



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
INGENIERIA DE ALIMENTOS
UNAN-LEÓN



Determinación de las Propiedades Funcionales de harinas de variedades de sorgo (*Sorghum bicolor L*) de grano entero Pinolero-1, Tortillero-Precoz, e INTA-RCV.

Monografía para optar al título de:

Ingeniero en Alimentos.

Autores

- Ingrid Isabel Obando Medina.
- Ligia Elena Reyes Salazar.

Tutores:

Msc. Carla Corrales Hernández.
Msc. Indiana Dávila.
Ing. Eliette Palacio INTA - CEO –Posoltega.

Marzo, 2011.



Dedicatoria

Este trabajo investigativo lo dedico con todo mi amor y cariño. A ti **DIOS** que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa me diste la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar este trabajo.

Dedico a mi familia que me dio las facultades para pensar en mi futuro y sobre todo a mi madre **Viviana Marina Medina Granera**, fiel amiga, acompañante y consejera que si no fuera por su sacrificio no estaría en estos momentos viendo mis sueños culminados.

A mis hermanas **Iliana, Yusleydi e Yibelis**, sobrinas **Yusney y Kendra** y mi tía **Marcia** y Primos por ser ejemplo de superación y valioso apoyo en todo momento desde el inicio de mis estudios.

A mis amigos que tuvieron una palabra de apoyo para mí durante mis estudios. Especialmente a **Ligia Reyes**, amiga y compañera de tesis. Gracias por luchar junto a mi durante estos cinco años de carrera.

Especialmente a mi persona, pues fue un proyecto con el que siempre soñé y sé que lo hice muy bien, en mi conciencia al igual que en la de mis amigos, saben de todo el trabajo que proyecté.

Ingrid Isabel Obando Medina.



Dedicatoria

El esfuerzo y la dedicación que he puesto en ésta tesis, va con mucho cariño a Dios mi creador y quien me dio la fortaleza y la salud para ver culminado este éxito académico.

No hay palabras que puedan describir mi profundo agradecimiento a mis padres María Elena Salazar Santana y Máximo Francisco Reyes Rodríguez, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles, los hemos superado juntos. Gracias por apoyarme y brindarme todo su amor.

Gracias a la vida que tengo y a mis hermanos **Lisseth y Edwar** que han sido mi compañía y mi apoyo. A toda mi familia que de una u otra manera han sido parte de ésta gran obra.

A mis amigos que se convirtieron en una familia para mí, en especial para **Ingrid Obando** por estos cinco años de lucha constante, de gratas vivencias, de momentos de éxito. Gracias por su apoyo y su compañía. No tengo letras para seguir diciendo el gran regocijo que me da poder terminar esta carrera en donde profesores y compañeros dejan parte de su vida, para dar vida a las ilusiones de niña y que hoy en día se hacen realidad.

Ligia Elena Reyes Salazar.



Agradecimiento

Antes que a todos queremos agradecer a Dios por darnos las fuerzas necesarias en los momentos en que más las necesitamos y bendecirnos con la posibilidad de caminar a su lado durante toda la vida.

Primero nos gustaría agradecer a nuestra tutora de tesis, la **Msc. Carla Corrales** por su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para nuestra formación. Gracias por su seriedad, responsabilidad y rigor académico sin los cuales no podríamos tener una formación completa.

También nos gustaría agradecer los consejos recibidos por la **Msc. Indiana Dávila**, por su trato humano y su visión crítica. Gracias por su colaboración.

A la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua y en especial a la Facultad de Ciencias Químicas por permitirnos ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en especial a la **Ing. Eliette Palacio** por habernos facilitado los medios para la conclusión de ésta tesis.

Ingrid Obando y Ligia Reyes



Listado de Abreviatura

1. FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
2. INTA: Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.
3. ICRISAT: Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para las Zonas Tropicales Semiáridas.
4. CIRAD: Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo.
5. CENTA: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.
6. CIMMYT: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
7. CLAIS: Comisión Latinoamericana de Investigadores de Sorgo
8. CAA: Capacidad de Absorción de Agua.
9. CAG: Capacidad de Absorción de Grasa.
10. CEM: Capacidad Emulsificante.
11. CE: Capacidad Espumante.
12. m.s.n.m: metro sobre el nivel del mar.
13. MAGFOR: Ministerio Agropecuario y Forestal.
14. ANOVA: Análisis de la Varianza.
15. AACS: Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.
16. AOAC: Asociación Oficial de Químicos Analistas.



Resumen

Estimados lectores tenemos el gusto de poner en sus manos esta monografía basada en la evaluación de las propiedades funcionales de la harina de sorgo de grano entero de las variedades mejoradas Pinolero-1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV, con el propósito de relacionar entre las diferentes variedades la Capacidad de Absorción de Agua, Capacidad Absorción de Grasa, Capacidad Espumante y Capacidad Emulsificante. Además se determinó el contenido de Azúcares Reductores y se comprobó la existencia de gluten

Los resultados obtenidos se presentan mediante el análisis estadístico de la Prueba T de Student, Análisis de Varianza, prueba de Homocedasticidad y prueba de Tukey utilizando el programa JMP-4, con lo cual se da respuesta a los objetivos planteados.

Con este tipo de harina se contribuye a reducir los costos de importaciones de harina de trigo haciendo las sustituciones parciales en la industria panificadora.

Esperamos que esta investigación sirva de precedente para el desarrollo de nuevas investigaciones que promuevan el uso del sorgo dado el potencial nutricional y alimenticio del mismo.



Índice

I. Introducción.....	01
II. Objetivos.....	05
III. Marco Teórico.....	06
3.1 Propiedades Funcionales.....	07
3.2 Sorgo.....	08
3.3 Harinas de Cereales.....	11
3.4 Métodos para el análisis estadístico.....	14
IV. Metodología.....	16
V. Resultados y Discusión.....	23
VI. Conclusión.....	32
VII. Recomendación.....	33
VIII. Bibliografía.....	34
IX. Anexos.....	35



I. Introducción

A nivel Mundial existe gran énfasis sobre la necesidad de alimentos que estén disponibles y que posean Propiedades Funcionales que influyan de un modo específico sobre la apariencia y comportamiento durante la transformación de los alimentos (Baduí, 1999).

Las propiedades funcionales reflejan atributos intrínsecos de las proteínas tales como: composición, secuencia de aminoácidos, conformación, estructura, así como las posibles interacciones con otros componentes de los alimentos. Dichas propiedades, denotan características fisicoquímicas, que afectan el comportamiento de las proteínas en la preparación, procesamiento, almacenamiento y consumo de los alimentos. Así pues, se observa que no sólo son importantes en determinar la calidad del producto final, sino también útiles en el proceso (Kinsella, 1979).

En los cereales uno de los componentes que tecnológicamente es importante y que determina la calidad del producto terminado son las proteínas, principalmente aquellas que integran el gluten (gliadinas y gluteninas). Este tipo de proteínas así como sus propiedades funcionales, determinan el uso que se le puede dar a los cereales, ya sea para la elaboración de pan (productos de panificación) o para la elaboración de otros productos tales como pastas, galletas o bien bebidas.

Los cereales por su gran versatilidad, constituyen la base de la alimentación humana. Entre los más importantes se encuentran: el trigo, la avena, la cebada, el maíz, el arroz y el sorgo, los cuales constituyen la materia prima en el proceso de molienda para la obtención de harina, proporcionando buena fuente de proteína y micronutrientes en la dieta humana (Lester Brown, 2000).

Es importante señalar dentro del grupo de los cereales que el sorgo agrupa a unas 20 especies oriundas de las regiones tropicales y subtropicales de



África Oriental, la India y China. Actualmente su consumo se ha masificado a Europa y América como cereal para consumo humano y animal, en la producción de forrajes (FAO: Alimentación y nutrición N°27)¹

En Nicaragua, durante la segunda mitad de la década de los sesenta, el sorgo alcanza la categoría de cultivo alimenticio, siendo en la actualidad el rubro que le sigue al maíz tanto en área de siembra como en volumen de producción. Las condiciones en las que se produce este grano son marginales desde el punto de vista de clima, suelo y manejo agronómico sin embargo, es el grano alimenticio que más se cultiva y se utiliza para consumo humano en las zonas secas de Nicaragua (INTA, 2006)².

