

Efecto de la interrupción del secado mecánico en la calidad e inocuidad del café

Jenny Paola Pabón U.

Disciplina Calidad – Cenicafé

23 de Mayo de 2022



©FNC-Cenicafé 2022

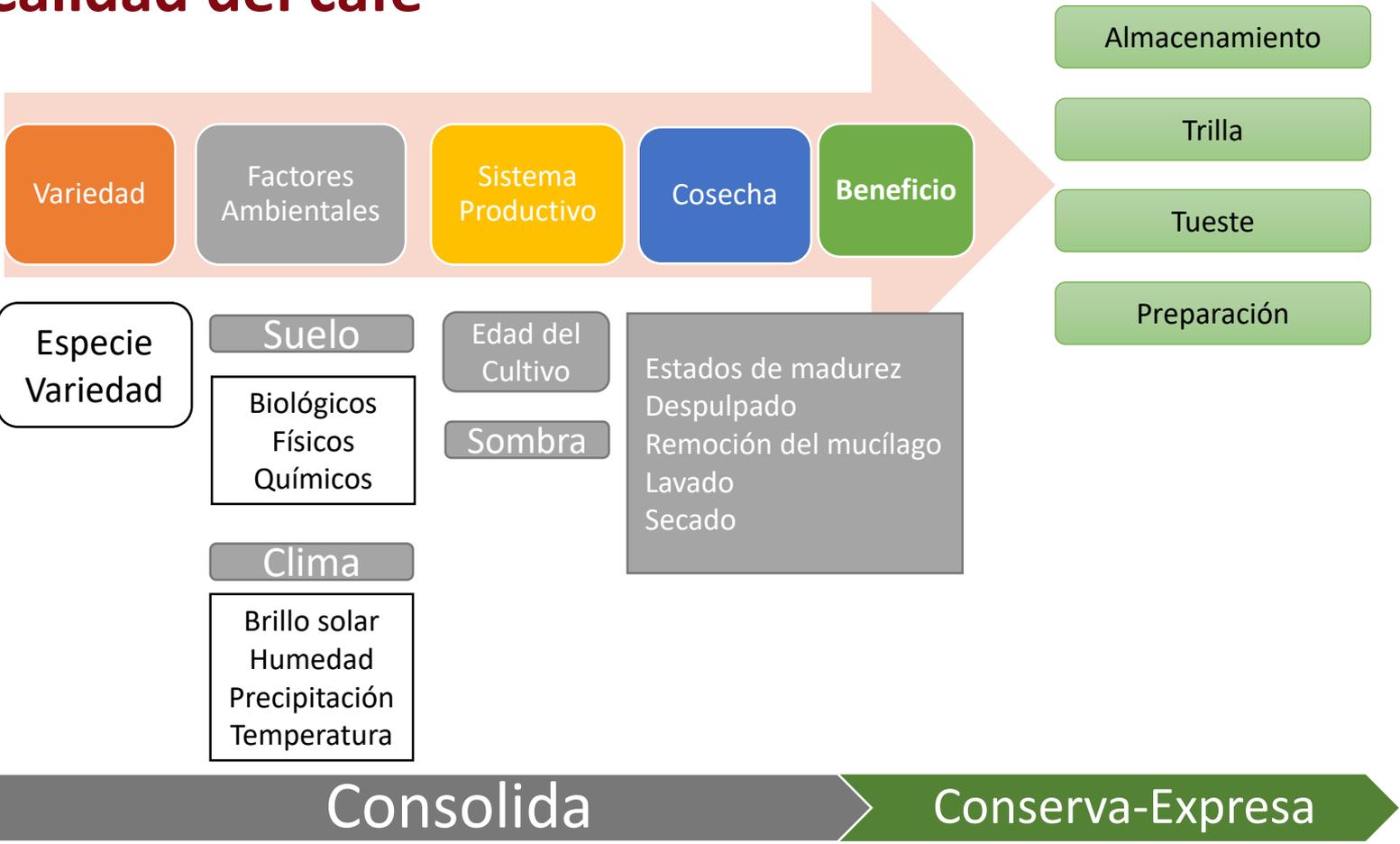


Contenido

- Calidad del café
- Proceso de beneficio húmedo
- Definición de Secado
- Secado mecánico
- Prácticas en secado mecánico
- Interrupción en proceso de secado
- Resultados
- Conclusiones



Calidad del café



Calidad del café



Composición Química

Contenidos de:
Cafeína,
Carbohidratos,
Ácidos clorogénicos,
Lípidos, Proteínas,
Compuestos volátiles, entre otros.

Física

- Humedad del grano
- Almendra sana
- Tamaño de los granos
- Proporción de defectos físicos

Sensorial

- Fragancia/Aroma, Sabor, Sabor residual, Cuerpo, Balance, uniformidad, dulzor, taza limpia, puntaje del catador
- Puntaje total

Inocuidad

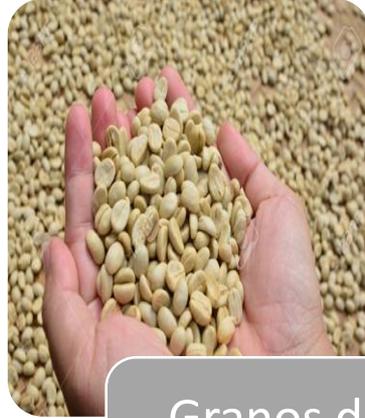
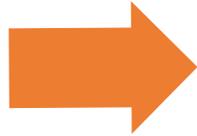
Carga microbiana
Micotoxinas

Proceso de Beneficio

©FNC-Cenicafé 2022



Frutos de
café



Granos de
café
pergamino
seco

Conjunto de operaciones realizadas para transformar el café cereza en café pergamino seco, conservando la calidad exigida por las normas de comercialización evitando pérdidas del producto

Procesos de Beneficio



Secos

- Recolección
- Secado

Natural



Semi Secos

- Recolección
- Despulpado
- Secado

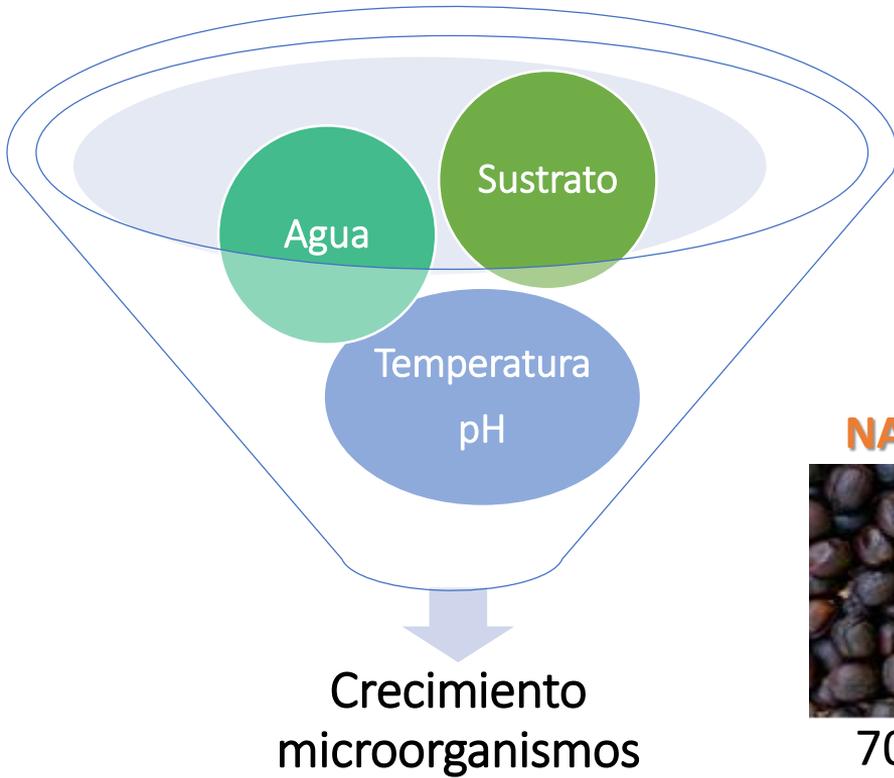
Honey



Húmedos

- Recolección
- Despulpado
- Remoción de mucílago
- Lavado
- Secado

Lavado



Preservación del producto alimenticio

NATURAL



70% (Hi.)

