



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA
BIOTECNOLOGÍA

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA BIOTECNÓLOGA**

Evaluación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en
residuos agroindustriales (semilla y cáscara) de maracuyá y mango en
Ecuador.

Autor: Alvarez Granizo Cristina Salomé

Director: Mihai Raluca Alexandra, PhD

Quito, 4 de agosto del 2026



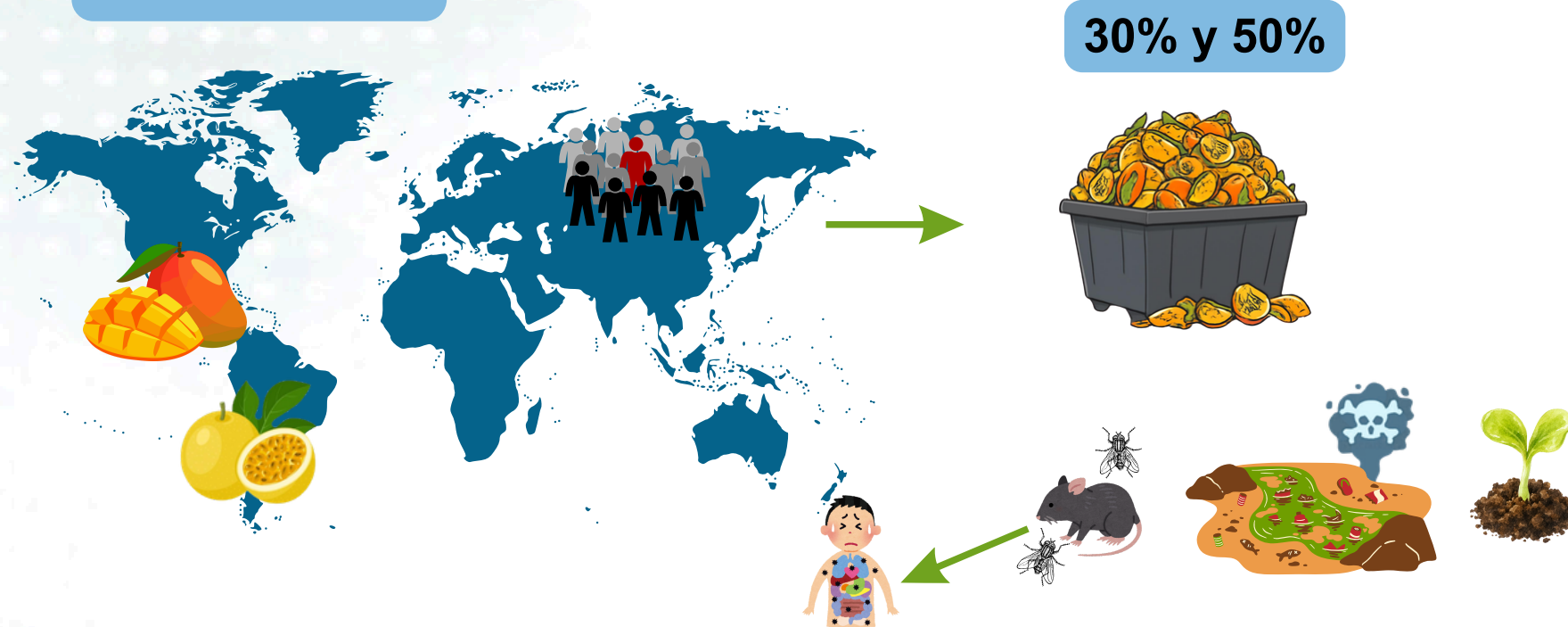
ÍNDICE



1	Introducción
2	Objetivos
3	Materiales y Métodos
4	Resultados y Discusión
5	Conclusiones
6	Recomendaciones

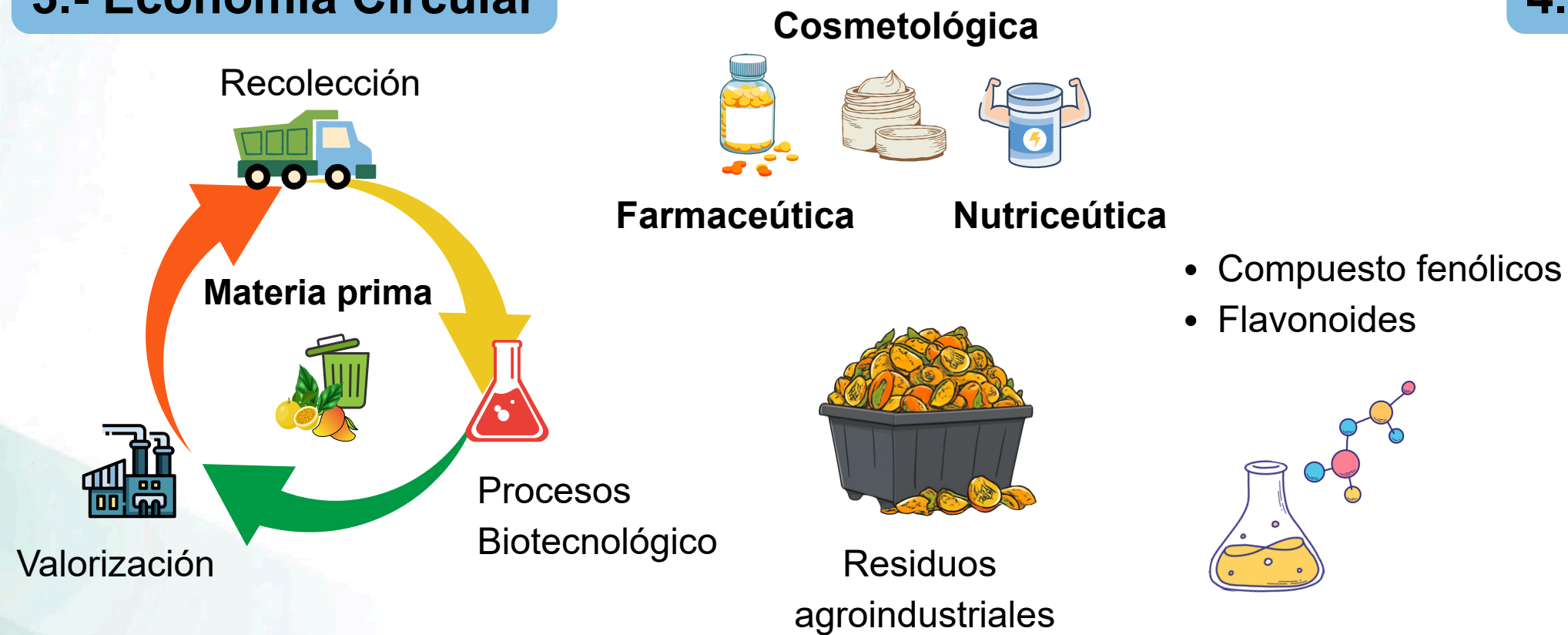
INTRODUCCIÓN

1.- Contexto



¡Más de la mitad del fruto puede convertirse en en residuos!

