

Producción, caracterización y aplicación de microcápsulas de aceite de café tostado

Eliseo Alexander López Barrientos

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano

Honduras

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Producción, caracterización y aplicación de microcápsulas de aceite de café tostado

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Eliseo Alexander López Barrientos

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2018

Producción, caracterización y aplicación de microcápsulas de aceite de café tostado

Eliseo Alexander López Barrientos

Resumen. La microencapsulación es una técnica que consiste en contener diferentes compuestos líquidos, sólidos o volátiles. Esto permite preservar las características de estos compuestos, protegiéndolos de factores ambientales con los que habitualmente se verían afectados. El objetivo de este estudio fue evaluar la producción, emulsión, condiciones de almacenamiento y aplicación de microcápsulas de aceite de café tostado. Además, se caracterizaron las propiedades fisicoquímicas de las microcápsulas y se evaluó el efecto de la aplicación de las microcápsulas almacenadas a temperaturas de 25 y 31 °C y humedades relativas de 50 y 60% durante 30 días, a una bebida de café instantáneo. Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con medidas repetidas en el tiempo. Se realizó una evaluación discriminativa para determinar diferencia entre bebidas de café instantáneo con y sin microcápsulas utilizando una prueba triangular. Como resultado de la investigación, se obtuvo una eficiencia de microencapsulación de 84.39% utilizando una relación 3:1 entre material de pared (capsule®, Ingredion) y material de relleno aceite de café. Hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las variables de color y acidez influenciadas por el tiempo. No se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en la evaluación sensorial entre los dos tipos de café instantáneo con y sin microcápsulas. Se recomienda evaluar otros materiales o mezclas de material de pared para mejorar la eficiencia de microencapsulación, además, evaluar otras concentraciones de microcápsulas aplicadas en café instantáneo para encontrar diferencias y luego hacer una prueba de aceptación.

Palabras clave: Aceite de café, eficiencia, material de pared, microencapsulación.

Abstract. Microencapsulation is a technique which consists in containing different liquid, solid or volatile compounds. This allows the preservation of the characteristics of these compounds, protecting them from environmental factors by which they are usually affected. The objective of this study was to evaluate the production, emulsion, storage conditions and application of roasted coffee oil microcapsules. Additionally, the physicochemical properties of the microcapsules were characterized and the effect of the application of microcapsules stored at certain temperatures and relative humidity for 30 days to an instant coffee drink was evaluated. A Complete Randomized Blocks (CRB) with measures repeated over time was used. A discriminative evaluation was performed to determine the difference between instant coffee beverages with and without microcapsules using a triangular test. Because of the investigation, an efficiency of microencapsulation of 84.39% was obtained using a 3:1 ratio between wall material (capsule®, Ingredion) and coffee oil filler material. A significant difference was obtained ($P < 0.05$) between the variables of color and acidity influenced by time. No significant difference ($P < 0.05$) was found in the sensory evaluation between the two types of instant coffee with and without microcapsules. It is recommended to evaluate other materials or mixtures of wall material to improve the efficiency of microencapsulation, in addition to evaluate other concentrations of microcapsules applied in instant coffee to find differences and then make an acceptance test.

Key words: Coffee oil, efficiency, microencapsulation, wall material.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES	22
5. RECOMENDACIONES	23
6. LITERATURA CITADA.....	24
7. ANEXOS	31

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción del diseño experimental.	6
2. Tamaño medio de partículas de la emulsión con 30% sólidos y 10% aceite / sólidos.	8
3. Evaluación de microcápsulas de aceite de café.	11
4. Análisis de color en escala L* a* b* del café instantáneo C1.	12
5. Análisis de color en escala L* a* b* del café instantáneo C2.	13
6. Análisis de pH y acidez del café instantáneo C1.	14
7. Análisis de pH y acidez del café instantáneo C2.	14
8. Efecto del tiempo sobre el pH de la bebida instantánea de café.	15
9. Efecto del tiempo sobre la acidez en la bebida instantánea de café.	16
10. Efecto del tiempo sobre el valor L* en la bebida instantánea de café.	17
11. Efecto del tiempo sobre el valor a* en la bebida instantánea de café.	18
12. Efecto del tiempo sobre el valor b* en la bebida instantánea de café.	19
Figuras	Página
1. Microestructura de la emulsión tomadas por microscopia óptica a 100x.	8
2. Gráfica de la distribución del tamaño de partículas de la emulsión 30% sólidos y 10% aceite/sólidos.	10
Anexos	Página
1. Encuesta utilizada en la evaluación sensorial para panelistas no entrenados.	31
2. Panelistas de Zamorano que acertaron con 10% de microcápsulas en los cafés comerciales instantáneos C1 y C2.	31
3. Panelistas de Tegucigalpa que acertaron con 20% de microcápsulas en los cafés comerciales instantáneos C1 y C2.	32
4. Ganancia de peso de las microcápsulas a temperatura 23°C, humedad 70%.	32
5. Ganancia de peso de las microcápsulas a temperatura 31°C, humedad 70%.	33
6. Características de las microcápsulas.	33
7. Color escala L,a,b - MAC (Microcápsulas de aceite de café).	33
8. Color escala L,a,b – C1S (Café 1 instantáneo sin MAC).	34
9. Color escala L,a,b – C1C10% (Café 1 instantáneo con 10% MAC).	34
10. Color escala L,a,b – C1C20% (Café 1 instantáneo con 20% MAC).	34

