



Factores determinantes de la calidad del café tostado durante el almacenamiento

Claudia Patricia Gallego Agudelo

Disciplina de Calidad

Contenido

del seminario



1. Factores que interactúan

- 1 Calidad del café
- 2 Transformaciones durante el tueste y almacenamiento



2. Estabilidad y conservación

- 3 Almacenamiento del café: Industria – Consumo
- 4 Rol del empaque: Materiales e importancia



3. Investigación y resultados

- 5 Antecedentes y objetivo
- 6 Resultados y conclusiones



Calidad del café

La calidad del café es el resultado de una interacción compleja de factores a lo largo de la cadena de valor



Producción
Pos cosecha



Transformación
(Torrefacción).



Empaque



Almacenamiento



Consumo



Interacción de variables agronómicas, tecnológicas y de procesamiento

La preservación de la integridad física, sensorial y química dependen del empaque y las condiciones de almacenamiento.

Representan los eslabones más críticos de control y determinan la estabilidad del perfil sensorial a lo largo plazo.

Transformaciones del café durante el tueste y almacenamiento

Tueste medio: Aromas dulces como caramelo, miel, vainilla y chocolate.



Estas transformaciones son esenciales para la síntesis de compuestos volátiles y no volátiles, responsables del aroma y sabor del café.

Las compuestos del café verde trillado: son transformadas en la tostación (Carbohidratos, lípidos y proteínas) precursores



Torrefacción (>200°C)

El someter el grano a altas temperaturas desencadena reacciones pirolíticas complejas:



+



(De Luca et al., 2016; Osorio et al., 2021)

Mecanismos del deterioro en almacenamiento y las estrategias de protección

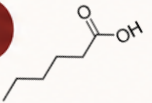
DOS MECANISMOS FUNDAMENTALES

1



Disipación física:
Pérdida de compuestos aromáticos volátiles intensificados por el (CO₂) generados durante el tueste.

2



Oxidación de lípidos:
Generación de radicales que forman subproductos rancios “oxidados” indeseables y deterioran el perfil sensorial.

CONSECUENCIA



El deterioro del café tostado no se pierde por un solo compuesto.

SISTEMA DE PROTECCIÓN MULTIFUNCIONAL



Barrera al oxígeno atmosférico
Permita la salida de CO₂



Barrera a la luz
Evitan la acelerada degradación de compuestos



Control de humedad
Minimizando su incremento



Almacenamiento del café: Industria - Consumo



ALMACENAMIENTO INDUSTRIAL

1 Empaque barrera

- Trilaminados / metalizados
- Barrera a O₂, humedad y luz

2 Control de gases

- Válvula desgasificadora (CO₂)
- Vacío / Atmósfera modificada

3 Condiciones

- Temperatura estable
- Baja humedad
- Sin luz



La industria **controla el ambiente** para preservar calidad y vida útil.



ALMACENAMIENTO EN CASA

1 Forma del café

- Preferible en grano

2 Recipiente

- Hermético
- Opaco
- Bajo volumen de aire

3 Ubicación

- Lugar fresco y seco
- Evitar calor, luz y humedad



En casa, el objetivo es **minimizar la exposición** a factores que aceleran el deterioro.

Materiales de empaque



1. MATERIALES RÍGIDOS

Vidrio, estaño o polímeros termoestables



Alta protección
contra vapor de
agua e impactos

Desventajas

Alto costo por su
fragilidad, transporte
y distribución



2. MATERIALES FLEXIBLES

Polímeros sintéticos (PE,PP) con resinas (EVOH) y fibras naturales (papel Kraft)



Permeabilidad al O₂
y vapor de agua



Desventajas

Menor resistencia
mecánica y baja
capacidad de
barrera



3. FLEXIBLES COMBINADOS (METALIZADOS/LAMINADOS)

Capas de poliéster, aluminio, polietileno y biopolímeros (ácido poliláctico-PLA)



Alta barrera al
oxígeno y humedad



Beneficio adicional
Atenúan defectos
sensoriales



Antecedentes

Estudios Empaque y almacenamiento

2014



Toci & Farah

Tipos de empaques
poliméricos para
café tostado

El material de empaque
y el ambiente determinan
la calidad sensorial y
química

2020



Agustin & Yusya

Estabilidad de
empaques (PETy AIP)
en almacenamiento

El material de empaque
influye en la estabilidad
de la humedad

2021



Osorio et al.

Evaluó el impacto que
tiene las variaciones
de temperatura

Sobre los compuestos
químicos y la calidad
del café

2024



Mayer et al.

Estudiaron que la
temperatura controlada
y HR baja entre 50 y 60%

Son las condiciones
ideales para el
almacenamiento
de café tostado

Nos condujo a plantear

El empaque es un elemento **crítico** en la calidad del café tostado, ya que permite conservar la calidad del café hasta llegar al consumidor final.

Aunque se utilicen empaques adecuados, la calidad puede verse comprometida por las condiciones **ambientales y el tiempo de almacenamiento.**



Con implicaciones económicas en la comercialización y en los productores que avanzan en la cadena de valor.

OBJETIVO

Determinar el **tiempo de conservación** de la **calidad** del café tostado almacenado en diferentes **condiciones ambientales y tipos de empaques**



Calidad del café



Tipos de empaques



Condiciones de almacenamiento



Tiempo de conservación



Laboratorio
Comité de Cafeteros de Caldas
(laboratorio CCC)



Chinchiná
Estación Naranjal (ECN)



Cenicafé

Tipos de empaque evaluados

Sistemas utilizados en la investigación



PK

Papel con dos capas.
Barrera baja a la humedad
y al oxígeno.



PEHD

Trilaminado de alta barrera
al paso de oxígeno y gases.
Estable a alta HR.



ALP/FOIL

Polietileno con aluminio.
Alta barrera a O₂ y vapor
de agua.



Vidrio

Impermeable a los gases.
Inerte, reutilizable
y reciclable.



PELD

Polietileno de baja densidad.
Barrera media, flexible
y de bajo costo.

Barrera al oxígeno y vapor de agua	● Baja	●●● Alta	●●● Alta	●●● Muy alta	●●● Media
Reutilización y sostenibilidad	Biodegradable y compostable	Reutilizable	No reutilizable	Reutilizable (óptima)	Reutilizable y reciclable
Costo relativo	Bajo	Medio	Medio	Alto	Bajo



FASE 1: Recibo de café y tueste

01

RECEPCIÓN Y PREPARACIÓN



El café se seco a una temperatura de aire de 45°C



Trilla clasificación manual de los granos (defectos y pasillas)



360 kg
café almendra



02

EVALUACIÓN INICIAL



Previo al tueste, se evaluó inicialmente el café por el panel de catación



Obteniendo un puntaje en la escala SCA



Puntaje SCA
82,53



03

PROCESO DE TUESTE



Posteriormente el café almendra fue tostado (Probatone-5)



Un tiempo entre 8 – 12 minutos, asegurando el desarrollo de granos



240 kg
café tostado



Esta etapa asegura la calidad inicial del grano y un tueste controlado para el inicio del almacenamiento



FASE 2: Empaque e instalación

01

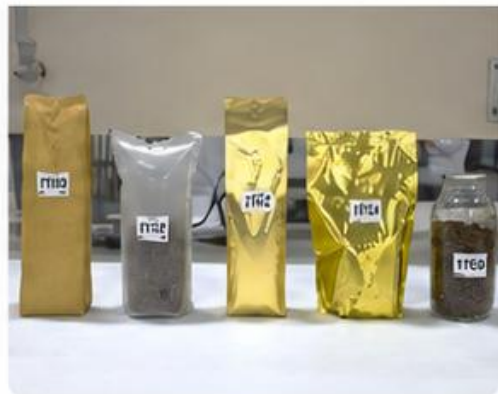
PESO Y EMPAQUE



Peso y empaque por tratamiento.

