simposio sobre necesidades actuales y futuras de alimentos básicos en Centro América y Panamá. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), Guatemala, mayo 1986. pp. 157-173.
8. Espejo S., J. Manual de dietoterapia de las enfermedades del adulto. 7ma. ed. Buenos Aires, Argentina, Librería El Ateneo Editorial, 1988. pp. 56-58, 69-71.
9. Fennema, O. Principles of Food Science. Food Chemistry. Parte 1. New York, Marcel Dekker, Inc., 1976. pp. 105-107.
10. Flores, Marina, María Teresa Menchú y M.Y. Lara. Valor nutritivo de los alimentos para Centro América y Panamá. Guatemala, Instituto de Centro América y Panamá, mayo 1971. 18 p.
11. García, C. Determinación del factor de conversión de peso y volumen de cruda a cocido y viceversa en vegetales verdes. Guatemala, 1983. 90 p. Tesis Lic. en Nutrición. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia-INCAP/CESNA. Escuela de Nutrición.
12. Godínez, M.R., Determinación del factor de conversión de peso de cruda a cocido y viceversa de distintas piezas de pollo. Guatemala, 1992. 45 p. Tesis Lic. en Nutrición. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia-INCAP/CESNA. Escuela de Nutrición.
13. González, M.A. Constante de conversión (en instrucción programada). Guatemala, marzo 1989.
14. Harris, R. y Quade D. The minimally importance difference significant criterion for sample syze. Journal of Educational Statics. 17 (1). pp. 27-52.
15. Herrera, A.V. "Características de aceptabilidad del arroz". Simposio sobre necesidades actuales y futuras de alimentos básicos en Centro América y Panamá. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), Guatemala, mayo 1986. pp. 181-187.

16. Icaza, S. y M. Behar. Nutrición. 2da. ed. México, Editorial Interamericana , S.A. de C.V., 1981. pp. 53, 73-75, 219-220.
17. Juliano, B. Rice and Technology. United States of America. The American Association of Cereal Chemist, 1985. pp. 105, 289, 315, 322-331, 409-418, 449-450, 455-459.
18. Kent, N.L. Tecnología de los cereales. España, Editorial Acribia, 1971. pp. 29-38, 241-249
19. Matute, J. Cuántas repeticiones tengo que hacer en mi ensayo?. Nutrición al día. Boletín Semestral de la Escuela de Nutrición, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala 4 (2): 29-50. 1990.
20. Matute, J. Qué hago con mis datos? Guatemala (1-4). 1992. 42 p.
21. Matz, S.A. Cereal Science. Connecticut, The AVI Publishing Company, Inc., 1969. pp 172-223.
22. Matz, S.A. Cereal Technology. Connecticut, The AVI Publishing Company, Inc., 1970. pp 338-375.
23. Méndez, H. Determinación de la constante de conversión de peso y volumen del frijol negro crudo a cocido. Licuado, volteado y viceversa. Guatemala, 1989. 100 p. Tesis Lic. en Nutrición. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Nutrición.
24. Mendoza S., J.R. Determinación de la constante de conversión de peso de tres cortes de carne. Guatemala, 1992. 51 p. Tesis Lic. en Nutrición. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Nutrición.
25. Montenegro, E. Determinación del factor de conversión de peso y volumen de cruda a cocido y viceversa de pastas alimenticias. Guatemala, 1989. 50 p. Tesis Tesis Lic. en Nutrición. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Nutrición.
26. NORMAS COGUANOR
 - a. COGUANOR NGO 34 049. Arroz en cáscara y arroz elaborado. Septiembre de 1981.
 - b. COGUANOR NGO 34 052 h7. Arroz elaborado. Métodos de ensayo y análisis. Julio de 1978.
27. Poey, F. "Factores que determinan la producción y el valor nutritivo de cereales en Centroamérica". Conferencia Interacción entre producción agrícola, tecnología de alimentos. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), Guatemala, 6-7 noviembre 1978. pp. 73-90.
28. Potter, N. La ciencia de los alimentos. México, EDUTEX, S.A., 1973. pp. 349-352, 516-519.
29. Prado, Mary S. de. Usando el microondas. Guatemala, julio 1989. pp. 1-2, 6, 16-16.
30. Salazar de Ariza, J. Cereales. Boletín Semestral de la Escuela de Nutrición, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala 4 (2): 61-66. 1990.

31. Velázquez de Cerón, G. Mezclas vegetales de uso práctico. Boletín Semestral de la Escuela de Nutrición, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala 4 (2): 51-60. 1990.
32. Wu, L., T. Woot y M. Flores. Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina. Comité, Interdepartamental de Nutrición (EE.UU.) e Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). Washington, 1961. 132 p.