HONEY



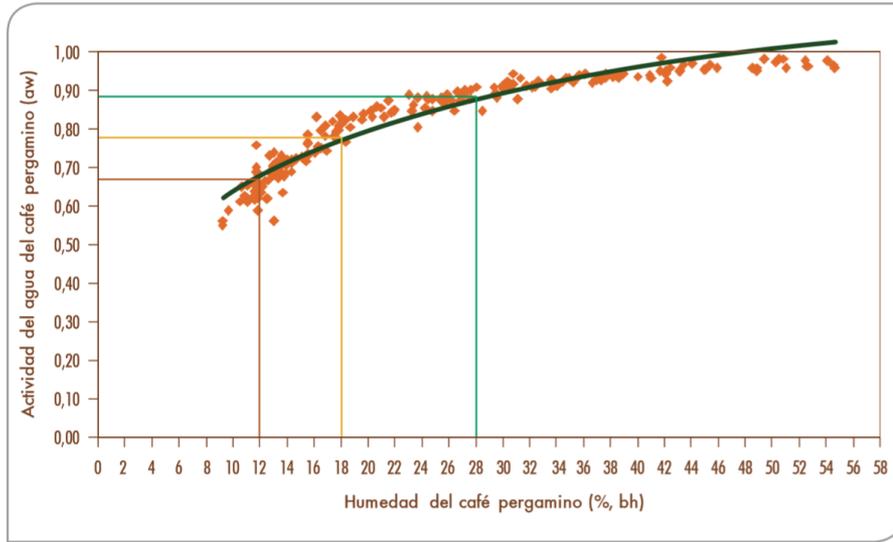
52 - 58 % (Hi.)

LAVADO



Humedad final 10 – 12% Actividad de agua: 0,62

Actividad de agua



$a_w > 0,7$ incrementan el crecimiento de hongos y la generación de micotoxinas



$a_w: 0,9848$



$a_w 0,9699$



$a_w 0,9905$



$a_w 0,62$

Beneficio Húmedo

Frutos de Café



Granos de Café



Secado del Café



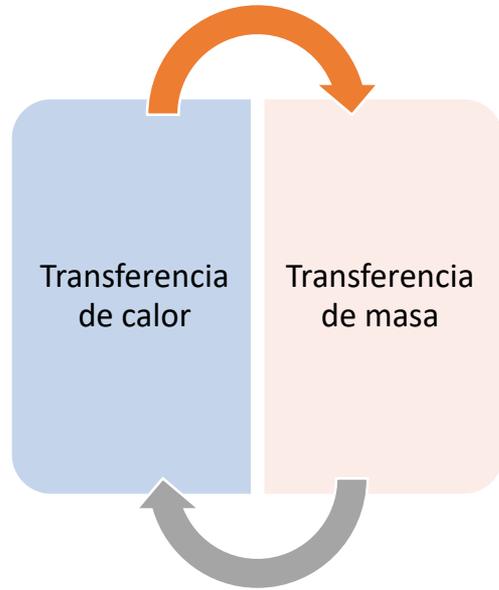
Secado Natural



Secado Mecánico

Secado

Operación unitaria para eliminar la humedad de un producto.



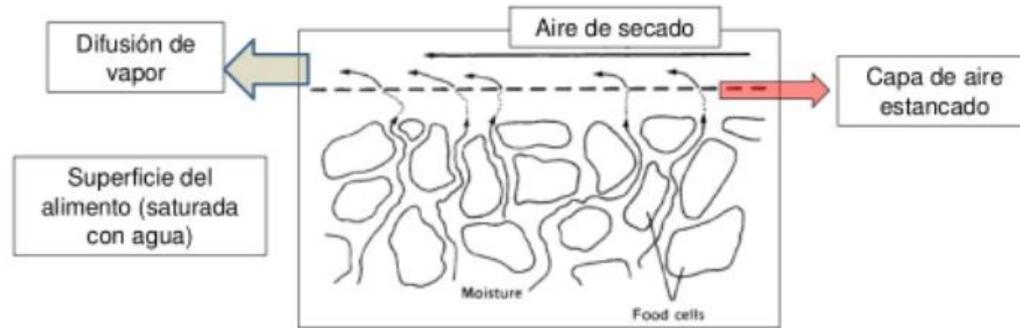
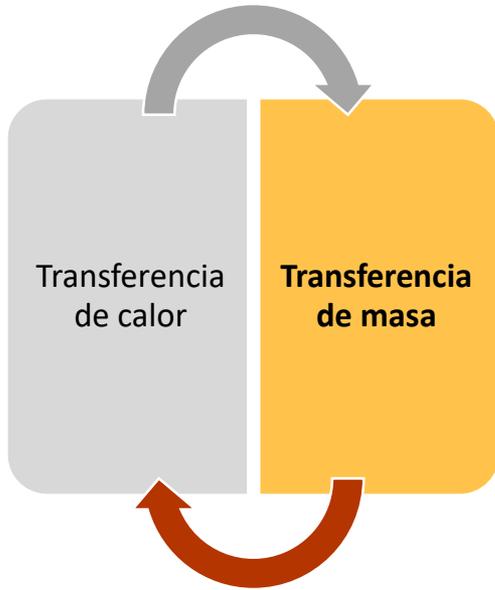
La velocidad depende condiciones externas: Temperatura, Humedad, Flujo de aire y área de la superficie expuesta.

Condiciones Internas:
Naturaleza física del producto



Secado

Gracias a la transferencia de calor, se desarrolla un gradiente de temperatura dentro del producto húmedo, lo que genera evaporación de la humedad. (Evaporación por difusión, flujo capilar, diferencias de presiones)



Fuerza impulsora del movimiento de vapor a través de la capa de aire estático (saturado en vapor de agua) es el gradiente de P_v entre la superficie de desecación y la corriente del aire de secado

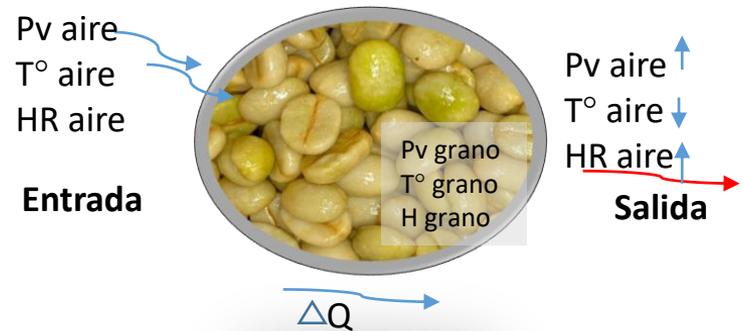
Secado del Café

Es un proceso termofísico y fisicoquímico que involucra transferencia de calor y masa de un material sólido.

