



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA**

**INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
BIOTECNOLOGÍA

**Evaluación de propiedades nutricionales y biológicas del fruto de *Carica pentagona*  
Heilborn (babaco) en varios estadios de madurez postcosecha.**

**Autor:** Galo Mauricio Canchignia Guacollantes

**Directora:** Raluca Alexandra Mihai, Ph.D.

Sangolquí, 23 de agosto de 2023

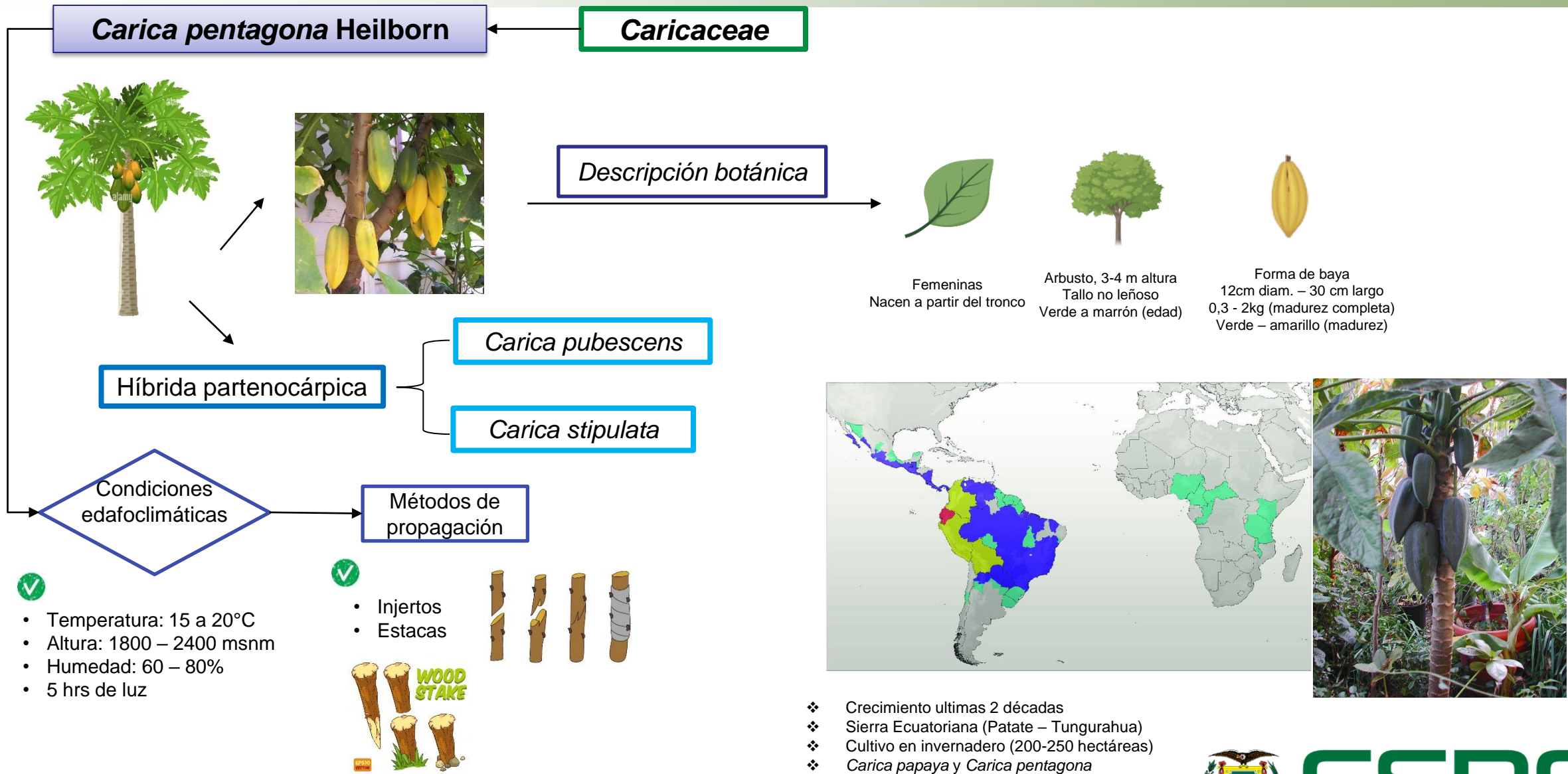


- 1** **Introducción**
- 2** **Objetivos e Hipótesis**
- 3** **Materiales y Métodos**
- 4** **Resultados y Discusión**
- 5** **Conclusiones**
- 6** **Recomendaciones**
- 7** **Agradecimientos**



- 1** **Introducción**
- 2** **Objetivos e Hipótesis**
- 3** **Materiales y Métodos**
- 4** **Resultados y Discusión**
- 5** **Conclusiones**
- 6** **Recomendaciones**
- 7** **Agradecimientos**





## Estadios de madurez



1. Madurez fisiológica (EI)
2. Madurez organoléptica (EII)
3. Madurez completa (EIII)

1



2



3



- ❖ Gusto al menos agradable
- ❖ Duro
- ❖ Verdoso oscuro intenso
- ❖ Pequeño

- ❖ Características sensoriales agradables
- ❖ Entre madurez fisiológica y madurez comercial
- ❖ Aspecto duro – suave
- ❖ Amarillo - verdoso

