



Evaluación del efecto del secado con combustión directa de GLP sobre la composición química del grano de café.

Laura Quintero Yepes

Poscosecha

8 de Agosto 2022



Contenido

1. Introducción
2. Conceptos generales
3. Metodología
4. Caracterización del combustible y los productos de combustión
5. Resultados del proceso con combustión incompleta
6. Resultados del proceso con combustión adecuada
7. Conclusiones



INTRODUCCIÓN

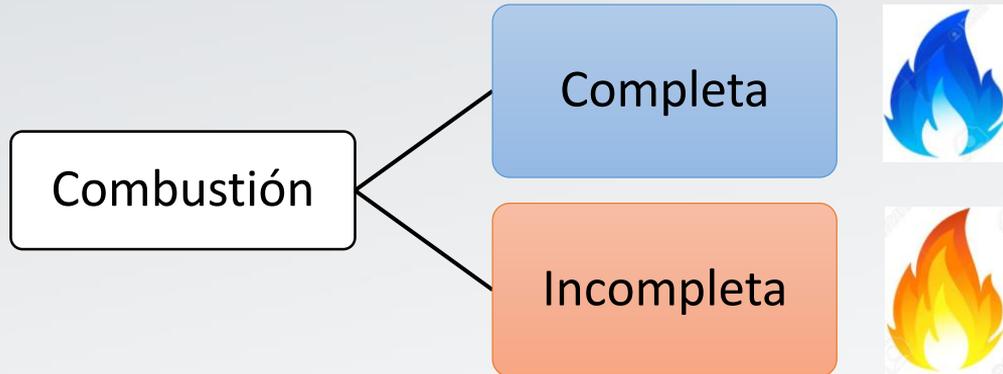
Las condiciones climáticas no favorables aumentan el tiempo de secado y pueden afectar la calidad. En el secado mecánico, cuando se utilizan combustibles sólidos se emplea un intercambiador de calor para lograr una transferencia de calor limpia. Si se utiliza GLP generalmente, con el fin de reducir los costos, no se utiliza intercambiador, asumiendo que la combustión es limpia. No obstante, se desconoce si los gases de combustión contaminan el grano de café o afectan su calidad en taza.



CONCEPTOS

COMBUSTIÓN

La combustión es un conjunto de reacciones de oxidación con desprendimiento de calor que se produce entre dos elementos: el combustible, que puede ser un sólido (carbón, madera, etc.), un líquido (diésel, gasolina, etc.) o un gas (metano, propano, butano, etc.) y el comburente (oxígeno).



CONCEPTOS

GASES DE COMBUSTIÓN

Aquellos generados en los procesos de combustión.

Su composición depende del tipo de combustible y de las condiciones del proceso combustión



CONCEPTOS

GASES DE COMBUSTIÓN

Cuando en los procesos de secado de alimentos hay presencia de gases de combustión aumenta la contaminación y el contacto directo del material con estos productos puede dar lugar a la formación de hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), y por tanto se debería minimizar este contacto.



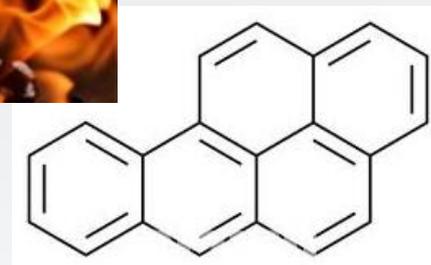
El tipo y composición del combustible que se utiliza para secar los alimentos repercute en el contenido de HAPs.

CONCEPTOS

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS

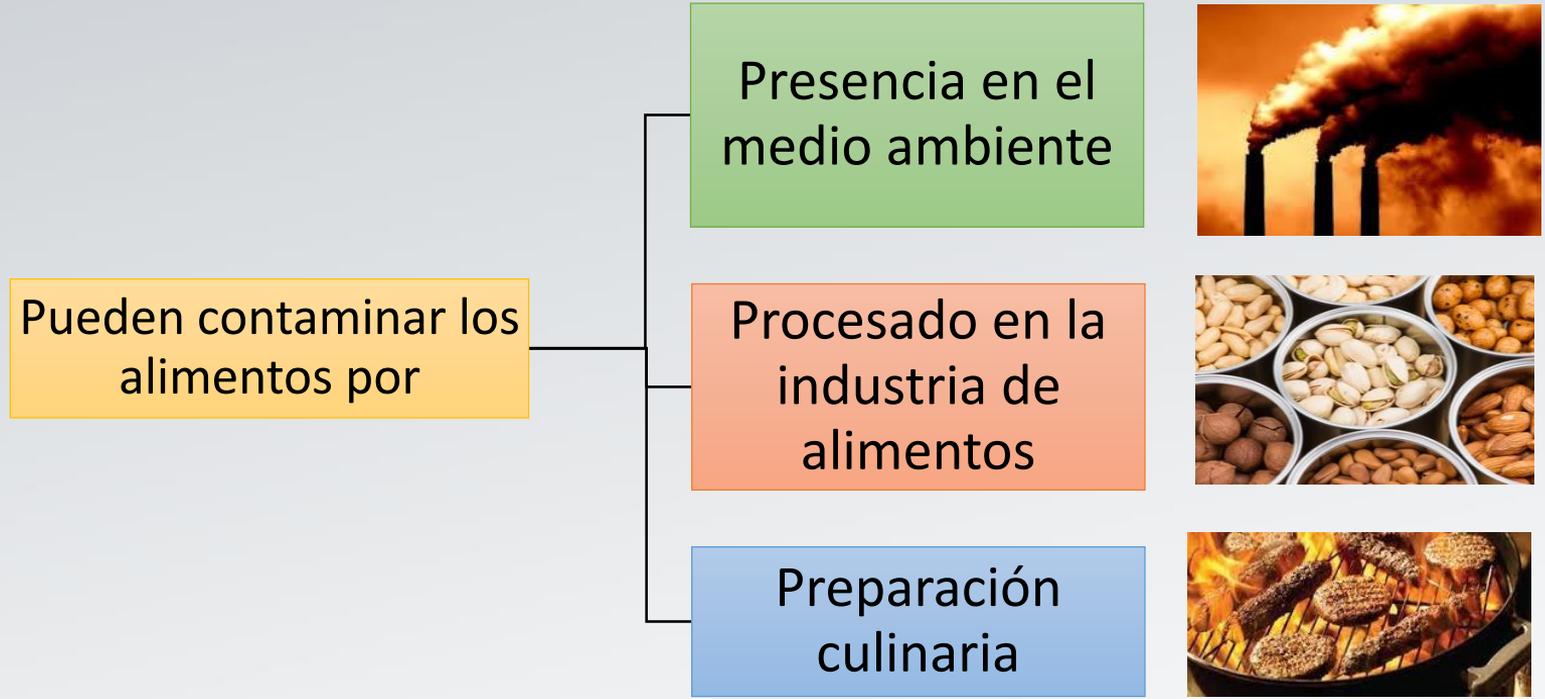
Constituyen un conjunto de compuestos químicos formados por átomos de carbono (C) e hidrógeno (H) que contienen dos o más núcleos aromáticos.