02

CODIFICACIÓN Y ROTULACIÓN



Codificación y rotulación de cada unidad experimental.

03

ADECUACIÓN DE EQUIPOS



Adecuación de los equipos para el **monitoreo** de condiciones de almacenamiento.

04

INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO



Instalación del experimento en las tres localidades de estudio.

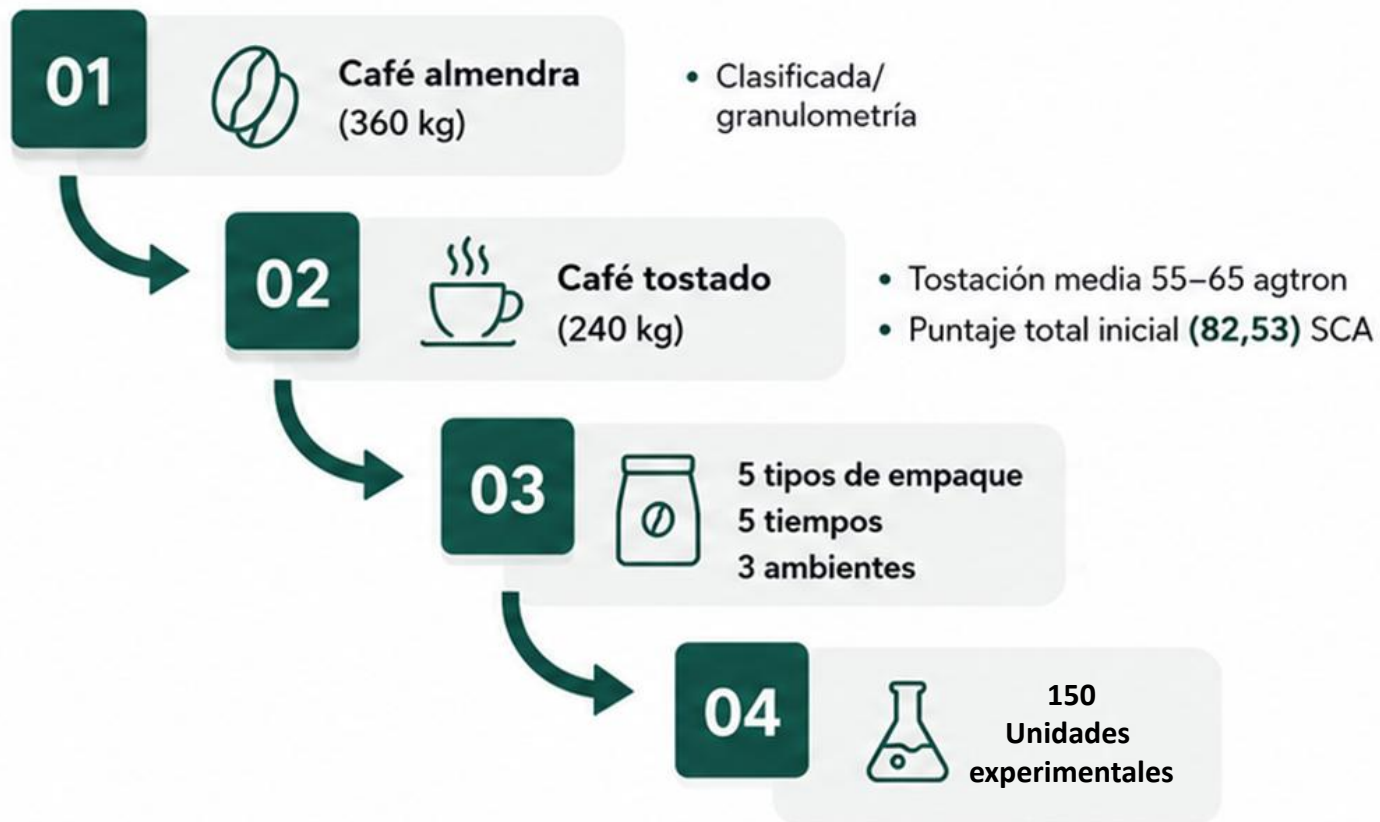


Esta fase garantiza la **trazabilidad** de cada unidad experimental y el **monitoreo continuo** en las tres localidades bajo condiciones controladas.

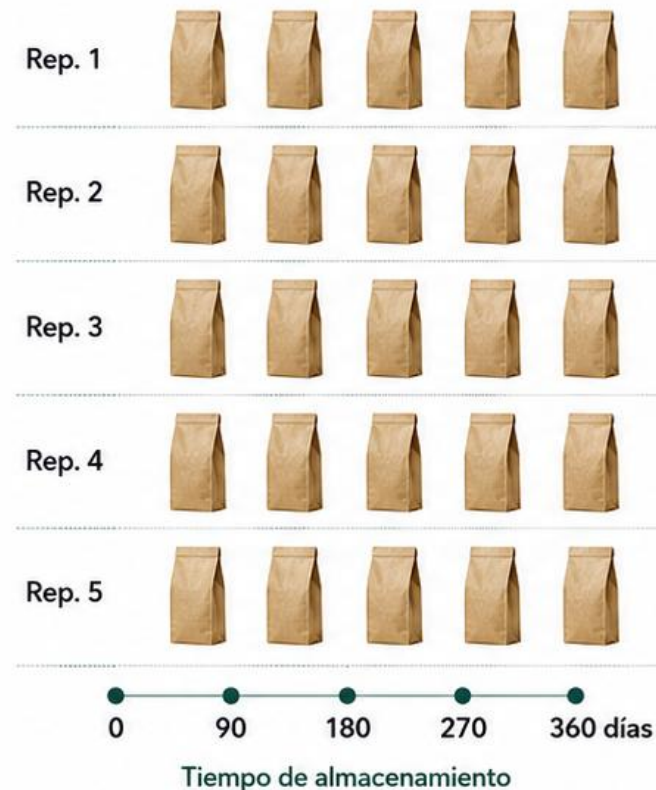




Diseño experimental



1. EMPAQUE (PK)



Unidad experimental: 350 g
café tostado entero
café tostado molido



Diseño completamente aleatorio para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la **calidad del café tostado**

1. EMPAQUES

5 tipos de empaque



Polietileno con aluminio (ALP/FOLI)



Polietileno baja densidad (PELD)



Polietileno alta densidad (PEHD)



Papel Kraft (PK)





Vidrio transparente (VT)

2. LOCALIDADES Y CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

L1


Bodega Estación Central Naranjal (Chinchiná)


 Temperatura
32 – 21,05 °C
(Máx – Mín)

 Humedad relativa
86 – 43 %
(Máx – Mín)

L2


Planalto (Cenicafé)


 Temperatura
28 – 20,86 °C
(Máx – Mín)

 Humedad relativa
87 – 43,3 %
(Máx – Mín)

L3

Laboratorio CCC (Manizales)

 Temperatura
27,3 – 14,5 °C
(Máx – Mín)

 Humedad relativa
85 – 37 %
(Máx – Mín)

3. TIEMPOS DE EVALUACIÓN

5 tiempos



0 días



90 días



180 días



270 días



365 días

4. VARIABLES DEL ESTUDIO



Variable principal

Calidad sensorial (SCA):
Puntaje total

Variables complementarias



- Calidad física (humedad directa y color)
- Composición química (lípidos, ácidos grasos, clorogénicos, índice peróxido, compuestos volátiles)