3.- Economía Circular



2.- Ecuador

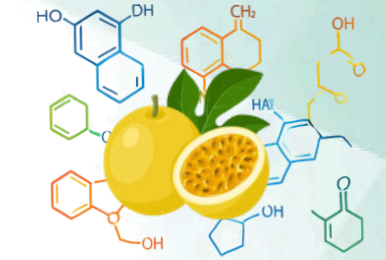
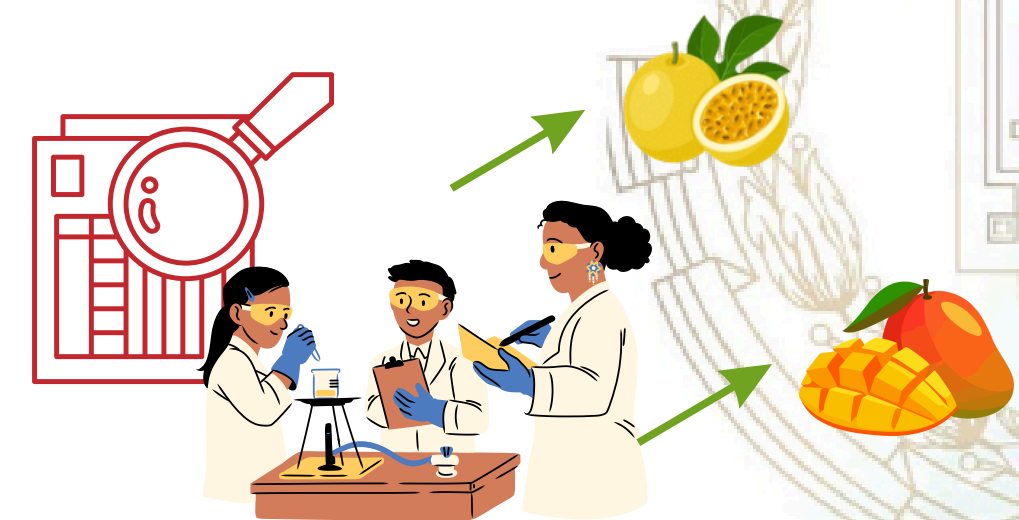


Producción Ecuador 2024

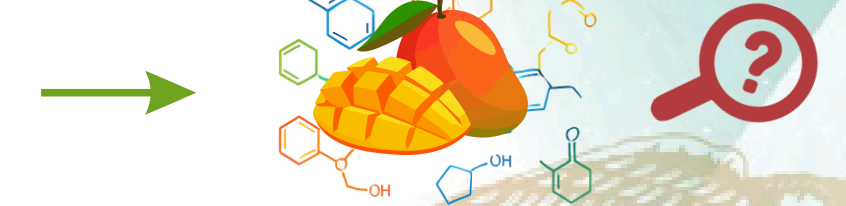
Mango: 68,200 toneladas

Maracuyá: 65.19 Toneladas

4.- Vacío científico



Maracuyá (60%-70% Residuos)

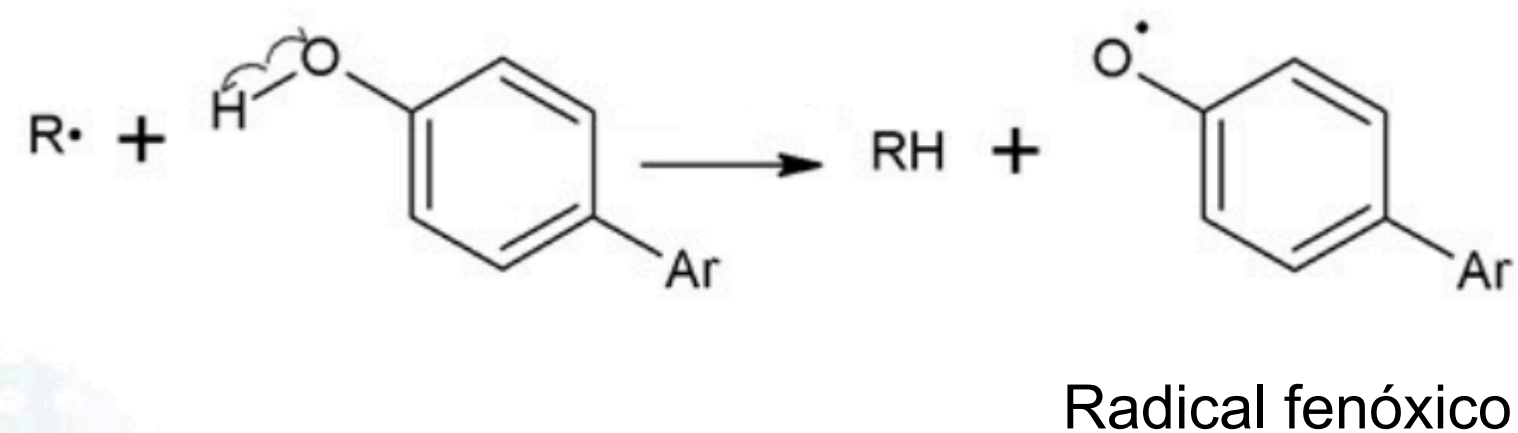


Mango (35%-60% Residuos)

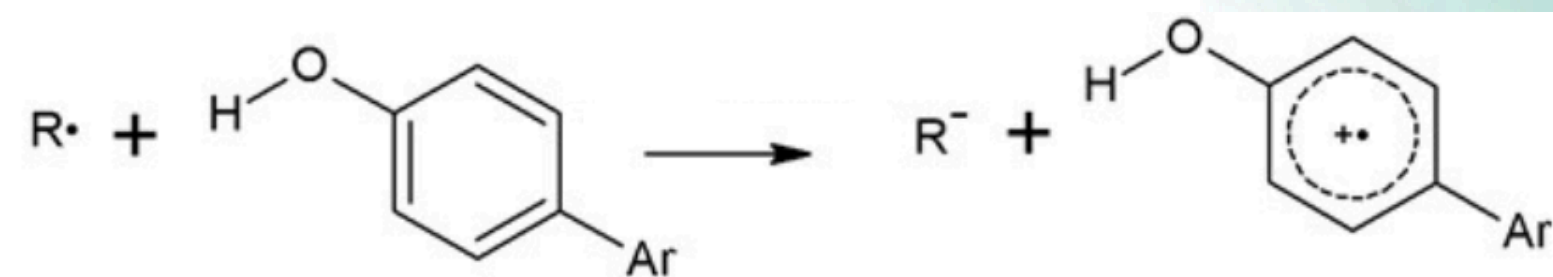
INTRODUCCIÓN

Antioxidantes

1.-Transferencia de un átomo de hidrógeno (HAT)



