

Determinación de los grados de maduración de la ciruela (*Spondias purpurea* L.) cultivada en Baranoa-Colombia.

Determination of the grading degrees of the ciruela (*Spondias purpurea* L.) cultivated in Baranoa- Colombia.

Yair E. Garcia-Pacheco¹, Danelys Cabrera²

¹ M.Sc. en Seguridad Alimentaria y Nutricional, Universidad del Atlántico, Grupo de investigación GIA, Barranquilla-Colombia.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0974-5650>

² M.Sc. en Ingeniería Industrial, Universidad de la Costa, Grupo de investigación PRODUCOM, Barranquilla-Colombia.

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9486-9764>

Autor para correspondencia: ygarciapacheco@mail.uniatlantico.edu.co

Cite this article as: Y. Garcia Pacheco, D. Cabrera “Determinación de los grados de maduración de la ciruela (*Spondias purpurea* L.) cultivada en Baranoa-Colombia.”, *Prospectiva*, Vol. 21 N° 1, 2023

Recibido: 19/05/2022 / Aceptado: 16/11/2022

<http://doi.org/10.15665/rp.v21i1.2971>

RESUMEN

*En esta investigación, se caracterizó físico-químicamente la ciruela (*Spondias purpurea* L.) en diferentes grados de maduración. Se formuló un DCA, se clasificaron cinco grados de madurez de acuerdo al porcentaje de maduración y se evaluaron los parámetros físico-químicos de la Ciruela en sus diferentes estados: Peso del fruto, diámetro polar y ecuatorial del fruto, firmeza, densidad, acidez titulable, sólidos solubles totales, pH, índice de madurez y contenido de carotenoides. Se clasificó la ciruela en cinco grados por color, con cambios en la pigmentación desde el color verde al 90% (grado 1) al color rojo al 80-90% (grado 5). El peso promedio fue de 17,71 g con diámetros polar y ecuatorial entre 35,1 y 30,6 mm y firmeza en la cascara de 1,52 lb en su grado máximo de madurez. Disminución progresiva de la acidez, valores de 12,0 y 13,0 ° Brix y contenidos de carotenoides de 5,12 y 7,04 µg/g para los grados 4 y 5 de madurez. Se estableció una escala de cinco grados de madurez por color y según las características físico-químicas evaluadas durante la maduración y se determina como mejores estados para cosechar los grados 4 y 5.*

Palabras Claves: *Acidez titulable; °Brix; pH; grados de madurez, biometría, carotenoides.*

ABSTRACT

*In this research, plum (*Spondias purpurea* L.) was physically and chemically characterized at different degrees of ripening. A DCA was formulated, five degrees of maturity were classified according to the percentage of maturation and the physical-chemical parameters of the Plum in its different states were evaluated: Fruit weight, polar and equatorial diameter of the fruit, firmness, density, titratable acidity, total soluble solids, pH, maturity index and carotenoid content. The plum was classified into five grades by color, with changes in pigmentation from green at 90% (grade 1) to red at 80-90% (grade 5). The average weight was 17.71 g with polar and equatorial diameters between 35.1 and 30.6 mm and firmness in the shell of 1.52 lb at its maximum degree of maturity. Progressive decrease in acidity, values of 12.0 and 13.0 ° Brix and carotenoid contents of 5.12 and 7.04 µg/g for degrees 4 and 5 of maturity. A scale of five degrees of maturity was established by color and according to the physical-chemical characteristics evaluated during maturation and the best states to harvest grades 4 and 5 were determined.*

Keywords: *Titratable acidity; ° Brix; pH; degrees of maturity, biometrics, carotenoids.*

1. INTRODUCCIÓN

El árbol de ciruela (*Spondias purpurea*) es considerado nativo del sur de México y centro América hasta llegar a Perú y Brasil, se puede encontrar en diferentes tipos de suelos, de forma silvestre y en cultivos establecidos; los frutos tienen forma redonda de estructuras ovoides que varían de tamaño que van de 20-50 mm, peso de 4 a 4,3g. La ciruela (*Spondias purpurea*) es una fruta altamente comercializada gracias a su bajo costo de producción [1].