Se encuentran de forma natural en el petróleo, el carbón, depósitos de alquitrán y como productos de la combustión. Como contaminantes, han despertado preocupación debido a que algunos compuestos han sido identificados como cancerígenos.



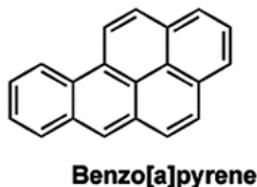
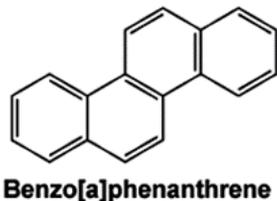
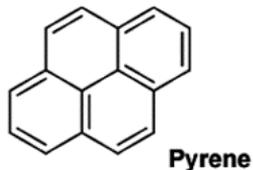
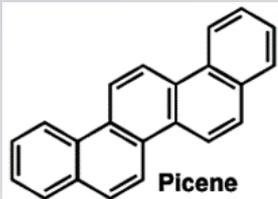
CONCEPTOS

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS



CONCEPTOS

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS



Son un grupo de más de 200 sustancias químicas. La Regulación Europea ha seleccionado **16** con efectos cancerígenos, entre las cuales están, entre otros: acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo[a]antraceno, **benzo[a]pireno**, criseno, fluoranteno, fluoreno, fenantreno y pireno.

CONCEPTOS

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS

Los Reglamentos (UE) N° 835/2011 y 1255/2020 de la Comisión Europea, establecen valores permisibles para el **Benzo(a) pireno** y/o la suma de **Suma de benzo(a)pireno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno y criseno** entre 1 y 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ para alimentos.

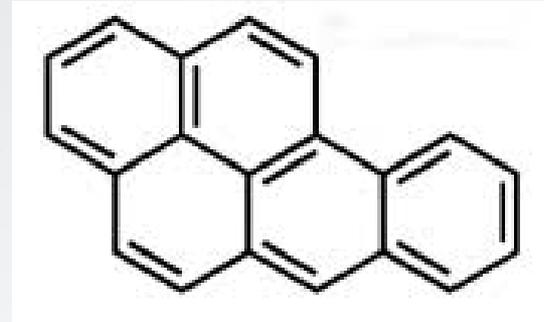
Productos alimenticios		Contenidos máximos ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	
6.1	Benzo(a)pireno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno y criseno	Benzo(a)pireno	Suma de benzo(a)pireno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno y criseno ⁽⁴⁵⁾
6.1.1	Aceites y grasas (excluida la manteca de cacao y el aceite de coco) destinados al consumo humano directo o a ser usados como ingrediente de productos alimenticios	2,0	10,0



CONCEPTOS

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS

El café no se contempla en esta normativa. Para una referencia se pueden tomar los valores permisibles para cacao que se encuentran entre 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (benzo(a)pireno) y 30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (suma de benzo(a)pireno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno y criseno) , valores límite por debajo de 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ están estipulados para alimentos de consumo infantil y algunos alimentos de consumo directo, lo cual no aplica para el café.



CONCEPTOS

GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)

En Colombia el GLP comercializado es una mezcla de propano (C_3H_8) y butano (C_4H_{10}) con proporciones menores de etano (C_2H_6), etileno (C_2H_4), propeno (C_3H_6), buteno (C_4H_8) y pentano (C_5H_{12}).



Las proporciones de butano y propano dependen de las fuentes de producción de donde provenga el producto, dichas fuentes son la refinación del crudo del petróleo y las plantas de producción de gas natural.

CONCEPTOS

GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)

El GLP es un combustible más sencillo, molecularmente hablando, que otro tipo de biomasa y al tener un mayor poder calorífico que la biomasa, brinda una quema más eficiente y limpia, con menos emisiones.