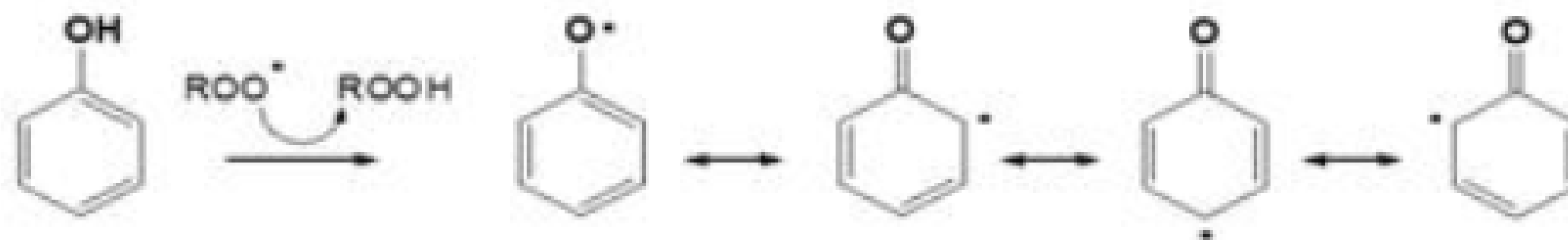
2.- Transferencia de un electrón (SET)



radical cation ($\text{ArOH}^{+\bullet}$)

Pierde un protón (H^+)

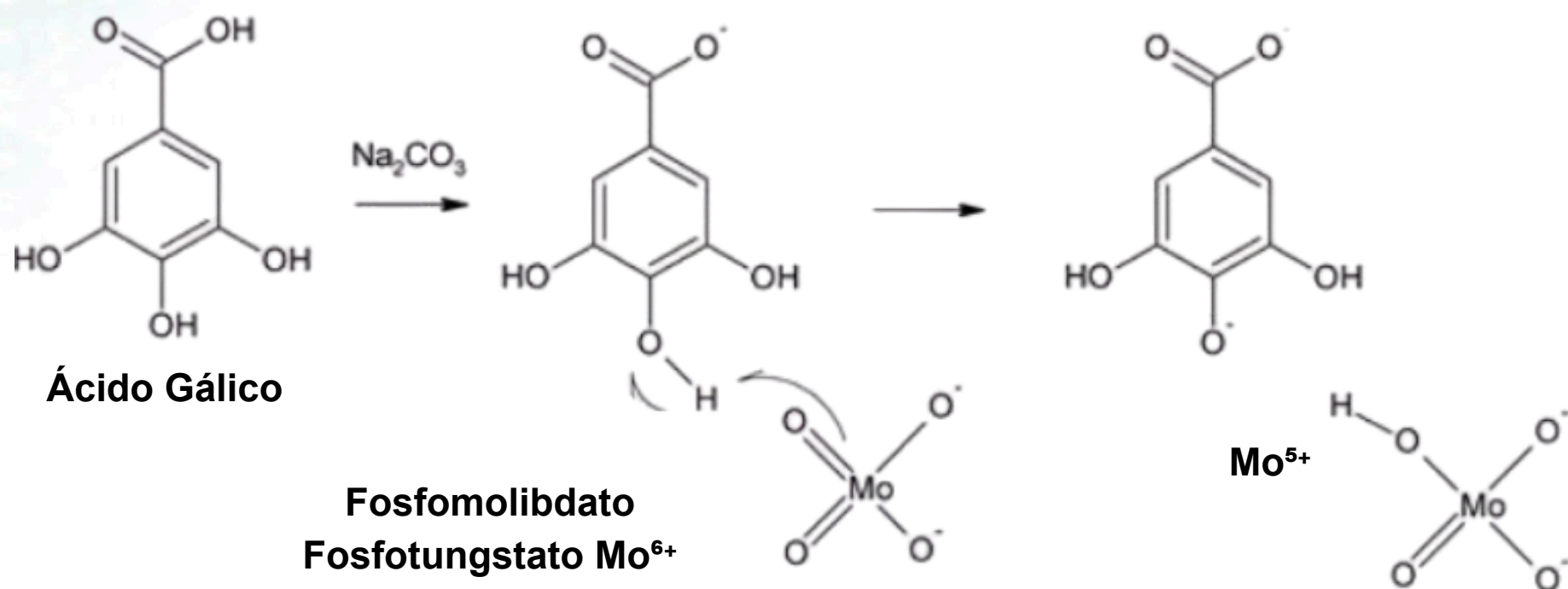
Estabilización por resonancia de un radical antioxidante



INTRODUCCIÓN

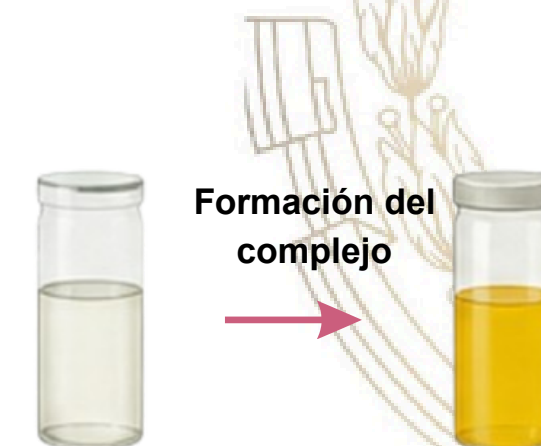
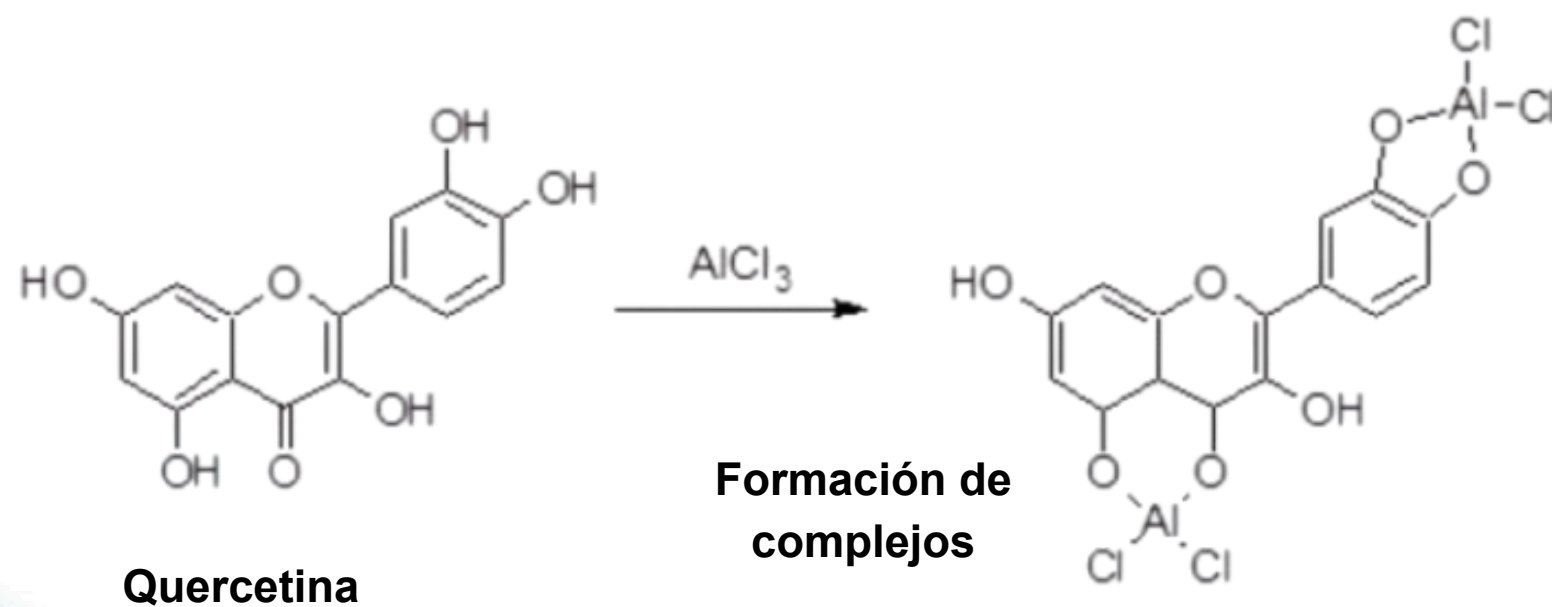
Ensayos