Condiciones monitoreadas

- Temperatura
- Humedad relativa

Resultados





Condiciones de almacenamiento

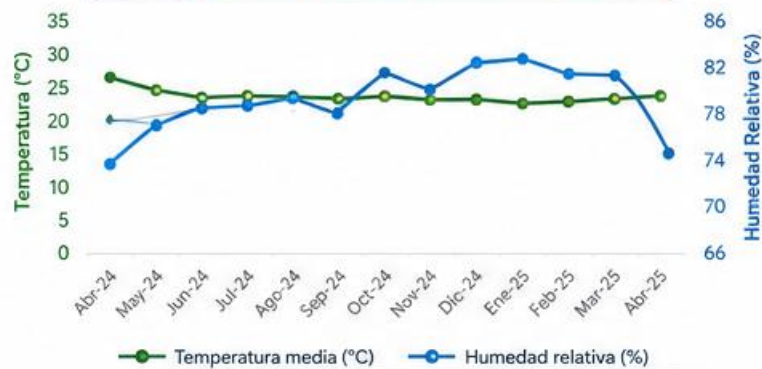
Comportamiento de los ambientes de almacenamiento

LOCALIDAD	CONDICIONES PROMEDIO		
	T media (°C)	(Tmax - Tmin) (°C)	HR media (%)
1. Estación Central Naranjal (ECN)	23,8	31,8 – 21,0	82,0
2. Cenicafé	23,9	28,0 – 20,8	72,6
3. Laboratorio CC	18,6	29,3 – 14,5	79,6

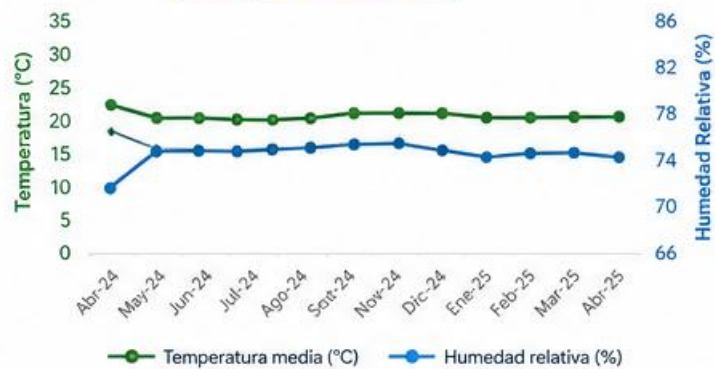


VARIABILIDAD TEMPORAL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

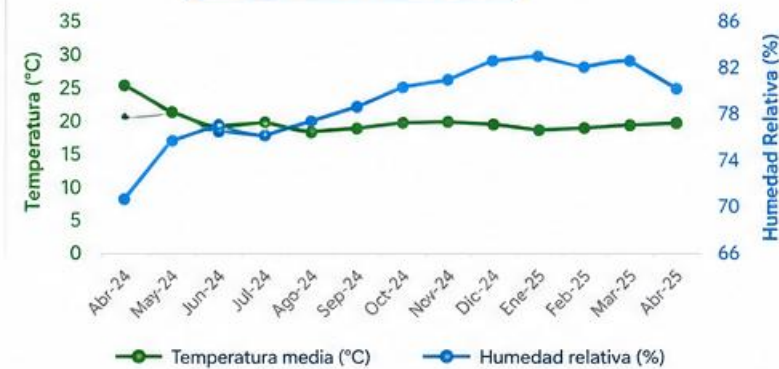
ECN – Estación Central Naranjal



Cenicafé



Laboratorio CC

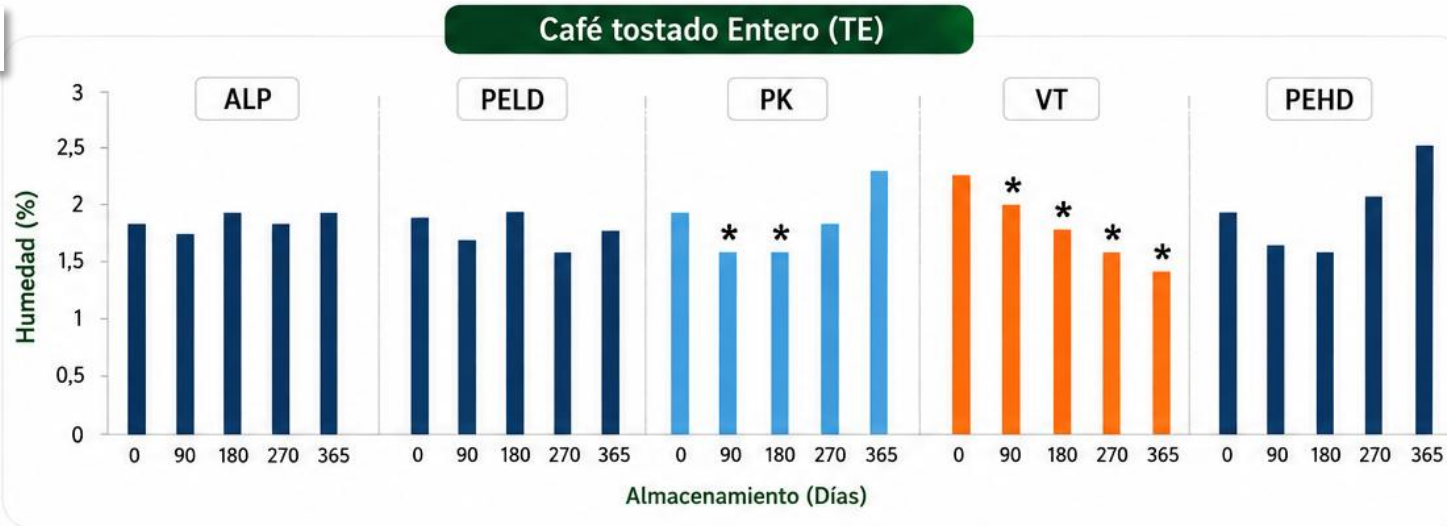




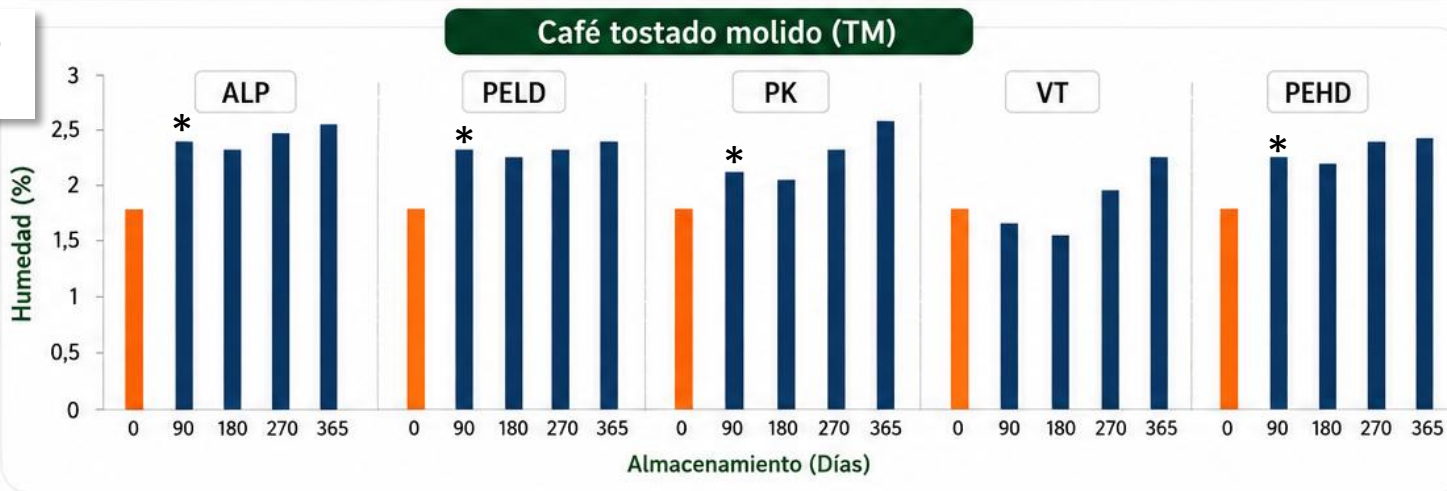
Característica física

Humedad café tostado entero y molido

ECN



Laboratorio CCC



¿QUÉ INDICAN LOS ASTERISCOS?