GLP: 46350 - 50450 KJ/kg **Carbón:** 27450 KJ/kg **Cisco:** 17936 KJ/kg

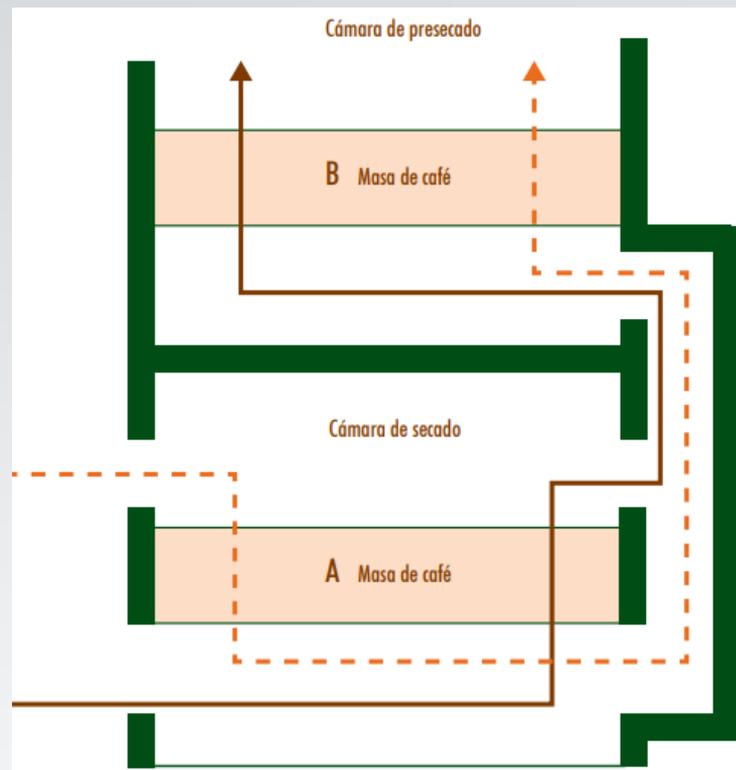
Esta diferencia en la estructura molecular del GLP en comparación con la biomasa radica principalmente en el número de carbonos, ya que el primero posee máximo hasta cuatro, mientras que la madera está constituida por polímeros orgánicos complejos como la celulosa y la lignina.



CONCEPTOS

SECADO MECÁNICO

El secado mecánico del café se hace en cámaras en la cuales se introduce aire caliente impulsado por un ventilador, el cual atraviesa la masa de café. Un secador mecánico consta de una, dos o tres cámaras con piso perforado, donde se deposita el café, un calentador del aire de tipo indirecto, un ventilador que entrega el caudal de aire para el secado del café y un dispositivo para el suministro de combustible



CONCEPTOS

SECADO MECÁNICO

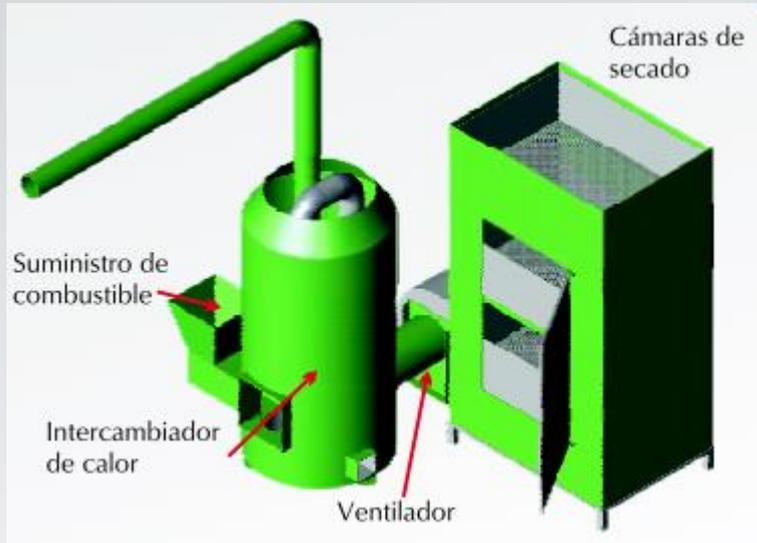
En los secadores mecánicos, el aire se calienta hasta una temperatura de 50°C y el tiempo para secar el café, hasta una humedad entre 10 y 12%, varia de 18 a 24 h. Para calentar el aire se utilizan diferentes combustibles (cisco de café, carbón mineral y gas licuado de petróleo).



CONCEPTOS

SECADO MECÁNICO

Cuando se utilizan combustibles sólidos se emplea un dispositivo, denominado intercambiador de calor. El cual es un equipo que transfiere continuamente calor de un medio a otro, ambos medios están separados por una pared a través de la cual se transfiere el calor.



INVESTIGACIÓN REALIZADA

Equipo de trabajo: Aristóteles Ortiz, Nelson Rodríguez, Aida Peñuela, Javier Velázquez, Samuel Castañeda

PROBLEMA

La combustión directa del gas licuado de petróleo (GLP) está siendo utilizada como alternativa de secado en fincas con poca área para secado solar y dificultad de acceso a equipos con intercambiador de calor, sin embargo, se desconoce si esta práctica genera contaminación en el grano de café



INVESTIGACIÓN REALIZADA

OBJETIVO

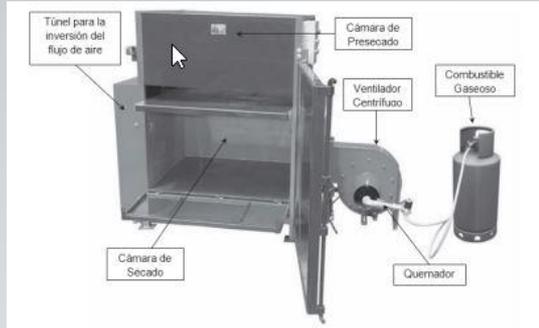
Evaluar el efecto de la combustión directa del gas licuado de petróleo (GLP) utilizado en el secado de café en la composición química del grano.