Movimiento de humedad en los granos

- Difusión del líquido
- Difusión de vapor
- Movimiento de agua
- Flujo de líquido y vapor de agua

$$a_w = \frac{p_v \text{ alimento}}{p_v \text{ agua pura}}$$

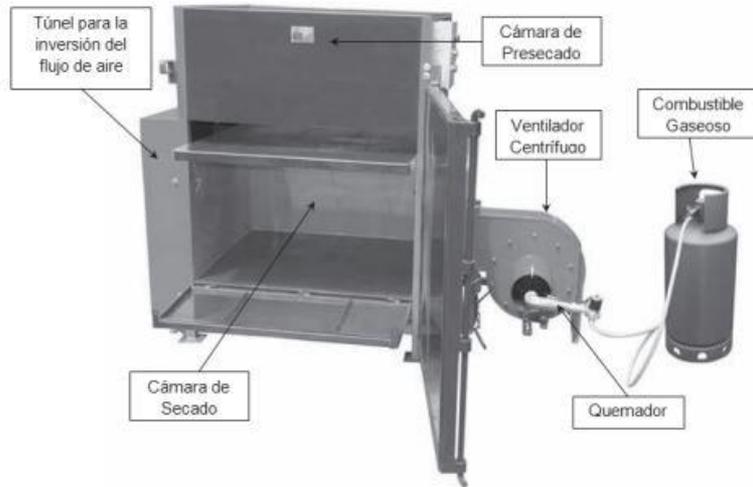


Montoya *et al.* 1990, Geankoplis, 1998

Secado Mecánico del Café

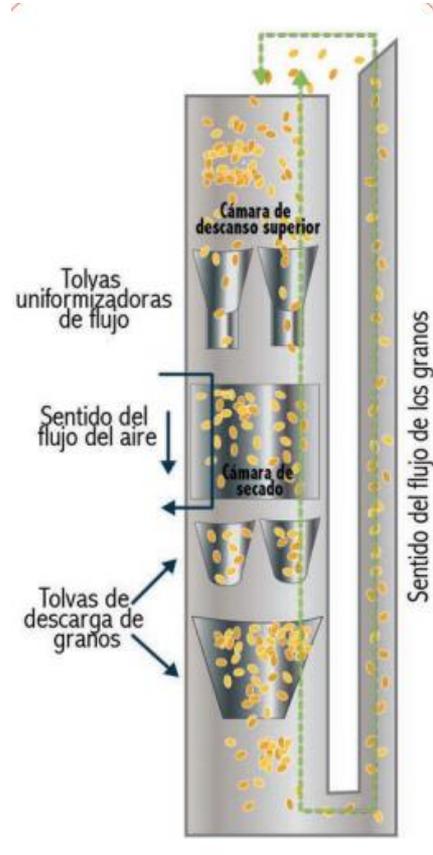
Existen básicamente tres tipos de secado mecánico:

1. Estáticos: el aire caliente es forzado a través de una capa de café



Secado Mecánico del Café

2. De contraflujo o verticales: en los que el café se mueve de abajo a arriba y se deja fluir hacia abajo a través de una corriente de aire caliente



Secado Mecánico del Café

3. Secadores horizontales en los que el aire caliente se introduce por un eje central y es forzado a salir a través de un cilindro rotatorio y perforado orientado horizontal que comparte las características del flujo contrario y concurrente.



Secado mecánico de café

Tipo de Secado	Observaciones
Capa estática	<ul style="list-style-type: none">- Primer secador desarrollado para Colombia (1974)- Diferentes tipos y capacidades (desde 7@cps)- Caudal recomendado $100 \text{ m}^3\text{min}^{-1}\text{ton}^{-1}$- Desuniformidad de la humedad final del café
Flujos concurrentes	<ul style="list-style-type: none">- Uniformidad de la humedad final del café- Empleo de altas temperaturas- Elevado costo inicial
Guardiolas	<ul style="list-style-type: none">- Diseñado en Guatemala 1869- Baja eficiencia térmica- Uniformidad de la humedad del café

Secado mecánico de café en Colombia

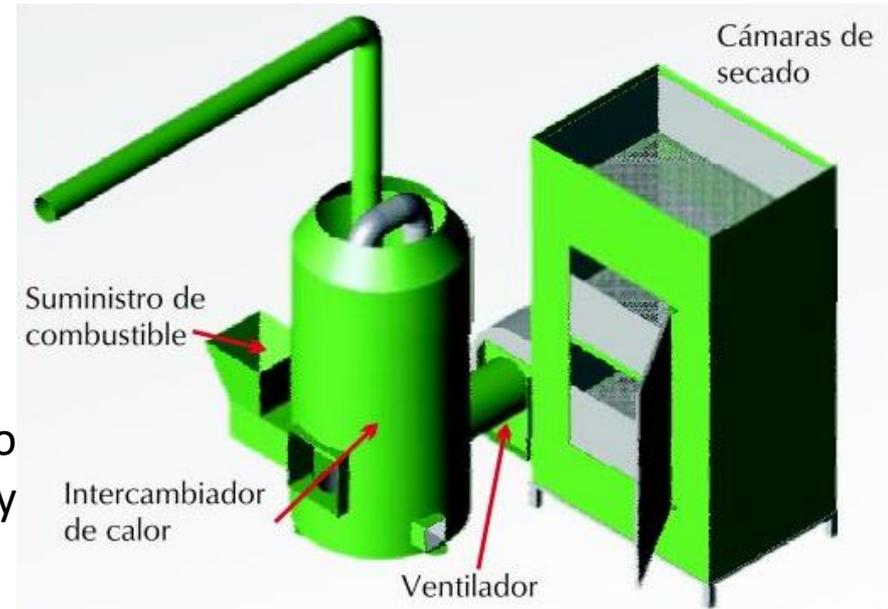
Secado Mecánico del Café

- Fuente de calor
- Intercambiador de calor
- Ventilador
- Uno o más compartimientos con piso de malla (cámara de secado)

Para el calentamiento del aire se han diseñado equipos que emplean electricidad, gas propano y cisco de café

Recomendaciones técnicas

Cenicafé recomienda, emplear un caudal mínimo de $100 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{t}^{-1}$ y una capa de café que no supere los 40 cm, una temperatura del aire no mayor a 50°C . Garantizar el manejo adecuado de los flujos de aire durante el secado.



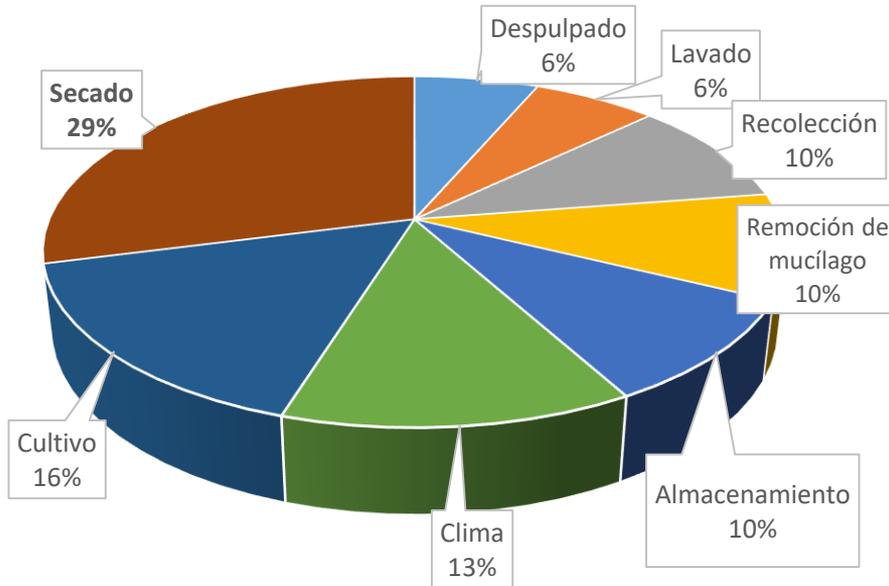
Prácticas secado mecánico

- Insuficiencia del aire de secado
- Empleo de altas temperaturas
- Mezclas de lotes de café con diferentes humedades
- Empleo de combustibles inadecuados
- Desuniformidad en la humedad final en secado en capa estática (diferencias de humedad hasta de 4,5% al final del proceso en la misma masa de café (*Machado et al., 1991*))
- Manejo inadecuado de los flujos de aire durante el secado
- Café pergamino con humedades finales fuera del rango
- Interrupciones del proceso



