

Extracción de cafeína del café (*Coffea arabica*) por fluidos súper críticos

Trabajo de grado para Optar al título de Ingeniera de alimentos

Sara Hincapié Avila

Asesor

Blanca Lucia Cardona Salazar

Magíster en Educación y Desarrollo Humano

Corporación Universitaria Lasallista

Facultad de Ingeniería

Ingeniería de Alimentos

Caldas – Antioquia

2013

Tabla de contenido

Lista de graficas.....	5
Palabras clave: Descafeinización, café tostado, cafeína, fluidos súper críticos, extracción	8
Justificación.....	10
Objetivos	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos.....	11
Marco teórico	12
El café.....	12
Composición del café	12
Comercialización del café	12
Procesamiento del café	13
Extracción de la cafeína del café	14
Tecnología de extracción por medio de fluidos supercríticos	15
Metodología	17
Extracción.....	17
Medición de la cafeína	18
Resultados y Discusión.....	19
Conclusiones y Recomendaciones.....	23

Referencias24

Apéndices26

Lista de tablas

Tabla 1 Condiciones de extracción	17
Tabla 2 comparación de café verde tostado, y tostado molido.....	19
Tabla 3 Cafeína encontrada en café comercial, café comercial descafeinado y en café para descafeinar usado en el presente trabajo	19
Tabla 4 Resultados de extracciones	20

Lista de graficas

Grafica 1 Comportamiento del mercado de bebidas no alcohólicas	13
Grafica 2 Diagrama de fases	15
Grafica 3 Esquema Maquina de fluidos súper críticos	16
Grafica 4 Curva cuantificación de la cafeína	18
Grafica 5 Condiciones de extracción	20

Lista de apéndices

Apéndice 1 Flujo grama medición de cafeína.....	26
Apéndice 2 Puesta en marcha del espectrofotómetro	28

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Planta de café, <i>Coffea arabica</i>	12
---	----

Resumen

Actualmente la industria cafetera nacional tiene una escasa oferta de métodos de descafeinado que sean menos contaminantes, con el máximo rendimiento de remoción de cafeína, en un corto periodo de tiempo y con un costo razonable, lo cual limita la oferta de derivados de café para responder a las tendencias del mercado, caracterizado por la exigencia de productos cada vez más diferenciados, novedosos, con más valor agregado y amigables con el medio ambiente.

La única planta de descafeinado del país Descafecol, presta servicios a exportadores de café verde descafeinado, a la industria de café soluble y a las torrefactoras.

En este proyecto se buscan las condiciones apropiadas para la extracción de cafeína del café utilizando la tecnología de fluidos supercríticos que se caracteriza por ser una tecnología no contaminante con el medio ambiente y no perjudicial para la salud de las personas, esto se busca dada la necesidad de brindar al país tecnologías innovadoras y limpias de procesamiento del café.

Palabras clave: Descafeinización, café tostado, cafeína, fluidos súper críticos, extracción

La cafeína ($C_8 H_{10} N_4 O_2$) (1,3,7-trimetilxantina), es reconocida como un importante compuesto presente en el café, este tiene propiedades de interés como la activación del sistema nervioso, sin embargo cierto número de la población rechaza este compuesto a causa de una baja tolerancia inmunológica a los efectos del mismo (Hyong Seok Park, 2007), la tecnología de extracción por fluidos súper críticos ha sido evaluada para la descafeinización de café verde, mas no es común encontrar esta descafeinización en café tostado y es de interés evaluar el comportamiento de extracción en café procesado, a fin tener la posibilidad de plantear la extracción de la cafeína del café por fluidos súper críticos, como una posible etapa adicional en el procesamiento del grano (DR. Francisco Ramos Gomez, 2008), sin alterar el proceso tradicional, en el presente trabajo se variaran condiciones de presión y temperatura, que son los parámetros que más influyen en la extracción (Ordoñez, 2006) de la cafeína del café tostado y molido en la tecnología de fluidos súper críticos.