HIPÓTESIS

La combustión directa del GLP, utilizada para el secado de café genera la presencia de hidrocarburos y gases, producto de la combustión, en el grano sin pergamino, con una diferencia menor al 10%*, tomando como referencia el secado utilizando resistencias eléctricas.



METODOLOGÍA

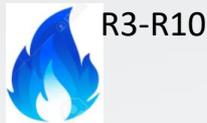


Testigo: Secado mecánico utilizando resistencias eléctricas

Secado en un equipo sin intercambiador de calor, utilizando GLP.

Combustión incompleta

Combustión adecuada



Caracterización cromatográfica del gas y el aire de secado

Perfil cromatográfico

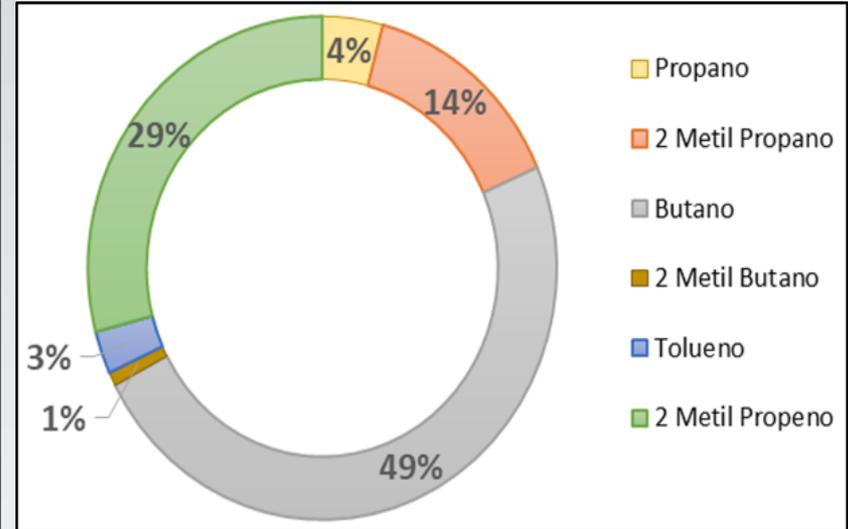
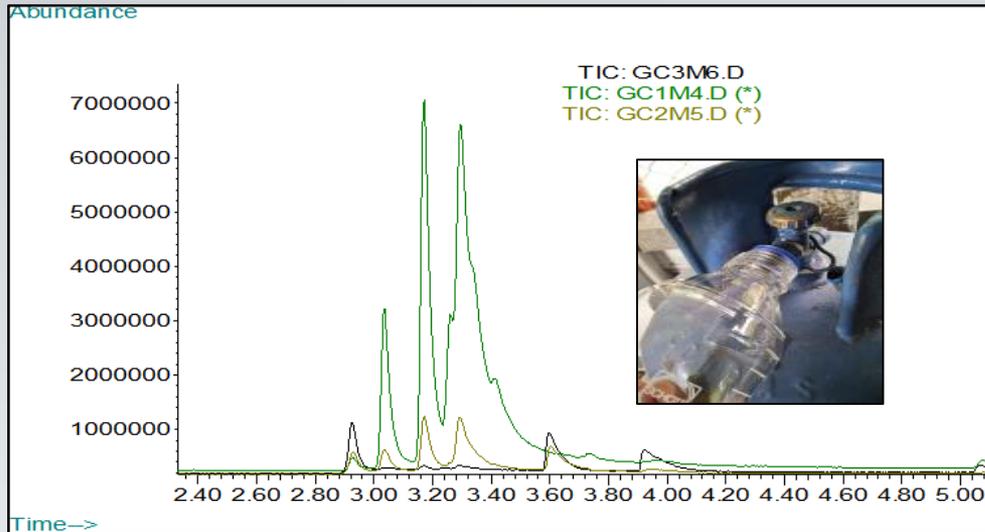
Caracterización cromatográfica de los granos de café

Análisis sensorial

HAPs y otros compuestos

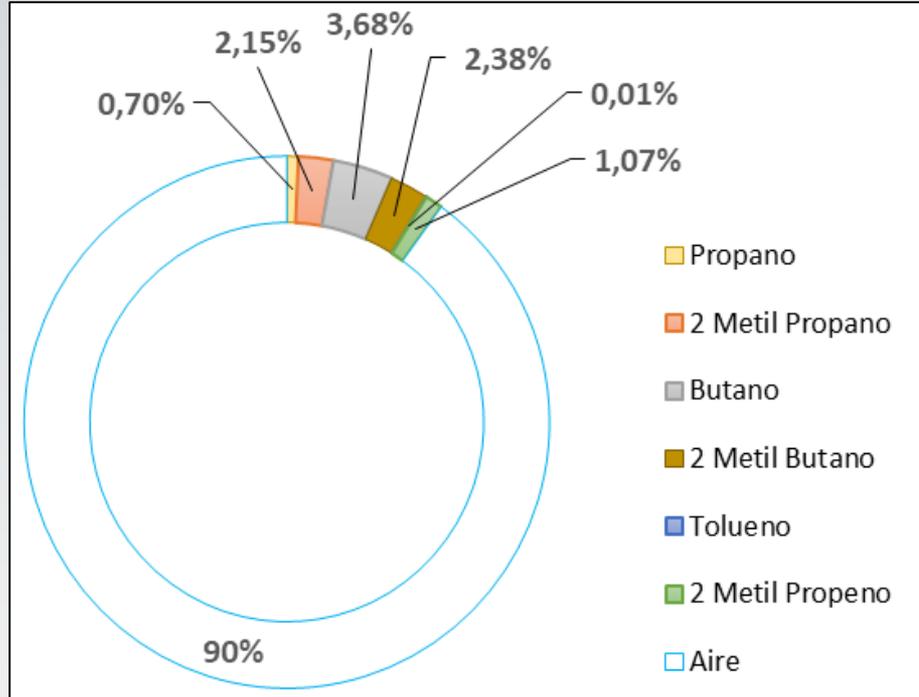
RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN DEL COMBUSTIBLE (GLP)



RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN GASES DE COMBUSTIÓN



PROCESO DE SECADO CON COMBUSTIÓN INCOMPLETA DEL GLP



R3

12 Kg de café lavado proveniente de la Estación Central Naranjal.

Secador mecánico de capa estática sin intercambiador de calor. Temperatura del aire 50°C.

PROCESO DE SECADO CON COMBUSTIÓN INCOMPLETA DEL GLP

Determinación de HAPs

Extracción en fase sólida (SPE <10 µg/Kg) consiste en pasar una muestra diluida a través de un cartucho, que contiene un relleno de un material que extrae selectivamente el analito de interés, desechando así los compuestos que pueden producir interferencias en el análisis.

Compuesto	Concentración ppb (µg/kg)		
	R1	R2	R3
Naftaleno	N.D	N.D	N.D
Acenaftileno	N.D	N.D	N.D
Fluoreno	N.D	N.D	N.D
Fenantreno	N.D	N.D	N.D
Antraceno	N.D	N.D	N.D
Fluoranteno	N.D	N.D	N.D
Pireno	N.D	N.D	N.D
Benzo[b]antraceno ●	N.D	N.D	N.D
Benzo[a]antraceno ●	N.D	N.D	N.D
Benzo[j]fluoranteno ●	N.D	N.D	N.D
Benzo[k]fluoranteno	N.D	N.D	N.D
Perileno	N.D	N.D	N.D

PROCESO DE SECADO CON COMBUSTIÓN INCOMPLETA DEL GLP

Determinación de HAPs

Micro extracción en Fase Sólida (SPME < 80 ng/Kg) es una técnica de extracción sin solvente que se basa en la exposición de una fibra de sílice fundida recubierta con una fase estacionaria al Espacio de Cabeza hasta que se alcanza un equilibrio entre los analitos volátiles en la fase gas y en la fibra.



PROCESO DE SECADO CON COMBUSTIÓN INCOMPLETA DEL GLP

Determinación de HAPs

Compuesto	Concentración ppt (ng/kg)		
	R1	R2	R3
Naftaleno	N.D	<80	<80
Acenaftileno	<80	<80	<80
Fluoreno	<80	<80	<80
Fenantreno	<80	N.D.	<80
Antraceno	N.D.	N.D.	N.D.
Fluoranteno	N.D.	N.D.	N.D.
Pireno	N.D.	N.D.	N.D.

0,08 µg/Kg

REGLAMENTO (UE) No 835/2011-2020 /1255

Productos	Contenido Máximos (µg/kg)	
	Benzo(a)pireno	benzo(a)pireno+ benzo(a)antraceno+ benzo(b)fluoranteno + criseno
Granos de cacao	5	30
Cereales para niños	1	1

PROCESO DE SECADO CON COMBUSTIÓN INCOMPLETA DEL GLP

Según los resultados, cuando hay procesos de combustión incompleta en el proceso de secado, utilizando GLP como combustible, no hay presencia de HAPs en los granos sin pergamino. Sin embargo, se presenta una afectación en la calidad física (café pergamino y grano sin pergamino de color negro) y posiblemente la calidad en taza. Por lo tanto no es recomendable que esta condición se presente cuando se está realizando el proceso de secado con GLP.



PROCESO DE SECADO CON COMBUSTIÓN ADECUADA DEL GLP



R3-R10

12 Kg de café lavado proveniente de la Estación Central Naranjal.

Secador mecánico de capa estática sin intercambiador de calor. Temperatura del aire 50°C.

PROCESO DE SECADO CON COMBUSTIÓN ADECUADA DEL GLP

Determinación de HAPs

Compuesto	Concentración ppt (ng/kg)		
	R1	R2	R3
Naftaleno	<80	<80	<80
Acenaftileno	N.D	4135	<80
Fluoreno	<80	850	<80
Fenantreno	N.D	N.D	N.D
Antraceno	N.D	N.D	N.D
Fluoranteno	N.D	N.D	N.D
Pireno	N.D	N.D	N.D

0,08 µg/kg y 4,1 µg/kg



Contenidos máximos (µg/kg)	
Benzo(a)pireno	Suma de benzo(a)pireno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno y criseno ⁽⁴⁵⁾

PROCESO DE SECADO CON COMBUSTIÓN ADECUADA DEL GLP

De acuerdo a los análisis en las muestras donde se presentaron HAPs los valores estuvieron entre 0,08 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y 4,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$, solo en una muestra para el compuesto Acenaftileno (compuesto que no se encuentra en el Reglamento UE). De igual forma los valores están por debajo de lo establecido en el Reglamento de la Unión Europea entre 5 y 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ dependiendo el tipo de alimentos. Valores menores a 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ hacen referencia alimentos de consumo infantil y de consumo directo, lo cual no aplica para el café.