La ciruela (*Spondias purpurea*) hace parte de la familia *Anacardiaceae*, diferentes autores consideran que existen 14 especies de la *Spondias purpurea* mientras que otros autores consideran 10, las *Spondias* más reconocidas en el mercado son: *S. purpurea* L., *S. mombin* L., *S. cytherea* Sonner L., *S. tuberosa* Arruda L., y *S. pinnata* L. Las cuales presentan un periodo máximo de vida útil de tres días, asociado a los picos altos de producción de etileno y CO₂ alcanzados en los estados de madurez organoléptica, a razón de la naturaleza de fruto climatérico de la ciruela en sus variedades *Spondias* [2].

La ciruela (*Spondias purpurea*) es una especie frutal muy importante, que se consume en diferentes estados de madurez que van de verde a maduro y se utiliza para el autoconsumo [3]. Normalmente el consumo se da en fresco, a razón de que en este estado es donde los consumidores le dan una alta aceptabilidad, su periodo de vida sin control de los factores ambientales es de 1 día en su estado óptimo de madurez y de 3 días aproximadamente cuando se cosechan los frutos con pigmentaciones de color verde en su textura [4]. Este fruto es muy rico en minerales como fósforo y hierro, así como en vitaminas, todo esto hace que la *Spondias purpurea* sea vista de gran manera como materia prima en la agroindustria [5], [6].

En Colombia, los cultivos de *Spondias purpurea* se encuentran ubicados en el Caribe colombiano establecidos por comunidades campesinas, si bien las mejores producciones se logran en suelos con buenas características nutricionales, las mayores producciones se encuentran en el departamento del Atlántico en suelos de clase IV, ubicados en los municipios de Baranoa, Galapa y Sabanalarga [7], [8]. El área actual establecida de los cultivos de Ciruela en el departamento del Atlántico es de 1200 ha, de las cuales 640 ha se encuentran ubicadas en el corregimiento de Campeche-Baranoa, con rendimientos de 7ton por hectárea [8].

La rentabilidad del cultivo de Ciruela (*Spondias purpurea*) por hectárea en el departamento del Atlántico es del 33%, más baja que las calculadas para la Guayaba (52%) y el Limón Tahití (43%) [8]. Esta utilidad puede ser mayor adicionándole valor a la Ciruela por medio de la elaboración de productos agroindustriales tal como lo establece Nucci [9]; por tal razón en la presente investigación se busca hacerle diferentes pruebas para clasificar la *Spondias Purpurea* L. y así poder determinar su destino, usos y los tratamientos en los que pueda ser utilizada, para esto se planteó la determinación y caracterización de la ciruela (*Spondias purpurea* L.) en la postcosecha mediante la clasificación de sus grados de maduración. Para cumplir con este objetivo fue necesario establecer criterios de evaluación para fijar el estado de madurez y caracterizar la ciruela (*Spondias purpurea* L.) mediante pruebas de: biometría del fruto, acidez titulable, °Brix, pH, contenido de carotenoides, entre otros.

2. METODOLOGÍA

2.1. Origen de los frutos de Ciruela

Se utilizaron frutos en diferentes estados de madurez de Ciruela provenientes de la granja “Pitorro” ubicada en el corregimiento de Campeche-Baranoa (Latitud: 10.732369, Longitud: -74.915444). El lugar presenta características agroecológicas de; suelos franco-arenosas, temperatura promedio 33° C, mínima de 24° C y máxima de 41° C. La altura sobre el nivel del mar es 118 metros, precipitaciones entre 450 y 1200 mm promedio año aproximadamente. Las plantas se encontraban sembradas a una distancia de 10 m entre plantas y de 10 m entre surcos, los frutos cosechados eran muestras representativas de los frutos encontrados en las fincas; fueron recolectados de los tercios medio y superior de las plantas. Para evaluar las variables en los distintos grados de madurez se realizó un muestreo donde se tomaron 60 frutos por estado.

