

**COMPARACIÓN DEL EFECTO DE LAS CONDICIONES
AGROECOLÓGICAS DE LAS ZONAS DEL SINÚ MEDIO Y SABANA SOBRE
LA PERA DE AGUA (*Syzygium malaccenses*) EN CUANTO A SU CONTENIDO
BROMATOLÓGICO, PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y TÉRMICAS.**



**DURANGO DUEÑAS MARIA CAROLINA
VILLARREAL AGÁMEZ CARLOS ARTURO**

**UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS
BERASTEGUI-CÓRDOBA**

2016.

**COMPARACIÓN DE LAS CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DE LAS
ZONAS DEL SINÚ MEDIO Y SABANA SOBRE LA PERA DE AGUA (*Syzgium
malaccenses*) EN CUANTO A SU CONTENIDO BROMATOLÓGICO,
PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y TÉRMICAS.**

**Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al Título de INGENIERO
DE ALIMENTOS**

DURANGO DUEÑAS MARIA CAROLINA

VILLARREAL AGÁMEZ CARLOS ARTURO

DIRECTOR

ARMANDO ALVIS BERMÚDEZ Ing. Ph.D.

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS

BERASTEGUI-CÓRDOBA

2016.

**La responsabilidad ética, legal y científica de las ideas, conceptos y resultados del
proyecto, serán responsabilidad de los autores.**

Artículo 61, acuerdo N° 093 del 26 de noviembre de 2002 del consejo superior.

Nota de aceptación

Firma del jurado

JIMMY TORRES

Firma del jurado

RICARDO ANDRADE

DEDICATORIA

A Dios gracias por la oportunidad de estudiar y crecer como persona.

A mis padres por su apoyo incondicional en todos los momentos y situaciones vividas a lo largo de mi carrera, por darme fuerza y siempre mantener viva mi esperanza.

A mis abuelos que desde el cielo miran y velan por mí, gracias por ser parte de mi crecimiento como persona.

A todas las personas cercanas y a mis amigos que siempre estuvieron acompañándome y dándome ánimos para seguir adelante y también sufrieron y crecieron conmigo a lo largo de este camino.

Maria Carolina

Gracias DIOS por todas las personas que al trascurrir mi vida académica me brindaron no solo su compañía también su ayuda incondicional y sus grandes consejos, a mis padres que siempre creyeron en mí y me dan aliento para no desfallecer, a esos grandes amigos de la universidad que a pesar de todo siempre permanecemos juntos y al final se convirtieron en hermanos.

Carlos Arturo

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA, por habernos brindado una excelente calidad académica.

ARMANDO ALVIS BERMÚDEZ, nuestro director por brindarnos su amistad y ser un guía y una gran ayuda en todo este trabajo.

LIDIS LENGUA por su ayuda como secretaria del comité de acreditación y trabajos de grados.

JIMMY TORRES Y RICARDO ANDRADE, jurados en el trabajo de investigación.

Al Laboratorio de investigación “GIPAVE” sede Berástegui, Universidad de Córdoba. A los auxiliares de laboratorio, de la Universidad de Córdoba sede Berástegui.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron para la realización del presente trabajo de investigación.

Tabla de Contenido

RESUMEN	11
ABSTRACT	13
1. INTRODUCCIÓN	14
2. REVISIÓN DE LITERATURA	16
2.1 PERA DE AGUA (<i>Syzygium malaccenses</i>)	16
2.1.1 Referencia histórica	16
2.1.2 GENERALIDADES	16
2.1.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	17
2.1.4 Composición fisicoquímica de la pera de agua	17
2.1.5 Usos y características organolépticas	18
2.2 CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DE LAS ZONAS DEL SINÚ MEDIO Y LA SABANA DE CÓRDOBA	19
2.3 PROPIEDADES TERMOFÍSICAS	20
2.4 COLOR	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1 TIPO DE ESTUDIO	25
3.2 UNIVERSO DE ESTUDIO	25
3.3 LOCALIZACIÓN	25
3.4 VARIABLES E INDICADORES	26
3.4.1. Variables independientes	26
3.4.2 Variables dependientes	26
3.5 PROCEDIMIENTO	26
3.5.1 Recolección	26
3.5.2 Lavado de la fruta	27
3.5.3 Extracción de la pulpa	27
3.5.4 Extracción del jugo	27
3.6 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS	28
3.7 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS	29
3.7.1 Tamaño (largo), peso y diámetro al fruto entero	29
3.7.2 Características Fisicoquímicas a la pulpa	29
3.8. Determinación del rendimiento de la pulpa	29
3.9 COLOR DEL FRUTO ENTERO DE LA PERA DE AGUA (<i>Syzygium malaccenses</i>)	30

3.10 CARACTERÍSTICAS TERMOFÍSICAS	30
3.11 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1 CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS DE LA PERA DE AGUA (<i>Syzygium malaccenses</i>).....	31
4.1.1 Análisis de Humedad	32
4.1.2 Análisis de Proteínas.....	32
4.1.3 Análisis de Grasa.....	33
4.1.4 Análisis de Fibra	33
4.1.5 Análisis de Cenizas.....	33
4.1.6 Análisis de Azúcares Reductores	34
4.1.7 Análisis de resultados de los carbohidratos Totales.....	34
4.1.8 Análisis de Energía.....	34
4.2 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA PERA DE AGUA	34
(<i>Syzygium malaccenses</i>)	34
4.2.1 Características físicas	34
4.2.2 Características Fisicoquímicas y rendimiento de la pulpa de la pera de agua	35
4.3 CARACTERIZACIÓN TERMOFÍSICA DE LA PERA DE AGUA (<i>Syzygium malaccenses</i>).....	37
4.4 CARACTERIZACIÓN DEL COLOR AL FRUTO ENTERO DE LA PERA DE AGUA (<i>Syzygium malaccenses</i>).....	39
5. CONCLUSIONES.....	42
6. RECOMENDACIONES.....	45
7. BIBLIOGRAFÍA.....	46

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Modelos usados por Choi y okkos (1985).....	20
Tabla 2. Interpretación y escala de los parámetros de color.....	21
Tabla 3. Métodos y normas a utilizar en la caracterización bromatológica de la pera de agua.....	28
Tabla 4. Métodos y normas utilizados en la caracterización química de la pera de agua (<i>Syzygium malaccenses</i>).....	29
Tabla 5. Parámetros bromatológicos de la pera de agua en cada zona de estudio (Sinú medio y Sabana).....	31
Tabla 6. Parámetros físicos del fruto entero de la pera de agua.....	34
Tabla 7. Parámetros químicos realizados en la pulpa de la pera de agua.....	35
Tabla 8. Parámetros Termofísicos de la Pulpa de la pera de agua (<i>Syzygium malaccenses</i>) en dos zonas (Sinú medio y Sabana) calculados con Choi Y Okos (1985).....	38
Tabla 9. Parámetros Termofísicos de la Pulpa de la pera de agua (<i>Syzygium malaccenses</i>) en dos zonas (Sinú medio y Sabana) calculados con DEPROTER (Alvis et al., 2012).....	39
Tabla 10. Parámetros colorimétricos en el fruto entero de la pera de agua (<i>Syzygium malaccenses</i>).....	40

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Pera de agua (<i>Syzygium malaccenses</i>).Fruta madura corte por la mitad para mostrar la semilla carnososa interior.....	17
Figura 2. Color observable del fruto entero de la pera de agua (<i>Syzygium malaccenses</i>), en las zonas en estudio (Sinú medio y Sabana).....	42