La producción de sorgo se ha convertido actualmente en una necesidad primordial en Nicaragua, principalmente el de grano blanco por ser una buena alternativa para las familias productoras, debido a que tiene la habilidad de permanecer latente durante los períodos de sequías y seguir creciendo cuando vuelve a llover.

El sorgo se siembra en diferentes regiones del país, principalmente en las zonas del Pacífico Norte y Sur que corresponden a los departamentos de León, Chinandega, Managua, Masaya, Granada y Rivas, en su orden respectivo, del 38 a 40% de las zonas productoras de sorgo en el centro norte de Nicaragua se caracterizan, por sembrarse en suelos de laderas, superficiales y pobres en nutrientes. La mayor cantidad del área se siembra con alta tecnología, utilizando híbridos, variedades mejoradas y maquinaria agrícola (INTA, 2006).

En el país existen diferentes tipos de híbridos y variedades mejoradas de sorgo con gran potencial de rendimiento de grano, que responden adecuadamente a las diversas condiciones ecológicas y tecnológicas.

En Nicaragua en la región del pacifico se han liberado variedades de sorgo blanco tales como: Pinolero-1, Tortillero-Precoz, INTA-CNIA, INTA-Trinidad, INTA-RCV, INTA-Ligero e INTA-Soberano, como sustituto del trigo. El cultivo de sorgo ha demostrado ser tolerante a la época de sequía no es exigente en



cuanto a los tipos de suelos sin embargo; requiere de la fertilización (fósforo y nitrógeno) de este (INTA, 2006).

El uso de variedades mejoradas como la variedad **Pinolero-1** fue generado por el Programa de Manejo Integrado de Cultivos, Subprograma Sorgo del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), en colaboración con el Instituto Internacional de Investigación en Cultivos de los Trópicos Semi-áridos (ICRISAT)³. Se originó aplicando el método de selección genealógica o de pedigree a partir del cultivar SPV-475 y se estabilizó como variedad en un período de tres años, para su posterior liberación a nivel comercial a finales de los años 80`s y se ha mantenido hasta la fecha por su alto rendimiento de grano y follaje. La variedad mejorada **Tortillero-Precoz** fue generada por el Programa de Manejo Integrado de Cultivos, Subprograma Sorgo del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), en colaboración con el Instituto Internacional de Investigación en Cultivos de los Trópicos de Francia (CIRAD)⁴. Se originó aplicando el método de selección genealógica o de pedigree a partir del cultivar IRAT-204 procedente del País Sudan y se estabilizó como variedad en un período de tres años, para su posterior liberación a nivel comercial a inicios de los años 90`s y se ha mantenido hasta la fecha por su precocidad. La variedad mejorada **INTA-RCV** fue desarrollada por el Programa Nacional de Sorgo de CENTA⁵ en El Salvador y lo introdujo a Nicaragua el Programa de Manejo Integrado de Cultivos, Subprograma Sorgo del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) en el año 2000. La variedad INTA – RCV fue introducida al El Salvador del programa de CIMMYT⁶ de México, a través de ensayos de la Comisión Latinoamericana de Investigadores de Sorgo (CLAIS)⁷ en 1991. El ensayo se denominó VOVAC-91 ocupando la entrada 31 (INTA 2006).

Debido al área territorial en nuestro país el sorgo puede ser producido en altas proporciones, con el fin de cubrir la demanda requerida para la elaboración de harina y de esta manera hacer las sustituciones parciales en la industria panificadora. Las mezclas recomendadas son hasta un 25%, ya que éstas harinas son harinas fuertes (sorgo) y necesitan ser mezcladas con harinas



suaves (trigo) no obstante, contribuye a reducir los costos de importaciones de harina de trigo hasta un millón y medio de dólares, esto de acuerdo al informe que facilitó INTA, 2006.

La harina de sorgo constituye un producto de bajo costo, posee buen sabor, alto valor nutritivo, proporcionando elementos esenciales para la dieta alimenticia como fibra, cenizas, algunas vitaminas B, que son integrantes del complejo B, entre otras, no contiene gluten (proteína que afecta a los celíacos) y otras (INTA, 2006).

Dado el potencial nutricional y alimenticio del sorgo se realizó un estudio a fin de evaluar las propiedades funcionales de las variedades mejoradas Pinolero1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV, con el propósito de relacionar entre las diferentes variedades la Capacidad de Absorción de Agua, Capacidad de Absorción de Grasa, Capacidad Espumante y Capacidad Emulsificante y conocer la diversidad de usos ya sea sola o en combinación con harina de trigo y/o maíz.



II. Objetivos

2.1 Objetivo General.

Evaluar las propiedades funcionales de harinas de variedades de sorgo de grano entero Pinolero-1, Tortillero-Precoz, e INTA-RCV.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la Capacidad de Absorción de Agua, Capacidad de Absorción de Grasa, Capacidad Espumante y Emulsificante en harinas provenientes de granos de variedades de sorgo Pinolero-1, Tortillero-Precoz, e INTA-RCV.
- Comprobar el contenido de Gluten en las harinas de granos de variedades de sorgo Pinolero-1, Tortillero-Precoz, e INTA-RCV.
- Determinar contenido de Azúcares Reductores de la harina obtenida de las variedades Pinolero-1, Tortillero-Precoz, e INTA-RCV.
- Aplicar Programa Estadístico JMP-4 para el análisis y comparación de los datos.



III. Marco Teórico

3.1 Propiedades Funcionales

Las propiedades funcionales se definen como atributos intrínsecos de las proteínas, las que constituyen uno de los componentes tecnológicamente importantes y que determinan la calidad del producto terminado. Un ejemplo de estas propiedades son las proteínas que integran el gluten el cual está presente en la semilla de muchos cereales combinada con almidón. Aunque el gluten se encuentra en la mayoría de los cereales (trigo, avena, cebada o centeno) hay cereales libres de gluten como: maíz, trigo sarraceno o alforfón, cereales andinos como la quinua y el amaranto, sorgo y arroz integral (Kinsella, 1979).

A nivel tecnológico es importante conocer el tipo de proteínas presentes en los cereales, así como sus propiedades funcionales; para determinar el uso que se les puede dar ya sea para la elaboración de pan o para la elaboración de otros productos (pastas, galletas, etc.).

Las propiedades funcionales de las proteínas se clasifican de acuerdo a:

Su funcionalidad.

Se pueden distinguir dos grupos de proteínas, en los cereales proteínas pertenecientes al gluten con un desempeño muy importante en la elaboración del pan y proteínas no pertenecientes al gluten, las cuales tienen un desempeño secundario en la elaboración del pan estas representan entre un 15–20% del total de las proteínas, principalmente se encuentran en las capas externas del grano de los distintos cereales y en bajas concentraciones en el endospermo.

Estas proteínas son extraídas en soluciones de sales diluidas y por lo tanto se encuentran en las fracciones de Osborne de albúminas y globulinas. En 1907 T.B. Osborne separó las proteínas del trigo en cuatro fracciones valiéndose de sus solubilidades albúmina, globulinas, prolaminas y glutelinas.



En su mayor parte son proteínas monoméricas, estructurales o fisiológicamente activas (enzimas). Su papel en la formación de pan no está muy claro (Veraberbeke, 2002).

Muchas propiedades funcionales de las proteínas se observan normalmente cuando éstas se encuentran en estado natural y se pierden cuando se presenta la desnaturalización.

Dentro de las propiedades funcionales más importantes se encuentran las siguientes:

3.1.1 Capacidad de Absorción de Agua (CAA⁸)

La Absorción de Agua y Grasa son propiedades funcionales básicas de los componentes proteicos los cuales determinan la calidad de la textura, apariencia, retención del sabor y rendimiento de productos terminados (Vani y Zavas, 1995).

3.1.2 La Capacidad de Absorción de Grasa (CAG⁹)

Es una importante propiedad funcional de estos polímeros debido a que aumentan o mejoran la retención del sabor y el gusto de muchos productos alimenticios donde son usados como ingredientes (Paredes-López *et al.*, 1991).