Influencia del secado en la calidad

Calidad Física (proporción de defectos físicos y porcentaje de almendra sana y/o Factor de rendimiento)



- Almendra sana (>75%)
- Factor de rendimiento (92,8)
- Pasillas (<5,0%)

Influencia del secado en la calidad

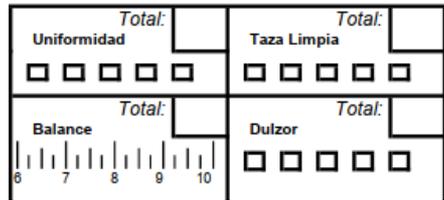
Calidad Sensorial

Calificaciones por atributo (metodología SCA*)

Valor	Clasificación
<80.0	Debajo de calidad especial
80 -84.99	Muy buena (Especial)
85 – 89.99	Excelente (Especial)
90 - 100	Extraordinaria



Uniformidad
Taza Limpia
Dulzor



Si la muestra presenta defectos la calificación es menor a 73 puntos

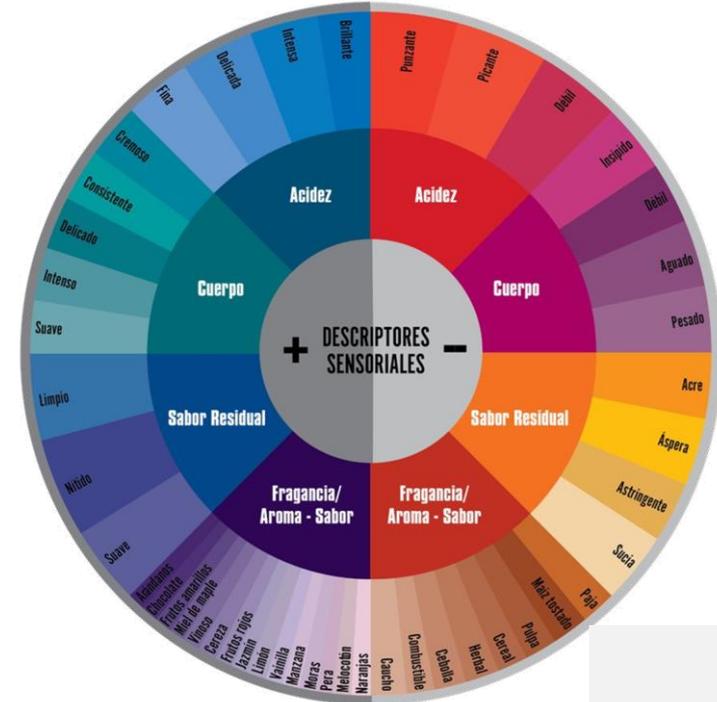


*Specialty Coffee Association

Influencia del secado en la calidad

Calidad Sensorial

Sobrefermentados	Ásperos	Terrosos	Contaminados
Pulpa	Inmaduro	Mohoso	Fenol
Vinagre	Acre	Reposo	Humo
Fermento	Áspero	Terroso	Contaminado
<i>Stinker</i>			Químico



Influencia del secado en la calidad

Calidad Sensorial

Empleo de altas temperaturas

Atributo	Tipo de café	Tratamiento de Secado			
		Patio	50°/40°C	60°/40°C	40°/60°C
Sabor	Lavado	7,17 a	7,08 aA	7,04 aA	6,54 b
	Natural	7,04 a	6,54 aB	6,38 bB	6,5 a
Puntaje total	Lavado	79,54 a	79,08 aB	78,67 aA	75,96 b
	Natural	79,33 a	76,29 bB	75,54 bB	75,88 b



Altas temperaturas al final del proceso afectan negativamente la calidad y la composición de la fracción lipídica (ácidos grasos)

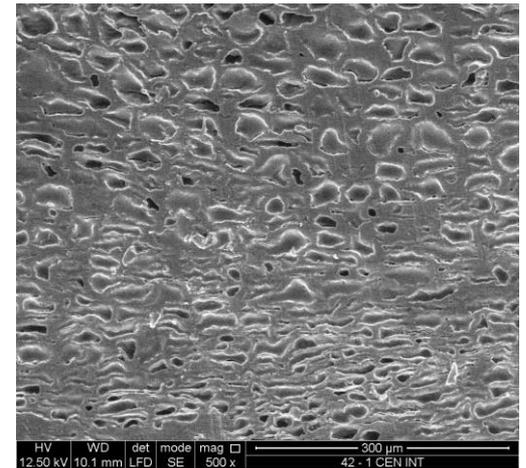
Influencia del secado en la calidad

Interrupciones del proceso

Interrupción del proceso de secado
mecánico

Por logística del beneficio
durante el secado
(cantidad y tiempo)

Buscando distribución
homogénea del agua dentro
del grano



Interrupción de secado - Natural

El efecto de la demora en el inicio del proceso de secado en la calidad del café ha sido investigado utilizando variedades de café *Coffea arabica* L. procesado por vía seca.

Diversos autores reportan que se deteriora la calidad física y sensorial a medida que la demora aumenta.

Contenido de humedad (%)	Tiempo de espera (días)
20% - 17% y 14%	5 – 15 y 30
Testigo	Sin tiempo de interrupción

La calidad de la bebida, medida en la escala de SCA, disminuyó a medida que el tiempo de reposo aumentó.

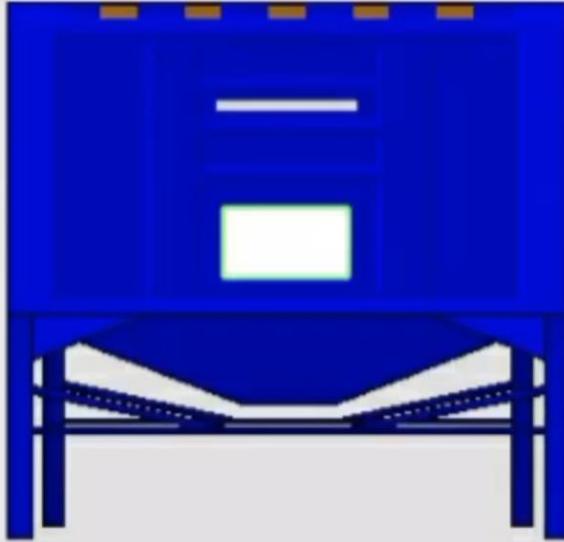
Evaluaron café honey (beneficio semi – seco), secado durante 12 horas y tiempo de espera de 12 horas. No hubo diferencia en calidad física y sensorial, comparada con el testigo.
Reducción en el tiempo efectivo de secado de 24,56%