Justificación

Partiendo del hecho de que el café es uno de los productos más importantes a nivel nacional y que en el país solo hay una planta de descafeinización de café y que la misma utiliza métodos con solventes orgánicos, se buscan las condiciones apropiadas para la extracción de cafeína del café tostado utilizando la tecnología de fluidos supercríticos pues en una país tan biodiverso como el nuestro se evidencia la necesidad de preservar las riquezas naturales y no contaminarlas con desechos industriales, en la actualidad simplemente se entrega café verde a los países no productores de café para que industrialicen y comercialicen. Esta tecnología daría al sector cafetero una ventaja competitiva permitiendo ofrecer productos de mayor valor al tener un café descafeinado que no se obtuvo por medio de solventes orgánicos como en la tecnología de descafeinización tradicional, lo cual generaría mayores recursos para el país, y más aún, considerando que Colombia cuenta con una variedad de café clasificada como “suave Colombiano” muy apreciada a nivel mundial.

Objetivos

Objetivo general

Determinar las mejores condiciones de extracción por fluidos súper críticos para café

Objetivos específicos

- Definir desde que etapa del proceso en café debe ser tomado para el proceso de extracción
- Cuantificar rendimientos de extracción y contenido de cafeína presente, tanto en extractos como contenido de cafeína en el café antes y después de la extracción
- Comparar los rendimientos de la extracción por fluidos súper críticos, con los de una extracción con solventes orgánicos, de un café comercial
- Valorar la extracción por fluidos súper críticos como una posible alternativa para dar valor agregado al café

Marco teórico

El café

El café o cafetos (*Coffea* spp) son arbustos de hoja perenne de la familia de las Rubiáceas produce semillas tostadas de las cuales se obtiene una bebida llamada café. (Mahía, 2011)

Ilustración 1 Planta de café, *Coffea arabica*



Composición del café

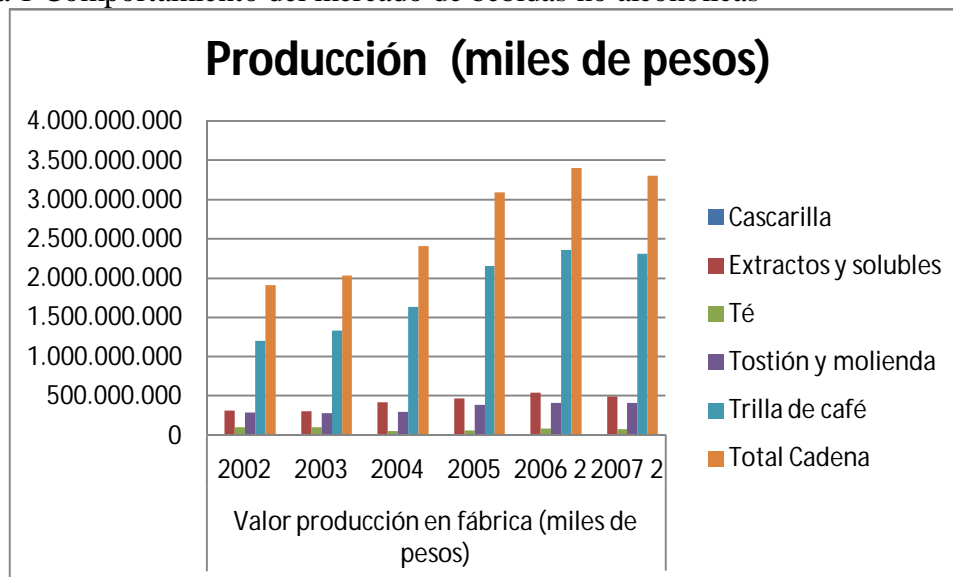
La cafeína, minerales, lípidos, trigonelinas, aminoácidos, proteínas, ácidos alifáticos, glicósidos, carbohidratos, dimetilxantinas derivadas, teofilina y teobramina son algunas de las más de 2.000 sustancias diferentes que se encuentran en los granos de café. (Mahía, 2011)

Comercialización del café

En la gráfica se observa como el café colombiano se comercializa como café verde en el mercado nacional e internacional, lo que se procesa como café tostado y molido va para

consumo interno, como también los extractos solubles (19.2% de la cadena del café).

Grafica 1 Comportamiento del mercado de bebidas no alcohólicas



Fuente: DNP actualización cifras cadena del café

En el contexto internacional el café se vende a Estados Unidos y Europa donde sus empresas se encargan de procesar e industrializar (Espinal G, 2005).