• Folin-Ciocalteu: evaluación del contenido fenólico total



Cuanto mayor sea la cantidad de compuestos fenólicos presentes en la muestra, más intenso será el color azul formado.

• Cloruro de aluminio (AlCl_3): evaluación del contenido de flavonoides

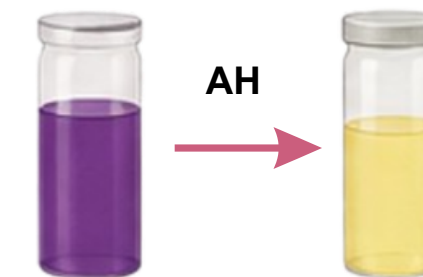
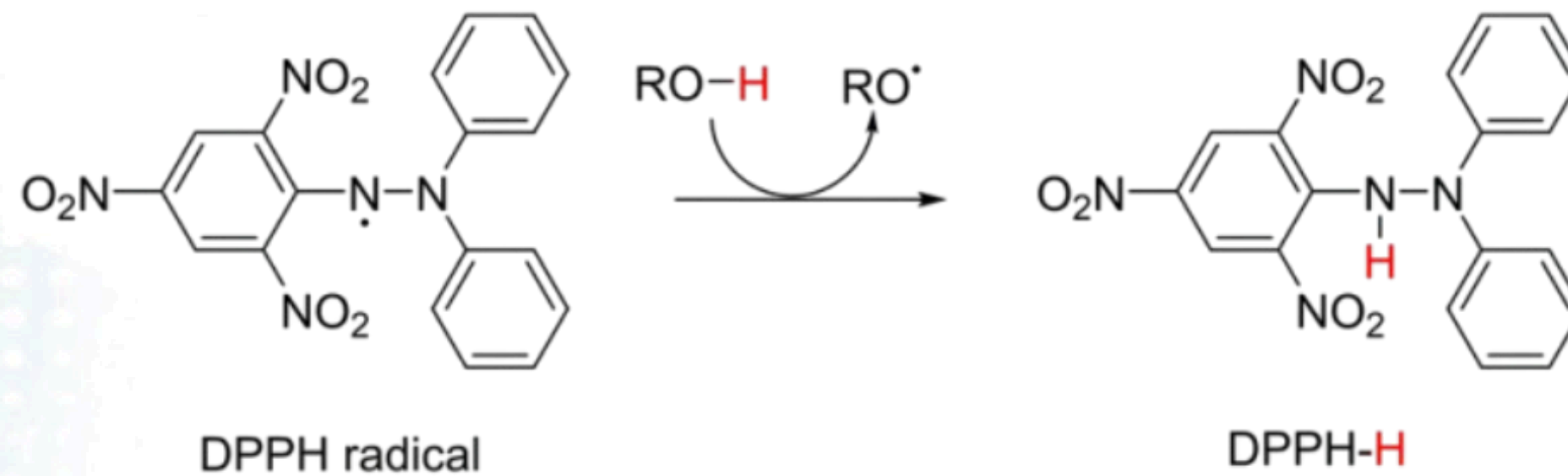


La intensidad del color formado es proporcional a la concentración de flavonoides presentes

INTRODUCCIÓN

Ensayos

DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil): evaluación de la capacidad antioxidante



La disminución de absorbancia es proporcional a la capacidad antioxidante de la muestra