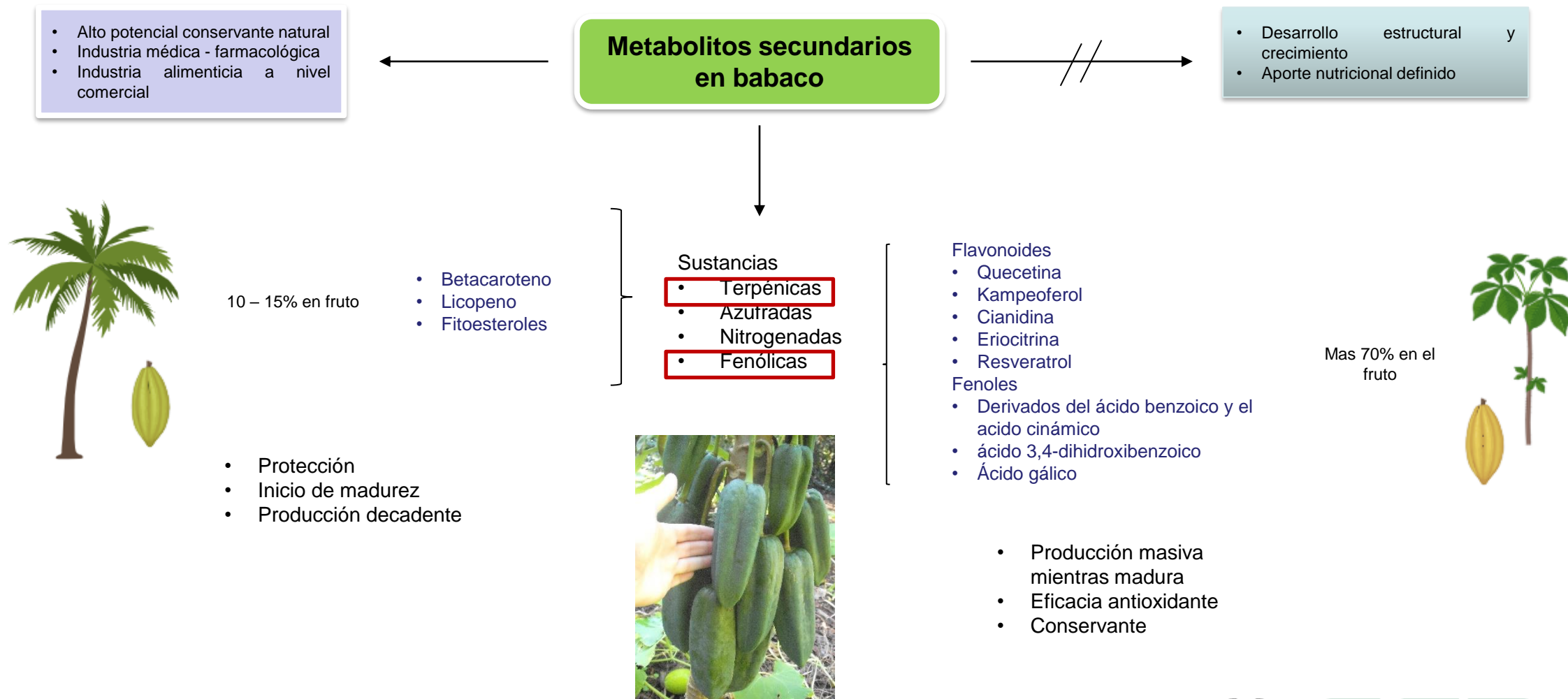
- ❖ Calidad optima para su consumo
- ❖ Suave
- ❖ Amarillo totalmente
- ❖ Organolépticamente maduro