RESUMEN

La comparación del efecto de las condiciones agroecológicas de las zonas del Sinú medio y Sabana del departamento de Córdoba en la pera de agua (*Syzygium malaccenses*) a la que se le determinó su contenido bromatológico (Humedad, proteínas, grasa, fibra cenizas, azúcares reductores, carbohidratos totales y energía), propiedades fisicoquímicas (Diámetro, tamaño, peso, rendimiento, acidez, sólidos solubles totales, pH e índice de madurez) y térmicas utilizando el software DEPROTER, (Calor específico (C_p), conductividad térmica (k) y difusividad térmica (α)), se determinó los parámetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* , C^* y h^*) en el fruto entero. De los resultados obtenidos se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las dos zonas de estudio para los siguientes parámetros: para Sinú Medio el contenido de grasa (0,16%), contenido de proteínas (1,04%); para la Sabana el contenido de grasa (0,14%), contenido de proteína (1,05%). Se presentaron diferencias estadísticamente significativas en la zona del Sinú medio en variables como el contenido de humedad de 83,37%, CHOS totales (13,32%), cenizas (0,83%), fibra (1,25%), azúcares reductores (0,07%), acidez (1,8%) , °Brix (5,5%), PH (3,7) , rendimiento (7,23%) , tamaño (52,6 mm) , diámetro (8,1 mm) y un peso de 39,8 g; para la Sabana el contenido de humedad (83,28%), CHOS totales (13,48%), cenizas (0,56%), fibra (1,46%), azúcares reductores (0,14%), acidez (2,1%) , °Brix (6,3%), PH (3,53) , rendimiento (9,1%) , tamaño (47,7 mm) , diámetro (7,8 mm) y un peso de 37,3 g; el índice de madurez que fue del 3% en las dos zonas. Los valores de las propiedades termofísicas no presentaron diferencias estadísticamente significativas en las zonas Sinú medio y Sabana obteniendo valores como: difusividad térmica $5,14 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ en el sinu medio y $5,13 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ en la Sabana, conductividad térmica ($1,406 \text{ W m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ y $1,405 \text{ m}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) sinu medio y sabana respectivamente, y calor específico fueron de $1,28 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ para el Sinú medio y $1,285 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ para la Sabana . En cuanto a los factores colorimétricos (L^* , a^* , b^* , C^* y h^*) se compararon

los resultados de las zonas en estudio, sin presentar diferencias estadísticamente significativas para cada parámetro de estas.

Palabras clave: Bromatológico, Agroecológico, pera de agua (*Syzygium malaccenses*).

ABSTRACT

The comparison of the effect of agro-ecological conditions of the areas of the “Sinú medio” and “Sabana” of Cordoba department in the dessert pears (*Syzygium malaccenses*) to which it determines the bromatológico content (moisture, protein, fat, ash, fiber, reducing sugars total and energy) carbohydrates, physicochemical properties (diameter, size, weight, performance, acidity, total soluble solids, pH and maturity index) and thermal using the DEPROTER software, (specific heat (C_p), thermal conductivity (k) and thermal diffusivity (α)), the colorimetric parameters (L^* , a^* , b^* , C^* and h^*) was determined in the whole fruit. From the results it was determined that there are no statistically significant differences between the two study areas for the following parameters: for Sinú medio fat content (0.16%), protein content (1.04%); Sabana for fat content (0.14%), protein content (1.05%). Statistically significant differences occurred in the Sinú medio on variables such as moisture content of 83.37%, total CHOS (13.32%), ash (0.83%), fiber (1.25%), sugars reducers (0.07%), acid (1.8%), ° Brix (5.5%), pH (3.7), yield (7.23%), size (52.6 mm) diameter (8.1 mm) and a weight of 39.8 g; Sabana for moisture content (83.28%), total CHOS (13.48%), ash (0.56%), fiber (1.46%), reducers (0.14%) sugars, acidity (2.1%), ° Brix (6.3%), PH (3.53), yield (9.1%), size (47.7 mm) diameter (7.8 mm) and a weight of 37 , 3 g; maturity index was 3% in both zones. The values of thermophysical properties no statistically significant differences in the medium and obtaining values Sinu medio and Sabana areas such as: thermal diffusivity $5,14 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ in the middle sinu and $5,13 \times 10^{-7} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ in the Sabana , thermal conductivity ($1.406 \text{ W m}^{-1} \text{ }^\circ \text{C}^{-1}$ and $1,405 \text{ m}^{-1} \text{ }^\circ \text{C}^{-1}$) Sinu medio and Sabana respectively, and specific heat were $1.28 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ \text{C}^{-1}$ for the Sinú medio and $1,285 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ \text{C}^{-1}$ for Sabana. Regarding factors colorimetric (L^* , a^* , b^* , C^* and h^*) the results of the areas under study were compared, no statistically significant present for each parameter of these differences.

Keywords: Bromatological, Agroecológico, pear water (*Syzygium malaccenses*).

1. INTRODUCCIÓN

La pera de agua (*Syzygium malaccenses*) es originaria de Asia tropical, de la región Indo Malaya, Indochina o Java. Se cultiva en la América tropical por el valor ornamental de sus llamativas flores rojas o moradas, por sus frutos comestibles y su árbol de sombra. Este fruto es muy apreciado por su sabor y aroma, se consume fresco en casi toda la zona de Córdoba y las sabanas del departamento de Sucre. En su posible aprovechamiento esta la obtención de un néctar, o también un licuado con leche que presenta un color y aroma estable y agradable al paladar (Arrazola 2004).

Esta fruta pertenece al género *Syzygium*, este cuenta con unas 500 especies de plantas fanerógamas perteneciente a la familia Myrtaceae. Se desarrollan en regiones tropicales y subtropicales del Viejo Mundo, así como de algunos países de Centroamérica y Sudamérica como Costa Rica, Panamá, Venezuela, El Salvador y Colombia y caribeños como Trinidad y Tobago, Puerto Rico y República Dominicana. *Syzygium* es uno de los géneros más diversos entre las mirtáceas. En Colombia está representado por cinco especies introducidas, las cuales se cultivan como árboles ornamentales o frutales ('pomarrosos') (Parra 2014).

En Colombia este fruto ha sido introducido en Antioquia, Cundinamarca, Valle del Cauca, Sucre y Córdoba. La pulpa es utilizada para preparar un guisado de jamón con azúcar negra y jengibre. El árbol es maderable y también una importante fuente de alimento para la fauna local. Se utiliza

para tratar infecciones de la boca y la garganta, como desparasitante, contra la diabetes, el catarro y el dolor (Morales et al. 2008).

En la región Caribe a pesar de que no existe información técnico-científica clara de la producción de esta fruta, se sabe que, en lo que corresponde al departamento de Córdoba, la pera de agua se puede encontrar de forma silvestre en municipios como Cereté, Ciénaga de Oro, Sahagún, Lórica y otros corregimientos aledaños a estos municipios lo que indica que las condiciones agroecológicas en esta región son adecuadas para el crecimiento y cultivo de este fruto, caracterizando las propiedades físicas, química, bromatológicas y termofísicas de este.

El presente trabajo tuvo como objetivo comparar el efecto de las condiciones agroecológicas de las zonas del Sinú medio y la Sabana de Córdoba en las propiedades bromatológicas, fisicoquímicas y termofísicas de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*) cultivado de forma convencional en patios y fincas. Se obtuvo una información útil para los productores y consumidores del fruto además de dar a conocer sus características. Estos datos serán de gran importancia en posteriores investigaciones concernientes a este fruto y serán necesarios al momento de diseñar procesos y nuevos productos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 PERA DE AGUA (*Syzygium malaccenses*)

2.1.1 Referencia histórica

Es un fruto nativo de Malasia, así como de algunos países de Centroamérica y Sudamérica como Costa Rica, Panamá, Venezuela, El Salvador y Colombia y otros países caribeños como Trinidad y Tobago, Puerto Rico y República Dominicana, (Díaz 2004). *Syzygium* es uno de los géneros más diversos entre las mirtáceas. En Colombia se encuentran otros géneros como *leptospermum*, *myrtus*, *corymbia* y *eucaliptus* (Parra 2014). La pera de agua comúnmente se conoce como manzana de agua, manzana malaya, pomarroza, pomagás, pomagá, marañon japonés, pomalaca o marañon curazao (Díaz 2004).

2.1.2 GENERALIDADES

El árbol de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*) es de tamaño mediano y se ha cultivado durante mucho tiempo en los trópicos. Su área de distribución natural se cree que esta en algún lugar entre Melanesia y el sudeste de Asia, hoy en día es muy común en huertos y plantaciones aunque rara vez en los bosques, se valora por sus grandes frutos comestibles que se consumen frescos y ampliamente utilizado en la medicina tradicional, comúnmente conocida como manzana de agua, manzana malaya, es una especie de árbol perteneciente a la familia de las

mirtáceas. El aroma del fruto es muy similar al de una rosa, es de textura acuosa y sabor ligeramente dulce (Vinces 2014).