Los grados de madurez de la ciruela (*Spondias purpurea* L.), se clasificaron mediante una escala arbitraria donde: el grado 1 corresponde de 0-10% de madurez, grado 2 de 20-30% de madurez, grado 3 de 40-50% de madurez, grado 4 de 60-70% de madurez, y grado 5 de 80-90% de madurez, la clasificación por color se realizó usando un sistema de adquisición de imágenes, utilizando una cámara profesional Canon EOS Rebel T6i® y el software Adobe Photoshop CC® [10].

2.2. Análisis físico-químicos

Los frutos se trasladaron al Centro de Laboratorio y Talleres de Ingeniería (CELTI) de la Universidad del Atlántico, Puerto Colombia, Atlántico, Colombia; donde se evaluaron los parámetros físicos y químicos de la Ciruela en sus diferentes estados de madurez: Peso del fruto, diámetro polar y ecuatorial del fruto, firmeza, densidad, acidez titulable, sólidos solubles totales, pH, índice de madurez y contenido de carotenoides. Los métodos y equipos empleados para las determinaciones se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Métodos y equipos empleados para las determinaciones físico-químicas de la ciruela en sus distintos grados de madurez.
Table 1. Methods and equipment used for the physicochemical determinations of the plum in its different degrees of maturity.

DETERMINACIÓN	MÉTODO	EQUIPO/ METODOLOGÍA
Peso del fruto	Pesaje	Balanza Mettler P1200, precisión 0,01g [11]
Diámetro polar y ecuatorial del fruto	Calibración	Calibador Inzide®, precisión 0,01 mm [11]
Densidad	Masa(g)/volumen(ml)	Balanza Mettler P1200; Elemeyer 500 ml [11]
Firmeza	Penetrometría	Penetrometro Dballoufmgco Inc. Washington, con escala 0 a 30 [12]
Acidez titulable	Titulación	Titulación ácido-base, NaOH 0,1N, Equi. Ácido Ascórbico [13]
Sólidos solubles totales	Refractometría	Refractómetro Brixco® 3090, con escala de lectura 0- 90 °Brix [13]
pH	Potenciometría	Potenciómetro WJEUIP® modelo PHS-3CB pH100A, resolución de 0,01 [13]
Índice de madurez	°Brix / % de acidez titulable	Relación [12]
Contenido de carotenoides	Espectrofotometría	Espectrofotómetro UV/Vis 6850 de Jenway, lectura a 450nm [14]

2.3. Análisis estadístico

Las determinaciones de las características físico-químicas de los frutos de Ciruela (*Spondias purpurea* L.) en los cinco grados de madurez se realizó a través de un diseño experimental de bloques al azar. Los resultados obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey con un nivel de confiabilidad del 95%, para ello se empleó el software estadístico Stargrafics® Centurión XV.