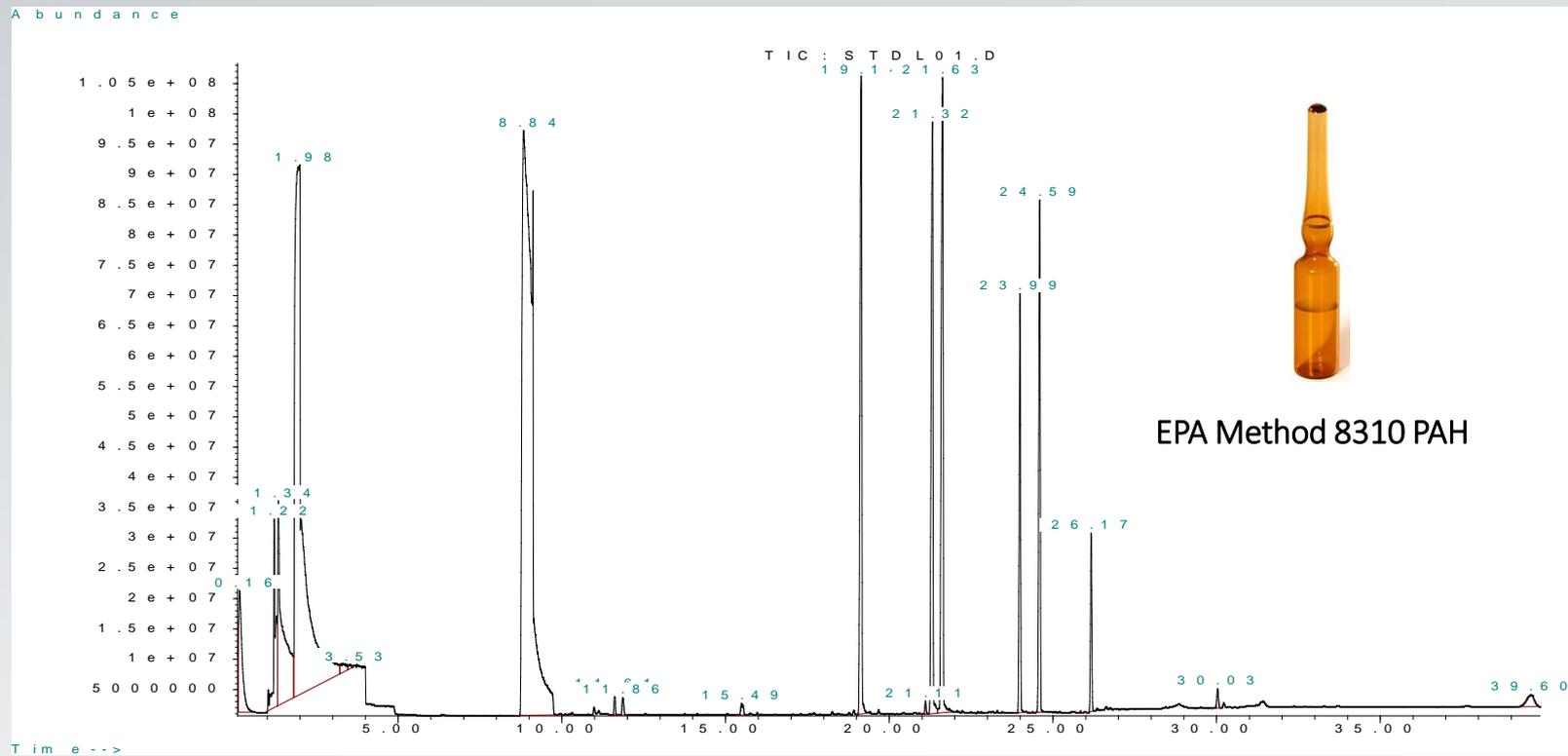
PROCESO DE SECADO CON COMBUSTIÓN ADECUADA DEL GLP



En Cenicafé se realizó una caracterización por cromatografía de gases con detector selectivo de masas (CG-MS) con el fin de obtener un perfil cromatográfico con los principales compuestos presentes en la muestra, comparándolos con un patrón de HAPs (EPA Method 8310 PAH Mixture) y así identificar la presencia de estos en las muestras. Se realizaron 10 repeticiones.