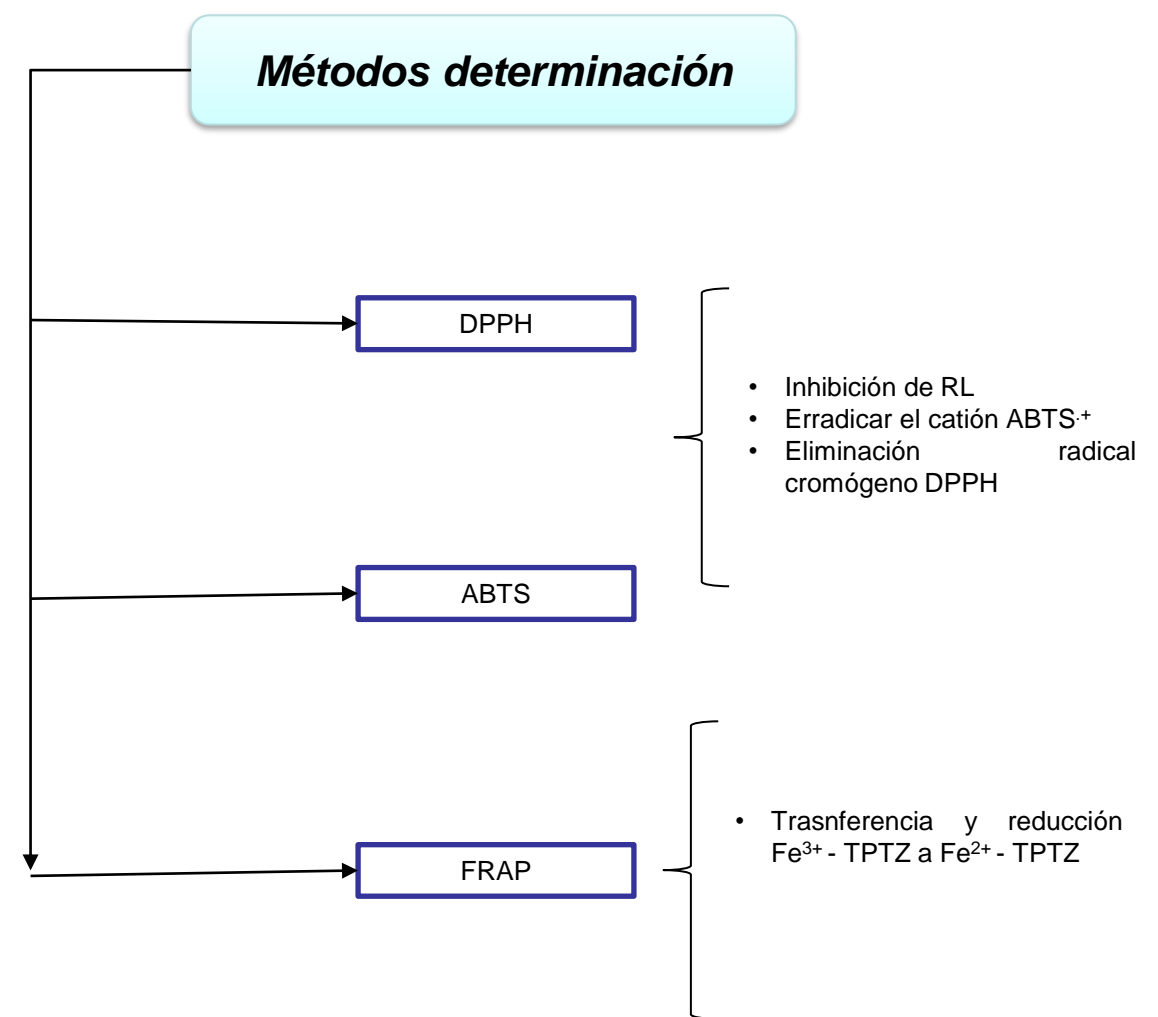
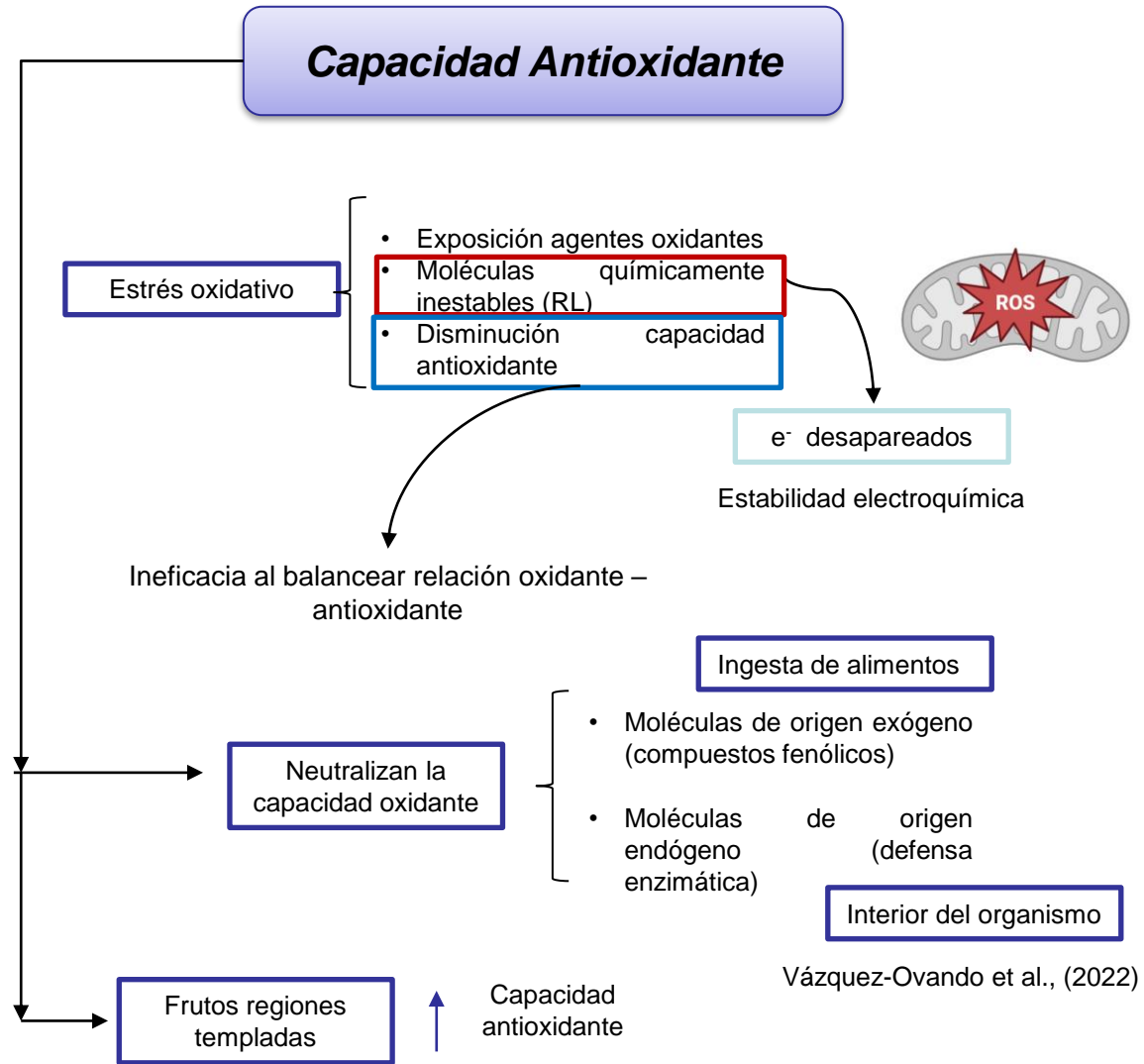
**Tabla 1.** Métodos subjetivos para la evaluación de madurez de frutos.