2.1.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Vinces (2014) muestra la clasificación taxonómica de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*) en el reino vegetal de la siguiente manera:

Reino: Plantae

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Género: *Syzygium*

Especie: *Syzygium malaccenses*.

2.1.4 Composición fisicoquímica de la pera de agua

Actualmente la información científica sobre esta fruta es muy poca, por lo que sus propiedades físicas son poco referenciadas mientras que las químicas se han enfocado solamente en su composición y en sus propiedades medicinales (Vinces 2014).

En cuanto a sus características físicas tiene un tamaño no mayor a los 12 centímetros de largo, se encuentra en varias formas como redondo, elipsoidal o periforme, su color una vez maduro es rojo con áreas irregulares blanquecinas, en su interior aloja una sola semilla de 2 centímetros de diámetro y de color café (Díaz 2004).

2.1.5 Usos y características organolépticas

A pesar de ser una fruta que puede ser aprovechada de muchas maneras, la mayoría de las personas en nuestra región desconoce los beneficios que esta les puede brindar y las distintas maneras de cómo se puede usar. El néctar extraído de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*) es un producto pulposo sin fermentar, pero susceptible de fermentación (Vinces 2014).

La fruta madura por lo general se come cruda, aunque muchas la consideran insípida o desagradable al paladar. La mejor forma de mostrar su potencial gastronómico es guisarlas con clavos de olor u otro saborizante y servir las con crema como postre. En Asia por lo general la fruta se pela y se cocina la piel por separado para hacer un jarabe que luego añaden a la preparación ya terminada. Los malayos suelen añadir pétalos de la flor roja para hacer el producto más colorido. La pera de agua (*Syzygium malaccenses*) se puede cocinar con frutas ácidas y da un beneficio para ambas, también se ha preparado en salsa o conservas. Los frutos ligeramente verdes se utilizan para hacer mermelada y encurtidos (Vinces 2014). En la figura 1 se observa la pera de agua en un corte por la mitad.



Figura 1. Pera de agua (*Syzygium Malaccenses*).Fruta madura corte por la mitad para mostrar la semilla carnosa interior. **Fuente: Whistler et al (2006).**

2.2 CONDICIONES AGROECOLÓGICAS DE LAS ZONAS DEL SINÚ MEDIO Y LA SABANA DE CÓRDOBA.

Conocer las condiciones agroecológicas de las zonas en estudio es muy importante para saber que tanto estas afectan en los resultados obtenidos en las propiedades bromatológicas, fisicoquímicas y térmicas de la pera de agua. Las condiciones fueron tomadas basándonos en las zonas de vida según Holdridge. Se tomaron dos municipios representativos, para la zona del Sinú medio el municipio de Cereté y para la zona de la Sabana el municipio de Sahagún, basándose en información dada por el centro de investigación Turipaná, perteneciente a la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA), la cual muestra que las condiciones agroecológicas de estos dos municipios son las más aptas para el crecimiento de la pera de agua (Centro de Investigaciones Turipaná 2015).

El Municipio de Cereté se ubica en cuenca hidrográfica del Río Sinú, en la zona denominada Medio Sinú, en piso térmico cálido con uno o dos períodos marcados de sequía y lluvias (diciembre – abril) y (mayo – diciembre) respectivamente. Se encuentra en la zona perteneciente a un bosque seco tropical, según la Clasificación de zonas de vida de L.R. Holdridge, la cual comprende las zonas de abanico aluvial y colinas con alturas menores de 500 msnm, la temperatura promedio es de 28-29°C, la precipitación varía de 1400 – 1600 mm/año y la humedad relativa es del 80.1% (Ministerio de minas 2015).

En el municipio de Sahagún, la posición latitudinal y la ausencia de elevaciones orográficas significativas colocan a la totalidad del área en estudio dentro de lo que comúnmente se ha denominado tierras cálidas, sus terrenos son planos, conformando la región conocida como las sabanas de Córdoba. Durante el año solo ocurren dos periodos, uno con una mayor cantidad de lluvias que va desde el mes de abril hasta finales del mes de noviembre, el otro periodo con menos precipitaciones ocurre a partir del mes de diciembre hasta el mes de abril del año siguiente.

Según la clasificación de zonas de vida de L.R. Holdridge toda el área corresponde a un bosque seco tropical (bs-T) con temperaturas que oscilan entre 26 y 28° C y precipitaciones entre 1.000 y 1.500 mm anuales. La humedad relativa es del 80% manteniéndose así la mayoría de los meses del año (Alcaldía de Sahagún 2012).

2.3 PROPIEDADES TERMOFÍSICAS

Las propiedades térmicas de los alimentos vegetales y frutas son de gran importancia ya que estas intervienen directamente en el análisis de los procesos de transferencia de calor y el diseño de equipos relacionados con esta línea para calcular la rapidez de calentamiento o enfriamiento de los procesos o para determinar la cantidad de calor requeridas: escaldado, pasteurización, evaporación, fritura, refrigeración, congelación, esterilización, secado entre otra, en los cuales hay intercambio de energía y masa (Alvis et al. 2009).

Las propiedades termofísicas, como conductividad térmica, la difusividad térmica, el calor específico, se pueden determinar de acuerdo a la composición bromatológica de la pera de agua, empleando los modelos mostrados en la Tabla 1. El modelo matemático más utilizado para conocer las propiedades termofísicas es el desarrollado por Choi y Okos (1985) basado en la temperatura, en un rango de - 40°C a 150°C, y la composición que tiene el alimento de humedad, proteína, grasa, fibra, carbohidratos y cenizas.

Tabla 1. Modelos usados por Choi y Okkos (1985)

Propiedades	Ecuación
Calor Específico (C_p)	$C_p = \sum (C_{p_i} X_i)$
Conductividad Térmica (K)	$K = \sum (K_i X_i)$
Difusividad Térmica (α)	$\alpha = \frac{k}{\rho * C_p}$

Fuente: Alvis et al. (2012)

DEPROTER (Determinación de Propiedades Termofísicas) es un software elaborado para la estimación del calor específico, difusividad y conductividad térmica y densidad en diversas operaciones a fin de que los procesos puedan ser optimizados y automatizados a partir de un punto de vista de ingeniería conforme al modelo propuesto (Alvis et al. 2011).

Las herramientas de construcción de software utilizadas fueron, el programa de computadoras se escribió en el lenguaje de programación orientado a objetos llamado Java, utilizando el entorno de desarrollo denominado NetBean (en su versión 6) y la interfaz de usuario se implementó con la interfaz de programación conocida con el nombre de Swing. Como metodología de desarrollo de software se utilizó el modelo en cascada, Después del modelado de la aplicación, se codificó el programa de computadoras de acuerdo a las ecuaciones matemáticas previamente expuestas en la tabla 1, las cuales corresponden con los métodos de la clase denominada Computos Propiedades Térmicas, de tal manera, que el funcionamiento de la aplicación se simplifica a una interfaz de usuario gráfica, implementada en la clase Propiedades Termicas GUI, la cual invoca los métodos de la clase Computos Propiedades Térmicas. En resumen, la aplicación pasa a través de varios estados, iniciando con la captura de datos, siguiendo con su procesamiento y concluye con la muestra de los datos resultantes (Alvis et al. 2011).

2.4 COLOR

La colorimetría es un método físico no destructivo muy utilizado para determinar el color de una muestra. Para medir el color se utiliza un instrumento calibrado denominado colorímetro o un espectrofotómetro que también permite obtener la curva espectral. La función del colorímetro, en el caso de un producto vegetal, es describir de una manera cuantitativa la coloración de la epidermis del fruto. No existe una investigación del color sobre la pera de agua ya que solo se ha estudiado de manera cualitativa teniendo en cuenta los estados de madurez del fruto durante su crecimiento.