Anexos	Página
11. Color escala L,a,b – C2C10% (Café 2 instantáneo MAC).	35
12. Color escala L,a,b – C2C10% (Café 2 instantáneo con 10% MAC).	35
13. Color escala L,a,b – C2C20% (Café 2 instantáneo con 20% MAC).	35
14. Formato de catacion SCAA (Asociación de cafés especiales de América), realizado por la ingeniera Marjorie Conjura.	36
15. Formato de catacion SCAA (Asociación de cafés especiales de América), realizado por la catadora Marjorie Conjura.	37
16. Formato de catación SCAA (Asociación de cafés especiales de América), realizado por el catador Alfredo Pacas.	38
17. Formato de catación SCAA (Asociación de cafés especiales de América), realizado por el catador Alfredo Pacas.	39
18. Formato de catación SCAA (Asociación de cafés especiales de América), realizado por el catador Olvin Rodríguez.	40
19. Formato de catación SCAA (Asociación de cafés especiales de América), realizado por el catador Olvin Rodríguez.	41

1. INTRODUCCIÓN

El café siempre ha tenido un papel importante en la economía mundial por sus atributos, beneficios y efectos sobre la salud que nos ha demostrado a través del tiempo (Preedy R. 2015). Varios países dependen en gran medida de este rubro, como Brasil, que ocupa el primer lugar en el mundo en la producción con 56.48 millones de sacos (60 kg) y exportación con 30.64 millones de sacos (60 kg) de café (ICO 2018). En Honduras, el sector cafetalero es uno de los más influyentes en la economía, siendo el café el producto agrícola más exportado del país. En la cosecha 2016-2017 se exportaron 9.5 millones de sacos de 46 kg lo que demostró un aumento del 41.85% en comparación a la cosecha de 2015-2016 (IHCAFE 2017).

Las especies más importantes son café arábica (*Coffea arabica*) y café robusta (*Coffea canephora*). La distribución en el mercado mundial de café de estas especies la domina el café arábica, ya que es más aromático, ácido y menos amargo que el robusta, y por esto lo prefieren los consumidores (Rios 2016). En Brasil la producción es de 80% arábica y 20% robusta (CONAB 2017), y en la región Norte y Centroamericana el café arábica representa el 99.53% del total de la producción (IHCAFE 2016).

Los principales componentes del grano de café verde son los polisacáridos, lípidos y proteínas y en menor proporción la cafeína, trigonelina, ácidos clorogénicos, azúcares y aminoácidos, estos últimos tienen influencia en el aroma del café (Marin y Puerta 2008). Los lípidos tienen una importancia sensorial y están compuesto principalmente de triacilgliceroles (75%), esteroides, tocoferoles y ácidos grasos (Meira 2014). El resto son componentes insaponificables siendo los alcoholes diterpénicos libres como kahweol y cafestol, los que pueden representar hasta el 20% de los lípidos totales (Villareal 2012).

El café tiene efectos positivos para la salud por la gran variedad de componentes que contiene. Hay estudios que afirman que las funciones del ácido nicotínico y los trigonelina tienen un efecto antidiabético (Preedy 2015; Sánchez 2015); los ácidos clorogénicos también son beneficiosos para la salud al ser antioxidantes, antiinflamatorios y antineoplásicos (Marin y Puerta 2008). Por otro lado, los componentes insaponificables como el kahweol y cafestol que son importantes diterpenos, aportan fragancia y presentan propiedades anticancerígenas, antioxidantes y actividades antiinflamatorias (Moeenfarid *et al.* 2016).