Sentido	Característica
Gustativo	Sabor: Salado, dulce, amargo y ácido
Olfativo	Aroma y olor
Contacto	Aspecto: Blando, duro, suave y áspero
Visual	Color, forma y tamaño
Auditivo	Sonidos producidos al manejar el fruto

**Tabla 2.** Métodos objetivos para la evaluación de madurez de frutos

Medición	Características
Tiempo	De plantación
Ambiente	Medidas de calor
Análisis físico	Volumen, peso, tamaño, forma
Análisis químico	Cantidad de productos activos y capacidad antioxidante
Análisis fisiológico	Patrón de respiración





- 1 **Introducción**
- 2 **Objetivos e Hipótesis**
- 3 **Materiales y Métodos**
- 4 **Resultados y Discusión**
- 5 **Conclusiones**
- 6 **Recomendaciones**
- 7 **Agradecimientos**





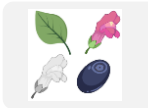
## Objetivo General



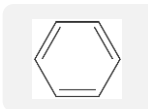
Evaluar las propiedades nutricionales y biológicas del fruto de *Carica pentagona* Heilborn (babaco) en varios estadios de madurez postcosecha usando métodos espectrofotométricos..



## Objetivos Específicos



Recolectar muestras frutales de babaco en estado fisiológico (verde), madurez incompleta (verde-amarillo) y madurez comercial (amarillo) en la parroquia Guasuganda, provincia Cotopaxi.



Evaluar la cantidad de flavonoides y fenoles obtenido de extractos de babaco en varios estadios de madurez postcosecha utilizando el método colorimétrico de  $AlCl_3$  y el ensayo Folin-Ciocalteu respectivamente.



Evaluar el carácter antioxidante de extractos aislados de babaco usando el método FRAP (capacidad de reducción férrica), DPPH (capacidad reductora del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y ABTS (capacidad antioxidante mediante la reacción del radical ácido 2,2'-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico).



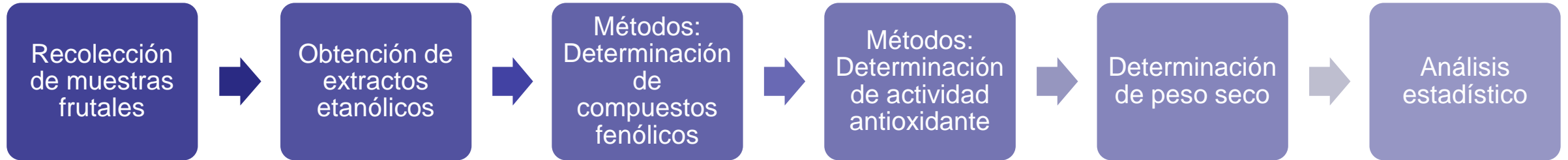


Las propiedades nutricionales y biológicas del fruto de babaco varían en forma estadísticamente significativa según el estado de maduración postcosecha del fruto y de sus propiedades antioxidantes.

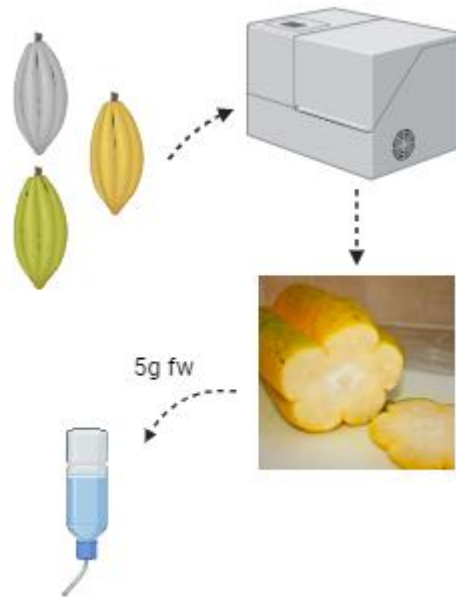


- 1 Introducción
- 2 Objetivos
- 3 **Materiales y Métodos**
- 4 Resultados y Discusión
- 5 Conclusiones
- 6 Recomendaciones
- 7 Agradecimientos