Colombia importa café tostado y molido de Brasil y Perú y preparaciones y extractos de cafeína de México, debido al cambio en los patrones de consumo (Espinal G, 2005).

Procesamiento del café

El procesamiento básico del café consiste en las siguientes etapas:

- **Recolección:** se realiza durante los tiempos de cosecha, a mano, pues sólo se recoge el café maduro

- Beneficio: el más común es en húmedo y comprende las operaciones de despulpado, fermentación, lavado y secado del grano.
- Trillado: donde se clasifica según peso, color y apariencia
- Tostón: se somete a altas temperaturas
- Molienda: se realiza la molienda por tamaño (gruesa, media, fina) para los diferentes tipos de cafeteras comerciales
- Empacado: en empaque que lo proteja y garantice su durabilidad

Extracción de la cafeína del café

El café descafeinado es aquel que presenta reducción de contenido cafeínico se consigue mediante un proceso industrial de extracción.

Actualmente se utilizan diferentes técnicas para retirar la cafeína del café, muchas de ellas utilizan solventes orgánicos como el cloruro de metilo y el acetato de etilo. Normalmente, para descafeinar 1 tonelada de café se emplean aproximadamente 10 kg de solvente orgánico. La cafeína es extraída de los granos de café verde previamente humectados, mediante sucesivas extracciones, hasta alcanzar la eliminación de la cafeína.

Es de interés extraer la cafeína pues puede servir como insumo para bebidas energéticas y medicamentos farmacológicos entre otros, por otro lado tenemos la obtención de un café descafeinado completamente libre de solventes orgánicos pues el gas con el que se extrae la cafeína del café en la tecnología de fluidos súper críticos se libera completamente

Tecnología de extracción por medio de fluidos supercríticos

Un fluido supercrítico es una que se difunde en sólidos como un gas y disuelve sustancias como un líquido obtiene en condiciones de temperatura y presión por encima de su punto crítico, presenta grandes cambios en su densidad con variaciones pequeñas de presión y temperatura; por esto se puede usar como sustituto de solventes orgánicos en operaciones de separación o sea procesos de extracción de sustancias a partir de la matrices que la contienen.