3.1.3 Capacidad Emulsificante (CEM¹⁰).

La Capacidad Emulsificante y la estabilidad de la emulsión son parámetros usados corrientemente en la caracterización funcional de las proteínas. Hermansson en 1979, establece claramente la diferencia entre estos términos, así menciona que: "La Capacidad Emulsificante denota la cantidad máxima de aceite que puede ser emulsificada por una dispersión de proteína; mientras que la estabilidad de la emulsión se refiere a la capacidad de una emulsión, con una cierta composición para permanecer sin cambios".



3.1.4 Capacidad Espumante (CE¹¹).

Las espumas son sistemas bifásicos en los cuales las burbujas de gas (por lo general aire) están rodeadas por una fase líquida continua, formando películas delgadas. La capacidad de las proteínas para formar espuma depende de su facilidad para migrar hacia la interfase aire-agua y formar una película interfacial cohesiva que sea capaz de atrapar y retener el aire. Esta película debe de ser lo bastante fuerte para retener humedad y soportar esfuerzos mecánicos (Phillips *et al.*, 1990). Las proteínas presentes en los cereales presentan muchas de éstas propiedades.

3.2 Sorgo

3.2.1 Generalidades

Las condiciones en las que se produce este grano, son marginales desde el punto de vista de clima, suelo y manejo agronómico. La mayoría de las zonas productoras de sorgo en el centro norte de Nicaragua se caracterizan por sembrarse en suelos de laderas, superficiales y pobres en nutrientes, además, las precipitaciones fluviales raramente alcanzan los 800 mm/anuales, las temperaturas varían desde los 24 hasta los 30°C y las alturas fluctúan desde los 450 hasta los 900 m.s.n.m¹². Sin embargo, las variedades que se siembran en su mayoría son de porte alto, con panojas abiertas, de bajo rendimiento, pero con grano de buena calidad.

El sorgo se siembra en monocultivo, en diferentes regiones del país, como los departamentos de León, Chinandega y Managua, en estos sistemas de siembra se utilizan la alta tecnología, así como cultivares híbridos y variedades mejoradas de alto valor varietal. También se siembra sorgo, en la región norte del país, especialmente Estelí, Matagalpa y Jinotega, donde se cultiva en asocio con frijoles y otros cultivos anuales (INTA, 2006).



Según el MAG-FOR¹³, en Nicaragua durante el ciclo 2004-05, fueron cosechadas un total de 42,140 hectáreas de sorgo, para una producción total de 88,118 toneladas con un rendimiento promedio de 2.09 t/ha (MAG-FOR, 2005).

3.2.2 Taxonomía y Morfología.

El sorgo pertenece a la familia de las gramíneas. Las especies son el *Sorghum vulgare* y el *Andropogum sorgum sudanensis*.

El sorgo tiene una altura de 1 a 2 metros. Tiene inflorescencias en panojas y semillas de 3mm, esféricas y oblongas, de color negro, rojizo y amarillento. Tiene un sistema radicular que puede llegar en terrenos permeables a 2m de profundidad. Las flores tienen estambres y pistilos, pero se han encontrado en Sudán sorgos dioicos. El sorgo se utiliza para producir grano que sirve para la alimentación del ganado y también para el forraje.

El valor energético del grano de sorgo es un poco inferior al del maíz. Se puede estimar como media 1,08 UF/kg. Comparándolo con el grano de maíz, el de sorgo es generalmente un poco más rico en proteínas, pero más pobre en materia grasa; como las de maíz, son de un valor biológico bastante débil; son particularmente deficitarias en lisina.

La estructura básica del grano es análoga en el sorgo y en los distintos mijos. Sus elementos anatómicos principales son el pericarpio, el germen o embrión y el endospermo. La distribución relativa de los tres principales componentes anatómicos varía de un tipo a otro. En el grano de sorgo el peso medio del pericarpio es del 6%, el del endospermo del 84% y el del germen del 10% (Rooney, 1978).

3.2.3 Composición química del grano de sorgo.

Es importante conocer la composición química del grano de sorgo. El pericarpio es rico en fibra (compuesta por celulosa, hemicelulosa, lignina y pectina), las cuales ayudan a la digestión en estómagos monogástricos (seres humanos),



mientras que el germen es alto en proteína, grasa, ceniza, también es rico en vitamina B.

El sorgo y los mijos tienen en común con otros cereales que son predominantemente amiláceos. El contenido de proteína de estos granos es casi igual y comparable al trigo y maíz. El grano de sorgo presenta composición química similar a la del maíz, por lo que la tecnología de procesamiento para la obtención de productos alimentarios e industriales a base de maíz o de otros cereales es aplicable al sorgo, con la finalidad de explotar eficientemente su potencial como materia prima en la elaboración de diversos productos (Martínez-Pau, 1992).

Los granos de cereales pueden molerse en húmedo, en forma de una pasta acuosa fina, normalmente para producir almidón, o pueden molerse en forma esencialmente seca (muchas veces convenientemente humedecida o «acondicionada») cuando el producto suele servir de comida (una harina gruesa o fina) (Rooney, 1992).

3.2.4 Exigencias del Cultivo.

Las exigencias en calor del sorgo para grano son más elevadas que las de maíz. Para germinar necesita una temperatura de 12 a 13°C, por lo que su siembra ha de hacerse de 3 a 4 semanas después del maíz. El crecimiento de la planta no es verdaderamente activo hasta que se sobrepasan los 15°C, situándose el óptimo hacia los 32°C.

Al inicio de su desarrollo, el sorgo soporta las bajas temperaturas de forma parecida al maíz, y su sensibilidad en el otoño es también comparable. Los descensos de temperatura en el momento de la floración pueden reducir el rendimiento del grano. Por el contrario, el sorgo resiste mucho mejor que el maíz las altas temperaturas. El sorgo resiste la sequía más que el maíz. Es capaz de sufrir sequía durante un periodo de tiempo bastante largo, y reemprender su crecimiento más adelante cuando cesa la sequía. Por otra



parte, necesita menos cantidad de agua que el maíz para formar un kilogramo de materia seca.

Se desarrolla bien en terrenos alcalinos, sobre todo las variedades azucaradas que exigen la presencia en el suelo de carbonato cálcico, lo que aumenta el contenido en sacarosa de tallos y hojas. Prefiere suelos sanos, profundos, no demasiado pesados. Soporta algo la sal (INTA, 2006).

3.2.5 Variedades.

Las variedades liberadas por el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) son: Pinolero-1, Tortillero-Precoz, INTA-CNIA, INTA-Trinidad, INTA-RCV e INTA-Soberano. En éste trabajo serán incluidos solamente 3 variedades son: INTA-RCV, Pinolero-1 y Tortillero-Precoz, por contener porcentajes de proteínas similares. Entre las variedades de sorgo se distinguen sorgos tardíos, medios, precoces y muy precoces.

El sorgo es menos exigente en agua que el maíz. El período crítico de necesidades de agua del sorgo va desde el momento que aparece la panícula en las hojas del vértice de las plantas hasta el final del estado lechoso del grano. Gracias al tamaño corto de los tallos, el riego por aspersión es más fácil de realizar que en el maíz y menos exigente en mano de obra. Cuando la cantidad de agua es insuficiente para asegurar una buena producción del maíz, puede ser sustituido el maíz por el sorgo, por resistir más a la sequía que éste último (INTA, 2006).

A partir de la trituración del grano de éste cereal se obtiene la harina, el cual es uno de los alimentos más utilizados por la humanidad. La elaboración de las harinas ha ido cambiando según la tecnología ha evolucionado (Lester Brown, 2000).



3.3 Harinas de Cereales.

Harina (término proveniente del *latín farina*, que a su vez proviene de far y de farris, nombre antiguo del farro). Es el polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón. Se puede obtener harina de distintos cereales. Aunque la más habitual es harina de trigo (cereal proveniente de Europa, elemento imprescindible para la elaboración del pan), también se hace harina de centeno, de cebada, de avena, de maíz, de arroz y ahora en la actualidad harina de sorgo. El denominador común de las harinas vegetales es el almidón, que es un carbohidrato complejo (Lester Brown, 2000).