Diferencias significativas ($p < 0,05$) en la humedad entre los tiempos de almacenamiento (interacción empaque x tiempo).



EN CAFÉ TOSTADO ENTERO (TE)

Los empaques PK y VT mostraron cambios significativos en la humedad a lo largo del tiempo.



En TM, la mayoría de los empaques, **aumentó** el contenido de humedad a partir de los 90 días en los tres sitios de almacenamiento.

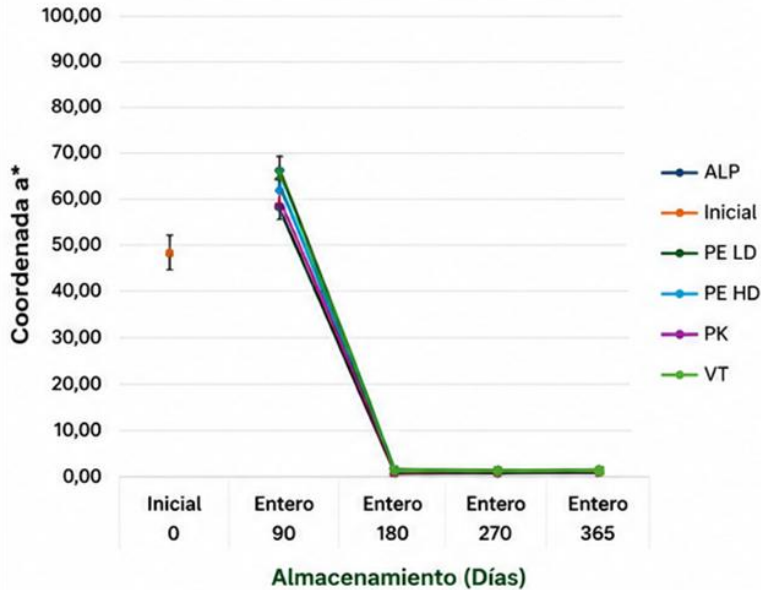
(Belitz & Grosch, 2009)



Característica física

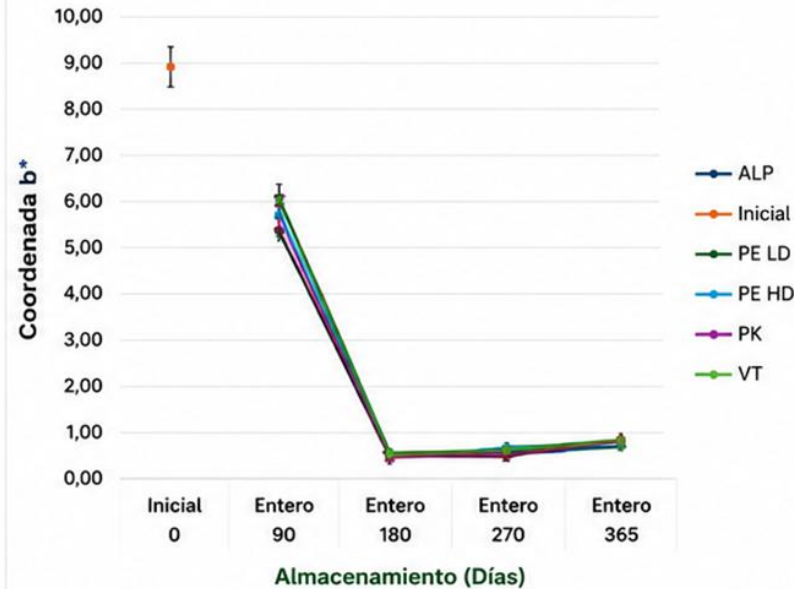
Color Cie*L*a*b

COORDENADA a* Tostado Entero



La coordenada a^* disminuye después de los 180 días de almacenamiento y se mantiene cercana a 1,7 hasta los 365 días

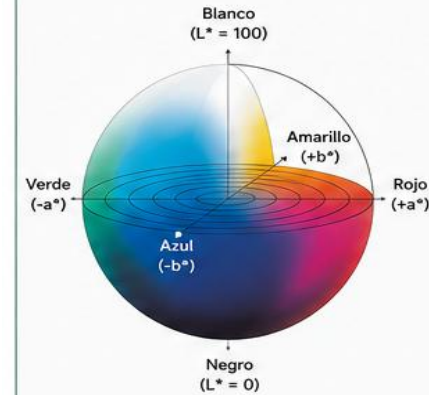
COORDENADA b* Tostado Entero



La coordenada b^* disminuye después de los 180 días de almacenamiento y se mantiene cercana a 1,0 hasta los 365 días

Coordenadas CIE L*a*b*

- L^* mide la luminosidad (0 = negro, 100 = blanco)
- a^* mide la intensidad del color (100 = a^* rojo / $-a^*$ verde)
- b^* mide la intensidad del color (100 = b^* amarillo / $-b^*$ azul)



Referencia visual (VT)



Día 0



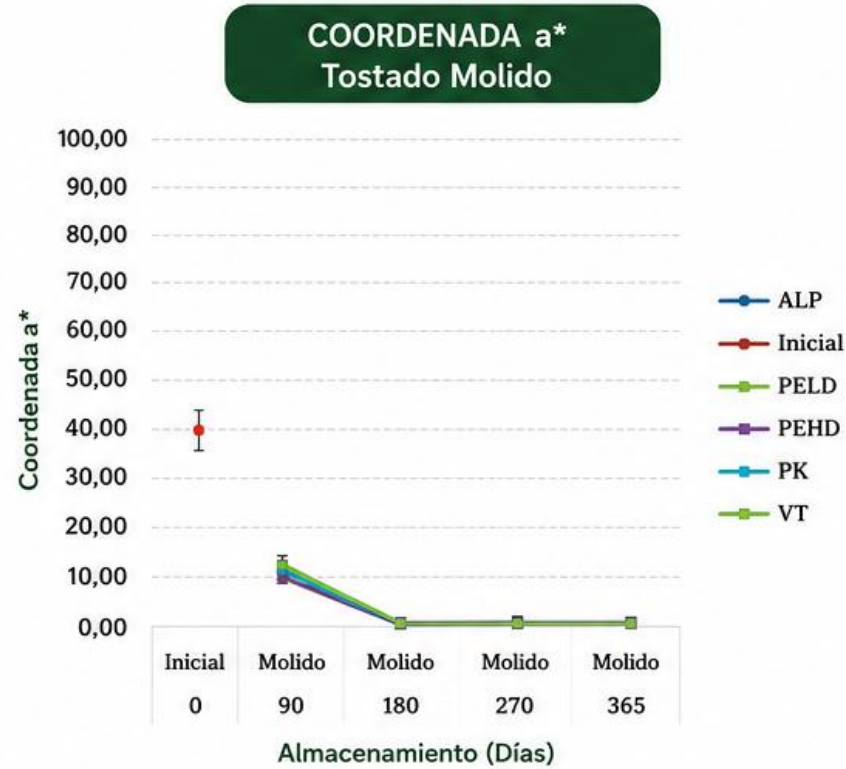
Día 365

Se reduce significativamente la intensidad del color (a^* y b^*) en TE durante los primeros 180 días, independiente del tipo de empaque.