Grafica 2 Diagrama de fases

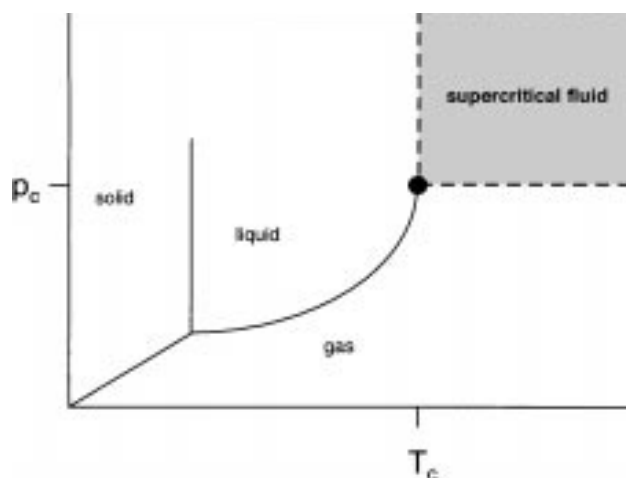


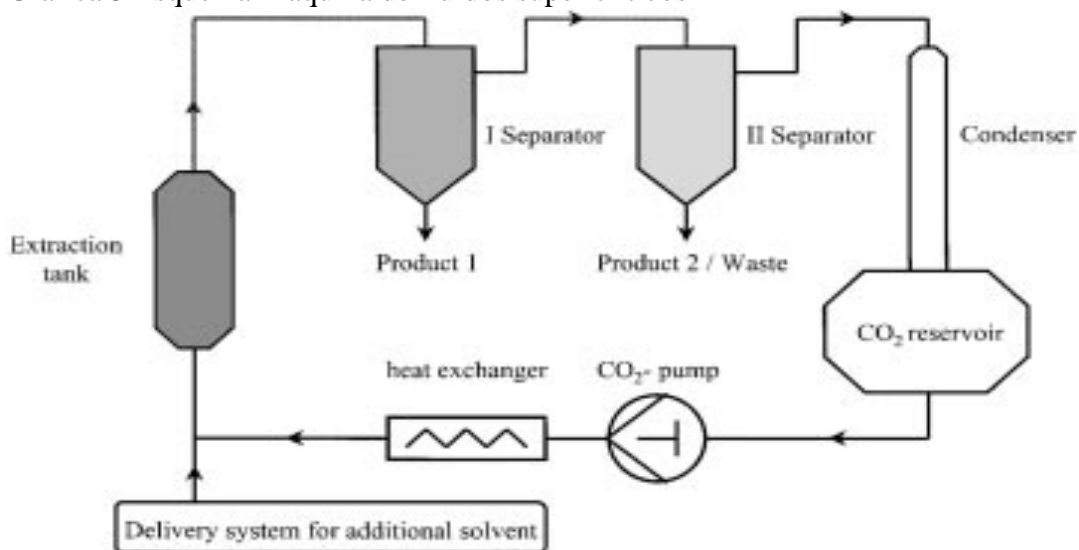
Diagrama de fases para una sustancia P_c -presión crítica. T_c temperatura crítica (Sihvonen, 1999)

El gas más utilizado es el dióxido de carbono por sus propiedades: no tóxico, no inflamable, no corrosivo, bajo costo, no deja residuos, se elimina fácilmente, se puede trabajar en condiciones aceptables de temperatura, se obtiene fácilmente con alto grado de pureza.

Para llegar al punto crítico el solvente se pasa del recipiente que lo contiene por la bomba donde se aumenta su presión y en el intercambiador se eleva su temperatura para ponerse en

contacto con la matriz sólida en condiciones supercríticas. En el separador se disminuye su presión y se separan el extracto y el disolvente que sale rico en volátiles al segundo extractor donde se separa de otra la fracción de volátiles y se puede recuperar y recircular el disolvente. Se puede usar un cosolvente para adicionar al disolvente y mejorar propiedades con el fin de hacer más afín la mezcla disolvente y el compuesto a extraer.

Grafica 3 Esquema Maquina de fluidos súper críticos



Esquema simplificado de un extractor de fluidos supercríticos. (Sihvonen, 1999)

Actualmente no existe un proceso comercialmente disponible utilizando tecnologías de extracción limpia para el procesamiento de café de Colombia.

Metodología

Extracción: Se realizó extracción a iguales condiciones (50°C, 35Mpa) para café tostado y molido, café tostado y café verde a fin de seleccionar aquel que más extracción lograra como como parámetro para los siguientes ensayos.

Las condiciones seleccionadas para la extracción de café tostado y molido según revisión bibliográfica previa (Ram B. Gupta, 2007)del proyecto al cual esta adjunto el presente reporte fueron:

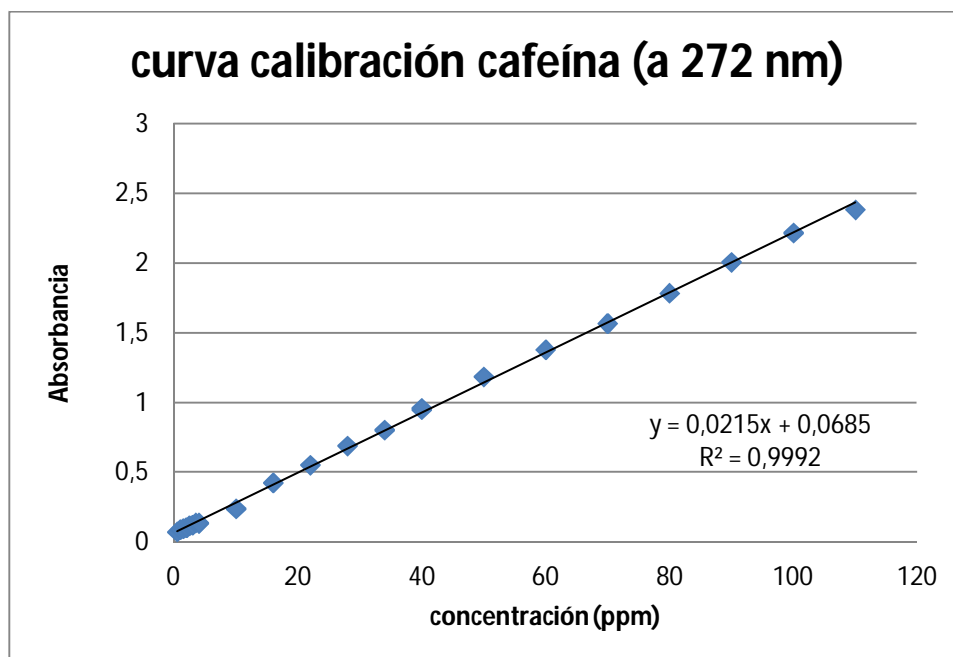
Tabla 1 Condiciones de extracción

Ensayo N°	Presión (Mpa)	Temperatura (°C)
1	30	45
2	30	50
3	30	55
4	35	45
5	35	50
6	35	55

Las extracciones se realizaron en un equipo “Supercritical Fluid Technologies, Inc SFT - 150 SFE System” durante 60 minutos, utilizando 10% de etanol como co-solvente, fueron puestos a extracción 30gr de café suave variedad Colombia cultivado en el departamento de Antioquia, con tostión media y un tamaño de partícula promedio de 425µm el contenido de cafeína fue medido en el café antes de la extracción, después de la extracción y el extracto liquido del mismo.

Medición de la cafeína: Se pesó 0,15gr de la muestra (Café comercial, café comercial descafeinado, café verde, café tostado en grano, café tostado y molido, extracto del separador y café tostado y molido después de la extracción) para las muestras sólidas se tomó un tamaño de partícula entre 180 y 425 μ c, se adiciono la muestra a un Erlenmeyer de 250mL aforándolo con agua destilada a 100mL, se conectó el Erlenmeyer a un sistema de reflujo que se dejó 30min en ebullición, se filtró la solución en caliente hacia un beaker de 250mL y se mezcló a este 3gr de carbonato de sodio, a esta solución se le adicionaron 25mL de cloruro de metileno y se mezclaron 10 minutos a velocidad media, se incorporó la solución a un embudo separador y en un beaker de 50ml se tomó la parte inferior a esta se le adicionaron 0,1gr de sulfato de sodio mezclándolo cuidadosamente, se filtró la solución hacia un beaker de 250mL, este se incubo a 45°C hasta evaporar por completo el cloruro de metileno, se añadió a este 100ml de agua destilada y se leyó a 272 nm en un espectrofotómetro Biotek synergy HT (Abebe Belay, 2008)

Grafica 4 Curva cuantificación de la cafeína



Curva cuantificación de cafeína, tomada de la investigación “Diseño de una planta de Extracción de cafeína del café por la tecnología de Fluidos Súper Críticos”

Resultados y Discusión

Tabla 2 comparación de café verde tostado, y tostado molido

	ppm	%cafeína	Cafeína contenida en 1 Kg de café	% Remoción
Café verde	16,66514	1,102921	11,029211	5,635090394
Café tostado	15,88532	1,050616	10,506165	10,11022464
Café tostado molido	16,20642	1,044228	10,442282	10,65679759

Tabla 3 Cafeína encontrada en café comercial, café comercial descafeinado y en café para descafeinar usado en el presente trabajo