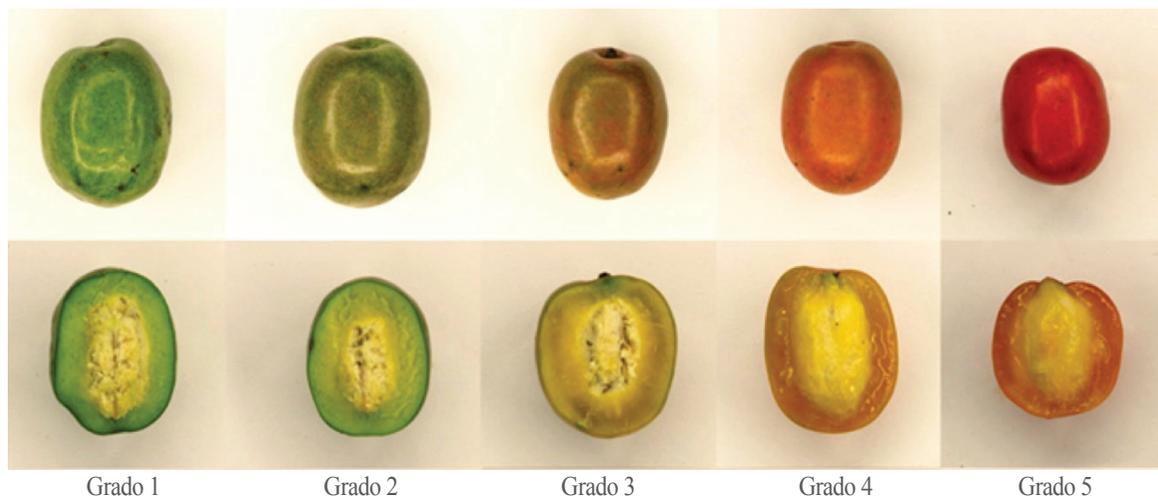
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización físico-química de los Grados de madurez de la Ciruela (*Spondias purpurea* L.)

En la figura 1. Se presenta la clasificación de los grados de madurez por color de la Ciruela, mostrándose los cambios en la pigmentación desde el color verde al 90% (grado 1) al color rojo al 80-90% de pigmentación (grado 5). Identificándose variaciones en las características físicas y químicas entre las variables evaluadas, mostrando significancia en los 5 grados de madurez tal como se presenta en las tablas 2 y 3.

La degradación de la clorofila de los frutos de ciruela se muestra con una pérdida total en los grados 4 y 5, consecuente con los aumentos en el contenido de sólidos solubles (tabla 3); obedeciendo a los cambios metabólicos propios de este tipo de frutos al ser sometidos a un proceso de almacenamiento a temperatura ambiente [6]. La variación del rango de colores mostrados en la figura 1, pasando por los colores verde, naranja y rojo en diferentes tonalidades, son consecuentes y siguen el mismo patrón de colorimetría en la maduración de ciruelas de otras variedades [6].

Figura 1. Clasificación de los distintos grados de madurez de la ciruela (*Spondias purpurea* L.)
Figura 1. Classification of the different degrees of maturity of the plum (*Spondias purpurea* L.)



3.2. Características físicas de la Ciruela

En la tabla 2 se puede observar que los diámetros polares de las frutas se encuentran entre 34,2 y 36,4 mm en los cinco grados de madurez, mostrando diferencias significativas entre el grado uno con respecto a los cuatro siguientes; el rango de los diámetros ecuatoriales esta entre 29,7 y 30,5 mm con diferencias significativas en el grado uno; los diámetros de las ciruelas evaluadas presentan un comportamiento creciente partiendo del grado uno y una pequeña reducción no significativa y estable entre los grados cuatro y cinco. Los diámetros de esta ciruela presentan mayores medidas en comparación con los promedios mostrados por algunas variedades regionales de ciruelas mexicanas, cuyos valores se encuentran entre los 31,1mm y 24,0 mm para sus diámetros polar y ecuatorial respectivamente.

En la tabla 2 se puede observar que el peso máximo alcanzado por las ciruelas es de 15,71 g en promedio identificado en el grado dos de madurez, los pesos cercanos a este valor se encuentran entre los grados 1 y 3, con diferencias de 4,5% con relación al mayor peso alcanzado por la ciruela. En los grados 5 y 6 de madurez se aprecia una disminución del peso de la ciruela con diferencias significativas con respecto a los grados 1, 2 y 3. En el grado 5, se puede apreciar la mayor pérdida de peso con disminución del 7% del total alcanzado por el fruto. El comportamiento de esta característica física de los frutos de ciruela es similar al observado en estudios con ciruelas mexicanas, donde su peso vario entre 22,60 y 12,48 g de los grados más iniciales hasta los de mayo maduración [1].