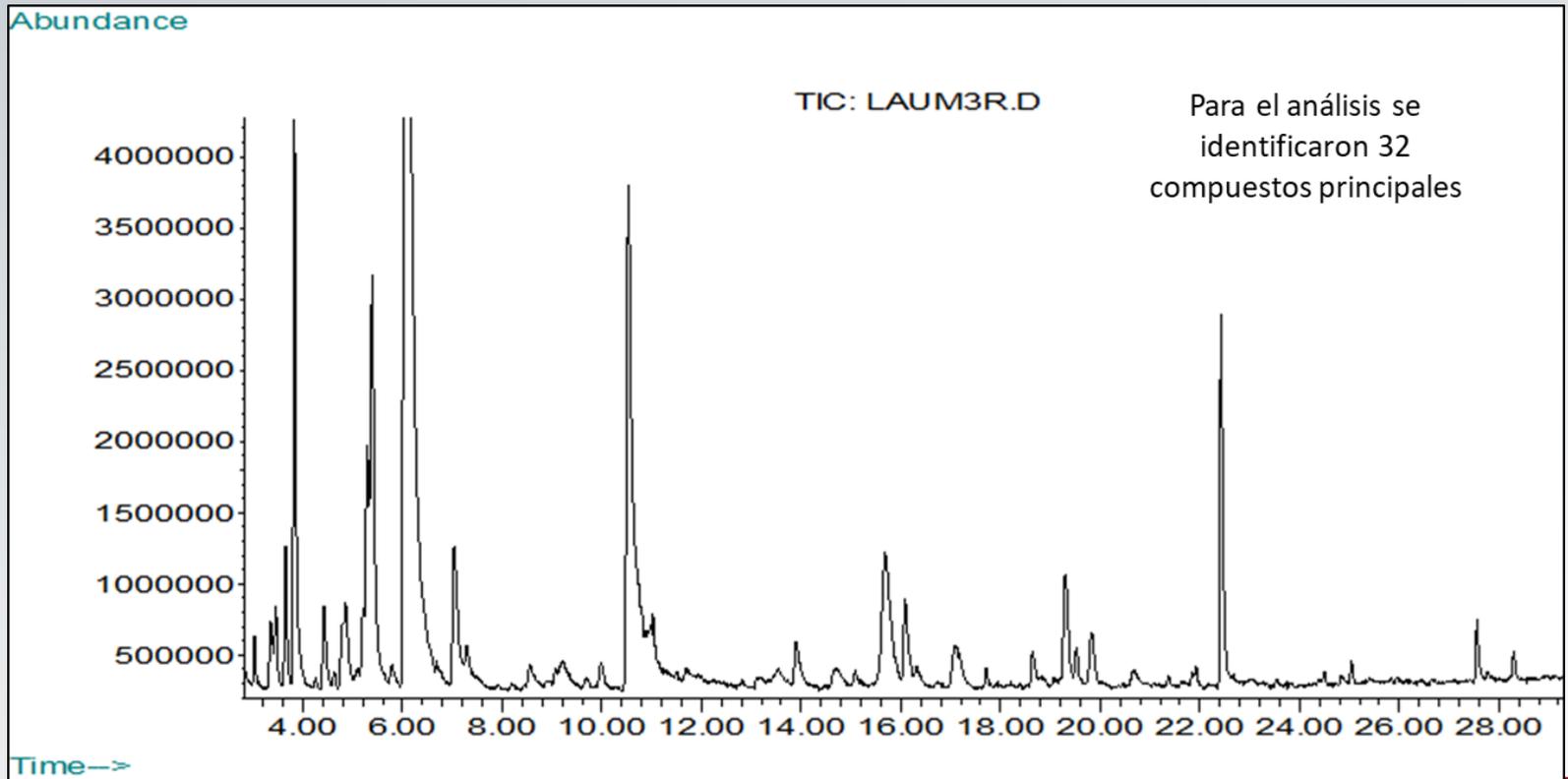
PROCESO DE SECADO CON COMBUSTIÓN ADECUADA DEL GLP

Análisis cromatográfico Cenicafé



PROCESO DE SECADO CON COMBUSTIÓN COMPLETA DEL GLP

Resultados



PROCESO DE SECADO CON COMBUSTIÓN COMPLETA DEL GLP

Resultados

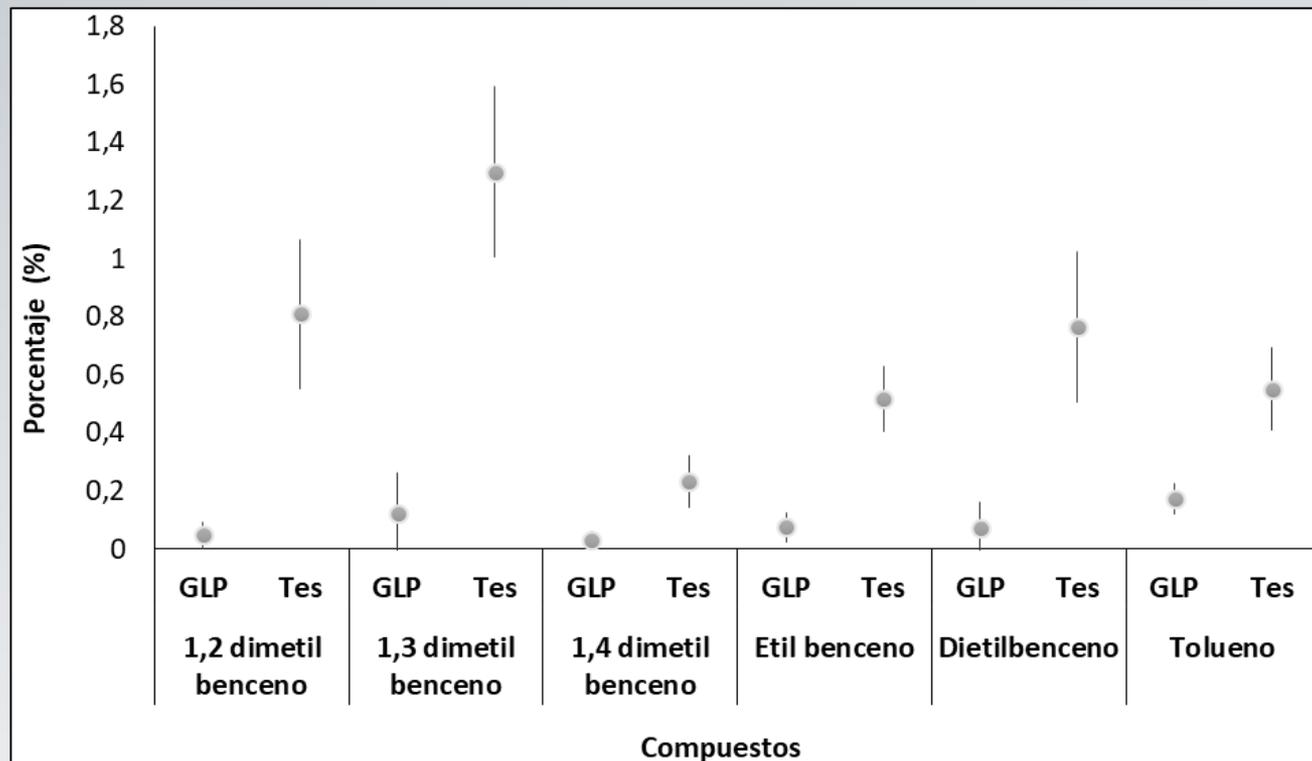
Distribución porcentual de los compuestos tomando como base los 32 encontrados