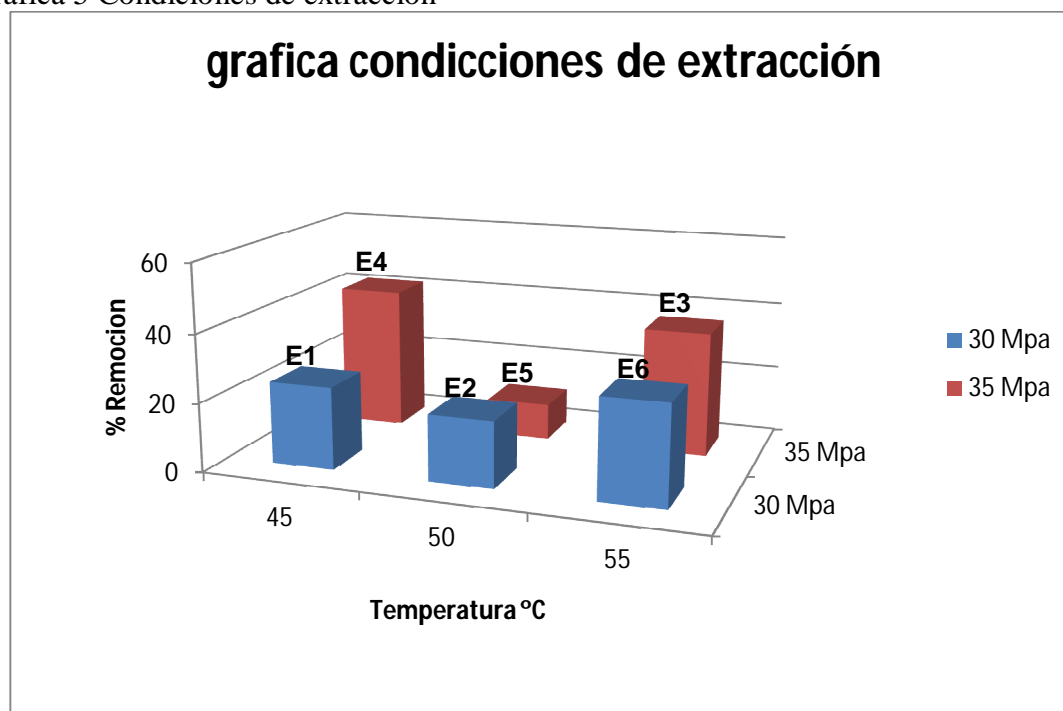
	ppm	%cafeína	Cafeína contenida en 1 Kg de café
Café para extracciones	17,53175	1,168783	11,68783069
Café comercial	17,92857	1,136158	11,36157885
Café comercial descafeinado	1,380952	0,091758	0,917576333

% de remoción café comercial	91,923866		
-------------------------------------	-----------	--	--

Tabla 4 Resultados de extracciones

Ensayo N°	Café extraído		Extracto liquido		Cafeína contenida en 1 Kg de café	Cafeína removida en 1 Kg de café	%Remoción
	ppm	%cafeína	ppm	%cafeína			
1	13,6835	0,8885	17,3073	1,0157	8,885	2,80283069	23,98076053
2	14,1881	0,9436	3,1789	0,2112	9,436	2,25183069	19,26645541
3	12,6743	0,8278	4,8761	0,0722	8,278	3,40983069	29,17419647
4	10,3	0,6774	10,1973	0,3637	6,774	4,91383069	42,04228158
5	16,2064	1,0442	13,6376	0,2009	10,442	1,24583069	10,65921231
6	11,4358	0,7407	4,6468	0,2392	7,407	4,28083069	36,62639203

Grafica 5 Condiciones de extracción



En la comparación entre los extractos solidos de café verde sin fracturar, café tostado, sin fracturar y café tostado molido (Tabla 2), se encuentra un mayor porcentaje de remoción a las

condiciones de este ensayo, en el café tostado y molido, por ende los subsiguientes ensayos se realizaron con el café tostado y molido, en vez de realizarse con el café tostado sin fracturar, lo cual presenta una ventaja más para este proceso de extracción al realizarse sobre el café molido, pues fue encontrado que en la extracción del café tostado sin fracturar después de pasar por la etapa de extracción se quebrantaban algunos de los granos lo cual hubiese representado una variación en el procesamiento del café (Duarte, 2002) que pretende no variarse.

El porcentaje de cafeína presente en el café que se trabajó en este experimento, antes de comenzar la extracción resulta concordar con la cantidad de cafeína que se debe encontrar en los granos (Aznar, 2011) y comparado con el porcentaje de cafeína de un café comercial (Tabla 3) es bastante similar con una diferencia de solo 0,0326%, lo cual nos indica que estos dos cafés variedad Colombia, son adecuados para comparar con sus homólogos descafeinados pues parten de características iniciales similares en el compuesto que aquí nos ocupa (la cafeína), fue por esto que para el café comercial también se concluyó porcentaje de reducción de cafeína, a fin de que este pudiera ser comparable con los del presente experimento, la más alta remoción de cafeína en el presente experimento fue de 42.0423%, mientras la descafeinización comercial por solventes orgánicos obtuvo un porcentaje de remoción de 91,9239%, es decir que el método de fluidos súper críticos para el café tostado y molido está obteniendo una descafeinización parcial.