La pérdida de pesos en los frutos de ciruela tiene explicación en la naturaleza composicional de las frutas y hortalizas, las cuales están formadas en un 80% de agua, la cual es adsorbida durante los primeros días de formación de los frutos, etapa conocida como de provisión de los frutos [15], esto para los tres primeros grados de madurez. En los grados 4 y 5 la pérdida de peso está asociada a razón que los frutos fueros cosechados posteríos al aprovisionamiento de agua de las plantas y la fruta utiliza sus propias reservas para realiza los procesos metabólicos de respiración y transpiración [12].

Tabla 2. Mediciones de las características físicas de los frutos de Ciruela (*Spondias purpurea* L.) en los diferentes grados de madurez
Table 2. Measurements of the physical characteristics of the fruits of Plum (*Spondias purpurea* L.) in the different degrees of maturity.

GRADO DE MADUREZ	DIAMETRO POLAR(mm)	DIAMETRO ECUATORIAL (mm)	MASA (g)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD (g/ml)	FIRMEZA (lb)
1	34,2 ± 0,27a	29,7 ± 0,30a	15,06 ± 0,30	44,24 ± 0,08a	0,34 ± 0,08a	1,80 ± 0,18
2	36,4 ± 0,13	31,1 ± 0,17	15,71 ± 0,17a	50,8 ± 0,18	0,31 ± 0,18	1,75 ± 0,46
3	36,2 ± 0,07	31,5 ± 0,09	15,02 ± 0,01	52,78 ± 0,07ab	0,28 ± 0,07	1,66 ± 0,60
4	36,0 ± 0,05	30,5 ± 0,12	14,82 ± 0,09ab	47,91 ± 0,03	0,31 ± 0,03	1,57 ± 0,07a
5	36,0 ± 0,50	30,4 ± 0,08	14,65 ± 0,12ab	47,44 ± 0,02	0,31 ± 0,02	1,52 ± 0,30ab

Nota: Medias con letras en una misma columna muestran diferencias significativas (p≤0,05).

La firmeza de la fruta de ciruela presenta una disminución progresiva en los cinco grados de madurez, en la tabla 2 se observa una pérdida del 15,5% del valor inicial del grado 1 con respecto al grado 5. Con diferencias significativas de los grados 4 y 5, con respecto a los iniciales (1,2 y 3). La disminución en la firmeza de las frutas de ciruela es comparable con los resultados de evaluaciones de otras frutas (guayaba y gulupa) en sus distintos grados de madurez [12], [16]. El ablandamiento de las frutas durante su maduración está asociada al debilitamiento de las paredes celulares, por modificaciones de sus compuestos celulósicos y peptídicos consecuentes de la biodegradación de los carbohidratos poliméricos [17].

La densidad de los frutos de ciruela presenta un comportamiento con leve disminución, con valores que oscilan entre los 0,34 y 0,28 g/ml, alcanzándose su mayor densidad en el grado uno de maduración y disminuyendo paulatinamente hasta alcanzar estabilidad en los grados 4 y 5, la diferencia en la densidad en los últimos 3 grados de madurez no es significativa. El cambio en los valores de la densidad de la ciruela obedece a la correlación directa identificada entre el aumento de los diámetros (polar y ecuatorial) y la disminución del peso de la fruta en los diferentes grados de madurez, repercutiendo en la relación masa volumen de los mismos [16], [18].

3.3. Características químicas de la Ciruela

En la tabla 3 se presentan los resultados de las mediciones de los parámetros químicos evaluados a los cinco grados de madurez de la ciruela (*Spondias purpurea* L.). Se observan variaciones de pH entre 2,87 y 3,28 para los grados 1 y 5 respectivamente, con disminución del 12,5% entre cada grado. El valor de pH determinado para el grado 5 de madurez presenta diferencias significativas con respecto a los anteriores, los cuales mostraron valores cercanos sin variaciones significativas en los tres primeros grados de madurez. Estos valores de pH se encuentran dentro de los rangos reportados en variedades de ciruelas mexicanas, cuyos valores son 1,3 y 4,3 [1]. Este comportamiento obedece al contenido de ácidos orgánicos, los cuales son mayores en los primeros estados de madurez (frutos verdes) y a medida que la fruta aumenta su respiración estos son desdoblados en glucosa activando las diferentes rutas metabólicas [19].