Grupo funcional	GLP			Testigo		
	Promedio		Error estimación	Promedio		Error estimación
Ácido	8,16	a	3,19	2,88	b	0,47
Alcano	0,25	a	0,03	0,09	a	0,05
Alcohol	69,16	a	4,10	70,83	a	8,61
Aldehído	8,84	a	1,28	10,70	a	3,47
Cetona	9,12	a	0,62	9,78	a	3,33
Éster	3,95	a	1,30	1,69	b	0,41
Hidrocarburo Aromático	0,53	b	0,38	4,18	a	0,81

Para cada grupo funcional, letras no comunes indican diferencias estadísticamente significativas al 5%, según prueba Welch al 5%

PROCESO DE SECADO CON COMBUSTIÓN ADECUADO DEL GLP

Resultados



Distribución porcentual de los Hidrocarburos Aromáticos en los compuestos encontrados

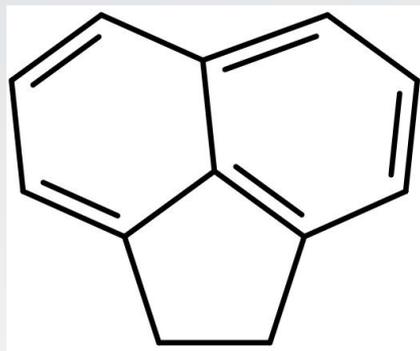
ANÁLISIS SENSORIAL

Tanto para las muestras provenientes del secado utilizando GLP como para las muestras utilizando resistencias eléctricas se realizó el análisis sensorial.

Muestra	Puntaje SCA	Taza
Combustión R1	80,75	Sin defecto
Combustión R2	80,38	Sin defecto
Combustión R3	80,09 •	Sin defecto
Combustión R4	80,70	Sin defecto
Combustión R5	80,40	Sin defecto
Combustión R6	81,10	Sin defecto
Combustión R7	82,10	Sin defecto
Combustión R8	81,19	Sin defecto
Combustión R9	81,63	Sin defecto
Combustión R10	81,31	Sin defecto
Testigo R1	81,44	Sin defecto
Testigo R2	81,56	Sin defecto
Testigo R3	81,31	Sin defecto
Testigo R4	80,69	Sin defecto
Testigo R5	80,94	Sin defecto
Testigo R6	81,31	Sin defecto
Testigo R7	81,10	Sin defecto
Testigo R8	82,69 •	Sin defecto
Testigo R9	81,81	Sin defecto
Testigo R10	81,75	Sin defecto

CONCLUSIONES

En las muestras donde se presentaron HAPs los valores estuvieron entre **0,08 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y 4,1 $\mu\text{g}/\text{kg}$** (solo en una muestra para el compuesto Acenaftileno-No regulado). Sin embargo, los valores están por debajo de los límites permisibles en alimentos según los Reglamento (UE) N° 835/2011 y 2020/1255 que establecen valores límites entre **5 y 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$** dependiendo el tipo de alimento (para café no están regulados este tipo de compuestos), valores límites menores a 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ hacen referencia alimentos de consumo infantil o de consumo directo lo cual no aplica para el café.



Contenidos máximos ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	
Benzo(a)pireno	Suma de benzo(a)pireno, benzo(a)antraceno, benzo(b)fluoranteno y criseno ⁽⁴⁵⁾

CONCLUSIONES

Se encontraron otros Hidrocarburos Aromáticos (que no están catalogados como cancerígenos), a concentraciones bajas; tales como, tolueno, dimetilbenceno, etilbenceno y dietilbenceno. Sin embargo, los valores encontrados para estos compuestos estuvieron superiores en el testigo (secado con resistencias eléctricas). En cuanto al análisis sensorial ninguna de las muestras presentó defectos en taza con valores entre 80,09 y 82,69 en escala SCA.



CONCLUSIONES

Bajo las condiciones evaluadas, la combustión directa del GLP utilizada como alternativa de secado, no presentó sustancias tóxicas en el grano de café (tomando como referencia la normativa europea) y no afectó la calidad en taza. Por lo tanto, los caficultores podrían utilizar secadores sin intercambiador de calor, utilizando como combustible el GLP, si se tienen en cuenta las condiciones de operación dadas por el fabricante y utilizando los flujos de aire y combustible apropiados.



AGRADECIMIENTOS

Aristófeles Ortiz.

Rubén Medina.

Disciplina de Poscosecha.

Estación Central Naranjal.

Panel Catación.





GRACIAS

cenicafe@cafedecolombia.com 

PORTALES WEB



www.cenicafe.org



agroclima.cenicafe.org



biblioteca.cenicafe.org

REDES OFICIALES



Cenicafé FNC



@cenicafe



cenicafé



CenicaféFNC