En la comparación de condiciones (Grafica 5) se aprecia cómo tanto para las extracciones a 30Mpa como las de 35Mpa las temperaturas que logran una mejor extracción son las de 45 y 55°C, la temperatura de 50°C muestra una caída en la extracción, esto puede deberse a un comportamiento de solubilidad no lineal en las condiciones de extracción, también se aprecia como la presión más alta fue aquella que obtuvo un mayor porcentaje de remoción lo cual va

muy acorde al hecho de que se ve incrementada la solubilidad de la cafeína entre más presión se presente en el sistema (G.I. Burgos-Solórzano, 2004). (Ram B. Gupta, 2007)

Conclusiones y Recomendaciones

El presente trabajo muestra que sí es posible llegar a una metodología de descafeinización del café sin variar el proceso tradicional previo, al obtener una descafeinización que aunque no logra ser total, sino parcial al obtener un porcentaje de remoción de 42,04228158%, cuenta con todas las ventajas de una extracción por la tecnología de fluidos súper críticos, al no tener ninguna traza de material orgánico como en la descafeinización tradicional, además de esto ser un proceso sumamente amigable con el medio ambiente, pues no se desechan solventes orgánicos al medio, y el material de extracción (CO₂) podría ser un subproducto de cualquier proceso de fermentación, convirtiendo así un desecho que iría directamente a la atmósfera en el material necesario para otro posible proceso industrial.

Se sugiere que en futuros experimentos de descafeinización de café tostado y molido por fluidos súper críticos se evalúen temperaturas de extracción mayores y menores que las presentadas en este trabajo ya que fueron las temperaturas circunscritas aquellas que obtuvieron la mejor extracción.

Se espera que trabajos como este sirvan a la caficultura Colombiana para optar por procesos alternativos que brinden al producto nacional un mayor valor agregado.