3.3.1 Harina de sorgo

La harina de sorgo es el producto que se obtiene de granos de (*Sorghum bicolor* L.) mediante un proceso de molienda industrial en el curso del cual se elimina el tegumento y gran parte del germen y se tritura el endosperma hasta alcanzar un grado de finura apropiado.

3.3.1.1 Factores de calidad-generales.

- La harina deberá ser inocua y apropiada para el consumo humano.
- La harina de sorgo deberá estar exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos.
- La harina de sorgo deberá estar exenta de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos) en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana (CODEX STAN 173-1989). (Ver Anexo 1).



3.3.2 Composición de Harina de Sorgo.

Cuadro 1: Composición físico-química de harinas provenientes de variedades de sorgo.

Parámetros	Pinolero-1 %	Tortillero-precoz %	INTA – RCV%
Proteína	7.77	7.38	12*
Grasa	2.75	2.70	–
Genizas	1.73	2.09	–
Fibra cruda	1.35	2.42	–
Carbohidratos	78.65	79.04	66*
K	0	0	–
Ca	0	0	–
Mg	0	0	–
P	0.39	0.42	–

Fuente: Programa de Sorgo, Investigación y Desarrollo INTA 2006.

*Estos valores pertenecen a composición de grano entero



3.4 Métodos para el Análisis Estadístico:

Para el análisis estadístico en una investigación es necesario hacer uso de herramientas que permitan al investigador comparar datos. Estas herramientas pueden ser métodos o pruebas estadísticas paramétricas, las utilizadas son:

- ❖ Coeficiente de correlación de Pearson.
- ❖ Prueba T de Student.
- ❖ Prueba de Tukey.
- ❖ Análisis de Varianza Factorial.
- ❖ Análisis de Varianza Unidireccional (ANOVA)¹⁴.

A continuación se detalla algunos:

3.4.1 Prueba T de Student.

Es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias.

Hipótesis: de diferencia entre dos grupos. La hipótesis de investigación propone que los grupos difieren de manera significativa entre sí y la hipótesis nula propone que los grupos no difieren significativamente.

Variable: la variable se realiza sobre una variable (teóricamente dependiente).

La prueba **T de Student** se basa en una distribución muestral o poblacional de diferencia de medias conocida como T de Student. Cuando el valor T se calcula mediante un paquete estadístico computacional, la significancia se proporciona como parte de los resultados y esta debe ser menor a 0.05 o 0.01, lo cual depende del nivel de confianza seleccionado.

3.4.2 Prueba de Rango Múltiple Tukey.

La prueba de Tukey se usa para experimentos que implican un número elevado de comparaciones o se desea usar una prueba más rigurosa. Es de fácil cálculo puesto que se define un solo comparador, resultante del producto del error estándar de la media por el valor tabular en la tabla de Tukey, usando como numerador el número de tratamientos y como denominador los grados de libertad del error.



3.4.3 Análisis de Varianza Unidireccional (ANOVA).

Es una prueba estadística para analizar si más de dos grupos difieren significativamente entre sí en cuanto a sus medias y varianzas. El análisis de varianza produce un valor conocido como F o razón F, que se basa en una distribución muestral, conocida como distribución F.

La varianza es una medida de dispersión o variabilidad alrededor de la media y se calcula en términos de desviaciones elevadas al cuadrado. Cuando se efectúa el ANOVA por medio de un programa computacional estadístico, el valor alfa o probabilidad es 0.05 o 0.01.

3.4.4 Prueba de Levene.

Esta prueba fue propuesta por Levene (1960). Esta prueba es robusta al supuesto de normalidad. Se rechaza la H_0 si la prueba es significativa. La Homocedasticidad es una propiedad fundamental del modelo de regresión lineal general y está dentro de sus supuestos clásicos básicos.

Es una Hipótesis referente a la dispersión de los valores de una perturbación aleatoria en un modelo de regresión lineal, que consiste en suponer que la variable se distribuye con igual varianza en cualquiera de las estimaciones hechas mediante el modelo (Best Joel, 2001).



IV. Metodología.

El presente estudio se realizó en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-LEÓN) Facultad de Ciencias Químicas con el objetivo de evaluar las Propiedades Funcionales de harinas de variedades de sorgo de grano entero Pinolero-1, Tortillero-Precoz, e INTA-RCV.

El tipo de estudio es experimental, para el cumplimiento de los objetivos se recurrió a la recopilación y análisis de información proveniente de bibliografía disponible sobre el tema.

Se determinaron las Propiedades Funcionales: Capacidad de Absorción de Agua (CAA), Capacidad de Absorción de Grasa (CAG), Capacidad Espumante (CE) y Capacidad Emulsificante (CEM), así mismo se determinó el contenido de Azúcares Reductores y porcentaje de Gluten de las harinas de sorgo de las variedades Pinolero-1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV las cuales fueron proporcionadas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) para esto se optimizó cada uno de los métodos.

Muestra: se utilizaron 2 muestra de harinas obtenidas de la molienda de cada una de las variedades de sorgo, las cuales se trabajaron por duplicado en el laboratorio de Control de Calidad de Alimentos de la UNAN-LEON.

Determinación Propiedades Funcionales:

Capacidad de Absorción de Agua: la capacidad de absorción de agua se determinó por el método desarrollado por Naczki *et al*, descrito por Xu y Diosady 1994, en el cual se tomaron 2 gramos de muestra, se pesaron en una balanza analítica OHAUS, la muestra se colocó en tubos de centrifuga de polipropileno de 50mL y se dispersó en 16mL de agua destilada. Cada 10 minutos se agitó el contenido de los tubos con una varilla de vidrio, por 30seg, hasta un periodo total de 79 min. Los tubos fueron centrifugados. Luego se decantó cuidadosamente el sobrenadante con papel filtro (whatman número 4) y se dejó drenando los tubos en posición invertida durante 15 minutos. Posteriormente fueron pesados en una balanza analítica OHAUS.



El agua absorbida se expresó en porcentaje de incremento en peso de la muestra.

$$\text{Absorción de Agua (\%)} = \frac{\text{Peso de agua absorbida (g)}}{\text{Peso de muestra seca (g)}} \times 100$$

Capacidad Espumante: la capacidad espumante de la muestra y la estabilidad de la espuma se determinaron de acuerdo al procedimiento propuesto por SwamyLimgappa y Srinivas (1994). En este método se adicionó 2gr de muestra con 100mL de agua destilada a una batidora Oster modelo 2520 y se agitó por 5 minutos operando a alta velocidad. Seguidamente se transfirió el contenido a una probeta de 250mL, midiéndose el volumen de la espuma después de transcurridos 30seg. La capacidad espumante del aislado se expresó como el % de incremento en volumen.

$$\text{Cap. Espumante} = \frac{\text{Vol. después del batido} - \text{Vol. antes del batido}}{\text{Volumen antes del batido}} \times 100$$

Capacidad Emulsificante: para determinar la capacidad emulsificante de la muestra se siguió la metodología propuesta por Yasumatsu (1992), en este se mezcló 1gr de muestra con 20mL de agua en tubos de centrifuga de polipropileno de 50mL, se agitó en vortex durante 15 minutos, se ajustó el pH a 7 con solución buffer compuesta de HCl a 0,1M y NaOH 0,1M, en un pH-metro y se llevó a 25mL con agua destilada. Se mezclaron 25mL de esta solución con 25mL de aceite de maíz en una licuadora oster a alta velocidad por 3 min y se centrifugó. La emulsión se expresó en términos de porcentaje, como altura de la capa emulsificada con respecto al total del líquido.

Capacidad de Absorción de Grasa: para determinar la capacidad de absorción de grasa de la muestra se siguió la metodología propuesta por Beuchat en 1997, en la cual a 2gr de muestra se añadieron 20mL de aceite de



maíz en tubos de centrifuga de 50mL y se agitó en Vortex durante 1min a temperatura ambiente. Luego se centrifugó.