Objetivos



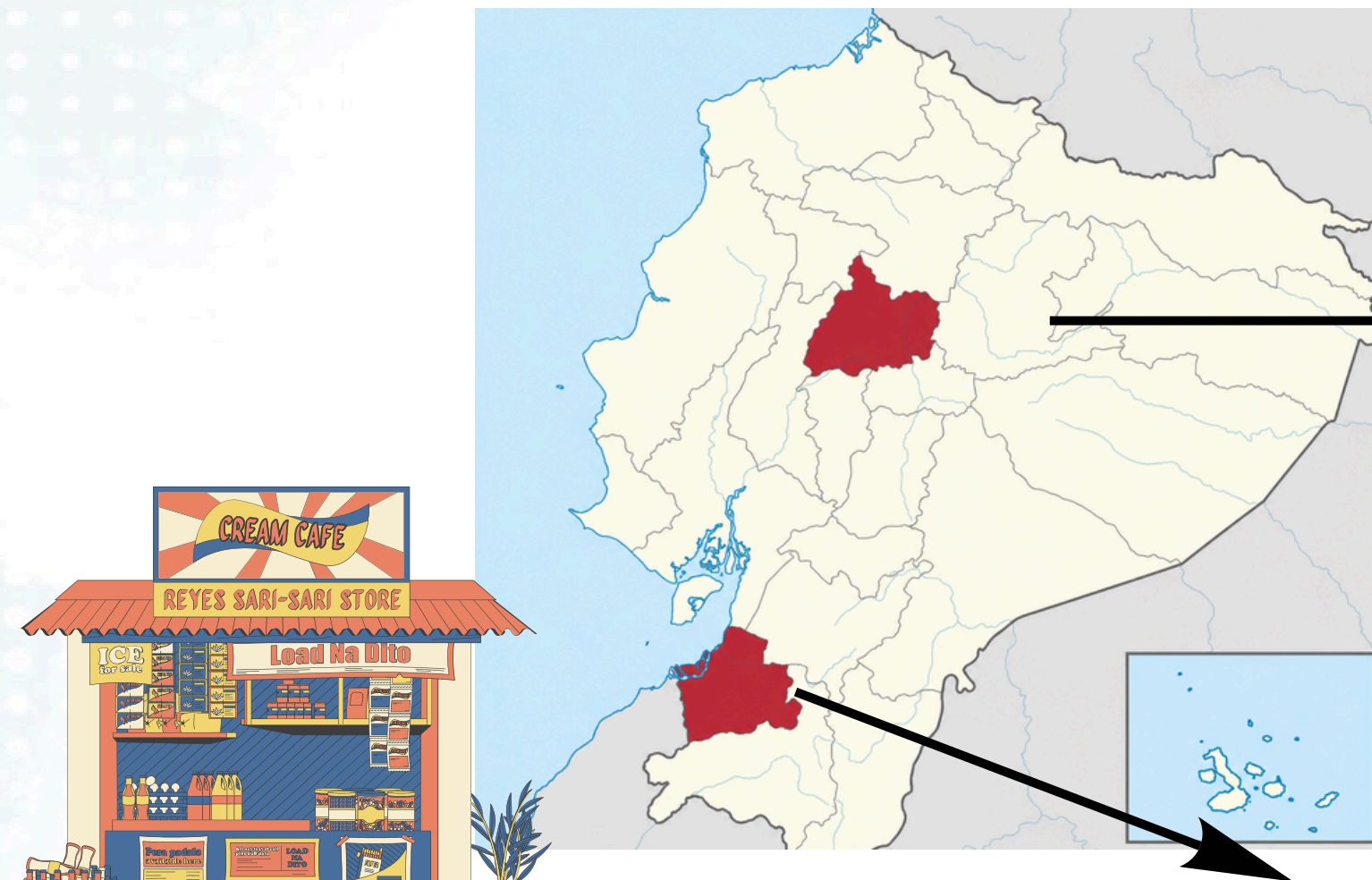
Objetivo general

- Evaluar compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en residuos agroindustriales (semilla y cáscara) de maracuyá y mango en Ecuador.

Objetivos específicos

- Determinar la concentración de compuestos fenólicos totales, con el método Folin Ciocalteu, en residuos agroindustriales (semilla y cáscara) de maracuyá y mango.
- Analizar la concentración de flavonoides, con el método de Cloruro de Aluminio, en residuos agroindustriales (semilla y cáscara) de maracuyá y mango.
- Evaluar el carácter antioxidante en residuos agroindustriales (semilla y cáscara) de maracuyá y mango, a través del método DPPH.

1.Recolección del material vegetal



Pangua
Cotopaxi

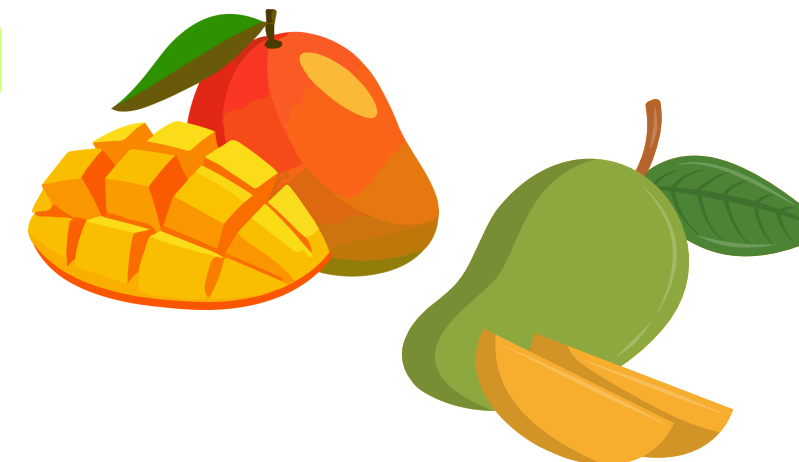


Passiflora edulis f. flavicarpa



Residuos
agroindustriales

Chacras
El Oro



Mangifera indica L. var. Tommy Atakis



Materiales y métodos

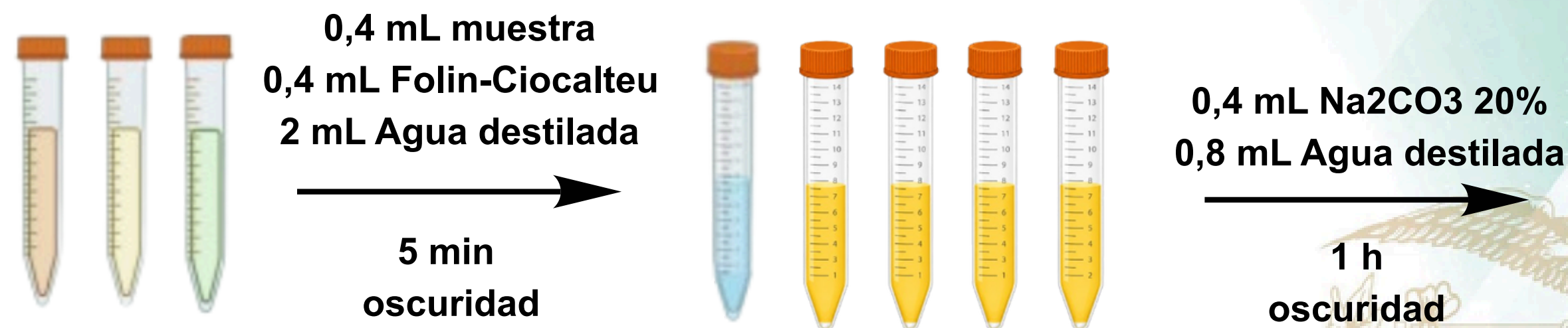
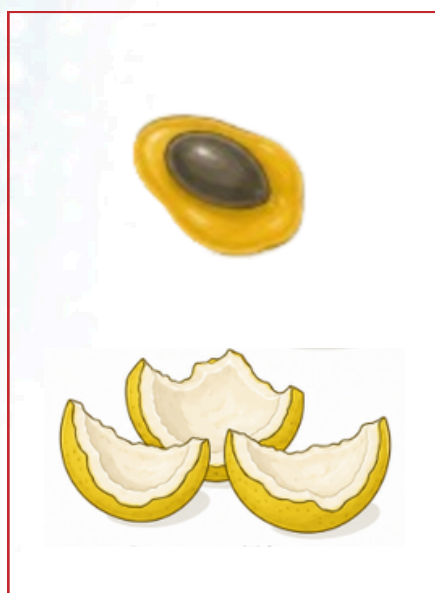
2.Extracción de principios activos



Materiales y métodos

1. Determinación del contenido fenólico (Folin-Ciocalteu)

- Cáscara de maracuyá 1:100
- Semilla de maracuyá 1:200
- Cáscaras de mango 1:200
- Semillas de mango 1:400