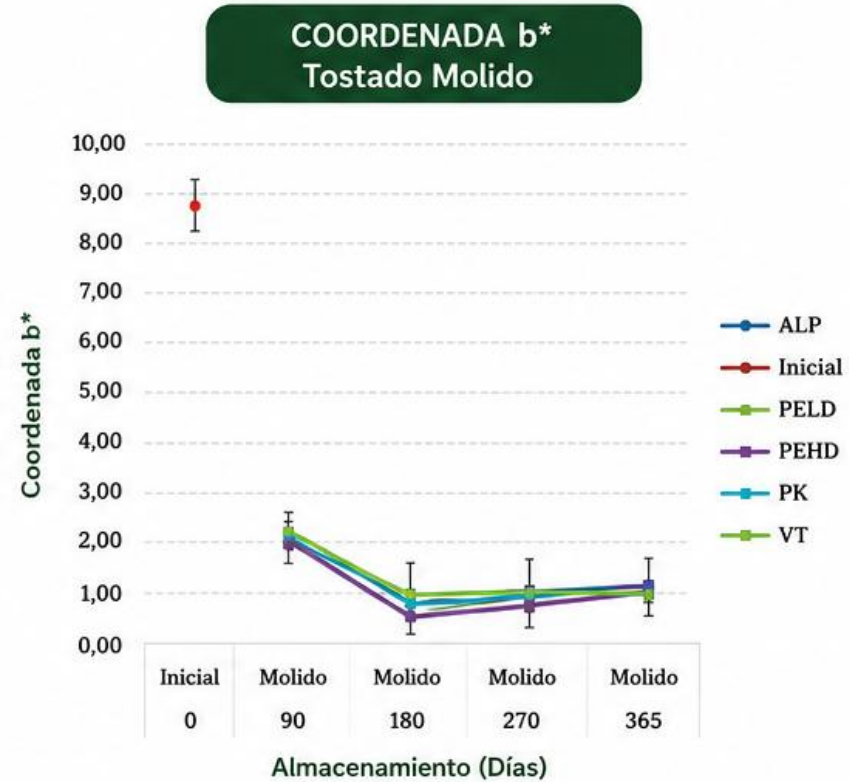


Característica física

Color Cie*L*a*b



La coordenada **a*** disminuye drásticamente después de los 90 días de almacenamiento y se mantiene cercana a 0,9 hasta los 365 días.

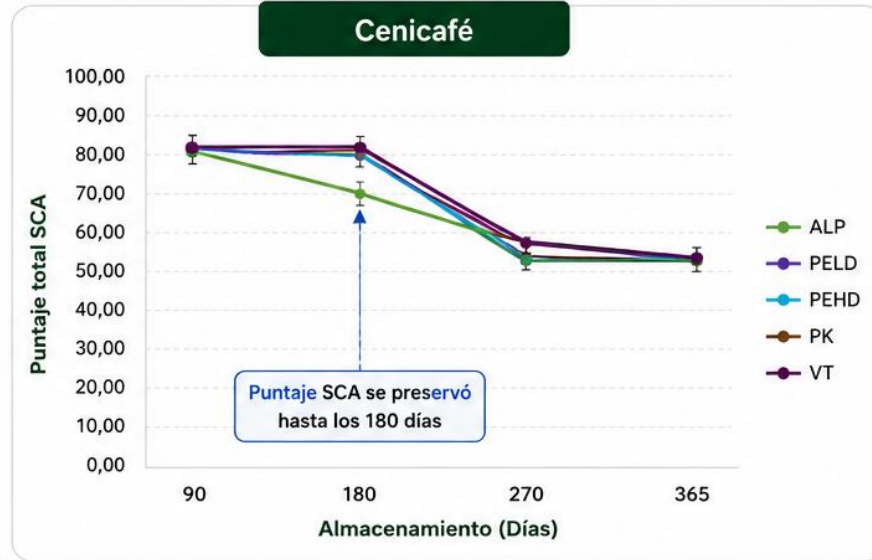
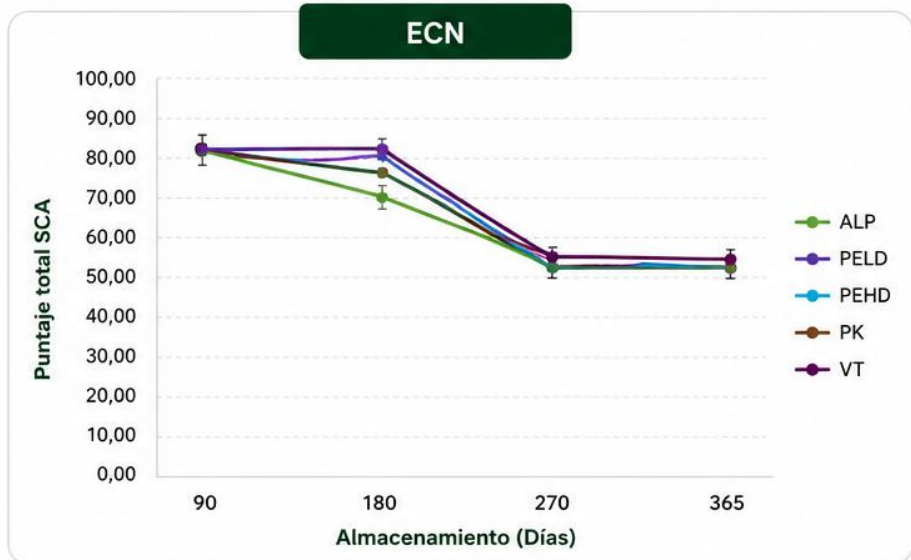


La coordenada **b*** disminuye drásticamente después de los 90 días de almacenamiento y se mantiene cercana a 1 hasta los 365 días.



Calidad sensorial

Tostado Entero



El puntaje SCA se preservó hasta los 180 días como **“estándar sin defecto sensorial”**

A partir de los **270 días**, se observa un deterioro de la calidad del café del TE en ambos sitios (**defecto oxidado**)

En la ECN y Cenicafé, no hubo efecto de la **interacción empaque- tiempo**

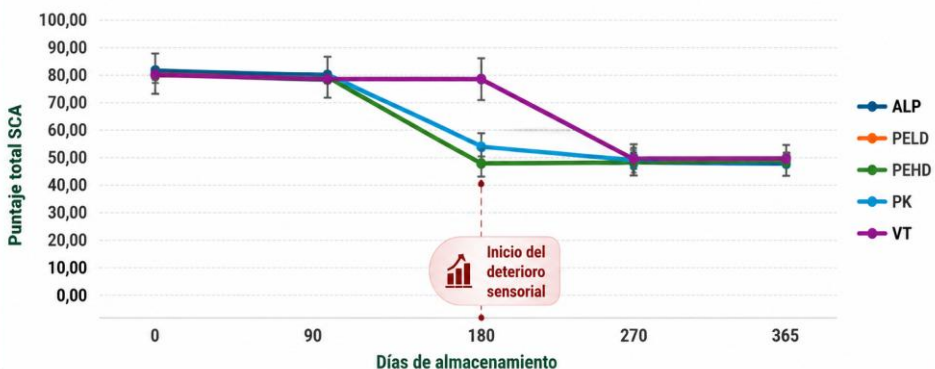
Todos los empaques se comportaron igual y los cambios de puntaje total SCA se deben al **tiempo de almacenamiento**



Calidad sensorial

Tostado Entero

Laboratorio CCC



EMPAQUES EVALUADOS



ALP

(Polietileno con aluminio)



PELD

(Polietileno baja densidad)



VT

(Vidrio transparente)



PK

(Papel Kraft)



PEHD

(Polietileno alta densidad)

En el laboratorio CCC hubo efecto de la interacción entre empaque y tiempo de almacenamiento ($P < 0,0021$).