Los resultados se expresaron como gramos de aceite retenidos por gramos de muestra en porcentaje.

$$\text{CAG} = \frac{\text{Gramos de aceite}}{\text{Gramos de muestra}} \times 100$$

Determinación del Contenido de Gluten:

En éste procedimiento se añadieron unos 15 mL de agua a 25 grs de harina en un mortero y se preparó una pasta homogénea. Se evitó que se adhiriera al recipiente. Se dejó en reposo durante 1 hora.

Luego se amasó con cuidado bajo un chorro de agua del grifo fría, se pasó el agua de lavado a través de un cedazo fino para eliminar todo el almidón y las sustancias solubles. Se comprobó que se haya arrastrado todo el almidón estrujando la pelota de gluten para que expulsara un poco de agua recogiendo en un vaso con agua clara y fría. Se recogió las piezas de gluten retenidas por el cedazo y se añadió a la masa principal del mismo. Se mantuvo la pelota de gluten en agua fría durante una hora y se estrujó con las manos para que expulsara toda el agua, se colocó luego en una cápsula de fondo plano tarada y se determinó su peso: "Gluten Húmedo". (Baduí, 1999).

Determinación de Azúcares Reductores.

Este método fue propuesto por primera vez por Sandstet en 1937. Posteriormente fue adoptado tanto por AACS¹⁵ como por la AOAC¹⁶. Para la determinación se transfirió 5,675 grs de muestra a un erlenmeyer de 125 mL inclinando el matraz de manera que toda la harina quedara adherida a una de las paredes se mojó ésta con 5,0 mL de etanol. Luego se inclinó el erlenmeyer de manera que la harina húmeda se encontrara en la pared superior y se añadieron 50 mL de la disolución tampón-ácido (disolviéndose 3 mL de ácido



acético con 4,1 grs. de acetato sódico anhidro y 4,5 mL de ácido sulfúrico en agua ajustándose el volumen a un litro), evitando que ésta disolución entrara en contacto con la harina hasta no haberla añadido toda. Se agitó el matraz para suspender la harina, se añadió de inmediato 2 mL de la disolución de tungstato al 12 % (Disolviendo 12 grs de Tungstato Sódico $WO_3Na_2 \cdot 2H_2O$ en agua y enrasando a 100 mL) y se mezcló bien. Se filtró de inmediato a través de un papel de filtro rápido (whatman número 4 o equivalente), descartando las primeras 8-10 gotas de filtrado.

Finalizado esto se determinó **Azúcares Reductores**, para esto se transfirió con una pipeta, 5 mL del extracto filtrado a un tubo de ensayo pyrex de 25 x 200mms, se añadieron exactamente 10 mL de la disolución 0,1 N de ferricianuro se mezcló y se sumergió el tubo de ensayo en un baño de agua vigorosamente hirviendo, de manera que la superficie del líquido del tubo de ensayo se hallara 3-4cms. por debajo de la del agua del baño (el tiempo entre la filtración y el tratamiento en el baño de agua hirviendo no debía exceder de 15-20 minutos) se mantuvo el tubo de ensayo en el baño de agua hirviendo durante exactamente 20 minutos, luego se retiró y se enfrió al chorro, se vertió de inmediato el contenido en un erlenmeyer de 125 mL, se lavó el tubo de ensayo con 25 mL de la disolución de ácido acético-sales (Disolviendo 70,0 grs de CLK y 44,0 grs. de $SO_4Zn \cdot 7H_2O$ en 750 mL de agua y luego se añadió lentamente 200 mL de ácido acético y se enrasó con agua a un litro), se recogió los lavados también en el erlenmeyer. Se agitó y se añadió 1 mL de la disolución indicadora de almidón-yoduro.

Finalmente se tituló con la disolución 0,1 N de Tiosulfato (Se pesaron 24,82 grs de $S_2O_3Na_2 \cdot 5H_2O$ y 3,8 grs. de $B_4O_7Na_2 \cdot 10H_2O$ y se disolvieron en un litro de agua), hasta la total desaparición del color azul. Se restaron los mililitros de la disolución 0,1 N de tiosulfato de 10. Se expresaron los Azúcares Reductores en términos de miligramos maltosa/10 grs de harina.



Para el tratamiento estadístico se realizó un diseño experimental para los resultados de las Propiedades Funcionales de las variedades Pinolero1, Tortillero-Precoz, e INTA-RCV basado en la prueba de T de Student en el que $\alpha=0,05$ y se asume que son dos medias con varianzas desconocidas pero suponiendo que son iguales y las muestras son independientes.

El procesamiento de los datos se realizó por medio del análisis del modelo generado por el programa **JMP-4**, con un valor de $\alpha=0,05$ en el cual se determinó:

- ✓ **R² Ajustado**
- ✓ **Prueba de Efectos**

En el análisis comparativo de las varianzas de las diferentes propiedades funcionales se utilizó la prueba de Homocedasticidad de Levene con un valor de $\alpha=0,05$.

Para determinar la existencia de significancia estadística entre promedios, se aplicó prueba de análisis de varianza y como el diseño implica comparaciones entre Pinolero1, Tortillero-Precoz, e INTA-RCV se aplicó la prueba de Tukey ya que es una prueba muy rigurosa, utilizando el programa **JMP-4** con un valor de $\alpha=0,05$.



Las hipótesis evaluadas fueron:

Capacidad de Absorción de Agua.

H_0 = La Capacidad de Absorción de Agua es igual para Pinolero1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV.

H_1 = La Capacidad de Absorción de Agua es diferente al menos en una de las variedades.

H_0 = Las varianzas de la Capacidad de Absorción de Agua son iguales para Pinolero1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV.

H_1 = Al menos una de las varianzas de Capacidad de Absorción de Agua es diferente para Pinolero1, Tortillero-precoz e INTA-RCV.

Capacidad Emulsificante.

H_0 = La Capacidad Emulsificante es igual para Pinolero1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV.

H_1 = La Capacidad Emulsificante es diferente al menos en una de las variedades.

H_0 = Las varianzas de la Capacidad Emulsificante son iguales para Pinolero1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV.

H_1 = Al menos una de las varianzas de Capacidad Emulsificante es diferente para Pinolero1, Tortillero-Precoz, e INTA-RCV.

Capacidad de Absorción de Grasa.

H_0 = La Capacidad de Absorción de Grasa es igual para Pinolero1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV.

H_1 = La Capacidad de Absorción de Grasa es diferente al menos en una de las variedades.

H_0 = Las varianzas de la Capacidad de Absorción de Grasa son iguales para Pinolero1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV.



H_1 = Al menos una de las varianzas de Capacidad de Absorción de Grasa es diferente para Pinolero1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV.

Azúcares Reductores.

H_0 = El contenido de Azúcares Reductores es igual para Pinolero1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV.

H_1 = El contenido de Azúcares Reductores es diferente al menos en una de las variedades.

H_0 = Las varianzas del contenido de Azúcares Reductores son iguales para Pinolero1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV.

H_1 = Al menos una de las varianzas del contenido de Azúcares Reductores es diferente para Pinolero1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV.



V. Resultados y Discusión.

Los valores de Capacidad de Absorción de Agua presentan pequeñas diferencias para las variedades Pinolero-1, Tortillero-precoz, e INTA-RCV al igual que la Capacidad Emulsificante en la cual se observa que las diferencias son mínimas.

Sin embargo para la Capacidad Espumante y gluten todos los valores son iguales a cero, esto indica que ninguna de las variedades presenta éstas propiedades.

Por otro lado los valores para Capacidad de absorción de grasa presentan una gran diferencia entre Tortillero-Precoz y Pinolero, así como entre INTA-RCV y Pinolero. Finalmente los valores de contenido de Azúcares Reductores no presentan diferencias significativas. Estos datos se pueden observar en el cuadro 1.

Cuadro 1 Propiedades Funcionales, Contenido de Azúcares Reductores y Gluten de harinas de las variedades Pinolero-1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV.