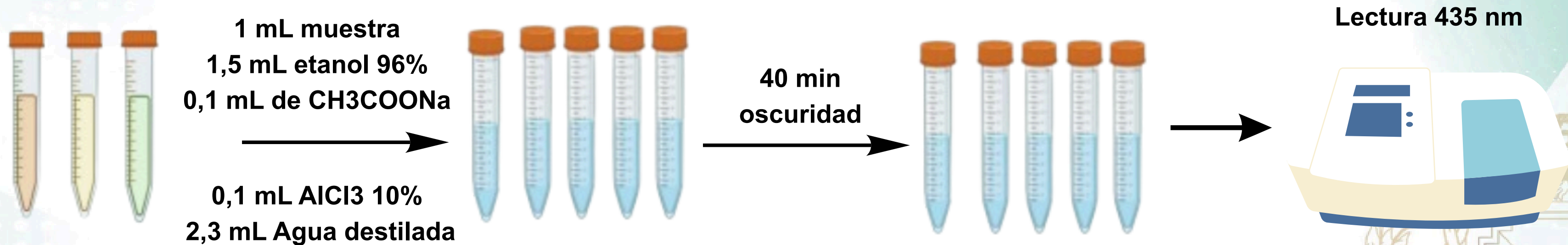


Lectura 765 nm



Materiales y métodos

2. Determinación del contenido de flavonoides (Cloruro de aluminio)



3. Determinación de la capacidad antioxidante (DPPH)





Materiales y métodos

1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO



- **Media**
Valor promedio de cada variable.
- **Error estándar (EE)**
Variabilidad de las réplicas experimentales.

2 VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS



- **Normalidad**
Prueba de Shapiro–Wilk para evaluar si los datos siguen una distribución normal.



- **Homogeneidad de varianzas**
Prueba de Levene para verificar la igualdad de varianzas entre grupos.

3 COMPARACIÓN ENTRE CÁSCARA Y SEMILLA



Según el cumplimiento de los supuestos, se aplicaron:

- ANOVA
- ANOVA de Welch
- Prueba de Mann–Whitney

Para comparar cada especie:
maracuyá, mango verde y mango maduro.

4 CORRELACIÓN ENTRE VARIABLES

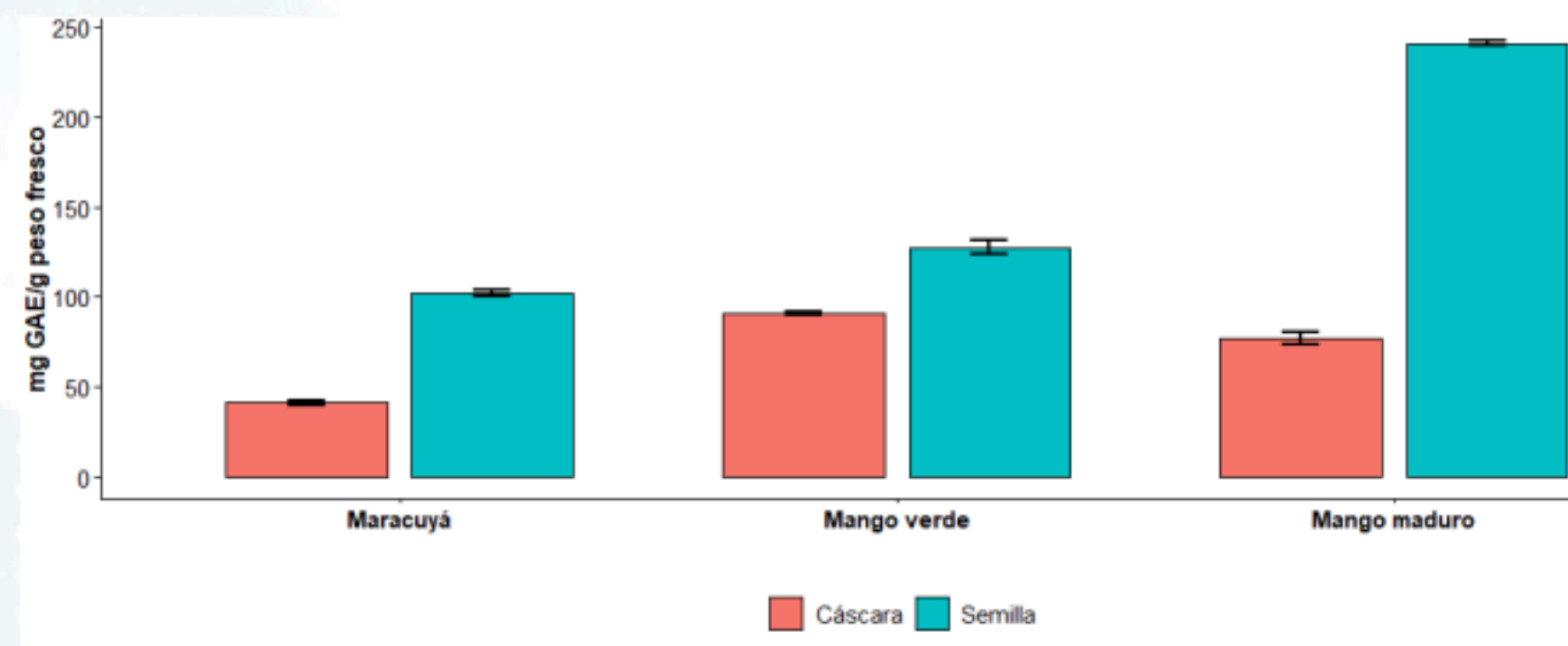


- **Correlación de Spearman**
Determina la relación entre:
 - ✓ Compuestos fenólicos totales
 - ✓ Flavonoides totales
 - ✓ Capacidad antioxidante (DPPH)

Resultados y Discusión

Determinación del contenido fenolico total (Folin-Ciocalteu)

Figura 1. Media $\pm$ desviación estándar de la capacidad antioxidante en mg GAE/g.



El análisis estadístico evidenció diferencias significativas entre cáscara y semilla en las muestras evaluadas.

Shapiro-Wilk $p > 0,05$ ✓

Prueba de Levene $p > 0,05$ ✗

ANOVA
ANOVA Welch (Mango verde) ✓

Tabla 1. Contenido de compuesto fenólicos totales.