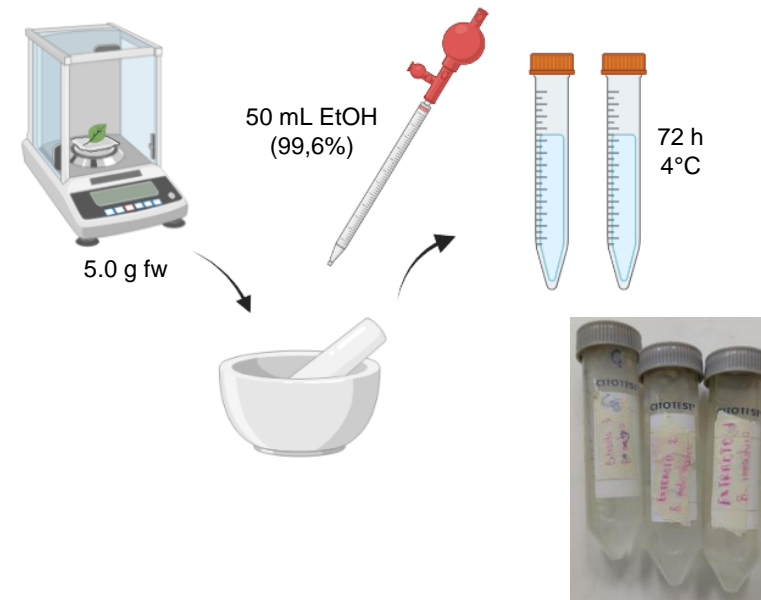




### 1 Recolectión de muestras



### 2 Obtención de extractos etanólicos



Ausencia de clorofila  
No diluciones



**Tabla 3.** Descripción y nomenclatura de las tres muestras de *Carica pentagona* Heilborn

Muestra	Nombre	Descripción	Nomenclatura
1	Fruto de babaco, estadio de madurez I – estado fisiológico	Color verde en su totalidad, textura sólida	CP-EI
2	Fruto de babaco, estadio de madurez II – madurez incompleta	Color verde – amarillo, textura sólida	CP-EII
3	Fruto de babaco, estadio de madurez III – madurez comercial	Color amarillo en su totalidad, textura blanda	CP-EIII



### 3 Determinación de actividad antioxidante

**DPPH**

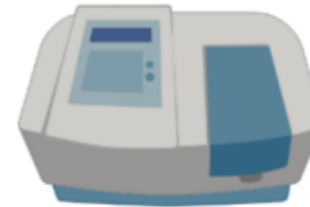
**Método:** Muestra, solución DPPH 0,2 mM

**ABTS**

**Método:** Muestra, solución de ABTS 7 mM y persulfato de potasio 2,45 mM

**FRAP**

**Método:** Solución FRAP.- buffer acetato, TPTZ en HCl y  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , muestra y agua destilada

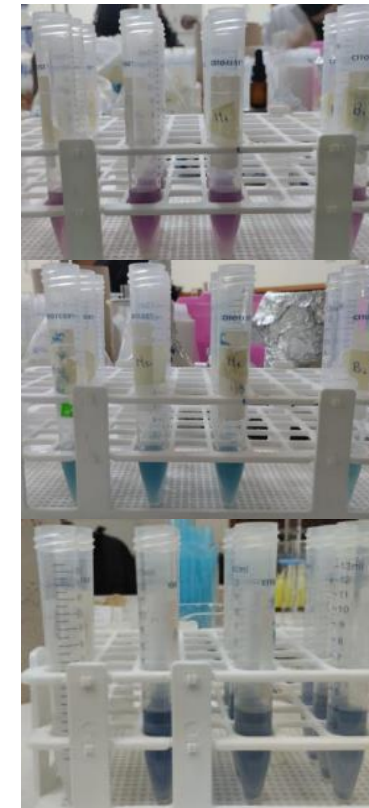


- Blanco: EtOH
- Rep: 3

517 nm

734 nm

593 nm



Trolox

$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Curva de calibración

## 4 Determinación de compuestos fitoquímicos

## Método Folin - Ciocalteu



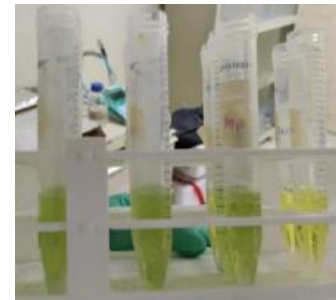
**Método:** Muestra, agua destilada, reactivo de Folin 1N,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  al 20%

Método  $\text{AlCl}_3$ 

**Método:** Muestra, solución DPPH 0,2 mM



765 nm



Ácido gálico (GAE)

435 nm

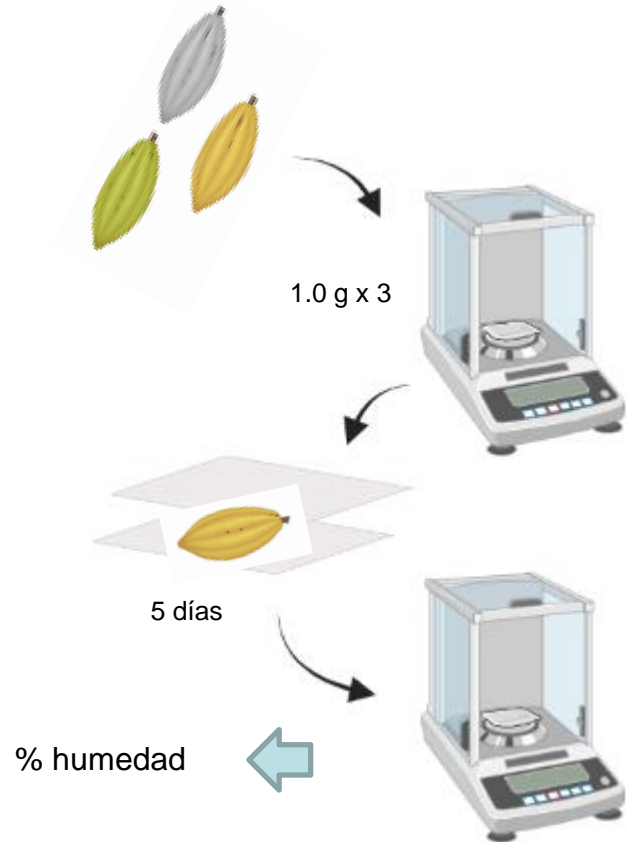


Quercetina (QE)

Curva de calibración



## 5 Determinación del peso seco



## 6 Análisis estadístico

Diseño factorial 2x3 y 3x3 (Compuestos bioactivos y actividad antioxidante respectivamente)