ALP*, **PELD*** y **VT*** hasta 180 días

En **PEHD** y **PK** sólo preservaron el puntaje hasta los 90 días de almacenamiento

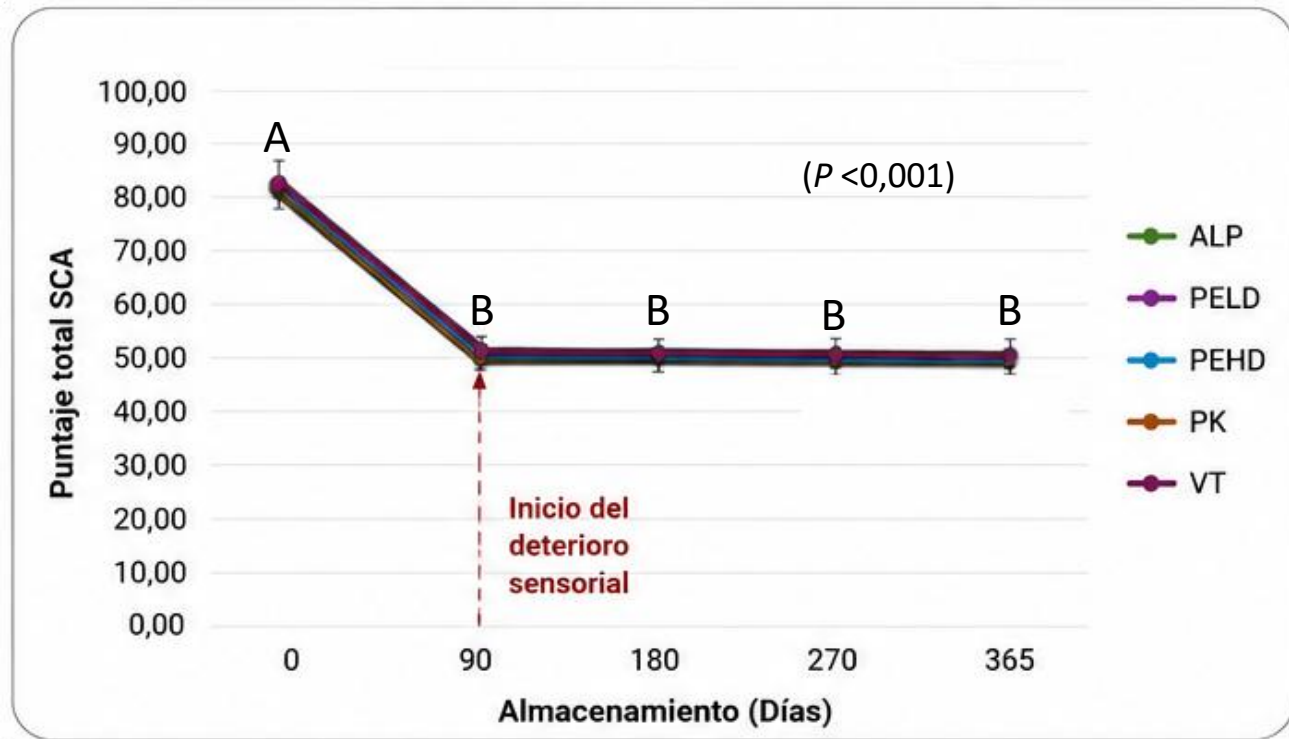
PUNTAJE TOTAL SCA (PROMEDIO)

Localidad	Tipo de café	Comparaciones	Tiempo	ALP*		PELD*		PEHD		PK		VT*	
				SCA	SD	SCA	SD	SCA	SD	SCA	SD	SCA	SD
Laboratorio CCC	Tostado entero	0 vs 90	0	82,53 Aa	0,27	82,53 Aa	0,27	82,53 Aa	0,27	82,53 Aa	0,27	82,53 Aa	0,27
			90	80,27 A	0,28	80,20 A	0,24	81,18 A	0,34	81,02 A	0,44	80,78 A	0,72
		90 vs 180	90	80,27 Aa	0,28	80,20 Aa	0,24	81,18 Aa	0,34	81,02 Aa	0,44	80,78 Aa	0,72
			180	80,37 Aa	0,42	80,27 Aa	0,35	53,31 B	0,41	58,86 B	11,82	80,22 Aa	0,21
		180 vs 270	180	80,37 Aa	0,42	80,27 Aa	0,35	53,31 Ab	0,41	58,86 Ab	11,82	80,22 Aa	0,21
			270	53,10 B	0,06	53,07 B	0,09	53,07 A	0,09	53,10 A	0,09	53,08 B	0,08
		270 vs 365	270	53,10 Aa	0,06	53,07 Aa	0,09	53,07 Aa	0,09	53,10 Aa	0,09	53,08 Aa	0,08
			365	53,00 A	0,00	53,00 A	0,00	53,00 A	0,00	53,00 A	0,00	53,00 A	0,00



Calidad sensorial

Tostado Molido



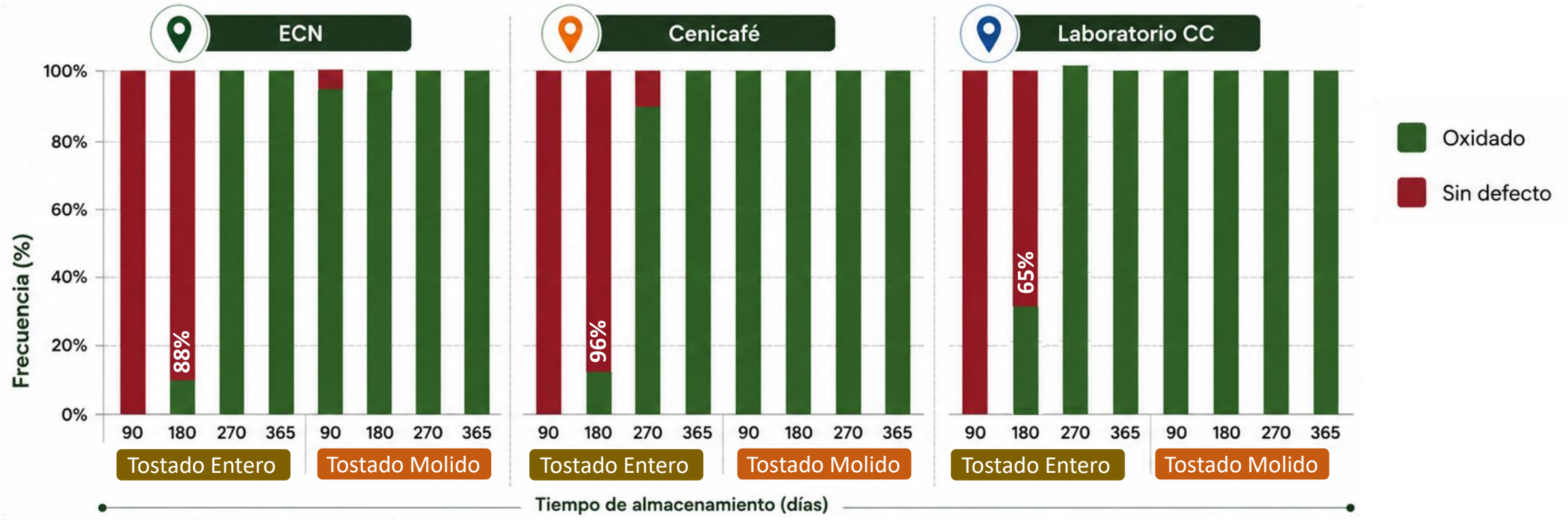
No se observó interacción
empaque X tiempo ni localidad

El tiempo de almacenamiento
Fue el único factor significativo

A partir de los **90 días**, se deterioró la calidad del café con la presencia del **defecto oxidado** todos los empaques y localidades .