El colorímetro, maneja cuatro escalas de color (XYZ, YXY, Hunter LAB, CIELAB L*a*b*) y cinco tipos de iluminación (incandescente, luz de día promedio, luz de día y blanco frío fluorescente). La escala de color recomendada para usos industriales es la CIELAB debido a su fácil interpretación tal y como se muestra en la tabla 2 (Carvajal et al., 2011).

Tabla 2. Interpretación y escala de los parámetros de color.

Parámetro	Interpretación	Escala
L*	Designa brillantez o luminosidad	100= blanco; 0= negro
a*	Indica que tan rojo o verde es el alimento	Positivo= rojo; Negativo= verde
b*	Indica que tan amarillo o azul es el alimento	Positivo= amarillo; Negativo= azul

Sankat; Basanta y Maharaj (2000) realizaron un artículo “Light mediated red colour degradation of the pomegranate (*Syzygium malaccense*) in refrigerated storage”; en el cual se estudió la degradación del color rojo de acuerdo a las condiciones de almacenamiento de la manzana Malaya (*Syzygium malaccense*), la cual es una fruta tropical muy perecedera, esta fruta recolectada se puede mantener durante 4-6 días bajo condiciones ambiente (28°C) después de la cual se deterioran rápidamente con el aumento de la decoloración de la fruta perdiendo su color de piel roja brillante. Como resultado obtuvo que la exposición a la luz aumentó en gran medida la pérdida de color rojo de la piel en comparación con el almacenamiento en la oscuridad cuando la fruta era mantenida a 5°C durante 30 días. Después de 30 días de almacenados bajo condiciones de iluminación, la manzana malaya pasaba a un color rojo claro (Hunter "a" valor de 19,8) con regiones amarillentas o marrón claro dentro de la piel roja presentando la pérdida de color (Hunter "b" valor de 16,8).

Bajo condiciones de almacenamiento en la oscuridad, la degradación del color rojo en la piel era menos amarillenta. Después de 30 días, era de color rojo claro (lectura de absorbancia de 0,166 antocianinas) con trazas de color amarillo y con valores 'a' y 'b' de 26,2 y 13,7 Hunter respectivamente.

La investigación sobre la pomarrosa ha demostrado que a una temperatura de almacenamiento óptima de 5 °C, las reacciones metabólicas se reducen a una medida en que la pérdida de color de la piel se reduce pero no la impiden totalmente. Las antocianinas son pigmentos responsables del color rojo, rosa, púrpura y azul de frutas. Los alimentos que deben su color a la presencia de antocianinas tienen pigmentos que presentan problemas particulares con respecto a la estabilidad del color. Los alimentos que contienen antocianina son susceptibles de deterioro del color rojo o púrpura a un marrón más claro. El calor, el oxígeno, el pH, la luz y las enzimas son algunos de los factores que afectan a su estabilidad.

Fernández y Rodríguez (2013) en su estudio de aplicación de ultrasonido como pre- tratamiento para el secado de las frutas, publicaron como los Pre-tratamientos se utilizan a menudo para reducir el tiempo de secado y en consecuencia bajan los costos de este proceso. En los últimos años, el grupo ha estudiado el uso de ultrasonidos como pre-tratamientos para inducir cambios estructurales en el tejido de la fruta para mejorar la difusividad efectiva del agua durante el secado al aire, y en consecuencia reducir el tiempo de secado al aire. En este estudio se ha evaluado el efecto de los ultrasonidos como pre-tratamiento en varias frutas: plátano, papaya, melón, fresa, zapote, manzanas malayas, carambola y piñas. La influencia de los ultrasonidos sobre la pérdida de agua, aumento de azúcar, difusividad efectiva del agua, tiempo de secado y modificación de la estructura del tejido se evaluó y se analizó. El pre-tratamiento con Ultrasonido consiste en sumergir trozos de fruta en agua o en una solución osmótica y someter la fruta y la solución a ondas ultrasónicas (en frecuencias que van de 18 a 40 kHz) por un período de tiempo (normalmente menos de 60 min). Las ondas ultrasónicas producen un efecto "esponja"

que comprime y libera las células de la fruta que inducen la aparición de canales microscópicos dentro de la estructura del tejido de la fruta. Estos canales microscópicos son responsables del aumento de la difusividad efectiva del agua en el fruto durante los procesos de secado al aire. Este estudio mostró diferencias significativas en los resultados de diferentes frutas; la ecografía mostró tener una mayor influencia en las frutas con alto contenido de agua (piñas, melones, manzanas malayas) y alto contenido de fibras y células fenólicas (sapos). Se observó una baja influencia en las frutas muy porosas (fresas) y en las frutas densas con fuertes uniones celulares (papaya). Estas observaciones son de acuerdo a las modificaciones realizadas en la estructura de tejido de la fruta por medio de foto-micrografía, que muestran diferentes estructuras y canales microscópicos, longitudes y la concentración. En general, el pre-tratamiento fue capaz de reducir el tiempo de secado en un 20% y disminuyó los costos de secado hasta en un 30%.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE ESTUDIO

La presente investigación es de tipo experimental.

3.2 UNIVERSO DE ESTUDIO

La población objeto de estudio estará representada por las plantaciones silvestres de pera de agua (*Syzygium malaccenses*), este material vegetal se recolectó a partir de los frutos obtenidos de una casa finca localizada en la vereda de San Antonio en el municipio de Cerete (8° 9' de longitud norte y los 75° 76' del noreste del meridiano Greenwich) para la zona del Sinú medio, y los obtenidos de una finca en el municipio de Sahagún (9° 1' longitud norte y los 75° 46' sureste del meridiano Greenwich) para la zona de la sabana, en el departamento de Córdoba, con el estado de madurez característico de estas zonas apto para el procesamiento o consumo en fresco.

3.3 LOCALIZACIÓN

La investigación se llevará a cabo en dos laboratorios, el primero es el laboratorio “Procesos y Agroindustria de Vegetales “GIPAVE”, adscrito al Programa de Ingeniería de Alimentos de la Universidad de Córdoba sede Berástegui ubicada en el kilómetro 10 vía Cereté - Ciénaga de Oro del departamento de Córdoba, con una temperatura promedio de 29 °C, 86 % de humedad relativa y 20 m.s.n.m. con precipitación promedio de 1200 mm anuales, enmarcada

geográficamente entre los 8° 31' de longitud norte y 75° 58' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, el segundo es el laboratorio de CORPOICA que es una Corporación mixta, de derecho privado, ubicado en el km 13 vía Montería Cerete del departamento de Córdoba, con una temperatura promedio de 29,7 °C, 83% de humedad relativa y 12 m.s.n.m. con precipitación media de 1.320 mm anuales (Instituto Geográfico Agustín Codazzi).

3.4 VARIABLES E INDICADORES

3.4.1. Variables independientes.

Las variables independientes son la zona del Sinú medio y la zona de la Sabana.

3.4.2 Variables dependientes

- Características Bromatológicas (Humedad, Proteínas, grasa, fibra, cenizas, azúcares reductores, carbohidratos totales y energía).
- Características físicas al fruto entero, tamaño, diámetro, peso, color.
- Características químicas a la pulpa, pH, °Brix, acidez, índice de madurez, rendimiento.
- Propiedades térmicas, calor específico (Cp), conductividad térmica (k) y difusividad térmica (α).

3.5 PROCEDIMIENTO

3.5.1 Recolección

Debido a que no existen cultivos comerciales en ninguna de las dos zonas, ya que la pera de agua es un fruto de patio, no es posible realizar un muestreo probalístico que nos arroje las muestras representativas con severidad. Debido a esto se lleva a cabo un muestreo intencional u opinático en el cual la persona que selecciona la muestra es quien procura que sea representativa,

dependiendo de su intención u opinión (Lagares et al 2001), en este caso basándose en las condiciones agroecológicas, cantidad de frutos encontrados y disponibilidad de los árboles.