Objetivo: Evaluar el efecto de la interrupción del secado mecánico del café sobre la calidad sensorial

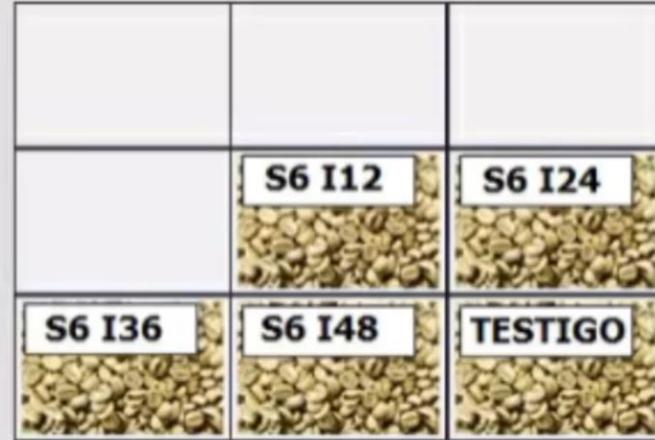
Tratamiento	Tiempo de secado inicial (h)	Tiempos de Interrupción (h)
S12 I12	12	12
S12 I24		24
S12 I36		36
S12 I48		48
S6 I12	6	12
S6 I24		24
S6 I36		36
S6 I48		48
Testigo	Secado mecánico sin interrupción	



- Silo mecánico de capa estática
- Gas propano
- $94\text{m}^3\text{min}^{-1}\text{ton}^{-1}$ caudal de presión
- Altura de capa de 30 cm
- Capacidad 7,0@ de cps
- Temperatura controlada (apagado de llama) para no exceder los 37°C
- Se construyeron 9 cajones, y en cada uno se llevó un tratamiento



**SILO MECÁNICO DE SECADO
VISTA FRONTAL**



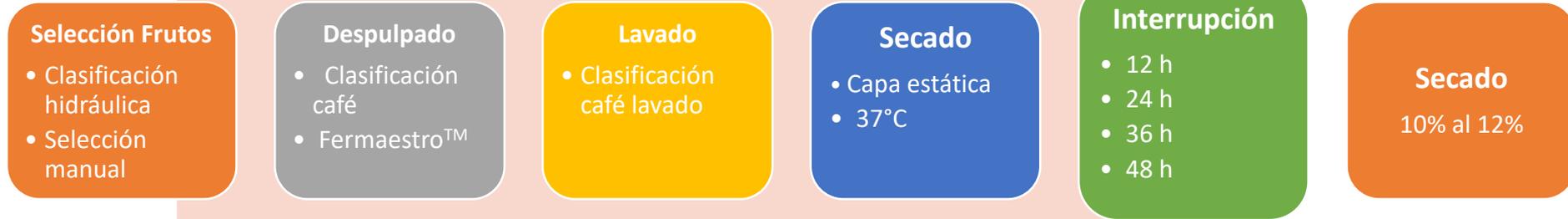
**SILO MECÁNICO DE SECADO
VISTA DE PLANTA**

INICIO DEL PROCESO DE SECADO

00 h

MESA PARA MUESTRAS EN INTERRUPCIÓN

Materiales y Métodos



Información registrada:

- Tiempos de secado
- Humedad y actividad del agua antes y después de interrupciones
- Calidad física
- Calidad sensorial
- UFC/g de Mohos y levaduras antes y después de interrupciones
- Cuantificación de ocratoxina A
- Composición Química por NIRS

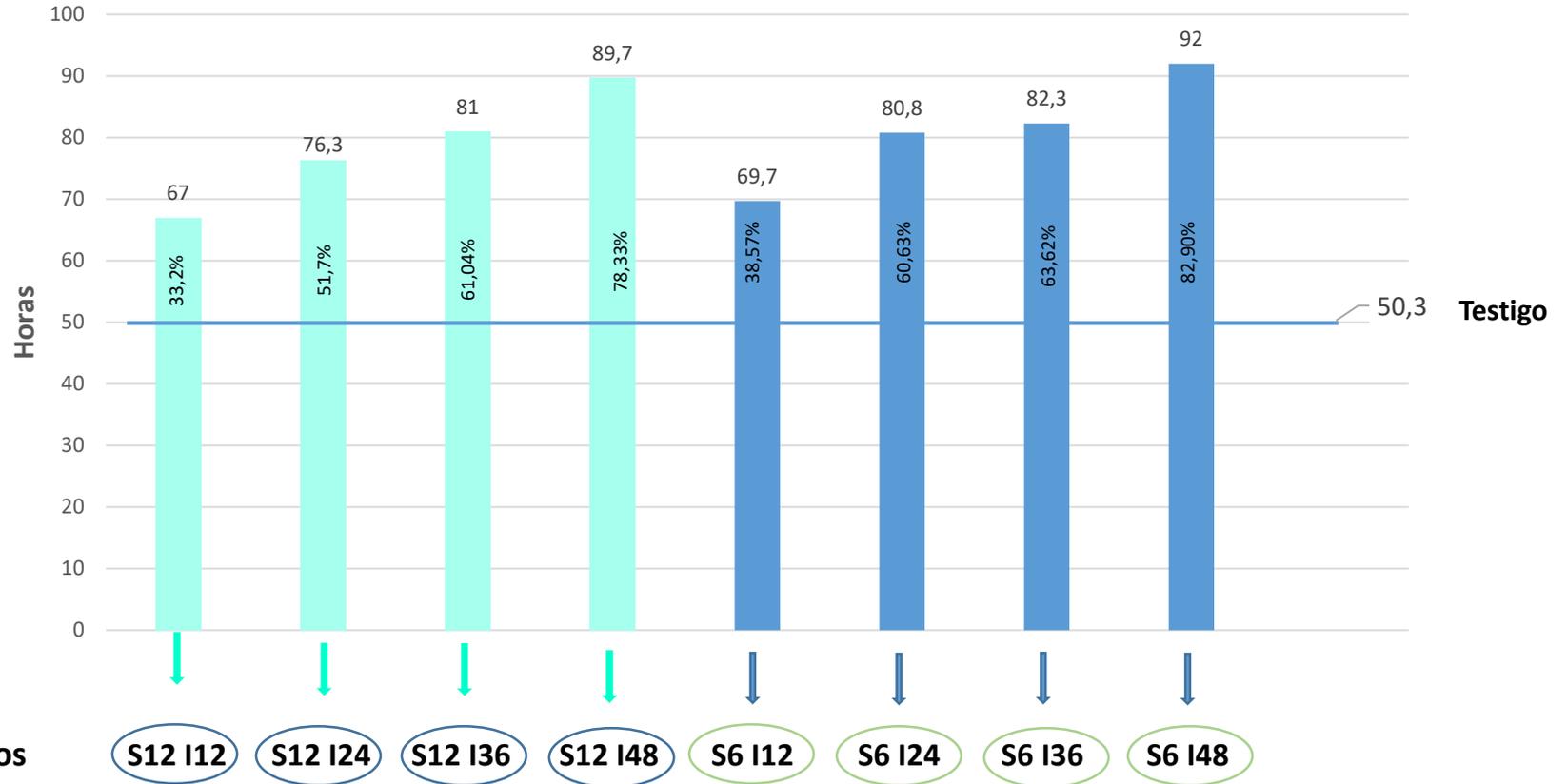
Ocho tratamientos y un testigo (4x2 + 1)