Referencias

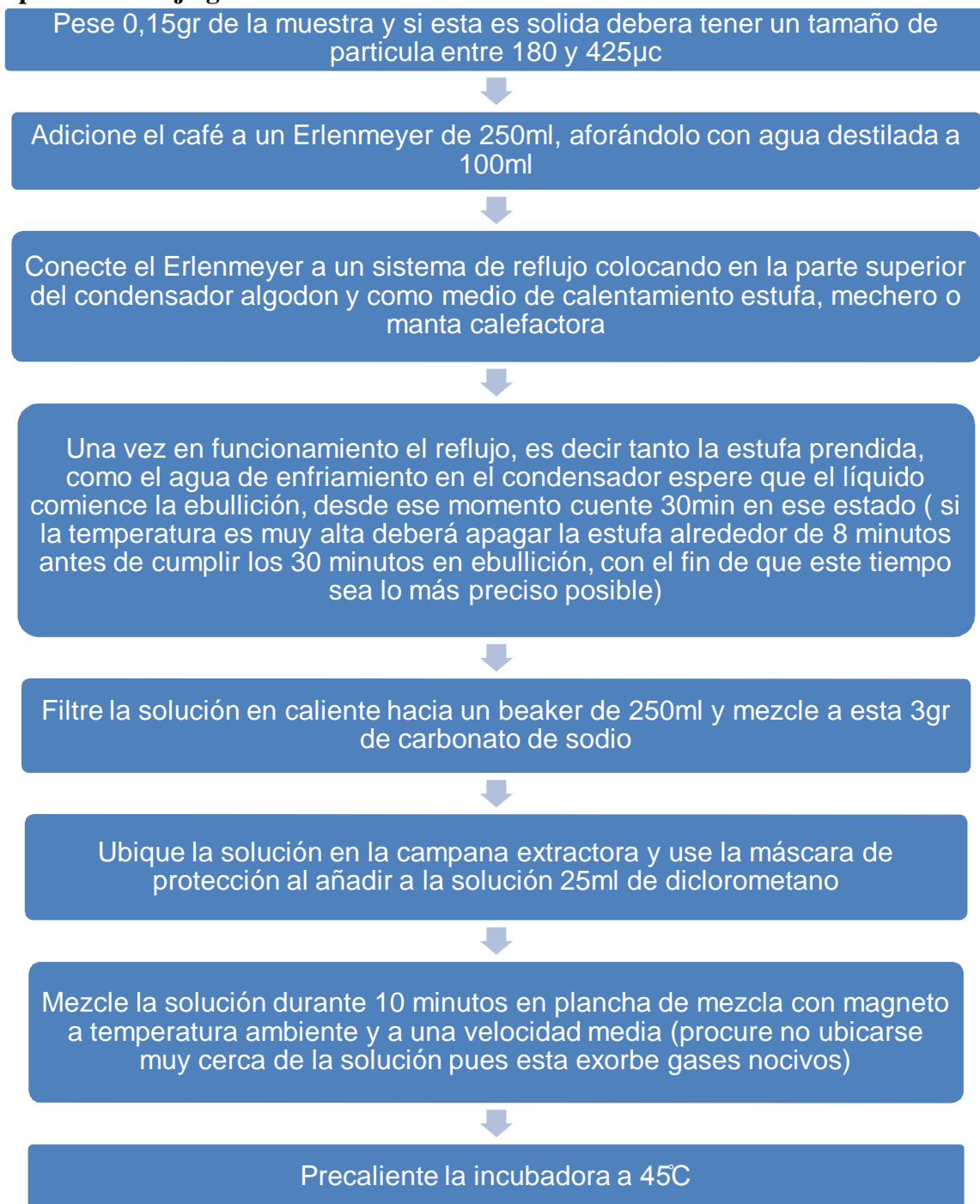
- Abebe Belay, K. t. (2008). Measurement of caffeine in coffee beans with UV/vis spectrometer. *ELSEVIER*, 310-315.
- Aznar, S. C. (2011). “*Determinación analítica de la cafeína en diferentes productos comerciales*”. Barcelona - España.
- DR. Francisco Ramos Gomez. (2008). *Café y sus productos vocabulario terminos y definiciones*. Mexico D.F.
- Duarte, Y. A. (2002). *Caracterización física del café semitostado*. Bogota: Fundación Universitaria de America.
- Espinal G, C. F. (2005). *La cadena del café en Colombia: una mirada global de su estructura y dinámica*. Bogota: Documento de trabajo numero 59.
- G.I. Burgos-Solórzano, J. B. (2004). Solubility measurements and modeling of molecules of biological and pharmaceutical interest with supercritical CO₂. *Fluid phase equilibria*, 57-70.
- Hyong Seok Park, H. J.-W.-S. (2007). Effects of cosolvents on the decaffeination of green tea by super critical carbon dioxide. *Food chemistry*, 1011-1017.
- Mahía, E. M. (2011). “*Determinación analítica de la cafeína en diferentes productos comerciales*”. Barcelona: Departamento de Química Industrial Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Ordoñez, A. F. (2006). *Estudio comparativo de la extracción de cafeína con CO₂ super crítico y acetato de etilo*. Medellin.

Sihvonen, M. J. (1999). Advances in supercritical carbon dioxide technologies. *Food Science & Technology* , 217-222.

Treybal, R. E. (s.f.). *Operaciones de transferencia de masa*. Mexico: McGRAW-HILL.

Apéndices

Apéndice 1 Flujo grama medición de cafeína



Incorpore la solución en un embudo separador, revise que las dos fases están separadas, de lo contrario espere a que esto ocurra



Ubique un beaker de 50ml debajo del embudo separador, abra la válvula del embudo separador dejando pasar hacia el beaker solo la parte inferior de las fases, una vez haya pasado esta cierre la válvula y retire el beaker



Añada a el beaker 0,1gr de sulfato de sodio mezclándolo cuidadosamente hasta ver como este se ha transformado en esferas blancas



Filtre la solución hacia un beaker de 250ml



Incorpore la solución a la incubador



Una vez seco por completo el líquido del beaker y percibiendo de este un olor solo a café retírelo de la incubadora y añada a este 100ml de agua destilada

Apéndice 2 Puesta en marcha del espectrofotómetro

Tome la guía de uso del espectrofotómetro y siga la guía de lectura de absorvancia lea la absorvancia a 273nm



Compare la absorvancia hallada con la grafica 4 para encontrar la concentración de la muestra en ppm