En la recolección se escogieron los frutos enteros, semiduros, exteriormente secos, limpios sin manchas, grietas, huellas de ataques de plagas o enfermedades, de dos árboles pertenecientes a las casas fincas escogidas en el Sinú medio y la Sabana, recolectándose 60 peras en total, de las cuales 30 corresponden a la zona del Sinú medio y las restantes a la Sabana; posteriormente se tuvo en cuenta distintos parámetros para asegurar la uniformidad de estas como: no estar magulladas, forma de campana, que estén cubiertos por una capa cerosa y brillante, tamaño uniforme y color rojo.

3.5.2 Lavado de la fruta

Se realizó por inmersión de las frutas correspondientes a cada una de las zonas antes mencionadas en agua potable y usando una solución de hipoclorito de sodio al 5% como agente germicida durante 60 segundos, dejando secar a temperatura ambiente.

3.5.3 Extracción de la pulpa

La extracción de la pulpa se realizó de forma manual dividiendo la fruta por el centro para obtener dos partes, extrayendo la pulpa de cada pera de agua seleccionada y colocándola en un recipiente. Se realizó esto por separado para las frutas pertenecientes a cada zona evitando errores en los resultados a obtener.

3.5.4 Extracción del jugo

Se mezcló la pulpa con un 5% de agua para facilitar la extracción del jugo puesto que la pulpa es algodonosa, esto se realizó con la ayuda de una batidora manual, posteriormente se realiza un filtrado para extraer el jugo de la pulpa.

Luego de obtener la totalidad de la pulpa homogenizada y filtrada se procederá a tomar el 100% de las muestras de todas las evaluaciones (caracterización bromatológica, fisicoquímica, termofísica y colorimétrica) realizando tres repeticiones en dos recipientes (1 para cada zona estudiada) de tal forma que se pueda garantizar la homogeneidad de los resultados.

3.6 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS

En la Tabla 3 se muestran los métodos utilizados en la consecución de los parámetros bromatológicos de la pulpa de pera de agua de las dos zonas que se evaluadas en este estudio.

Tabla 3. Métodos y normas a utilizar en la caracterización bromatológica de la pera de agua.

Parámetros Bromatológicos	Método	Referencia
Humedad	930.15/90	AOAC,2003
Cenizas	942.05/90	AOAC, 2003
Grasa	920.39/90	AOAC, 2003
Fibra	962.09/90	AOAC, 2003
Proteína	955.04/90	AOAC, 2003
Azúcares reductores y totales		Cronin y Smith. 1979
Carbohidratos totales	Por diferencia	
Energía (Kcal)	Factores de conversión de Atwater	

Los carbohidratos totales se obtendrán mediante diferencia de los datos obtenidos en el análisis proximal, tal como se muestra en la ecuación 1.

$$(\%)CHOS = 100 - (\%)Hum. - (\%)Pro. - (\%)Gra. - (\%)Fib. - (\%)Cen. \quad (1)$$

La Energía se calculará utilizando los factores de conversión de Atwater, como se muestra en la ecuación 2.

$$Energia \left(\frac{Kcal}{100g} \right) = (4 * \%pro.) + (9 * \%gra.) + (4 * \%chos) \quad (2)$$

3.7 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

3.7.1 Tamaño (largo), peso y diámetro al fruto entero

Se tomaron 30 frutos de los recolectados de cada zona totalmente al azar, a los cuales se midió tomando como referencia dos medidas, una vertical y horizontal para el tamaño, y el diámetro, utilizando un calibrador de Vernier, de igual manera se registró el peso de cada muestra en (gramos) en una balanza digital.

3.7.2 Características Fisicoquímicas a la pulpa.

En la Tabla 4 se resumen los métodos a usar en la obtención de los parámetros químicos de este estudio.

Tabla 4. Métodos y normas utilizados en la caracterización Fisicoquímica de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*)

Características Fisicoquímicas	Método	Referencia
% Acidez (% Ácido cítrico)	Titulación	942.15/90 A.O.A.C, 2003 adaptado
S.S.T (° Brix)	Refractométrico	A.O.A.C, 2003 y NTC 4086, 1996
pH	Potenciométrico	A.O.A.C 981.12
Índice de Madurez	Cociente entre S.S.T y Acidez	(Galvis, 1992)

3.8. Determinación del rendimiento de la pulpa

En la determinación del rendimiento de la pulpa se sumaron los pesos totales de la estructura de las peras utilizadas, y luego se relacionó el peso de la pulpa sin semilla con el peso total de los frutos enteros, tal como se muestra en la ecuación 3:

$$\text{Rendimiento} = \frac{P_{\text{final}}}{P_{\text{inicial}}} \times 100\% \quad (3)$$

3.9 COLOR DEL FRUTO ENTERO DE LA PERA DE AGUA (*Syzygium malaccenses*)

Los parámetros de color al fruto entero, Luminosidad (L^*), variación entre verde y rojo (a^*), variación entre azul y amarillo (b^*), saturación del color (C^*) y ángulo de tonalidad (h^*) se obtuvieron con un colorímetro Colorflex EZ 45 (HunterLab®). El colorímetro se calibró con un plato de cerámica estándar de color verde y blanco estándar antes de su lectura.

3.10 CARACTERÍSTICAS TERMOFÍSICAS

Las características termofísicas (difusividad y conductividad térmica, el calor específico de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*)) se determinaron conforme al promedio los datos bromatológicos de la pera de agua obtenidos, para ello, se usaron los datos bromatológicos ((% Humedad, (%) Proteínas, (%) Grasa, (%) Fibra y (%) Cenizas), esto se hizo teniendo en cuenta los resultados para cada zona en estudio análogamente, se ingresaron estos datos bromatológicos en el software DEPROTER (Alvis et al., 2012) con el objetivo de comparar ambos resultados.

3.11 DISEÑO EXPERIMENTAL

En esta investigación se hizo un muestreo intencional u opinático subjetivo donde las muestras representativas tomadas de las dos zonas en estudio dependieron de la subjetividad de los autores, realizando un diseño con tres repeticiones donde se establecieron los valores medios, desviaciones típicas y coeficiente de variación, usando una prueba de t-student de comparación de medias, con un nivel de confianza del 95% mediante el software “STATGRAPHICS Centurión V15” para determinar si existen o no diferencias significativas entre la zona del Sinú medio y la Sabana en cuanto a las características bromatológicas, fisicoquímicas, termofísicas y colorimétricas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS DE LA PERA DE AGUA (*Syzygium malaccenses*)

En la tabla 5 se muestran los resultados obtenidos del análisis bromatológico ejecutado en la pulpa de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*) sin semilla, pertenecientes a las zonas en estudio (Sinú medio y Sabana).

Tabla 5. Resultados bromatológicos de la pera de agua en cada zona de estudio (Sinú medio y Sabana).

Parámetros	Sinú Medio	Sabana	t-Stu
Humedad (%)	83,38 +/- 0,0625	83,28 +/- 0,0496	SIGN
Proteínas (%)	1,04 +/- 0,0125	1,05 +/- 0,1147	N.S
Grasa (%)	0,17 +/- 0,0143	0,14 +/- 0,0940	N.S
Cenizas (%)	0,83 +/- 0,0248	0,56 +/- 0,0131	SIGN
Fibra (%)	1,26 +/- 0,0143	1,47 +/- 0,0179	SIGN
Azúcares reductores (%)	0,07 +/- 0,0447	0,14 +/- 0,0103	SIGN
Chos totales (%)	13,33 +/- 0,0855	13,49 +/- 0,1409	SIGN
Energía (Kcal/100g)	58,98	59,46	N.S

SIGN: estadísticamente significativo; NS: No hay diferencia estadísticamente significativa.

4.1.1 Análisis de Humedad

El contenido de humedad en la pulpa de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*) presentó un valor mayor para la zona del Sinú medio y un valor 0,1 menor para la zona de la Sabana, una diferencia muy pequeña que se debe a las humedades relativas de las dos zonas, las cuales están entre 80% para la Sabana y 80,1 % para el Sinú medio, ya que los ambientes con humedades relativas altas reducen la pérdida de agua y ayudan a extender la vida de poscosecha de las frutas. Según la prueba t-student con ($p < 0,05$) se obtuvo diferencias estadísticamente significativas entre ambas; lo que significa que hay un 5% de probabilidad de error en las conclusiones, por lo cual la probabilidad de equivocarse es baja. Se determinó un valor mayor para el porcentaje de humedad de la pera de la india por Arrazola (2004) con un valor de 91,5%. De igual forma comparamos los resultados con una fruta perteneciente a la misma familia como lo es la manzana, Lim et al. (2013), muestran resultados para el porcentaje de humedad de la manzana de 88,38 +/- 0.15 lo que indica una diferencia estadísticamente significativa.