Análisis paramétricos y no paramétricos

Análisis de varianza

Correlación Pearson

IS  
InfoStat



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



- 1 **Introducción**
- 2 **Objetivos**
- 3 **Materiales y Métodos**
- 4 **Resultados y Discusión**
- 5 **Conclusiones**
- 6 **Recomendaciones**
- 7 **Agradecimientos**



## Obtención de extractos

Figura 1. Extractos etanólicos de muestras recolectadas



Chen et al., (2022).  
EtOH – Disolución  
compuestos Endógenos

Compuestos fenólicos  
Sultana et al. (2009) –  
Grupo OH > solubilidad  
(sol. Acuosa) <  
solubilidad (absoluta)

## Determinación de capacidad antioxidante

### Método DPPH

$$y = -0.9979x + 0.7211 \quad (R^2 = 0.993)$$

Figura 5. Test Tukey

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,17732  
Error: 1,6085 gl: 6

sample	Medias	n	E.E.
CP-EI	55,83	3	0,73 A
CP-EII	63,94	3	0,73 B
CP-EIII	80,39	3	0,73 C

Medias con una letra común no son sig  
significativamente diferentes (p > 0,05)

Figura 2. Porcentaje de inhibición

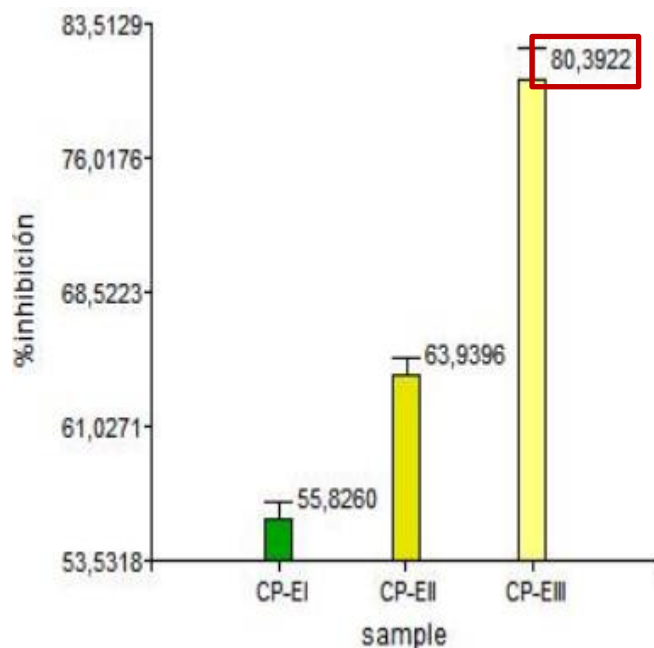


Figura 6. Resumen

sample	Variable	Media	D.E.	E.E.	Mediana
CP-EI	umol Trolox/g fw	120,85	2,06	1,19	121,14
CP-EII	umol Trolox/g fw	138,80	2,06	1,19	139,10
CP-EIII	umol Trolox/g fw	175,22	3,89	2,25	175,22

Auquiñivin & Paucar (2020)  
DPPH: 127.51 ± 4.23 μmol Trolox/g fw (no  
indica E.M)

*Vasconcellea x heilbornii* - Perú

Mejía (2022)  
Maduro - 79,02 ± 3,44 %inh (MeOH)  
Verde - 60 ± 1,29 %inh (MeOH)

Mejía (2022)  
Concluye:  
%inh Maduro >  
%inh Verde

*Carica pubescens* Lenné & K. Koch  
149.23 ± 8.01 μmol Trolox/g fw

## Determinación de capacidad antioxidante

### Método ABTS

$$y = -0.2489x + 0.7533 \quad (R^2 = 0.969)$$

Figura 9. Test Tukey

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,73511  
 Error: 0,4797 gl: 6

sample	Medias	n	E.E.	
CP-EI	24,39	3	0,40	A
CP-EII	41,89	3	0,40	B
CP-EIII	73,67	3	0,40	C

Medias con una letra común no son sig  
 significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Figura 10. Resumen

sample	Variable	Media	D.E.	E.E.	Mediana
CP-EI	umol Trolox g/fw	17,70	0,92	0,53	17,67
CP-EII	umol Trolox g/fw	38,23	0,82	0,47	38,38
CP-EIII	umol Trolox g/fw	75,51	0,68	0,39	75,19

Auquiñivin & Paucar (2020)  
 ABTS:  $12.61 \pm 0.61 \mu\text{mol Trolox/g fw}$

*Carica pubescens* Lenné & K. Koch  
 $37,67 \pm 1.54 \mu\text{mol Trolox/g fw}$

### Método FRAP

$$y = 0.7056x + 0.028 \quad (R^2 = 0.999)$$

Figura 4. Potencial reductor

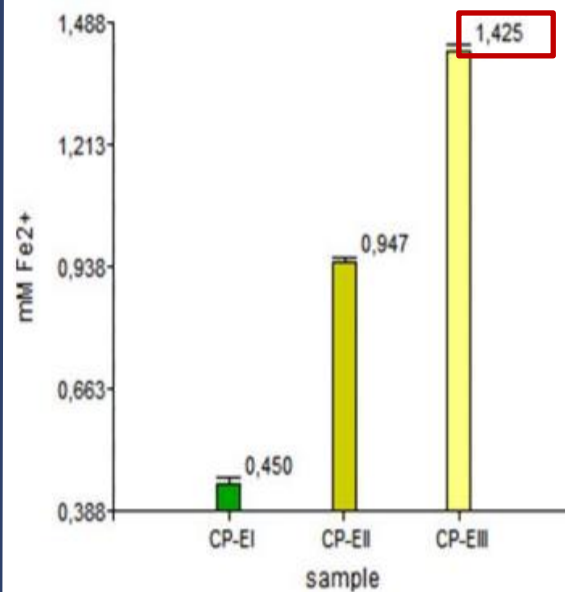


Figura 13. Test Tukey

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,03128  
 Error: 0,0002 gl: 6

sample	Medias	n	E.E.	
CP-EI	0,45	3	0,01	A
CP-EII	0,95	3	0,01	B
CP-EIII	1,43	3	0,01	C