VARIEDAD	CAP/AGUA	CAP/ESPUM	CAP/EMUL	CAP/GRASA	CHO/AZUCA	GLUTEN
Pinolero	150	0	46.83	60	3.60	0
Pinolero	140	0	46.40	50	3.90	0
Tortillero	120	0	43.92	150	4.50	0
Tortillero	140	0	45.24	110	4.80	0
INTA-RCV	160	0	44.4	130	4.40	0
INTA-RCV	160	0	43.4	100	4.70	0



Al evaluar la Capacidad de Absorción de Agua, Capacidad Emulsificante, Capacidad de Absorción de Grasa y Capacidad Espumante de las variedades Pinolero-1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV se utilizó el programa estadístico JMP-4 para el diseño experimental con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Al aplicar el análisis del modelo generado por el programa **JMP-4** para Capacidad de Absorción de Agua, indica que el valor de **R² Ajustado** fue de **0,637681**. Esto se puede observar en el cuadro 2. De igual manera la Capacidad Emulsificante dio un valor de **R² Ajustado** de **0,741776**. Esto se puede observar en el cuadro 3. En cuanto a la Capacidad de Absorción de Grasa, indica que el valor de **R² Ajustado** fue de **0,714912**. Esto se puede observar en el cuadro 4. Por lo tanto, no se puede predecir con el modelo ninguna de las Propiedades Funcionales ya que para las ciencias exactas es necesario un valor superior al **0,8**. La Capacidad Espumante no fue detectada.

Cuadro 2 Valores de R² para la Capacidad de Absorción de Agua (CAA).

R ²	0,782609
R² Ajustado	0,637681
Raíz del error cuadrado	9,128709
Media de repuesta	145
Observación	6

Cuadro 3 Valores de R² para la Capacidad Emulsificante (CEM).

R ²	0,845065
R² Ajustado	0,741776
Raíz del error cuadrado	0,698486
Media de repuesta	45,03167
Observación	6



Cuadro 4 Valores de R² para la Capacidad Absorción de Grasa (CAG).

R ²	0,828947
R² Ajustado	0,714912
Raíz del error cuadrado	20,81666
Media de repuesta	100
Observación	6

En la prueba de efecto para Capacidad de Absorción de Agua se obtuvo que la probabilidad tiene un valor de **F= 0,1014**. De igual manera en la Capacidad Emulsificante se observa que la probabilidad tiene un valor de **F= 0,0610**. En cuanto a la Capacidad de Absorción de Grasa se observa que la probabilidad tiene un valor de **F= 0,0707**. Todos los valores de **F** para las Propiedades Funcionales son mayores al ser comparados con el valor de **α=0,05** por lo que no hay diferencias significativas entre las variedades.

En la comparación de las varianzas utilizando la prueba de Homocedasticidad con la prueba de Levene se obtuvo un valor de **F** igual a **0** para la Capacidad de Absorción de Agua, del mismo modo para la Capacidad Emulsificante y para la Capacidad de Absorción de Grasa. Estos valores al ser comparados con el valor de **α=0.05** son mayores, por lo tanto no hay diferencias significativas entre las varianzas de las Propiedades Funcionales antes mencionadas.



Se presentan los valores medios de la Capacidad de Absorción de Agua, Capacidad Emulsificante y Capacidad de Absorción de Grasa con la prueba de T de Student, éstas medias fueron obtenidas por duplicado y demuestran que no existen diferencias significativas entre las tres harinas como se observa en el cuadro 5.

Cuadro 5 Porcentaje de Capacidad de Absorción de Agua (CAA), Capacidad Emulsificante (CEM), Capacidad de Absorción de Grasa (CAG) de las harinas de variedades de sorgo Pinolero-1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV

Muestra	Porcentaje de Capacidad de Absorción de Agua (CAA)	Porcentaje de Capacidad Emulsificante (CEM).	Porcentaje de Capacidad de Absorción de Grasa (CAG).
Pinolero-1	145,00 a \pm 6,4550*	46,61a \pm 0,49390*	55,00a \pm 14,720*
Tortillero-Precoz	130,00 a \pm 6,4550*	130,00a \pm 0,49390*	130,00a \pm 14,720*
INTA-RCV	160,00 a \pm 6,4550*	44,58a \pm 0,49390*	115,00a \pm 14,720*

*Medias obtenidas por duplicado \pm desviación estándar, para Capacidad de Absorción de Agua (CAA), Capacidad Emulsificante (CEM) y Capacidad de Absorción de Grasa (CAG). Letras iguales entre la misma columna significa que no existen diferencias significativas entre las variedades.



En el análisis de varianza para la Capacidad de Absorción de Agua se obtuvo un valor de **F** igual a **0,1014** que al ser comparado con el valor de $\alpha=0.05$, es mayor por lo tanto se acepta la H_0 lo que significa que la Capacidad de Absorción de Agua es igual para Pinolero1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV. Esto se puede observar en el cuadro 6. Del mismo modo para la Capacidad Emulsificante se acepta la H_0 pues se obtuvo un valor de **F** igual a **0,0610**. Esto se puede observar en el cuadro 7 y en cuanto a la Capacidad de Absorción de Grasa se obtuvo un valor de **F** igual a **0,0707** que al ser comparado con el valor de $\alpha=0.05$, es mayor por lo tanto también se acepta la H_0 , esto se puede observar en el cuadro 8.

Cuadro 6 Análisis de Varianza para Capacidad de Absorción de Agua (CAA)

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Media al cuadrado	Relación F	Prob > F
Variedad	2	900,0000	450,000	5,4000	0,1014
Error	3	250,0000	83,333		
C. Total	5	1150,0000			

Cuadro 7 Análisis de Varianza para Capacidad Emulsificante (CEM)

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Media de cuadrado	Relación F	Prob > F
Variedad	2	7,9832333	3,99162	8,1815	0,0610
Error	3	1,4636500	0,48788		
C. Total	5	9,4468833			



Cuadro 8 Análisis de Varianza para Capacidad Absorción de grasa (CAG)

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Media de cuadrado	Relación F	Prob > F
Variedad	2	6300,0000	3150,00	7,2692	0,0707
Error	3	1300,0000	433,33		
C. Total	5	7600,000			

La comparación de los valores medios de la Capacidad de Absorción de Agua, Capacidad Emulsificante, Capacidad de Absorción de Grasa con la prueba Tukey se pueden observar en los cuadros 9,10 y 11 respectivamente. Estos muestran que todos los valores son negativos para cada una de las Propiedades Funcionales por lo tanto, no existen diferencias estadísticamente significativas entre las variedades Pinolero1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV.

Cuadro 9 Comparaciones de la Capacidad de Absorción de Agua de harinas de sorgo para todos los pares utilizando Tukey-Kramer HSD

Abs(Dif)-LSD	INTA-RCV	Pinolero1	Tortillero-Precoz
INTA-RCV	-38,146	-23,146	-8,146
Pinolero1	-23,146	-38,146	-23,146
Tortillero-Precoz	-8,146	-23,146	-38,146

Cuadro 10 Comparaciones de la Capacidad Emulsificante de harinas de sorgo para todos los pares utilizando Tukey-Kramer HSD

Abs(Dif)-LSD	Pinolero1	Tortillero-Precoz	INTA-RCV
Pinolero1	-2,9188	-0,8838	-0,2038
Tortillero-Precoz	-0,8838	-2,9188	-2,2388
INTA-RCV	-0,2038	-2,2388	-2,9188



Cuadro 11 Comparaciones de la Capacidad de Absorción de Grasa de harinas de sorgo para todos los pares utilizando Tukey-Kramer HSD

Abs(Dif)-LSD	Tortillero-Precoz	INTA-RCV	Pinolero1
Tortillero-Precoz	-86,987	-71,987	-11,987
INTA-RCV	-71,987	-86,987	-26,987
Pinolero1	-11,987	-26,987	-86,987

Los resultados encontrados indican que:

Las propiedades funcionales de la harina de sorgo no alcanzan los valores de referencia para ser harinas destinadas como 100% a la panificación, como lo tiene la harina de trigo; sin embargo ésta puede ser utilizada en combinación con otras harinas.