4.1.2 Análisis de Proteínas

Los porcentajes de proteínas en la pulpa de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*) presentaron valores mayores para la zona de la Sabana y un valor 0,01 menor para el Sinú medio, sin diferencias estadísticamente significativas entre ambas zonas de acuerdo a la prueba t-student con ($p > 0,05$), indicando que los resultados pudieron ser afectados por los equipos utilizados en el procedimiento. Arrazola (2004), determinó en la pera de la india un valor mayor como lo es 2.4%.

4.1.3 Análisis de Grasa

Los resultados para la grasa de la pulpa de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*) fueron mayores para la zona del Sinú medio y 0,03 menor para la Sabana, por lo que no se presenta diferencia estadísticamente significativa según la prueba t-student con ($p>0,05$), este resultado muestra que el contenido de proteínas en las peras de agua de las dos zonas es casi el mismo. Arrazola (2004) mostró resultados en la pera india de 1.1% para el porcentaje de grasa. De igual forma en un estudio realizado por Lim et al. (2013), se obtuvo un porcentaje de grasa para la manzana de 0,24 +/- 0,01 donde no se presenta una diferencia significativa.

4.1.4 Análisis de Fibra

Los valores obtenidos para la fibra para las zonas del Sinú medio son 0,21 menor que los valores para la sabana, presentando diferencias estadísticamente significativas entre ambas zonas de estudio según la prueba t-student con ($p<0,05$). Indicando que la probabilidad de error es del 5%. Arrazola (2004) obtuvo valores en la pera de la india por encima para el porcentaje de fibra de un 1,6%. De igual manera Lim et al (2013) mostró que los valores para el porcentaje de fibra cruda en la manzana son de 1,81 +/- 0,09 con una diferencia estadísticamente significativa.

4.1.5 Análisis de Cenizas

Los porcentajes de cenizas obtenidos son mayores para el Sinú medio y 0,27 menores en la zona de la Sabana, La comparación de ambas zonas con respecto al porcentaje de cenizas presentó diferencias estadísticamente significativas según la prueba de t-student con ($p<0,05$), indicando que son poco probables y por lo tanto, seguramente no se debe al azar, sino a factores específicos como las condiciones agroecológicas mencionadas en este trabajo. Los resultados obtenidos por Arrazola (2004) en la pera de la india, fueron por debajo con un valor de 0.6% de cenizas. De igual manera los resultados mostrados por Lim et al. (2013), en un estudio sobre la manzana para

el porcentaje de fibra cruda son de 0,49 +/- 0,05 presentando una diferencia estadísticamente significativa.

4.1.6 Análisis de Azúcares Reductores

El porcentaje de azúcares reductores en las dos muestras en estudio pertenecientes a las zonas del Sinú medio y sabana presentaron una diferencia estadísticamente significativa con un valor mayor para la Sabana y 0,07 menor para el Sinú medio, según la prueba de t-student con ($p < 0,05$), indicando un 5% de probabilidad de error en las conclusiones.

4.1.7 Análisis de resultados de los carbohidratos Totales

Los carbohidratos totales obtenidos fueron mayores para la zona del Sinú medio y 0,15 menores para la sabana, presentando diferencias estadísticamente significativas entre ambas zonas mediante la prueba de t-student con ($p > 0,05$). Arrazola (2004) obtuvo resultados por debajo para la pera de la india de 8.9% de carbohidratos totales.

4.1.8 Análisis de Energía

Se obtuvo un aporte energético de pulpa de pera de agua de la zona de la Sabana mayor que el de la pulpa de pera de agua de la zona del Sinú medio, sin presentar diferencias estadísticamente significativas mediante la prueba de t-student con ($p > 0,05$), lo que significa que hay un 5% de probabilidad de error en las conclusiones, por lo cual la probabilidad de equivocarse es baja. Mientras que Lim et al. (2013) encontró que en 100 gramos de manzana se obtienen 52 kCal.

4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA PERA DE AGUA (*Syzygium malaccenses*)

4.2.1 Características físicas

En la tabla 6 se muestran los resultados obtenidos para el tamaño, peso y diámetro del fruto entero de la pera de agua.

Tabla 6 Parámetros físicos del fruto entero de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*)

PARÁMETROS FÍSICOS	SINÚ MEDIO	SABANA	t-Stu
Tamaño(Largo) (mm)	52,67 +/- 0,4129	47,74 +/- 0,2023	SIGN
Diámetro (mm)	8,1 +/- 0,2484	7,82 +/- 0,1225	SIGN
Peso (g)	39,8 +/- 0,4968	37,33 +/- 0,6251	SIGN

Los frutos de la pera de agua presentaron un diámetro mayor para la zona del Sinú medio en comparación con los de la Sabana, mostrando una diferencia estadísticamente significativa según la prueba t-student realizada con ($p < 0,05$). En estos resultados se nota la influencia de las características agroecológicas de las zonas, las cuales pueden ser las causantes del crecimiento de los frutos en una zona más grande que en la otra.

Los valores obtenidos para el tamaño tienen una diferencia de 4,93 mm entre ellos, lo que se debe a lo dicho anteriormente, esto se comprobó mediante el análisis t-student con ($p < 0,05$) donde se determinó que estadísticamente hubo diferencias significativas para las dos zonas. Díaz (2004) en su estudio determinó tamaños de hasta 120 mm para peras en su máximo tiempo de cosecha. El peso de los frutos presentó diferencias significativas de acuerdo a la prueba de t-student, tal como se ve en el Tabla 6, siendo menor en el porcentaje para las frutas pertenecientes a la zona de la Sabana.

4.2.2 Características Fisicoquímicas y rendimiento de la pulpa de la pera de agua

En la tabla 7 se muestra un resumen de los resultados obtenidos de los parámetros químicos y rendimiento de la pulpa realizados a la pulpa de la pera de agua.

Tabla 7 Parámetros Físicoquímicos realizados en la pulpa de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*)

Parámetros Físicoquímicos	SINÚ MEDIO	SABANA	t-Stu
(%) Acidez	1,8 +/- 0,2484	2,1 +/- 0,2484	SIGN
S.S.T (°BRIX)	5,5 +/- 0,2484	6,33 +/- 0,3794	SIGN
Ph	3,71 +/- 0,0717	3,54 +/- 0,0430	SIGN
Índice de madurez	3	3	N.S
Rendimiento (%)	7,63	9,21	N.S

4.2.2.1 Análisis de % Acidez

Los datos obtenidos del % Acidez de la pulpa de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*) presentaron valores mayores para la zona de la Sabana con una diferencia de 0.3 con respecto a los del Sinú medio, Estos resultados reflejan diferencias estadísticamente significativas según la prueba de t-student con ($p < 0,05$), es decir, que existe una baja probabilidad de error en los resultados lo que demuestra que las condiciones agroecológicas de cada zona afectan esta característica físicoquímica o puede ser producto de variaciones causadas por los equipos utilizados para este análisis.

4.2.2.2 Análisis de sólidos solubles totales (°Brix)

Los valores de los sólidos solubles totales (°Brix) de la pulpa sin semilla de la pera de agua en las dos zonas obtuvo valores mayores para la Sabana y 0,8 menor en el Sinú medio, mostrando que existe diferencia estadísticamente significativas según la prueba de t-student con ($p < 0,05$),

indicando que el contenido de sólidos solubles se ve afectado por las condiciones agroecológicas de la zona.

4.2.2.3 Análisis de pH

Los pH resultantes en el análisis fisicoquímico para los frutos de las zonas del Sinú medio tuvieron valores mayores que los de la Sabana, dando diferencias estadísticamente significativas entre estas, estos valores coinciden con la disminución de la acidez entre ambas zonas en estudio.