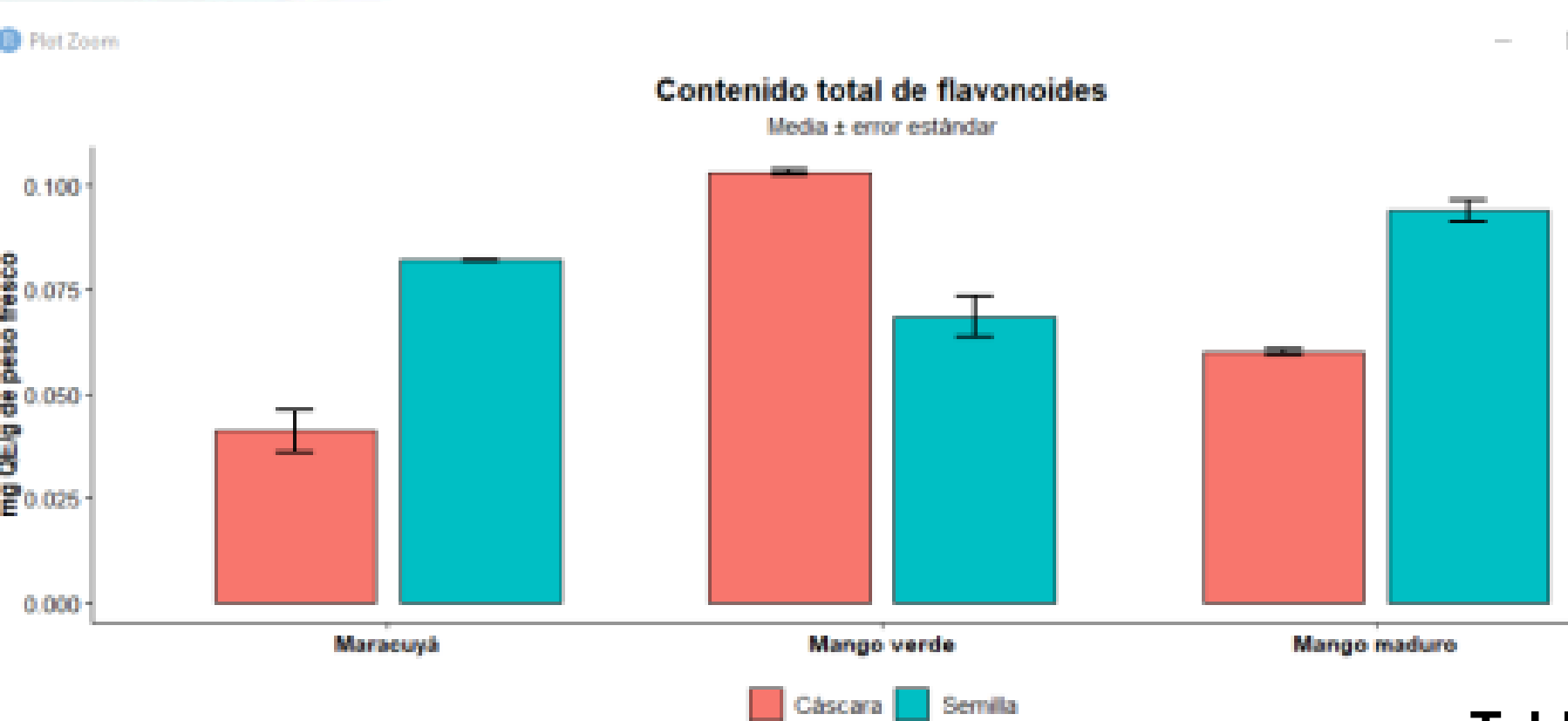
Fruta	Tejido	Media $\pm$ EE (mg GAE/g PF)
Maracuyá	Cáscara	41.11 $\pm$ 1.09
Maracuyá	Semilla	101.65 $\pm$ 1.67
Mango verde	Cáscara	90.96 $\pm$ 0.73
Mango verde	Semilla	127.42 $\pm$ 3.64
Mango maduro	Cáscara	76.88 $\pm$ 3.39
Mango maduro	Semilla	240.89 $\pm$ 1.06

Tabla 1.1. Comparación de contenido de compuesto fenólicos totales.

Autor	Muestra	Tipo de muestra	Extracción	Concentración
Reyna et al., 2025	Mango Cáscara	Seca	Ultrasonido, hidroalcohólica	2562 mg GAE/g
Reyna et al., 2025	Mango Semilla	Seca	Ultrasonido, hidroalcohólica	212 mg GAE/g
Samudin et al., (2022)	Semilla de maracuyá (Malasia)	Fresca	Etanol 70%	9,1 mg GAE/g

Determinación del contenido de flavonoides (Cloruro de Aluminio)

Figura 2. Media $\pm$ desviación estándar de la capacidad antioxidante en mg EQ/g.



Se identificaron diferencias significativas en el contenido de flavonoides entre cáscara y semilla

Shapiro-Wilk $p > 0,05$ 

Prueba de Levene $p > 0,05$ 

ANOVA
Mann-Whitney (Mango verde) 

Tabla 2. Contenido de flavonoides totales expresada en mg EQ/g.

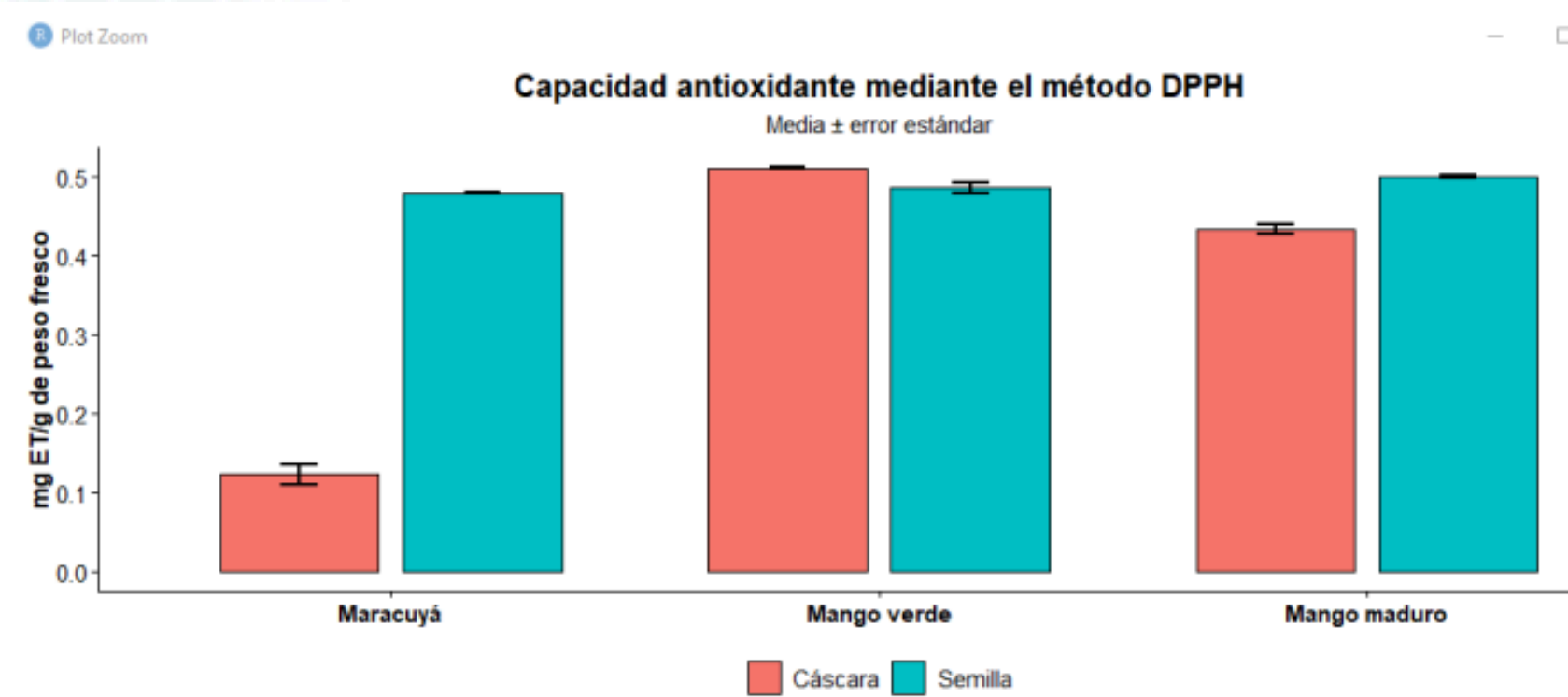
Fruta	Tejido	Media $\pm$ EE (mg QE/g PF)
Maracuyá	Cáscara	0.041 $\pm$ 0.010
Maracuyá	Semilla	0.082 $\pm$ 0.001
Mango verde	Cáscara	0.103 $\pm$ 0.001
Mango verde	Semilla	0.07 $\pm$ 0.001
Mango maduro	Cáscara	0.06 $\pm$ 0.001
Mango maduro	Semilla	0.094 $\pm$ 0.005