La acidez titulable corresponde al contenido de ácidos orgánicos presentes en una fruta [19], en la ciruela se expresa en equivalentes de ácido ascórbico. En la tabla 3 se observan valores que van desde el 0,70 hasta en 0,35 ATT, mostrando una disminución en todos los grados de madurez con diferencias significativas en los grados 4 y 5, donde la disminución se establece entre un 37 y 50 % respectivamente, valores cercanos a los mostrados por ciruelas mexicanas [1]. Este procedimiento de disminución del contenido de ácido ascórbico en la ciruela confirma la pérdida y baja de los ácidos orgánicos ratificada en la relación inversa de pH y ATT, por gluconeogénesis de los azúcares [19], [27].

En la tabla 3 se muestran las mediciones de los contenidos de sólidos solubles totales (°Brix) de la ciruela en los diferentes grados de madurez, mostrando un aumento constante, pero con diferencias significativas entre los grados 4 y 5, los valores iniciales fueron 7,0 y 9,0 °Brix para los grados 1,2 y 3, el incremento fue del 46% alcanzando un contenido final en el grado cinco de 13,0 °Brix. Estos valores son inferiores a los promedios observados en otras variedades de ciruelas, donde alcanzaron máximos de 19,5 °Brix [1]. Estos procesos de aumento en el contenido de sólidos solubles en frutas dependen de factores con la temperatura de almacenamiento y los procesos enzimáticos, que ayudan a la degradación de los carbohidratos en moléculas más simples como los monosacáridos [20]. El índice de madurez (IM) de la ciruela muestra un aumento estadísticamente significativo entre los grados 4 y 5 con valores 27,27 y 36,93 dentro del promedio de otras variedades de ciruelas mexicanas (3,64-38,62) [1]. El comportamiento creciente del IM es consecuente con los obstados en otras frutas [12], [16], [1], a razón de la correlación existente entre la degradación de ácidos orgánicos, disminución de la acidez del fruto y el aumento en los contenidos de azúcares reflejado en el valor total de sólidos solubles, medidos en °Brix [19], [20].

Tabla 3. Mediciones de las características químicas de los frutos de Ciruela (*Spondias purpurea* L.) en los diferentes grados de madurez
Table 3. Measurements of the chemical characteristics of the fruits of Plum (*Spondias purpurea* L.) in the different degrees of maturity.

GRADO DE MADUREZ	pH	°Brix (SST)	ACIDEZ TOTAL TITULABLE (ATT)	INDICE DE MADUREZ (IM)	CONTENIDO DE CAROTENOIDES (µg/g)
1	2,87 ± 0,50	7,00 ± 0,18	0,70 ± 0,02	9,94 ± 0,08	1,68 ± 0,17
2	2,89 ± 0,05	8,00 ± 0,02	0,61 ± 0,30	12,99 ± 0,46	2,16 ± 0,18
3	2,90 ± 0,17	9,00 ± 0,46	0,51 ± 0,17	17,65 ± 0,46a	3,68 ± 0,02
4	3,04 ± 0,18	12,00 ± 0,30a	0,44 ± 0,46a	27,27 ± 0,18ab	5,12 ± 0,05a
5	3,28 ± 0,46a	13,00 ± 0,08a	0,35 ± 0,12a	36,93 ± 0,09ab	7,04 ± 0,30ab

Nota: Medias con letras en una misma columna muestran diferencias significativas (p≤0,05).