4.2.2.4 Análisis del Índice de Madurez

El índice de madurez fue de 3 para las dos zonas en estudio (Sinú medio y Sabana), datos que revelan que la madurez de los frutos seleccionados fue la misma. El índice de madurez es una variable que está sujeta al tiempo de cosecha y a factores del medio ambiente como precipitaciones, temperaturas y humedades relativas.

4.2.2.5 Análisis del rendimiento de la pulpa

El rendimiento es un factor que varía mucho entre diversas frutas e incluso entre las mismas variedades, en este caso se calculó teniendo en cuenta solo la pulpa, obteniendo un valor de 7,63 para la zona del Sinú medio y de 9,23 para la zona de la Sabana. Mostrando un mayor rendimiento para las peras de agua pertenecientes a la zona de la Sabana corroborando el mayor contenido de fibra referenciado en la tabla 6.

4.3 CARACTERIZACIÓN TERMOFÍSICA DE LA PERA DE AGUA (*Syzygium malaccenses*)

En la Tabla 8 se muestra en los datos promedios correspondientes a las características termofísicas de la pulpa de la pera de agua en las dos zonas estudiadas (Sinú medio y Sabana), calculados mediante los modelos propuestos por (Choi y Okos 1985) y teniendo en cuenta los

resultados bromatológicos obtenidos en este estudio a una temperatura ambiente constante de 27°C.

Tabla 8. Parámetros Termofísicos de la Pulpa de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*) en dos zonas (Sinú medio y Sabana) calculados con Choi y Okos (1985).

Choi y Okos (1985)	SINÚ MEDIO	SABANA	t-Stu
Conductividad Térmica (k) (W/m°C)	1,35 +/- 0,1225	1,20 +/- 0,7666	N.S
Difusividad Térmica (α) (m ² /s)	5,1E-7+/- 2,214E-9	5,02E-7+/- 1,543E-9	N.S
Calor Específico (Cp) (J/Kg°C)	4,16 +/- 0,0286	4,22 +/- 0,0379	N.S

Se pudo determinar que no hay diferencias estadísticamente significativas en ambas zonas (Sinú medio y Sabana) para todas las variables termofísicas calculadas (Conductividad Térmica (k), Difusividad Térmica (α) y Calor Específico (Cp)), teniendo en cuenta la prueba de t-student con ($p > 0,05$) para todos los parámetros.

En la Tabla 9 Se muestra en resumen los datos promedios correspondientes a las características termofísicas de la pulpa de la pera de agua en las dos zonas estudiadas (Sinú medio y Sabana), calculados mediante el software DEPROTER (Alvis et al., 2012) y teniendo en cuenta los resultados bromatológicos obtenidos en este estudio a una temperatura ambiente constante de 27°C.

Tabla 9. Parámetros Termofísicos de la Pulpa de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*) en dos zonas (Sinú medio y Sabana) calculados con DEPROTER (Alvis et al., 2012)

DEPROTER	SINÚ MEDIO	SABANA	t-Stu
Conductividad Térmica (k) (W/m°C)	1,4066 +/- 0,01434	1,4056 +/- 0,0127	N.S
Difusividad Térmica (α) (m ² /s)	5,14E-7 +/- 2,48414E-9	5,13333E-7 +/- 1,43422E-9	N.S
Calor Específico (Cp) (J/Kg°C)	1,28 +/- 0,0248	1,285 +/- 0,0125	N.S

De igual forma se determinó que no hay diferencias estadísticamente significativas en ambas zonas en estudio (Sinú medio y Sabana) para todas las variables termofísicas calculadas (Calor Específico (Cp), Conductividad Térmica (k) y Difusividad Térmica (α)), teniendo en cuenta la prueba de t-student con ($p > 0,05$) para todas las variables, indicando que el azar no puede ser excluido como explicación de dichos resultados, arrojando una probabilidad mayor del 5% de que exista un error por condiciones externas no controlables.

Actualmente no se pueden encontrar resultados de análisis termofísico en la pera de agua en literaturas, los resultados obtenidos en esta investigación, dan a conocer características fisicoquímicas y térmicas de productos para el diseño de nuevos procesos industriales, ya que son datos que sirven para controlar variables dentro de los procesos, entre los cuales encontramos procesos de intercambio de calor como se da en la producción de mermeladas y jarabes, evitando la cristalización de los azúcares mediante la acción de altas temperaturas.

4.4 CARACTERIZACIÓN DEL COLOR AL FRUTO ENTERO DE LA PERA DE AGUA (*Syzygium malaccenses*)

En la tabla 10 se muestran los datos de los parámetros colorimétricos obtenidos en este estudio.

Tabla 10 Parámetros colorimétricos en el fruto entero de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*)

PARÁMETROS	SINÚ MEDIO	SABANA	t-Stu
L*	46,87 +/- 0,0496	46,83 +/- 0,0496	N.S
a*	46,80 +/- 0,0379	46,83 +/- 0,0248	N.S
b*	18,2 +/- 0,0745	18,20 +/- 0,0379	N.S
h*	24,77 +/- 0,0895	24,78 +/- 0,0745	N.S
c*	47,28 +/- 0,0379	47,25 +/- 0,0379	N.S

Los parámetros de color en el fruto entero de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*), no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las dos zonas (Sinú medio y Sabana), teniendo en cuenta la prueba t-student realizada con un 95% de confiabilidad, y la probabilidad de que el error es mayor del 5%. Estos resultados se deben a las temperaturas de las zonas las cuales oscilan en promedio entre 28,5°C para el Sinú medio y 27°C para la sabana, las cuales influyen directamente en el color que las peras tienen al momento en que son retiradas del árbol, la similitud en las temperaturas nos arroja peras de igual color.

En la Figura 2 se muestran de acuerdo a la aplicación “COLOR TOOL” desarrollada por Herve Lyaudet, las diferencias en los colores del fruto entero de cada una de las zonas en estudio, observables por el ojo humano. Para la obtención de estos colores se procedió a introducir los parámetros L*, a* y b* promedios de cada estado de maduración, obtenidos mediante el colorímetro Colorflex EZ 45 (HunterLab®).

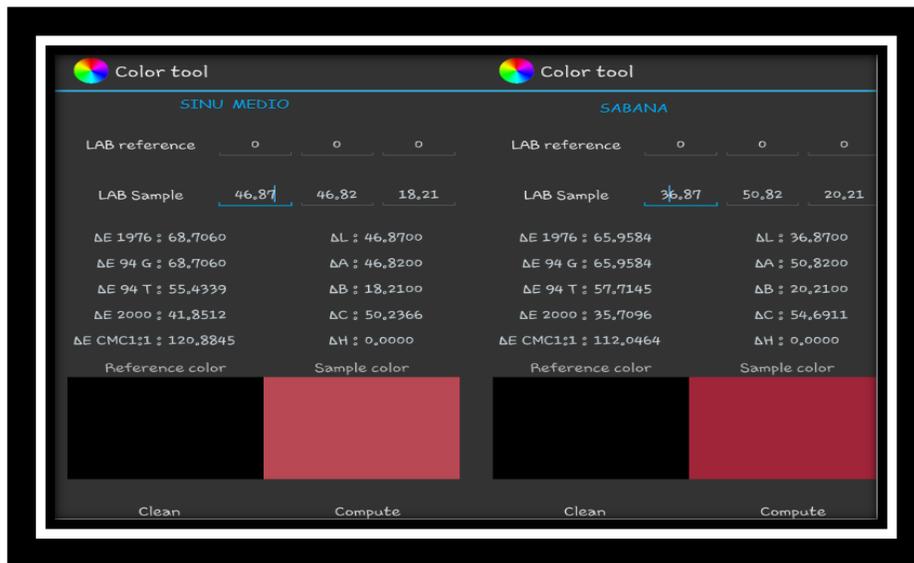


Figura 2. Color observable del fruto entero de la pera de agua (*Syzygium malaccenses*), en las zonas en estudio (Sinú medio y Sabana)

5. CONCLUSIONES

- Los análisis bromatológicos mostraron que los frutos de la pera de agua presentaron su máximo contenido de humedad en la zona del Sinú medio con un valor de 83.37% y un 83,28% en las frutas de la zona de la Sabana, esto es debido a que la zona del Sinú medio pertenece a un clima cálido en un bosque seco tropical con una humedad relativa de 80,1% según las zonas de vida de Holdridge, basándose en que las frutas que crecen en zonas con humedades relativas altas retienen más agua en su interior reduciendo el proceso de transpiración de las mismas. Los demás parámetros entre los cuales el porcentaje de azúcares reductores presento resultados mayores para la Sabana siendo el doble que los del Sinú medio, llevan a la conclusión de que las peras provenientes de las dos zonas tienen contenidos similares ya que las condiciones agroecológicas de las zonas en estudio no varían mucho en época de cosecha de estas.
- Las características físicas como el tamaño medido por el largo, el diámetro y el peso, mostraron que los frutos de las dos zonas son muy parecidos, esto puede ser como resultado de que las precipitaciones anuales son iguales en época de

cosecha de la pera ayudando al suelo con nutrientes que favorecen el crecimiento idóneo de esta pera, dando frutos semejantes en dichas características físicas a los consumidores.