Por otro lado no se logró detectar el contenido de Gluten en las harinas de las variedades de sorgo de grano entero Pinolero-1, Tortillero-Precoz, e INTA-RCV, así que se identifica al grano de sorgo como un cereal pobre en Gluten como lo indica Kinsella en 1979, que afirma que las harinas provenientes de granos de sorgo son pobres en gluten; por lo tanto no es posible usar 100% de éste tipo de harina para panificación, sino que debe ser combinada con otra que contenga gluten para obtener mejores resultados. Pese de ser un grano carente en gluten, el sorgo es especialmente, una buena alternativa para las familias productoras debido a que tiene la habilidad de permanecer latente durante los periodos de sequias y seguir creciendo cuando vuelve a llover. Además puede ser combinada con el fin de cubrir la demanda requerida para la elaboración de harina haciendo las sustituciones parciales en la industria panificadora, las mezclas recomendadas son hasta un 25%, no obstante contribuye a reducir los costos de importaciones de harina de trigo. Finalmente la harina de sorgo sola o en combinación con harina de trigo o maíz, sirve para fabricar una diversidad de productos como galletas, alfajores, panificados, bizcochos, tartas, como aglutinante de embutidos y bebidas étnicas entre otros.



Al evaluar el contenido de Azúcares Reductores de las variedades Pinolero-1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV se utilizó el programa estadístico JMP-4 para el diseño experimental con un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

Al aplicar el análisis del modelo generado por el programa **JMP-4** para Azúcares Reductores, indica que el valor de **R² Ajustado** fue de **0,802** lo que indica que se puede predecir con el modelo ya que para las Ciencias Exactas es necesario un valor superior al **0,8**. Esto se puede observar en el cuadro 12.

Cuadro 12 Valor de R² para Azucares Reductores.

R ²	0,878195
R² Ajustado	0,802
Raíz del error cuadrado	0,212132
Media de repuesta	4,316667
Observación	6

En la prueba de efectos se observa que la probabilidad tiene un valor de **F= 0,0425** el cual es menor al ser comparado con el valor de $\alpha=0,05$ por lo que estadísticamente hay diferencias significativas entre las variedades.

En la comparación de varianzas utilizando la prueba de Homocedasticidad con la prueba de Levene no se puede analizar ya que no se presentan valores por lo tanto sería necesario realizar mayor cantidad de determinaciones para una mejor comparación de los datos.



Los resultados de los valores medios con la prueba T de Student demuestran que existen diferencias significativas en los Azúcares Reductores entre las tres harinas como se observa en el cuadro 13.

Cuadro 13 Valores promedios para Azúcares Reductores de las variedades de sorgo de grano entero Pinolero-1, Tortillero-Precoz, INTA-RCV

Muestra	Contenido de Azúcares Reductores
Pinolero-1	3,7500b ± 0,15000*
Tortillero-Precoz	4,6500a ± 0,15000*
INTA-RCV	4,5500a ± 0,15000*

*Valores de desviación estándar, valores obtenidos por duplicado para Contenido de Azúcares Reductores (CHO). Valores expresados en miligramos de maltosa/10 grs de harina. Letras iguales significa que no existen diferencias significativas entre las variedades.

En el análisis de varianza para el contenido de Azúcares Reductores se obtuvo un valor de **F** igual a **0,0425** que al ser comparado con el valor de **α=0.05**, es menor por lo que se acepta la **H₁** lo que significa que el contenido de Azúcares Reductores es diferente al menos para una de las variedades para Pinolero1, Tortillero-Precoz e INTA-RCV. Reflejado en el cuadro 14.

Cuadro 14 Análisis de Varianza para Azúcares Reductores.

Fuente	DF	Suma de cuadrado	Media de cuadrado	Relación F	Prob > F
Variedad	2	0,9733333	0,486667	10,8148	0,0425
Error	3	0,135000	0,045000		
C. Total	5	1,1083333			



La comparación de los valores medios del contenido de Azúcares Reductores con la prueba Tukey muestra que hay valores positivos lo que hace significativamente diferente las variedades, por lo tanto el contenido de Azúcares Reductores es diferente entre Pinolero-1 y Tortillero-Precoz, sin embargo no hay diferencia entre Pinolero-1 e INTA-RCV y Tortillero-Precoz e INTA-RCV. Esto se puede observar en el cuadro 15.

Cuadro 15 Comparación del Contenido de Azúcares Reductores de harinas de sorgo para todos los pares utilizando Tukey-Kramer HSD

Abs(Dif)-LSD	Tortillero-Precoz	INTARCV	Pinolero1
Tortillero-Precoz	-0,88644	-0,78644	*0,01356
INTA-RCV	-0,78644	-0,88644	-0,08644
Pinolero1	*0,01356	-0,08644	-0,88644

*Los valores positivos muestran pares de medias que son significativamente diferentes.



VI. Conclusión.

- Al evaluar estadísticamente las Propiedades Funcionales de las harinas de las variedades de sorgo de grano entero Pinolero-1, Tortillero-Precoz, e INTA-RCV las cuales son Capacidad de Absorción de Agua, Capacidad Emulsificante y Capacidad de Absorción de Grasa; son muestras independientes en las que no se presentan diferencias significativas al ser evaluadas con un valor de $\alpha=0,05$. Sin embargo la Capacidad Espumante no fue detectada.
- El contenido de Gluten en las harinas de las variedades de sorgo de grano entero Pinolero-1, Tortillero-Precoz, e INTA-RCV no logró ser detectado.
- El contenido de Azúcares Reductores es diferente para las variedades Pinolero-1 y Tortillero-Precoz sin embargo, no hay diferencia entre Pinolero-1 e INTA- RCV y entre Tortillero-Precoz e INTA-RCV.
- El programa estadístico JMP-4 para el análisis y comparación de los datos obtenidos de las Propiedades Funcionales mediante las pruebas de T de Student, Análisis de Varianza y prueba de Tukey, fueron la base para definir estadísticamente que éstas variedades no difieren significativamente entre sí en cuanto a sus medias y varianzas.



VII. Recomendaciones.

Utilizar éste tipo de harinas para hacer las sustituciones parciales en la industria panificadora y así reducir los costos de las importaciones de trigo.

Promover el desarrollo de estudios que sirvan para impulsar el uso y producción del sorgo.



VIII. Bibliografía.

AOAC..Official Methods of analysis, 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington D, C. USA (1990) p. 879.

Baduí S. Química De Los Alimentos. 3ed. 5a reimpression. Editorial Alambra Mexicana. México (1999) 648pp.

Best, Joel. Damned Lies and Statistics: Untangling Numbers from the Media, Politicians, and Activists. University of California Press. 2001.

Beuchat, L. Fuctional and electrophoretic chanacteritics of seccynalated peanut flour proteins.J. Agric.Food Chem (1977).25:258-263.

FAO. El sorgo y el mijo en la nutrición humana (Colección FAO: Alimentación y nutrición N°27)

Hermanson SIK, *Methods of Studyng Functional Characteristics of Vegetable Proteins*, J. AM CHEMISTS'SOC, (1979). 56:272

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. Pacífico Norte. Informe Técnico Anual. Proyecto Investigación y Desarrollo. CEO, Posoltega. Nicaragua. 2006.

Kinsella Jho E., *Functional Properties of Soy Proteins*, J. Am Oil Chemists'soc., (1979). 56:24,3-250.

Lester Brown, Le plan B, pour un pacte écologique, chapitre 9.

Martínez B.F., Pau C. L. Extrusión de Sorgo Integral y Decorticado Agronomía Mesoamericana 1992, 3: 40-44.

Ministerio Agropecuario y Forestal. Informe Técnico Anual. Managua, Nicaragua. 2005.

NORMA DEL CODEX PARA LA HARINA DE SORGO. CODEX STAN 173-1989.

Paredes López O., Ordorica Falornir, *Chickpea protein isolates: physocochemical finctional and nutritional caracterización*, J. FoodScience, (1991). 56:726-729.

Phillips, L.G. German, J.B; O Neill, T.E; Foeceding, E.A, Harwakar,V.R;kilara,A;lewi, B.A; Mangino, M.E; Morr, C.V; Procedure For Measuring Foaming Properties of three Proteins, A. Collaborative Study.J. Food Aci.55 (5):1441-1453.