En la tabla 3 se muestran resultados de los contenidos de carotenoides de los frutos de ciruela en los 5 grados de madurez evaluados, presentando un comportamiento creciente que se mueve desde 1,68 a 7,04 µg/g, consecuente con las etapas de maduración en razón de la pigmentación de los frutos [14]. Estos valores indican que los frutos al aumentar el contenido de carotenoides aumentan su poder antioxidante [21], característico en variedades de frutas de color ojo y sus variantes en sus máximos estados de maduración [21], [22].

4. CONCLUSIONES

Se logró determinar y caracterizar los grados de maduración de la *Spondias Purpurea* L, estableciéndose una escala de cinco grados, con porcentajes de maduración que van de 0- 10% en el grado uno, hasta un rango de 80-90% para el grado cinco. Según las características físico-químicas evaluadas en los grados de madurez se determina como mejores estados para cosechar los gados 4 y 5. En el grado 4 y 5 los frutos presentan un tamaño, peso y firmeza de la cascara óptimos para ser consumidos y procesados. Con relación a los parámetros químicos en estos dos grados las ciruelas presentan mayor contenido de solidos solubles, contenido de carotenoides, menor acidez y un máximo índice de maduración; esta información puede ser empleada como parámetro de selección de la fruta, previo a su inclusión como materia prima en procesos agroindustriales de tipo alimentario.

REFERENCIAS

- [1] J. M. Villareal Fuente, I. Alia Tejacal, X. D. Xóchitl Doraneli Pérez-Pérez, S. Espinoza-Zaragoza, F. J. Marroquín-Agreda, and C. A. Nuñez-Colin, "Caracterización fisicoquímica de frutos de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) en el Soconusco, Chiapas," *Ecosistemas y Recur. Agropecu.*, vol. 6, no. 17, p. 219, May 2019.
- [2] A. Pérez López et al., "Efecto Del Grado De Madurez En La Calidad Y Vida Postcosecha De Ciruela Mexicana (*Spondias purpurea* L.)," *Rev. Fitotec. Mex. Rev. Fitotec. Mex.*, vol. 27, no. 272, pp. 133–139, 2004.
- [3] C. Engels, D. Gräter, P. Esquivel, V. M. Jiménez, M. G. Gänzle, and A. Schieber, "Characterization of phenolic compounds in jocote (*Spondias purpurea* L.) peels by ultra high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry," *Food Res. Int.*, vol. 46, no. 2, pp. 557–562, May 2012.
- [4] M. García-Gonzalez et al., "Refrigeración de ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.) 'Cuernavaqueña'," *ActA Agrícola y Pecu.*, vol. 2, pp. 27–33, 2016.
- [5] G. Vargas-Simón, R. Hernández-Cupil, and E. Moguel-Ordoñez, "Caracterización Morfológica De Ciruela (*Spondias purpurea* L.) En Tres Municipios Del Estado De Tabasco, México," *Bioagro*, vol. 23, no. 2, pp. 141–149, 2011.
- [6] J. Emilio Álvarez-Vargas, I. Alia-Tejacal, S. Humberto Chavez-Franco, M. Teresa Colinas-León, D. Nieto-Ángel, and F. Rivera-Cabrera Luis Alfonso Aguilar-Pérez, "Ciruelas Mexicanas (*Spondias purpurea* L) De Clima Húmedo Y Seco: Calidad, Metabolitos Funcionales Y Actividad Antioxidante," *Interciencia*, vol. 42, no. 10, pp. 653–660, 2017.
- [7] M. Cecilia Nariño Sanabria Director and N. Julio García Castro, "Caracterización Etnobotánica De Las Plantas Silvestres Y Cultivadas Utilizadas Para La Alimentación Por Familias Campesinas Del Municipio De Sabanalarga, Atlántico," Pontificia Universidad Javeriana, 2018.
- [8] D. Miranda, "Estado Actual de Fruticultura Colombiana y Perspectivas para su Desarrollo," *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP*, vol. E, pp. 199-205, 2011.
- [9] S. N. López, "Análisis de prefactibilidad para el procesamiento de frutas tropicales en el Atlántico," *Rev. ECONÓMICAS CUC*, vol. 34, no. 1, pp. 153–182, 2013.