Tabla 2.1. Comparación de contenido de flavonoides.

Autor	Muestra	Tipo de muestra	Extracción	Concentración
Kuganesan et al., 2015	Pulpa de mango	Seca	Metanol	350 mg QE/g
Kuganesan et al., 2015	Cáscara de mango	Seca	Metanol	140 mg QE/g
Zainol & Yi, 2023	Hojas de maracuyá (<i>P. edulis</i>)	Seca	Ultrasonido, etanol 75%	90.94 mg QE/g

Determinación de la capacidad antioxidante (DPPH)

Figura 3. Media ± desviación estándar de la capacidad antioxidante en mg ET/g



La capacidad antioxidante presentó diferencias significativas entre los tejidos evaluados.

Shapiro-Wilk $p > 0,05$ ✓

Prueba de Levene $p > 0,05$ ✓

ANOVA ✓

Tabla 3. Capacidad antioxidante expresada en mg ET/g Pf.

Fruta	Tejido	Media ± EE (mg ET/g PF)
Maracuyá	Cáscara	0.123 ± 0.025
Maracuyá	Semilla	0.479 ± 0.003
Mango verde	Cáscara	0.511 ± 0.001
Mango verde	Semilla	0.486 ± 0.014
Mango maduro	Cáscara	0.434 ± 0.011
Mango maduro	Semilla	0.501 ± 0.005

Tabla 3.1. Comparación de contenido de antioxidantes.

Autor	Muestra	Tipo de muestra	Extracción	Concentración
Reyna et al., 2025	Mango Semilla	Seca	Ultrasonido, hidroalcohólica	500.67 µg/mL
Reyna et al., 2025	Mango Cáscaras	Seca	Ultrasonido, hidroalcohólica	221mg µg/mL
Samudin et al., (2022)	Semilla de maracuyá (Malasia)	Extracto	Etanol 75%	IC50 = 83.85 mg/L

Tabla 4. Correlación de Sperman

Relación evaluada	Coeficiente	p-Valor	Interpretación	Significado
Flavonoides vs DPPH	0,961	< 0,001	muy fuerte	Los flavonoides son los principales responsables de la actividad antioxidante
Fenoles totales vs DPPH	0,620	0,00123	moderada	No todos los compuestos fenólicos son igualmente activos en DPPH
Fenoles totales vs Flavonoides	0,606	0,00171	moderada	Los flavonoides son solo una fracción de los fenoles totales presentes

- Los flavonoides son los principales responsables de la actividad antioxidante en los extractos, lo que se explica por su estructura química con grupos hidroxilo que donan electrones al radical DPPH.
- No todos los compuestos fenólicos contribuyen por igual a la actividad antioxidante; compuestos de alto peso molecular como taninos pueden reaccionar más lentamente con el radical DPPH.
- Los flavonoides representan solo una fracción de los compuestos fenólicos totales; existen otros compuestos como ácidos fenólicos y taninos que también contribuyen al contenido fenólico total.

Conclusiones

- Los residuos agroindustriales de mango y maracuyá contienen compuestos fenólicos en concentraciones que varían según la especie, el tejido y el estado de maduración. Las semillas presentaron contenidos significativamente mayores que las cáscaras ($p < 0,05$), destacando la semilla de mango maduro (240,89 mg GAE/g PF). Estos resultados confirman que las semillas, especialmente las de mango, constituyen la principal fuente de compuestos fenólicos entre los subproductos evaluados.
- La cáscara de mango verde registró el mayor contenido de flavonoides (0,103 mg QE/g PF) y la mayor capacidad antioxidante (0,511 mg ET/g PF), mientras que la maduración produjo una disminución de estos parámetros en la cáscara y un ligero incremento en las semillas. Estos resultados demuestran que el tejido vegetal y el estado de maduración influyen en la distribución de los metabolitos secundarios.
- La fuerte correlación entre flavonoides y DPPH ($\rho = 0,961$) confirma que estos compuestos son los principales responsables de la actividad antioxidante en los residuos evaluados, posicionando a la semilla de mango maduro y a la semilla de maracuyá como las fuentes más prometedoras para la obtención de compuestos bioactivos.

Recomendaciones

- Evaluar métodos de extracción más eficientes, como la extracción asistida por ultrasonido con hidroalcohol, para maximizar la recuperación de compuestos fenólicos y flavonoides, debido a que esta técnica incrementa significativamente el rendimiento en comparación con la extracción convencional, lo que podría acercar los valores obtenidos en peso fresco a los reportados en base seca.
- Complementar los análisis espectrofotométricos con técnicas cromatográficas (HPLC-DAD o HPLC-QTOF-MS) para identificar y cuantificar compuestos específicos como mangiferina, ácido gálico, quercetina e isoorientina. Esto permitiría establecer el perfil fitoquímico exacto de cada subproducto y explicar las diferencias en la actividad antioxidante entre especies y tejidos.
- Ampliar el estudio a diferentes variedades de mango y maracuyá cultivadas en distintas regiones del Ecuador, con el fin de identificar aquellas con mayor potencial para la obtención de compuestos bioactivos y evaluar la influencia de las condiciones agroclimáticas en su contenido fenólico y antioxidante.

Agradecimientos

Raluca Alexandra Mihai, Ph. D.

Directora del proyecto

Ing. Grace Tatiana Páez Barrera, MSc.

Opositor

Dra. Blanca Fabiola Naranjo Puente.

Delegado de Carrera

Familia y amig@s.



“Algunas etapas terminan pero las personas que las hicieron inolvidables permanecen en el corazón”. GRACIAS...