Cinco repeticiones por tratamiento

Tiempos de Secado

Resultados

©FNC-Cenicafé 2022



Tratamiento	Humedad (%)		
	Antes l.	Después l.	Final
S12 I12	42,68	44,45	11,08
S12 I24	41,72	44,30	11,08
S12 I36	42,43	44,54	11,12
S12 I48	42,36	43,05	11,04
S6 I12	45,46	48,86	11,15
S6 I24	47,22	49,34	11,08
S6 I36	47,92	50,08	11,10
S6 I48	48,47	49,55	11,36

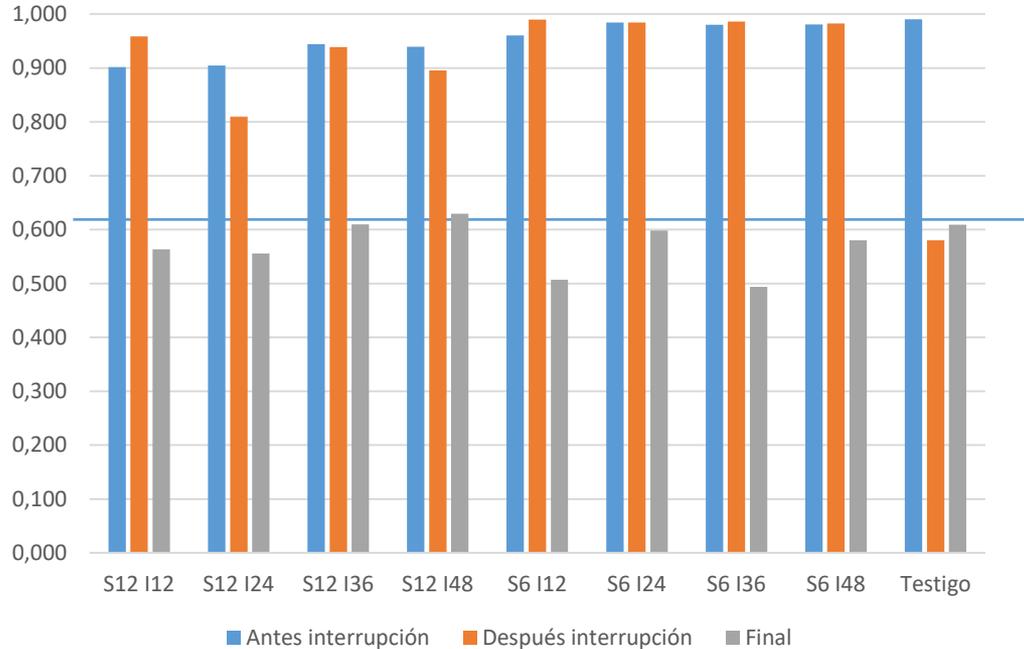


Tiempo de secado	Humedad en promedio antes de la interrupción
6 h	47,3%
12 h	42,3%

Condiciones ambientales

Repetición	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)		
	Prom	Mín	Max.	Prom.	Mín.	Max.
1	22,0	17,5	29,5	82,7	48,9	100,0
2	21,7	17,4	29,8	84,8	50,4	100,0
3	21,9	18,1	29,2	85,7	54,8	100,0
4	20,2	17,0	27,7	89,6	55,8	100,0
5	21,5	17,7	28,8	87,6	56,3	100,0

Efecto de la interrupción del secado en la Actividad de agua del café



Aw: 0,62



Contenido de humedad elevados corresponden a valores más altos de Aw

Cuando el grano de café está en el rango de humedad del 10 al 12%, los valores de actividad de agua son de 0,62 (Osorio, 2020)

Trat.	Merma (%)		Pasilla (%)		Broca (%)		Negros y Vinagres (%)	
	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.
S12 I12	17,38	0,43	2,29	2,43	3,21	4,04	0,04	0,09
S12 I24	17,57	0,34	2,05	2,35	3,49	4,11	0,00	0,00
S12 I36	18,05	0,73	2,36	2,70	3,83	3,78	0,02	0,05
S12 I48	17,46	0,63	3,87	2,82	3,50	3,86	0,02	0,05
S6 I12	17,52	0,27	2,64	2,12	3,45	3,96	0,09	0,16
S6 I24	17,55	0,48	2,71	3,24	4,16	3,33	0,10	0,18
S6 I36	17,57	0,46	2,78	3,03	3,27	3,42	0,02	0,05
S6 I48	17,46	0,57	2,87	3,19	2,95	3,46	0,00	0,00
Test.	17,68	0,47	2,46	2,80	3,24	3,43	0,16	0,23

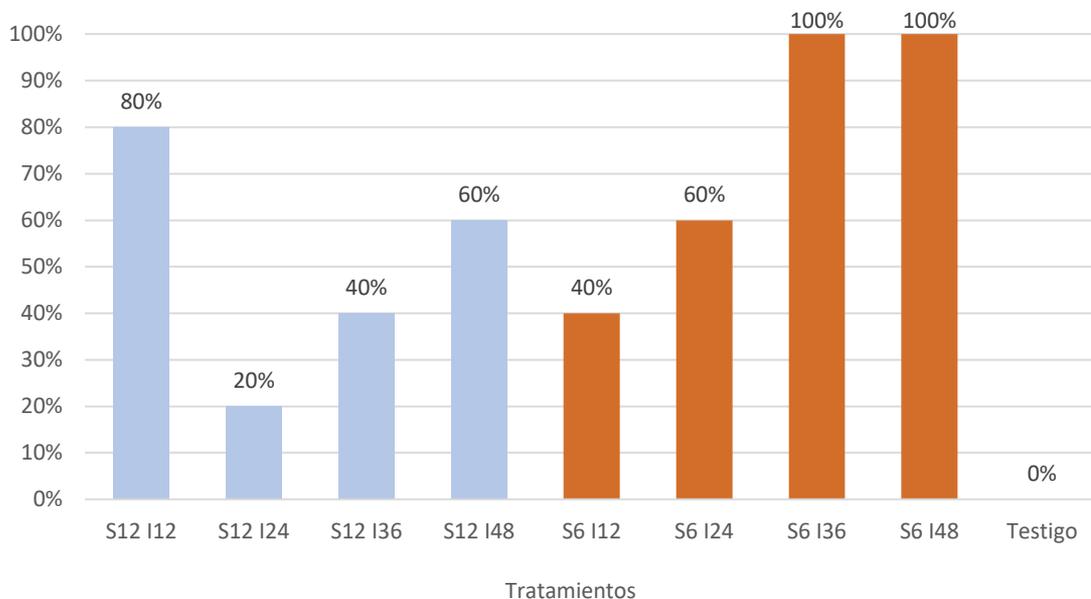


Almendra Sana (%)

Horas de interrupción (h)	Tiempo de secado inicial (h)			
	6		12	
	Prom.	D.E.	Prom.	D.E.
12	76,9	3,9	77,5	4,8
24	76,0	4,8	77,2	4,9
36	76,9	4,7	76,4	4,6
48	77,2	5,0	75,8	3,7
General	76,8	4,2	76,7	4,2

Cuando se analizó la variable proporción de almendra sana, no hubo efecto de tratamientos