- [10] R. Torres, E. J. Montes, O. A. Pérez, and R. D. Andrade, “Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales,” *Inf. Tecnol.*, vol. 24, no. 3, pp. 51–56, 2013.
- [11] L.-E. Ramírez, C. Núñez, M. Pacheco-Valderrama, O. Porras-Atencia, and E. Velasco-Rozo, “Determinación de las propiedades fisicoquímicas y bromatológicas del guayabo de pava (*Bellucia grossularioides* L. Triana) en sus diferentes estados fisiológicos,” *Rev. Aliment. hoy*, vol. 25, no. 40, pp. 73–80, 2017.
- [12] I. Mónica, D. P. Pinzón, G. Fischer, and G. Corredor, “Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims.),” *Agron. Colomb.*, vol. 25, no. 1, pp. 83–95, 2007.
- [13] AOAC (2005) Official method of Analysis. Association of Officiating Analytical Chemists, 18th ed. Washington DC, 2005.
- [14] Y. E. García-Pacheco, M. Prieto, and C. Fuenmayor, “Cinética, modelación y pérdidas de carotenoides para el secado de ahuyama (*Cucurbita moschata*) en cubos,” *Agron. Colomb.*, vol. 34, no. February 2017, pp. S574–S576, 2016.
- [15] R. Cárdenas-Navarro, L. López-Pérez, and P. Lobit, “Efecto de la época de aplicación del N y período de cosecha en la producción y calidad de frutos de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch),” *Rev. Sci. Agropecu.*, vol. 10, no. 1, pp. 337–445, 2019.
- [16] A. R. González, L. L. Mounson, and A. H. Gómez, “Determinación de la firmeza de la guayaba (*Psidium guajava* L.) en diferentes estados de maduración,” *Rev. Ing. Agrícola*, vol. 2, no. 1, pp. 42–46, 2012.
- [17] M. E. Martínez-González, R. Balois Morales, I. Alia-Tejagal, M. A. Cortes-Cruz, Y. A. Palomino-Hermosillo, and G. G. López-Gúzman, “Postcosecha de frutos: maduración y cambios bioquímicos,” *Rev. Mex. Ciencias Agrícolas*, vol. 1, no. 19, pp. 4075–4087, Dec. 2017.
- [18] A. Sotomayor Correa et al., “Evaluación físico química de fruta de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) en diferentes estados de desarrollo,” *Enfoque UTE*, vol. 10, no. 1, pp. 89–96, Mar. 2019.
- [19] V. Q. C., German Giraldo G., J. L. A., And J. V. L., “Caracterización fisicoquímica del mango común (*mangifera indica* l.) durante su proceso de maduración,” *Biotecnol. en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial*, vol. 11, no. 1, pp. 10–18, 2013.
- [20] O. A. M. Sanabria, A. R. Pérez, And V. R.- González, “Comportamiento poscosecha de frutos de ciruela (*Prunus salicina* Lindl.) en estado madurez comercial con tres dosis de CaCl_2 ,” *Rev. Aliment. hoy*, vol. 25, no. 41, pp. 5–12, 2017.
- [21] A. C. P. Oblitas and J. Y. P. Benites, “Influencia del estado de madurez en el índice de carotenoides del pimiento morrón (*Capsicum annuum*), utilizando visión artificial,” *Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo*, 2019.
- [22] J. C. De La Vega, M. A. Cañarejo, O. N. Cabascango, and M. V. Lara, “Dehydrated *Physalis peruviana* L. In Two Ripening States and its Effect on Total Phenolic Compounds, Antioxidant Capacity, Carotenes, Color and Ascorbic acid,” *Inf. Tecnol.*, vol. 30, no. 5, pp. 91–100, 2019.