Calidad sensorial



MÁS TIEMPO, MAYOR OXIDACIÓN

La oxidación aumenta con el tiempo de almacenamiento en la mayoría de condiciones evaluadas.

Influencia de los compuestos químicos sobre la calidad sensorial

Los compuestos generados y transformados durante el tueste determinan los **atributos sensoriales** del café



FRAGANCIA Y AROMA

- Furanos
- Aldehídos
- Cetonas



Formados en el tueste, determinan el **perfil aromático**



ACIDEZ

- Ácidos orgánicos (acético, cítrico, quínico)
- Ácidos clorogénicos



Definen la **acidez y astringencia**



CUERPO

- Lípidos
- Ácidos grasos
- Tocoferoles



Contribuyen al transporte del **aroma, sabor y cuerpo**; vitaminas liposolubles



DULZOR

- Sacarosa
- Glucosa
- Fructosa

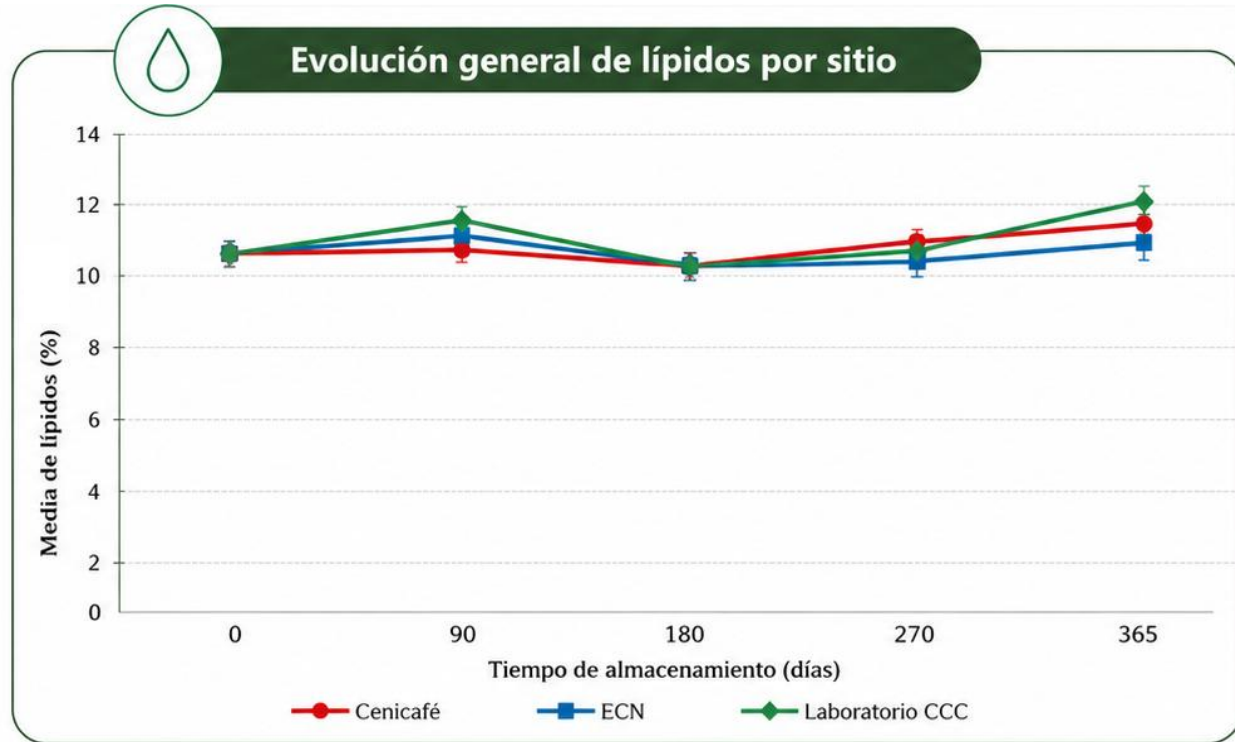


Contribuyen al dulzor en el **aroma y el sabor** de la bebida de café



Composición química

Contenido de lípidos totales (Porcentaje)



A los 180 días inicia el deterioro del grano tostado, generando la oxidación lipídica y formando peróxidos (defecto oxidado)

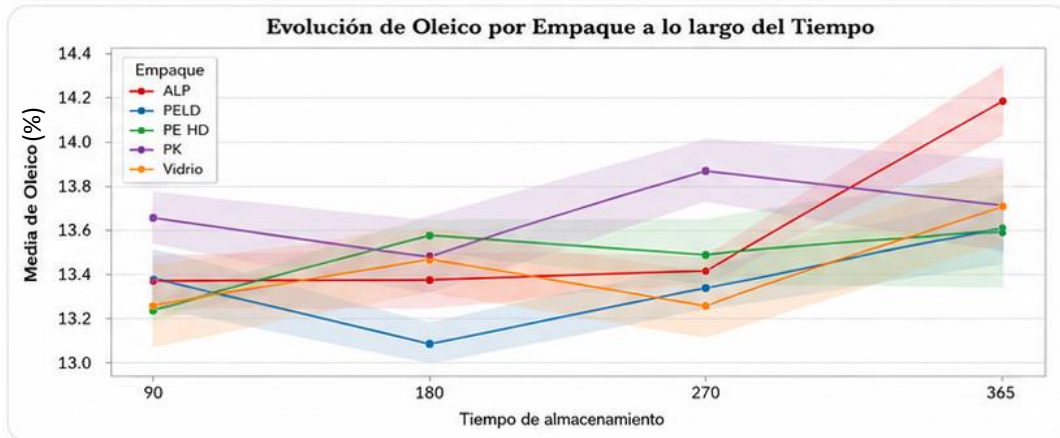
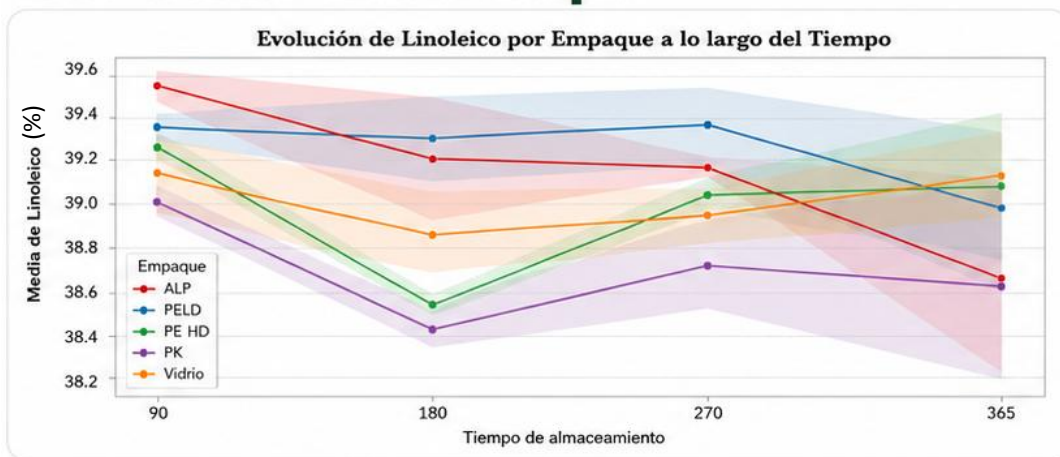
Los cambios de las características sensoriales se deben a la pérdida de compuestos aromáticos y a la aparición de productos derivados de la oxidación lipídica. Los empaque de alta de barrera extiende significativamente la vida útil, de los lípidos.