Proporción de tazas con defectos sensoriales



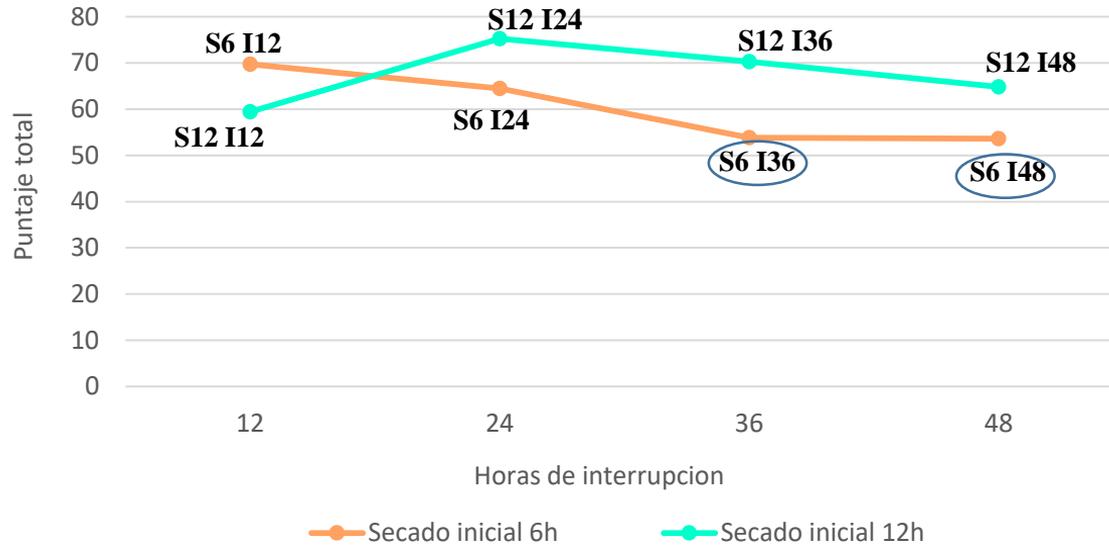
- Secado inicial **12** horas
- Secado inicial **6** horas



El testigo (secado sin interrupción no presentó defectos)

El defecto presentado fue el **Terroso**

Calidad Sensorial



Tiempo de secado	Humedad en promedio antes de la interrupción
6 h	47,3%
12 h	42,3%

Mayor proporción de muestras con defectos cuando se realiza un secado inicial de apenas 6 horas

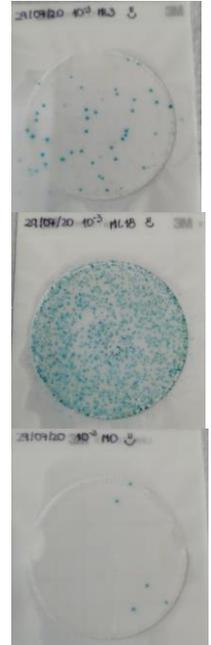
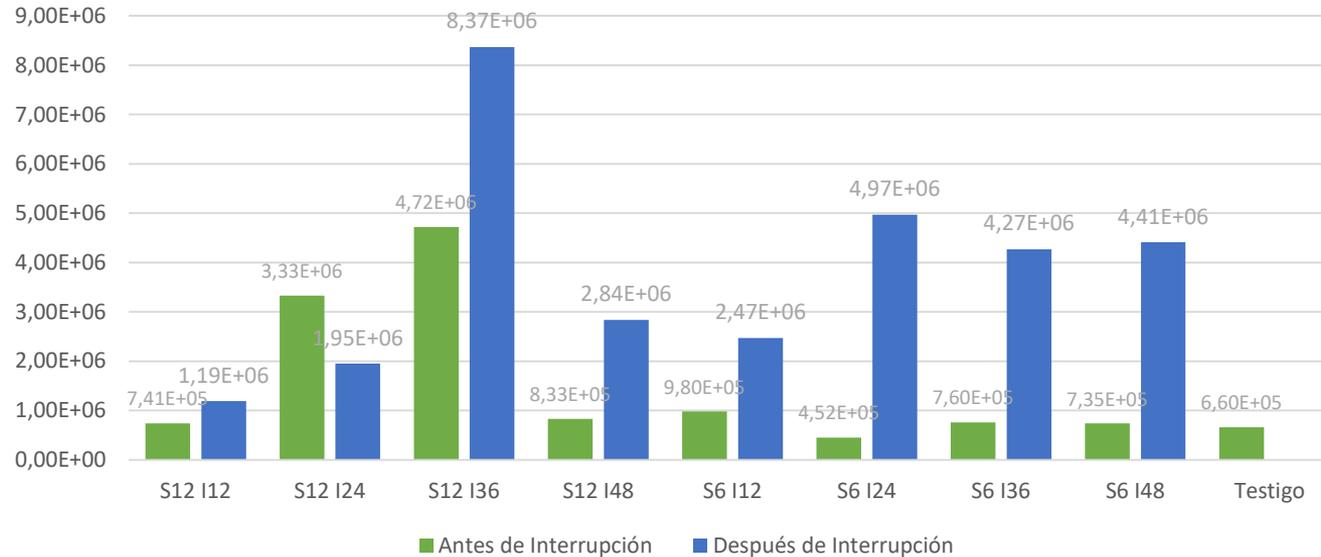
ANAVA, hubo efecto de tratamientos.

Se evidenció que el testigo es diferente cuando se compara con los tratamientos S6I36 y S6I48.

Inocuidad

Resultados

Mohos y Levaduras (UFC/g): Café pergamino seco UFC/g $1,42 \times 10^4$



Malas prácticas de almacenamiento y secado, aumentan la producción de hongos e incrementan el riesgo de producir micotoxinas y disminuyen la calidad e inocuidad del producto. Para café húmedo se reportan valores entre $1,67 \times 10^6$ y $1,1 \times 10^7$ (Pabón y Peñuela, 2016, Oliveros y Pabón, 2016).

Resultados

©FNC-Cenicafé 2022

Ocratoxina

Tratamiento	Promedio (µg/kg)	Desv. Estándar (µg/kg)
S12 I12	7,7	2,3
S12 I24	6,5	1,8
S12 I36	6,4	1,8
S12 I48	7,7	2,2
S6 I12	9,8	2,8
S6 I24	8,2	2,2
S6 I36	8,4	1,2
S6 I48	8,3	1,2
Testigo	4,7	2,8

Los rangos para café almendra no se han establecido, pero si para café tostado y soluble.

(IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer)

Reglamento de la Comisión Europea N°1881 (C.E. 2006)

Se midieron los valores de ocratoxina (ppb, µg/kg) presentes en el café almendra por medio de la técnica de fluorimetría.

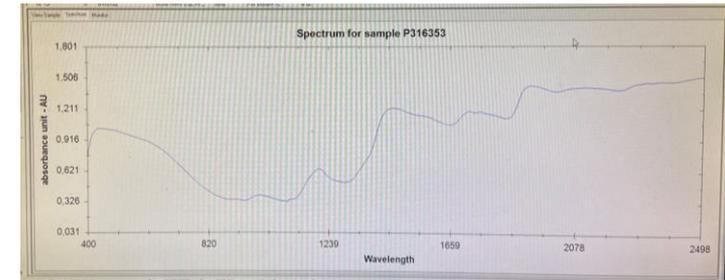
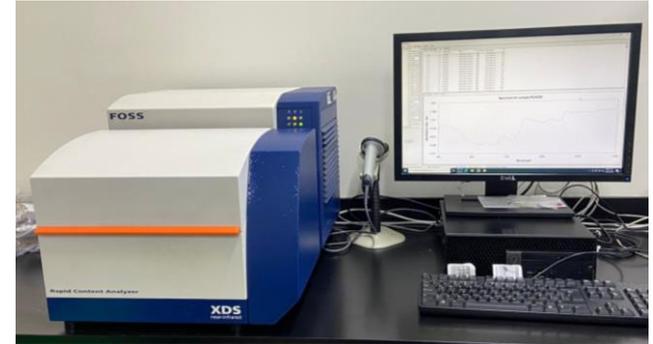
Es una micotoxina, de la cual no hay evidencia suficiente de que sea cancerígeno en humanos, pero sí en animales y el IARC (2010) la clasifica como 2B posiblemente cancerígena