Ring, S.H., Akingbala, J.O. & Rooney, L.W. Variation in amylose content among sorghums. In L.W. Rooney & D.S. Murty, eds. Proceedings of the International



Symposium on Sorghum Grain Quality Hyderabad, Inde, 28-3 October 1981, p. 269-279. Patancheru, Inde, ICRISAT.

Rooney, L.W. Sorghum and pearl millet lipids. *Cereal Chem.* 1978. 55: 584-590.

Rooney, L.W. Wet milling nixtamalization and micronization of sorghum. In M.I. Gomez. L.R. House, L.W. Rooney & D.A.V. Dendy, eds. *Utilization of sorghum and millets* 1992. p. 19-21. Patancheru, Inde, ICRISAT.

Rooney, L.W., Kirleis, A.W. & Murty, D.S. Traditional foods from sorghum: their production, evaluation and nutritional value. *Adv. Cereal Sci. Technol.* 1986. 8: 317-353.

Swamylingappa, B. and Srinivas, H. Preparation and properties of protein isolate from hexane-acetic acid treated commercial soybean meal. *J. Agric. Food Chem.* 1999. 42:2907-2911.

Vani, B. and Zavas, J.F. Foaming properties of selected plant and; animal proteins. *J. Food Sci.* 60 (5):1025-1028. 1995.

Veraverbeke, W. S., and Delcour, J. A. Wheat protein composition and properties of wheat glutenin in relation to breadmaking functionality. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2002, 42: 179 – 208.

Xu, L. and Dio sady, L.L. Functional properties of Chinese rapeseed protein isolates. *J. Food Sci.* 1994, 59(5):1127-1130.

Yasumatsu, K, K. Sawada, S. Moritaka, M. Misaki, J. Toda, T. Wada, and K. Ishii. Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agr. Biol. Chem.* 1972. 36:719.



IX. Anexos

Anexo 1

NORMA DEL CODEX PARA LA HARINA DE SORGO CODEX STAN 173-1989

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

- 1.1 La presente Norma se aplica a la harina de sorgo destinada al consumo humano directo, según se define en la sección 2.1 más adelante.
- 1.2 Esta Norma no se aplica a la sémola o a la harina sin cerner obtenidas del *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

2. DESCRIPCIÓN

La harina de sorgo es el producto que se obtiene de granos de *Sorghum bicolor* (L.) Moench mediante un proceso de molienda industrial en el curso del cual se elimina el tegumento y gran parte del germen y se tritura el endospermo hasta alcanzar un grado de finura apropiado.

3. COMPOSICIÓN ESENCIAL Y FACTORES DE CALIDAD

3.1 Factores de calidad – generales

- 3.1.1 La harina de sorgo deberá ser inocua y apropiada para el consumo humano.
- 3.1.2 La harina de sorgo deberá estar exenta de sabores y olores extraños y de insectos vivos.
- 3.1.3 La harina de sorgo deberá estar exenta de suciedad (impurezas de origen animal, incluidos insectos muertos) en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

3.2 Factores de calidad – específicos

- 3.2.1 **Contenido de humedad** 15,0 % m/m máximo
Para determinados destinos, por razones de clima, duración del transporte y almacenamiento, deberían requerirse límites de humedad más bajos. Se pide a los gobiernos que acepten esta Norma que indiquen y justifiquen los requisitos vigentes en su país.
- 3.2.2 **Contenido de tanino.** El contenido de tanino de la harina de sorgo no deberá exceder del 0,3 % respecto a la materia seca.

4. CONTAMINANTES

4.1 Metales pesados

La harina de sorgo deberá estar exenta de metales pesados en cantidades que puedan representar un peligro para la salud humana.

4.2 Residuos de plaguicidas

La harina de sorgo deberá ajustarse a los límites máximos para residuos establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

4.3 Micotoxinas

La harina de sorgo deberá ajustarse a los límites máximos para Micotoxinas establecidos por la Comisión del Codex Alimentarius para este producto.

5. HIGIENE

- 5.1 Se recomienda que el producto regulado por las disposiciones de esta Norma se prepare y manipule de conformidad con las secciones apropiadas del *Código Internacional de Prácticas Recomendado – Principios Generales de Higiene de los Alimentos* (CAC/RCP 1-1969), y otros códigos de prácticas recomendados por la Comisión del Codex Alimentarius que sean pertinentes para este producto.



5.2 En la medida de lo posible, con arreglo a las buenas prácticas de fabricación, el producto estará exento de materias objetables.

5.3 Cuando se analice mediante métodos apropiados de muestreo y análisis, el producto:

- deberá estar exento de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud;
- deberá estar exento de parásitos que puedan representar un peligro para la salud; y
- no deberá contener ninguna sustancia procedente de microorganismos en cantidades que puedan representar un peligro para la salud.

6. ENVASADO

6.1 La harina de sorgo deberá envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas y organolépticas del producto.

6.2 Los recipientes, incluido el material de envasado, deberán estar fabricados con sustancias que sean inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan. No deberán transmitir al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables.

6.3 Cuando el producto se envase en sacos, éstos deberán estar limpios, ser resistentes, y estar bien cosidos o sellados.

7. ETIQUETADO

Además de los requisitos de la *Norma General del Codex para el Etiquetado de Alimentos Preenvasados* (CODEX STAN 1-1985) deberán aplicarse las siguientes disposiciones específicas:

7.1 Nombre del producto

7.1.1 El nombre del producto que deberá aparecer en la etiqueta será “harina de sorgo”.

7.2 Etiquetado de envases no destinados a la venta al por menor

La información relativa a los envases no destinados a la venta al por menor deberá figurar en el envase o en los documentos que lo acompañen, salvo que el nombre del producto, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador deberán aparecer en el envase. No obstante, la identificación del lote y el nombre y la dirección del fabricante o envasador podrán ser sustituidos por una marca de identificación, siempre que tal marca sea claramente identificable con los documentos que acompañen al envase.

8. MÉTODOS DE ANÁLISIS Y MUESTREO

Véase textos relevantes del Codex sobre métodos de análisis y muestreo.



APÉNDICE

En los casos en que figure más de un límite de factor y/o método de análisis se recomienda encarecidamente a los usuarios que especifiquen el límite y método de análisis apropiados.

Factor/Descripción	Limite	Método de análisis
CENIZA	Mín.: 0,9 % referido al producto seco - y –Máx.: 1,5 % referido al producto seco	AOAC 923.03 ICC 104/1 - Método de determinación de la ceniza en cereales y productos a base de cereales (Incineración a 900°C) (Método del Tipo I)- o –ISO 2171:1980 - Cereales, legumbres y productos derivados - Determinación de la ceniza
PROTEÍNA (N x 6,25)	Mín.: 8,5 % referido al producto seco	ICC 105/1 (1986) - Método de determinación de la proteína bruta en cereales y productos de cereales para alimentos de consumo humano y para piensos, utilizando catalizador de selenio/cobre (Método del Tipo II) - o –ISO 1871:1975
GRASA NO REFINADA	Mín.: 2,2 % referido al producto seco - y –Máx.: 4,7 % referido al producto seco	AOAC 945.38F; 920.39C - o –ISO 5986:1983 - Forrajes - Determinación del extracto de éter dietílico
FIBRA BRUTA	Máx.: 1,8 % referido al producto seco	ICC 113:1972 - Determinación del índice de fibra bruta (Método del Tipo I) - o –ISO 6541:1981 - Productos alimenticios agrícolas - Determinación del contenido de fibra bruta - Método de Scharrer modificado
COLOR	LÍMITES: de 18 a 30 unidades	Método colorimétrico de Kent Jones utilizando el graduador de colores Martin. En "Modern Cereal Chemistry", 6ª Ed. 1967, editado por Kent Jones-Amos, publicado por Food Trade Press Ltd., Londres, Reino Unido. (Método del Tipo I)
TAMAÑO DE LA PARTÍCULA (GRANULOSIDAD)	Mín.: El 100 % de la harina deberá pasar a través de un tamiz en el cual la dimensión de los orificios de la malla sea de 0,5 mm de diámetro para la harina "fina" y de 1 mm para la harina "media"	AOAC 965.22 (Método del Tipo I con especificaciones del tamiz como en ISO 3310/1 - 1982 Tamices de ensayo