Toci & Farah, A. (2013); Osorio ., et al 2021



Composición química

Contenido de ácidos grasos



PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS
Fracción relativa promedio (%)

Ácido graso	Fracción lipídica (Tiempo 0)	Tostado entero (%)	Tostado molido (%)
Lípidos	10,66	10,82	10,77
Palmítico	35,85	35,72	35,78
Linoleico	39,11	39,02	38,84
Oleico	13,60	13,45	13,65
Esteárico	9,38	9,43	9,41
Araquídico	2,01	2,38	2,27

Los ácidos insaturados (Linoleico y Oleico) son más susceptibles a la degradación y los empaque de menor barrera (PK y PEHD) aceleran los procesos de oxidación.

Borém et al., 2019



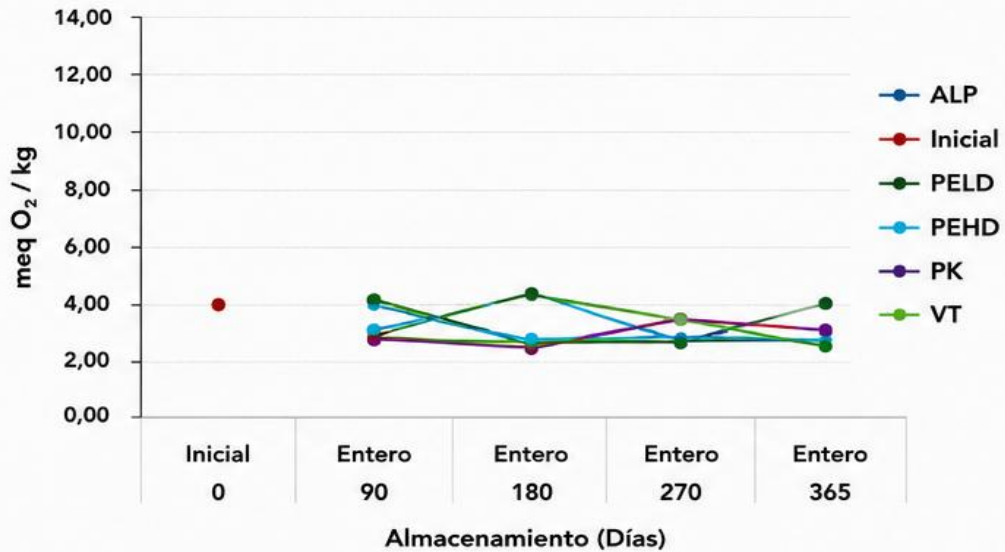
Composición química

Índice de peróxido (IP)

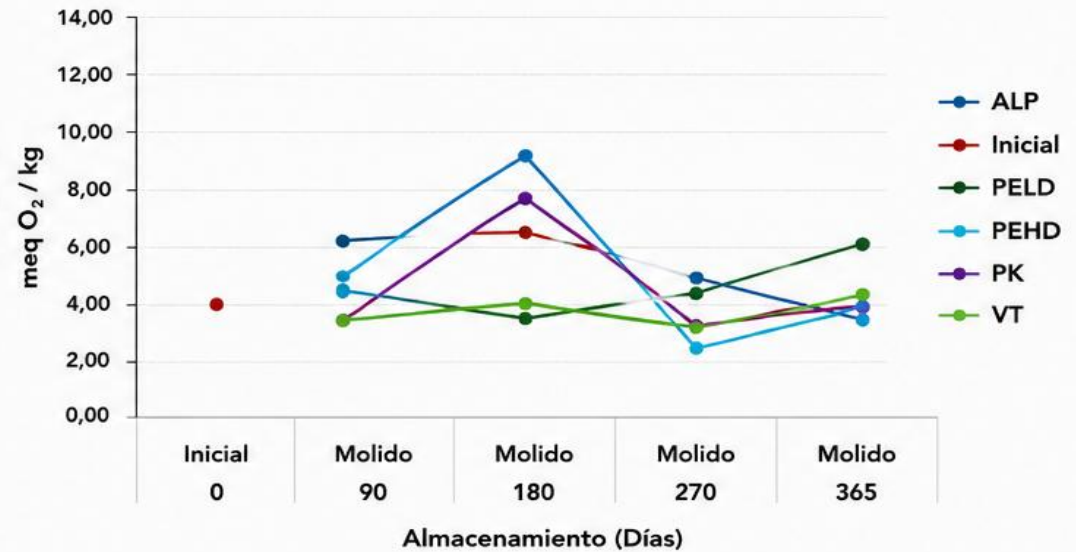
Cuantifica la cantidad de peróxidos presentes, indicando el grado de oxidación primaria y la frescura del alimento.



ÍNDICE DE PERÓXIDO (IP)



ÍNDICE DE PERÓXIDO (IP)



Los empaques de alta de barrera (**ALP, PELD y VT**) mantienen índices de peróxido más bajos durante el almacenamiento, lo que indica **menor oxidación primaria y mayor frescura del café**.



(Anvisa, 2005).

CONCLUSIONES

Café tostado entero

1. CONDICIONES AMBIENTALES DETERMINANTES

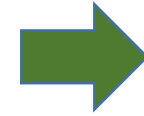
Las variaciones en la calidad del café durante el almacenamiento estuvieron determinadas por las condiciones ambiental, la localidad laboratorio CCC con temperatura promedio **18,6 °C** y humedad relativa promedio de **79%**.

Se conservó la calidad hasta **180 días** en los empaques **ALP, PELD y VT**.

Mientras que, ECN y Cenicafé la disminución de la calidad sensorial del café se te evidenció desde los 180 días independiente del empaque

2. PROPIEDADES DE LOS EMPAQUES

Presentaron mejor capacidad de mantener humedad estable (**baja permeabilidad**).



La estabilidad del café tostado depende de la interacción entre **tiempo, temperatura y barrera** del empaque.

CONCLUSIONES

Café tostado molido



1 DETERIORO SENSORIAL ACCELERADO

- Deterioro más rápido y generalizado en TM.
- ↓ Puntaje SCA desde los **90 días**.
- Defecto oxidado en el **100 %** de las muestras.
- En **todas las localidades** y **empaques** hasta **365 días**.



2 AUMENTO DE HUMEDAD

- Incremento de humedad en todos los empaques.
- Mayor efecto en **PK, PELD y PEHD**
- Asociado a la aparición temprana del defecto oxidado.



3 CAMBIOS FÍSICO-QUÍMICOS

- Mayor variación del color (**oscurecimiento**).
 - Indicadores directos de oxidación.
- PK, VT y PEHD**



Aumento en el índice de peróxido (IP)



4 EFECTO DE LA MOLIENTA Y DEL OXÍGENO

- Independiente del tipo de empaque, el café TM presentó una afectación acelerada de la calidad.
- Esto se debe principalmente a la reducción del tamaño de partícula tras la molienda, lo que resulta en una **mayor área de superficie expuesta, al oxígeno atmosférico**, y acelera las **reacciones oxidativas** evitando la conservación en el mediano y largo plazo.



AGRADECIMIENTOS



Cenicafé
Centro Nacional de Investigaciones de Café



- Gerencia Técnica
- Dirección de Cenicafé
- Disciplina de Calidad
- Disciplina de Experimentación
- Disciplina de Biometría
- Estación Central Naranjal
- Área Administrativa y Financiera
- Bienes y Servicios - Mantenimiento
- Personal de People Company
- Comité Departamental de Cafeteros de Caldas
- Personal (Laboratorio CCC)

Gracias



Agradecemos a todas las **personas y equipos** que hicieron posible este estudio.





Cenicafé[®]
Centro Nacional de Investigaciones de Café



cenicafe.org



Cenicafé FNC



@cenicafe



cenicafé



CenicaféFNC



@cenicafefnc