Medias con una letra común no son sig  
 significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Figura 14. Resumen

sample	Variable	Media	D.E.	E.E.	Mediana
CP-EI	mg FeSO <sub>4</sub> /100g fw	225,05	5,85	3,38	225,05
CP-EII	mg FeSO <sub>4</sub> /100g fw	473,33	6,69	3,86	473,33
CP-EIII	mg FeSO <sub>4</sub> /100g fw	712,70	6,16	3,56	714,93

Amagua (2020)  
 Hojas enfermas con elicitores  
 %inh Fe<sup>2+</sup> 104,322 y 100,663  
 uM de Fe<sup>2+</sup>/g

Ácido salicílico  
 Metil Jasmato



## Determinación de compuestos fitoquímicos

### Determinación TPC

$$y = 0.0061x + 0.1393 \quad (R^2 = 0.9941)$$

Figura 16. Comparación Kruskal Wallis

Trat.	Medias	Ranks	
CP-EI	150,94	2,00	A
CP-EII	192,65	5,00	A B
CP-EIII	276,62	8,00	B

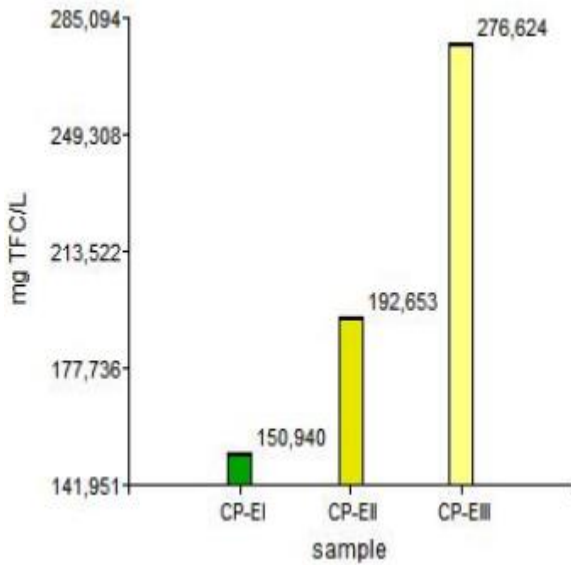
Medias con una letra común no significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

Figura 17. Resumen

sample	Variable	Media	D.E.	E.E.	Mediana
CP-EI	mg QE/g fw	7,55	0,05	0,03	7,57
CP-EII	mg QE/g fw	9,63	0,05	0,03	9,65
CP-EIII	mg QE/g fw	13,83	0,04	0,02	13,84

Mejía (2022)  
 Maduro -  $10,39 \pm 0,19$  mg GAE/g fw (MeOH)  
 Verde -  $7,26 \pm 0,49$  mg GAE/g fw (MeOH)

Figura 5. Contenido de fenoles totales



Oniszczuk et al., (2019)  
 TPC directamente proporcional  
 Act. antioxidante

### Determinación TFC

$$y = 0,0149x + 0,0983 \quad (R^2 = 0,9915)$$

Figura 21. Prueba Tukey

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,34945

Error: 0,0195 gl: 6

sample Medias n E.E.

CP-EI	1,64	3	0,08	A
CP-EII	2,80	3	0,08	B
CP-EIII	5,29	3	0,08	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

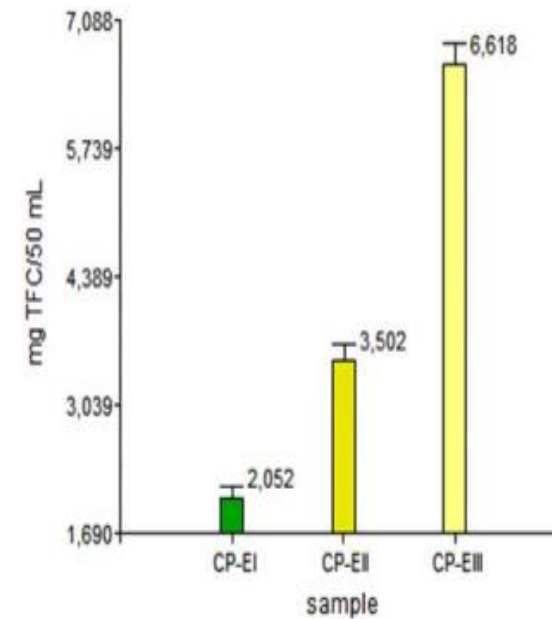
Figura 22. Resumen

sample	Variable	Media	D.E.	E.E.	Mediana
CP-EI	mg QE/g fw	1,64	0,09	0,05	1,65
CP-EII	mg QE/g fw	2,80	0,13	0,08	2,80
CP-EIII	mg QE/g fw	5,29	0,18	0,10	5,33

Carica papaya – India/LCMS - MS

Zunjar et al. (2015)  
 TFC =  $22.99 \pm 0.02$   $\mu$ g QE/mg fw  
 CP-EI =  $5,29$  mg QE/g fw