Niveles Máximos de Contaminantes en los Alimentos de Consumo Humano		
4. Ocratoxina A	Cereales no elaborados	5,0 µg/kg
	Productos derivados de cereales no elaborados	3,0 µg/kg
	Uvas pasas	10,0 µg/kg
	Café tostado en grano y café tostado molido	5,0 µg/kg
	Café soluble (Café instantáneo)	10,0 µg/kg
	Zumo, néctar mosto de uva	2,0 µg/kg
	alimentos infantiles para lactantes y niños de corta edad	0,50 µg/kg
	Alimentos dietéticos dirigidos a los lactantes	0,50 µg/kg
	Espicias	15 µg/kg
	Raíz de regaliz, ingrediente para infusiones	20 µg/kg
	Extracto de regaliz, para uso alimentario	80 µg/kg

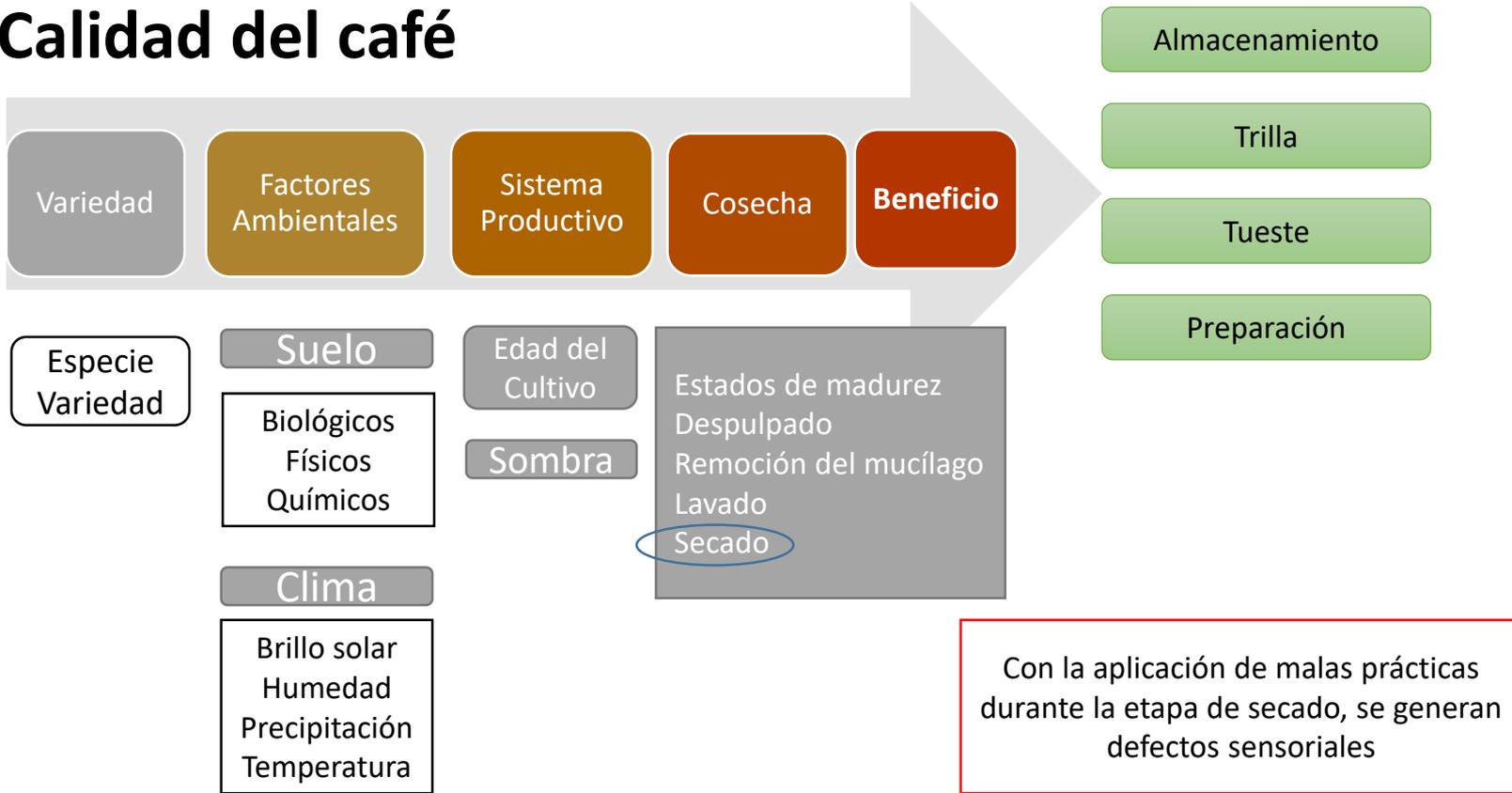
Composición Química

Compuesto	Promedio	Desviación Estándar
Cafeína (%)	1,18	0,11
Trigonelina (%)	1,00	0,13
Sacarosa (%)	7,24	0,72
Lípidos (%)	11,68	1,15
Ácidos Clorogénicos (%)	5,42	0,80
Estearico (%)	7,15	1,31
Linoleico (%)	40,06	2,88
Oleico (%)	11,44	2,17
Araquídico (%)	2,87	0,34
Palmítico (%)	39,82	5,32



Según el ANAVA, no hubo efecto de tratamientos. Interrumpir el secado no influye en la composición de la fracción lipídica, a diferencia de utilizar altas temperaturas durante el secado.

Calidad del café



Conclusiones

- El secado es una etapa fundamental en la conservación de la inocuidad del café. La interrupción del secado mecánico en café con contenidos de humedad mayores al 40% genera valores promedios de actividad de agua de 0,95 lo que establece condiciones de riesgo para la calidad.
- Se determinó que el café lavado sometido a menores tiempos iniciales de secado y a mayores tiempos de interrupción, tiene mayores probabilidades de presentar defectos sensoriales, específicamente el defecto terroso.
- Para disminuir el riesgo en la etapa del secado no se recomienda someter el café a interrupciones. El tiempo de secado inicial tiene efecto directo en el contenido de humedad y diferencias del 5% entre café secado por 12 y 6 horas generan porcentajes de defectos del 50% y 75% respectivamente.

Agradecimientos

Valentina Osorio Pérez

Claudia P. Gallego

Claudia R. Gómez

Luz Fanny Echeverri

Paola Andrea Calderón

Wilson Vargas

Víctor Manuel Castañeda

Miguel Junior Martínez

Personal de PC

Benjamín Sánchez

Disciplina Experimentación

Carlos Gonzalo Mejía

José Farid López

Jhon Félix Trejos

Biometría

Rubén Medina

Luis F. Imbachí

Paulo Arias

Mantenimiento

Divulgación

Sandra Marín

Paula Salgado





Muchas Gracias

La calidad...





GRACIAS

cenicafe@cafedecolombia.com 

PORTALES WEB



www.cenicafe.org



agroclima.cenicafe.org



biblioteca.cenicafe.org

REDES OFICIALES



Cenicafé FNC



@cenicafe



cenicafé



CenicaféFNC