- Dado que los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos como, el porcentaje de acidez, ° Brix y Ph fueron datos muy similares, se concluyó que las peras de las dos zonas no varían en cuanto a estas características, dando a entender que cualquiera de las dos son aptas para posterior procesamiento.

El resultado para el índice de madurez fue igual en los frutos de las dos zonas, debido a que se consumen en igual estado de maduración en estas, el cual se determina tradicionalmente por el color rojo observable por los consumidores.

En cuanto al rendimiento de la pulpa pudo verse afectado por el equipo utilizado para la extracción de la pulpa el cual hizo que los resultados fueran mayor en la zona de la Sabana.

- Finalmente, después de realizar la comparación de las condiciones agroecológicas de las dos zonas en estudio y observando que estas no varían significativamente, ya que las dos pertenecen a la zona de vida de un bosque seco tropical indicando condiciones como temperatura, humedad relativa y precipitaciones con pocas diferencias, lo que lleva a afirmar que su influencia en las características bromatológicas, fisicoquímicas y térmicas de la pera de agua no es tan marcada, ya que se obtuvieron resultados para dichas propiedades similares en las muestras estudiadas; aunque estos resultados pudieron ser afectados por errores causados por los equipos utilizados o fallas en las lecturas. A pesar de algunos errores posibles, este estudio mostró que la pera de agua procedente de la zona del Sinú medio y la Sabana es una fruta saludable, baja en

calorías, rica en agua, carbohidratos y un con un bajo contenido de grasa, apta para consumo y posterior procesamiento industrial por su baja acidez y propiedades térmicas; además que con esta información se abre campo para futuras investigaciones sobre esta fruta.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio colorimétrico para determinar los estados de maduración correspondientes a cada etapa de crecimiento de la pera de agua, con el fin de facilitar posteriores investigaciones sobre este fruto.
- Estudiar la influencia del estado de maduración en el tiempo sobre las características fisicoquímicas, colorimétricas, bromatológicas y termofísicas, estudiando todos los estados de maduración, esto sería útil al momento de establecer una correlación que permita predecir condiciones en la fruta.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. **Alvis, A., Caicedo I, Peña P.** 2011. Determinación de Propiedades Termofísicas de Alimentos en Función de la Concentración y la Temperatura empleando un Programa Computacional. Revista Temas agrarios Vol. 23(1), 111-116.
2. **Alcaldía municipal de Sahagún- Córdoba.** 2012. Plan de desarrollo municipal 2012–2015. Disponible en http://www.sahagun-cordoba.gov.co/apc-aa-files//Documento_tecnico_plan_de_desarrollo_2012_2015.pdf. (25/01/2016).
3. **Argel D. y Morales A.** 2015. Determinación de las propiedades bromatológicas, fisicoquímicas y termofísicas del fruto carambolo (averrhoa carambola l.) de dos regiones del departamento de Córdoba (alto Sinú y sabana). Tesis Ingenieros de Alimentos. Universidad de Córdoba, Montería, sede Berastegui.
4. **Arrazola, G. y Villalba M.** 2004. Frutas, Hortalizas y Tubérculos, Perspectivas de Agroindustrialización. Temas agrarios.

5. **Arrazola, G. y Villalba M, Yepes I.** 2005. Caracterización fisicoquímica de frutas de la zona del Sinú para su agro-industrialización. Temas Agrarios Vol. 11:(1), 15 - 23.

6. **AOAC,** 2003, Métodos de análisis de la asociación oficial de química analítica para determinar fibra, humedad, cenizas, grasas, proteínas, capítulo 32, 2,5 y 14, washintong. USA.

7. **Carvajal, J., Aristizabal I, Oliveros T. y Mejía J.** 2011. Colorimetría del Fruto de Café (*Coffea arabica* L.) Durante su Desarrollo y Maduración. Universidad de Sevilla, España.

8. **Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. CORPOICA.** Centro de Investigaciones Turipaná, Datos climatológicos de los municipios de Cereté y Sahagún.

9. **Cronin, D.A. y Smith, S.,** 1979. A simple and rapid procedure for the analysis of reducing, total and individual sugars in potatoes. Resolución 2299-2005.

10. **Díaz R. J.** 2004. Descubre los frutos exóticos, capitel ediciones. S.L. Editorial Norma (Madrid), pág. 230-321.

11. **Elevitch, C. y Wilkinson, K.** 2000. Agroforestry Guides for Pacific Islands. Permanent Agriculture Resources, Holualoa, Hawaii, Estados Unidos, pág. 200-240.
12. **Fernández F. A. N and Rodríguez S.** (2013). Ultrasound application as pre-treatment for drying of fruits. Universidad e Federal do Ceará, Departamento de Engenharia Química, Campus do Pici, Bloco 709, 60455-760 Fortaleza – CE, Brazil.
13. **Lagares B. P. y Puerto A. J.** 2001. Población y muestra. Técnicas de muestreos. Management Mathematics for European Schools. Universidad de Sevilla, España.
14. **Lim, A. S. L. y Rabeta, M. S.** 2013. Proximate analysis, mineral content and antioxidant capacity of milk apple, malay apple and water Apple. International Food Research Journal 20(2): 673-679.
15. **Ministerio de minas,** 2015. Análisis área de estudio preliminar y alertas tempranas proyecto Córdoba 2, subestación Cereté 110 kv y línea de transmisión asociada. Disponible en:
http://www.upme.gov.co/Convoca2015/082015/Documentos_Rel/Documento_Alertas_Tempranas_Cordoba.pdf. (25/ 01/2016).

16. **Morales A. y Sarmiento D.** 2008, Árboles del Bosque Seco Tropical en el área del Parque Recreativo y Zoológico Piscilago-Nilo Cundinamarca, Universidad Autónoma de Colombia.
17. **Parra O. C.** 2014. Sinopsis de la familia Myrtaceae y clave para la identificación de los géneros nativos e introducidos en Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Vol. 38 (148). 15-20.
18. **Salazar C. y Verbel A.** 2015, Determinación de las propiedades bromatológicas, fisicoquímicas y termofísicas de la badea (*Passiflora quadrangularis*). Tesis Ingenieros de Alimentos. Universidad de Córdoba, Montería, sede Berastegui.
19. **Sankat C.K., Basanta A., Maharaj V.** (2000). Light mediated red colour degradation of the pomereac (*Syzygium malaccense*) in refrigerated storage. *Postharvest Biology and Technology* 18 (2000) 253–257.
20. **Sierra, O.P** 1997. Notas de campo frutas tropicales. ICTA. Instituto de Ciencia y Tecnología.
21. **Vinces E. J.** 2014. Procesamiento del fruto *syzygium malaccenses* (manzana malaya) para obtener néctar y bebida de tipo nutricional. Universidad de Guayaquil, Facultad de ingeniería química. Guayaquil- Ecuador.

22. **Whistler A. y Craig R. E.** 2006. *Syzygium malaccense* (Malayapple). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry (www.traditionaltree.org). version 2.I.