XII. ANEXOS

ANEXO 1

GRADO DE CALIDAD SEGUN DEPOSITOS

TIPO DE ARROZ	PRIMERA CALIDAD (EXTRA)	SEGUNDA CALIDAD
ARROZ PRECOCIDO	X	X
ARROZ PULIDO NO RECUBIERTO	X	X

ANEXO 2

LISTA DE TIPO Y GRADO DE CALIDAD DEL ARROZ CON SU NUMERO DE IDENTIFICACION

METODO DE COCCION #1: CALOR HUMEDO

NUMERO	TIPO DE ARROZ	GRADO DE CALIDAD
1	PRECOCIDO	1
2	PRECOCIDO	2
3	PULIDO	1
4	PULIDO	2
5	PULIDO	3

METODO DE COCCION #2: MICROONDAS

NUMERO	TIPO DE ARROZ	GRADO DE CALIDAD
1	PRECOCIDO	1
2	PRECOCIDO	2
3	PULIDO	1
4	PULIDO	2
5	PULIDO	3

ANEXO 3

DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR
METODO DE COCCION #1: CALOR HUMEDO

BLOQUE 1 = DIAS
BLOQUE 2 = HORNILLAS

DIAS	HORNILLAS			
	A	B	C	D
DIA 1	2	5	2	5
	3	4	4	1
	4	2	5	5
	4	4	2	4
	2	5	1	2
DIA 2	3	1	4	1
	5	4	4	3
	2	3	3	5
	5	2	5	3
	3	5	5	4
DIA 3	5	2	5	3
	1	3	2	1
	3	2	1	3
	4	1	3	4
	5	3	3	2
DIA 4	2	3	3	1
	1	5	2	2
	1	1	4	2
	4	4	1	4
	1	1	1	5

ANEXO 4

DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR
METODO DE COCCION #2: MICROONDAS

BLOQUE 1 = NUMERO DE PRUEBAS
BLOQUE 2 = DIAS

NUMERO DE PRUEBA	DIA 1	DIA 2	DIA 3	DIA 4
1	3	1	4	1
2	2	2	5	2
3	3	2	3	5
4	5	5	3	4
5	3	2	2	3
6	5	1	1	4
7	2	4	5	1
8	4	1	2	4
9	1	3	3	3
10	4	5	1	1
11	5	4	5	2
12	5	3	4	5
13	1	4	1	4
14	2	1	1	5
15	1	2	4	1
16	3	3	3	2
17	2	5	2	3
18	1	3	4	5
19	4	4	5	3
20	4	5	2	2

ANEXO 7**REGISTROS DE LONGITUD DE GRANOS DE ARROZ SEGUN TIPO Y CALIDAD**

# DE REPETICION	LONGITUD DEL GRANO SEGUN TIPO Y GRADO DE CALIDAD (mm)				
	ARROZ PREOCIDO		ARROZ PULIDO		
	CALIDAD 1	CALIDAD 2	CALIDAD 1	CALIDAD 2	CALIDAD 3
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
PROMEDIO					

ANEXO 8

EJEMPLO DE LA FORMA DE UTILIZACION DE LOS FACTORES

DE CONVERSION DE PESO Y VOLUMEN DEL ARROZ

GUATEMALA, 1995

A. **De crudo a cocido:** para obtener la cantidad en gramos de alimento cocido, se divide la cantidad en gramos de alimento crudo y se divide entre la constante de conversión.

1. **Peso:** se desea conocer qué cantidad de arroz precocido crudo rindió 210 gramos cuando se cocinó en microondas:

$$\text{Peso crudo} / \text{Factor de conversión de peso} = \text{Peso cocido}$$

$$210 \text{ gramos de arroz precocido crudo} / 0.4438 = 473 \text{ gramos de arroz cocido}$$

2. **Volumen:** se desea conocer cuál es el volumen cocido de dos tazas de arroz que se van a cocer por calor húmedo.

$$\text{Volumen crudo} / \text{Factor de conversión de volumen} = \text{Volumen cocido}$$

$$2 \text{ tazas de arroz crudo} / 0.3072 = 6.51 \cong 6 \frac{1}{2} \text{ tazas}$$

B. **De cocido a crudo:** para obtener la cantidad en gramos de alimento crudo, se multiplica la cantidad en gramos de alimento cocido por el factor de conversión.