Figura 6. Contenido de flavonoides totales



## Correlación de Pearson

**Figura 7.** Coeficientes de correlación de Pearson entre los principios activos y el carácter antioxidante.

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	TPC	TFC	DPPH	ABTS	FRAP
TPC	1,00	4,4E-05	8,6E-12	1,2E-05	1,1E-06
TFC	0,96	1,00	7,4E-05	9,1E-09	3,5E-07
DPPH	1,00	0,95	1,00	2,2E-05	2,4E-06
ABTS	0,97	1,00	0,97	1,00	6,0E-09
FRAP	0,99	0,99	0,98	1,00	1,00

Altas correlaciones entre capacidad antioxidante y fenoles totales

Lino et al. (2015)  
TPC y TFC donan H<sup>+</sup> --  
desactivación RL

Estructuralmente propicios para combatir RL

Domínguez (2011)  
piña cv. "Esmeralda" – 4 estadios

> Madurez --- > Presencia de  
compuestos fenólicos --- > capacidad  
antioxidante

## Determinación del peso seco - % humedad

**Tabla 4.** Pesos frescos, pesos secos y % de humedad en muestras de babaco.


Nombre	#Rep	Peso fresco (g)	Peso seco (g)	% Humedad
	1	1,015	0,392	61,379
CP-EI	2	1,008	0,402	60,119
	3	1,010	0,400	60,396
CP-EII	1	1,012	0,250	75,296
	2	1,011	0,242	76,063
	3	1,007	0,237	76,465
CP-EIII	1	1,016	0,095	90,650
	2	1,010	0,100	90,099
	3	1,012	0,084	91,700

Vega-Gálvez et al. (2021)  
Fruto maduro (Amarillo) - 94,05%  
humedad

Fruta perecedera (Acumulación  
de agua)

- 1 **Introducción**
- 2 **Objetivos**
- 3 **Materiales y Métodos**
- 4 **Resultados y Discusión**
- 5 **Conclusiones**
- 6 **Recomendaciones**
- 7 **Agradecimientos**





Se recolectaron muestras frutales de *Carica pentagona* Heilborn (babaco) en tres diferentes estadios de madurez postcosecha (estado fisiológico, madurez incompleta y madurez comercial) obteniendo su extracto etanólico.

Se evaluó la cantidad de compuestos polifenólicos como fenoles y flavonoides totales en donde las muestras de babaco en su tercer estadio de madurez presentaron las concentraciones más elevadas de fenoles totales con valores promedio de 13,83 mg GAE/g fw y de flavonoides totales con valores promedio de 5,29 mg QE/g fw.

Las muestras frutales de babaco pertenecientes al tercer estadio de madurez postcosecha también mostraron las mayores actividades antioxidantes en relación al porcentaje de inhibición con valores promedio iguales a 75,51  $\mu\text{mol Trolox/g fw}$  para la prueba ABTS y 175,22  $\mu\text{mol Trolox/g fw}$  para la prueba DPPH, además el poder reductor cuantificado por el método FRAP también fue mayor en las muestras en el tercer estadio con un valor promedio de 1,425 mM  $\text{Fe}^{2+}$  correspondiente a un actividad de 712,70 mg  $\text{FeSO}_4/100 \text{ g fw}$ .

Tomando en cuenta los resultados se puede concluir que la actividad antioxidante tiene una relación directamente proporcional con la cantidad de fenoles y flavonoides totales y viceversa en las muestras frutales de babaco analizadas comprobándose así los coeficientes de correlación de Pearson que arrojaron valores de correlación altamente positivos entre las pruebas de actividad antioxidante y las pruebas para cuantificar componentes fenólicos y flavonoides.

Se determinó que *Ch. pubescens* K. es una posible fuente de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes que podrían aprovecharse como las de su pariente norteamericano (*Ch. virginicus* L.) y de Asia oriental (*Ch. retusus*).



- 1 **Introducción**
- 2 **Objetivos**
- 3 **Materiales y Métodos**
- 4 **Resultados y Discusión**
- 5 **Conclusiones**
- 6 **Recomendaciones**
- 7 **Agradecimientos**





Se recomienda realizar pruebas con extractos metanólicos debido a su proceso de extracción más eficaz que puedan servir como base para una comparación entre ambos extractos.

Tener en cuenta más estadios de madurez puede ayudar a tener más puntos de control, en este caso, es recomendable realizar análisis en estadios donde la fruta esté cerca o atravesando la putrefacción para tener estudios que prevengan problemas de salud asociadas a la ingesta de frutas de babaco en descomposición.

Realizar análisis HPLC-MS para la muestra en estadio de madurez completa para obtener información acerca de todos los compuestos presentes y los beneficios que estos pueden aportar a la dieta y a su uso como conservante natural.

Se recomienda realizar un estudio fitoquímico y de carácter antioxidante para las cáscaras del fruto de babaco y realizar las respectivas comparaciones con los resultados obtenidos en la pulpa.



- 1** Introducción
- 2** Objetivos e Hipótesis
- 3** Materiales y Métodos
- 4** Resultados y Discusión
- 5** Conclusiones
- 6** Recomendaciones
- 7** Agradecimientos





Raluca Alexandra Mihai, Ph. D.  
**Directora del proyecto**

Laboratorio de Biotecnología del Centro  
de Investigación de Aplicaciones Militares  
“CICTE – ESPE”

**Compañeros/as del laboratorio**

**Familia y Amigos**