1. **Peso:** se desea determinar cuántos gramos de arroz pulido calidad 2 crudo se obtienen de 1300 gramos de arroz cocido cuando se cuece por calor húmedo.

$$\text{Peso cocido} \times \text{Factor de conversión de peso} = \text{Peso crudo}$$

$$1300 \text{ gramos de arroz pulido calidad 2 cocido} \times 0.4438 = 577 \text{ gramos de arroz crudo}$$

2. **Volumen:** se desea conocer cuántas tazas de arroz se necesitan para obtener 3 tazas de arroz cocido cuando se prepara con microondas.

$$\text{Volumen cocido} \times \text{Factor de conversión de volumen} = \text{Volumen crudo}$$

$$3 \text{ tazas de arroz} \times 0.3158 = 0.94 \cong 1 \text{ taza o si se quiere ser más exacto son 15 cucharadas}$$

C. El procedimiento para la aplicar la constante de conversión de volumen, cuando la información del alimento está dada en medidas de peso, es el siguiente:

1. Se expresa el peso del alimento en gramos.
2. Se convierten los gramos del alimento a tazas, utilizando según sea el caso, los valores de las Tablas No.37 o No.38.
3. Se aplica el factor de conversión, según la fórmula que corresponda para obtener el volumen (tazas) del alimento.
4. Si se necesita convertir el volumen anterior a medidas de peso, se utilizan los valores de las tablas presentadas en la SECCION DE CONCLUSIONES (página 63).
5. Ejemplo: Para obtener el peso en crudo de 40 onzas de arroz precocido cocido en microondas, se procede de la siguiente manera

a) Se expresa el peso en gramos:

$$\begin{array}{r} 1 \text{ onza} \text{ -----} 30 \text{ gramos} \\ 40 \text{ onzas} \text{ -----} X \qquad \qquad \qquad X = 1200 \text{ gramos} \end{array}$$

b) Se convierte el peso anterior a tazas:

$$\begin{array}{r} 1 \text{ taza de arroz precocido} \text{ -----} 149.84 \text{ gramos} \\ \text{cocido} \\ X \text{ -----} 1200 \text{ gramos} \qquad X = 8 \text{ tazas} \end{array}$$

c) Se aplica el factor de conversión de peso de volumen de cocido a crudo:

$$8 \text{ tazas de arroz precocido cocido} \times 0.3158 = 2.53 \text{ tazas} \cong 2 \frac{1}{2} \text{ tazas de arroz crudo}$$

NOTA: Este resultado en gramos, se puede utilizar, entre otras cosas, para calcular el valor nutritivo del alimento, ya que en las tablas de composición de alimentos, lo reportan por 100 gramos o porción en gramos de alimento crudo.

d) Se puede convertir el volumen anterior a medidas de peso:

i. de tazas a gramos

$$\begin{array}{r} 1 \text{ taza de arroz precocido} \text{ -----} 149.84 \text{ gramos} \\ \text{cocido} \\ 8 \text{ taza de arroz precocido} \text{ -----} X \qquad X = 1198.72 \text{ gramos} \\ \text{cocido} \end{array}$$

ii. de gramos a onzas

$$\begin{array}{r} 30 \text{ gramos} \text{ -----} 1 \text{ onza} \\ 1198.72 \text{ gramos} \text{ -----} X \qquad X = 39.95 \cong 40 \text{ onzas} \end{array}$$

ANEXO 9

A. COSTO DEL TRABAJO

INGREDIENTE	CANTIDAD POR TRATAMIENTO (GR)	CANTIDAD POR 16 REPETICIONES (GR)	CANTIDAD REQUERIDA (LIBRAS)	COSTO POR LIBRA (Q. /lb.)	UNIDAD DE COMPRA	COSTO (Q.) CANTIDAD REQUERIDA
ARROZ PRECOCIDO						
CALIDAD 1	201	3216	7.08	2.00	LIBRA	14.16
CALIDAD 2	201	3216	7.08	1.90	LIBRA	13.45
ARROZ PULIDO						
CALIDAD 1	201	3216	7.08	1.80	LIBRA	12.74
CALIDAD 2	201	3216	7.08	1.70	LIBRA	12.04
CALIDAD 3	201	3216	7.08	1.60	LIBRA	11.33
ACEITE (ml)	14.7	235.2		6	LITRO	1.41
COSTO POR METODO DE COCCION						65.13
TOTAL COSTO DEL PROYECTO						130.26

NOTA: LA CANTIDAD DE SAL QUE SE UTILICE SERA UNA DONACION SIN COSTO ABSOLUTO

B. FUENTES DEL FINANCIAMIENTO: PERSONALES