La industria alimentaria siempre busca elaborar y producir café de alta calidad teniendo en cuenta muchos factores y condiciones que abarcan toda la línea de producción desde que se cultiva hasta que se empaqueta. Entre las más estudiadas están: condiciones del cultivo,

variedades, métodos y condiciones de procesamiento post-cosecha, condiciones de proceso de tostado y de almacenamiento (Cárdenas 2007; Bhumiratana *et al.* 2011). Es fundamental conocer y controlar estas variables y de esta forma poder conservar los compuestos que le brindan al café su sabor y aroma (Jiménez 2014). Sin embargo, en cualquier momento estos factores mencionados pueden cambiar las características nutricionales y sensoriales del café (Lupano 2013; Folmer 2017).

El principio de la microencapsulación consiste en la creación de una barrera entre el núcleo (material de relleno) y el material de pared, a fin de mantener las propiedades biológicas, funcionales, físico-químicas y sensoriales de los materiales del núcleo (Villacrez 2013). El material de pared ideal no puede ser reactivo con el núcleo y debe tener la capacidad de sellar, mantener y proteger el material de relleno dentro de la cápsula. Entre los materiales de pared más utilizados se encuentra el almidón por su viabilidad económica y fácil adquisición (Jafari *et al.* 2008). El secado por atomización o spray drying es un método de microencapsulación de bajo costo utilizado a escala industrial, que posee ventajas para producir microcápsulas de forma relativamente simple, y en una operación continua, siendo la técnica más utilizada para encapsular aceites (Bakry *et al.* 2016).

El aceite de café es poco empleado por las industrias (un porcentaje muy pequeño es incorporado en el café soluble) y el empleo de la microencapsulación podría agregar valor al producto y viabilizar su comercialización (Getachew y Chun 2016). La técnica de spray drying es usualmente empleada por las empresas de café soluble, siendo viable su uso para un producto diferenciado.

Las dos formas de consumo de café son: molido (85.4%) e instantáneo (14.6%), para consumo total (FIRA 2016). El café arábica presenta mejor calidad sensorial que el robusta, con aroma y sabor característicos que son muy bien aceptados por el mercado y se emplea para la producción de café molido. El café robusta, por tener un mayor contenido de sólidos solubles, se emplea para la producción de café instantáneo (Folmer 2017). En la actualidad, el café instantáneo presenta una tendencia mundial de aumento de consumo del 3.2% al año (ABICS 2017). Por lo que resulta interesante la aplicación de las microcápsulas de aceite de café en este producto que tiene menor calidad de aroma y que su participación está siendo más fuerte en el mercado con el objetivo de mejorar sus características sensoriales (López y Elkin 2007).

Objetivos:

- Evaluar la eficiencia de la producción de microcápsulas de aceite de café tostado.
- Caracterizar propiedades físico-químicas de las emulsiones producidas.
- Evaluar el efecto de diferentes condiciones de almacenamiento de las microcápsulas de aceite de café en bebida de café instantáneo.
- Evaluar la aplicación de las microcápsulas de aceite de café en productos instantáneos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio.

La fase I se realizó en los Laboratorios del departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina (UEL), Paraná (Brasil). La fase II se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ) y en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

Fase I. Producción de microcápsulas de aceite de café tostado y caracterización de emulsiones y microcápsulas.

Se realizó la emulsión del aceite de café previo a ser secado en el secador por aspersión. La preparación de la emulsión tuvo una concentración de sólidos totales del 30% y se evaluó qué proporción de aceite de café podría emplearse.

Estabilidad de la emulsión. Para determinar la estabilidad de la emulsión se trabajó con una alícuota de 10 mL de la emulsión (luego de haber sido homogenizada) y transferida a un tubo cilíndrico graduado para luego sellarlo y almacenarlo a 25 °C. Después de 4 y 72 horas se observaron para verificar la estabilidad de la emulsión. Esto se determinó por la presencia de una separación de fase de la emulsión.

La preparación de la emulsión consistió en el mezclado de la dextrina Capsul® (Ingredion Curitiba, Brasil), con agua destilada y agitado (Vortex mixer Labnet) durante una hora a 40 °C y a 11 rpm a 40 °C. Luego, la solución obtenida se llevó a temperatura ambiente para añadir el aceite vertiéndolo a la mezcla (almidón + agua destilada) y posteriormente se volvió a agitar en el equipo Tecnal modelo TE-102 TURRATEC operando a 2000 rpm durante noventa segundos. Para lograr una emulsión efectiva se utilizó el ultrasonido QSONICA-Sonicator modelo Q700 (Newtown, EUA) con una sonda de 4220 (diámetro 13 mm y amplitud 120 µm), a un rango de temperatura de 5 a 25 °C por medio de un baño termostático (Tecnal modelo TE-2005) con una frecuencia constante de 20 kHz, con la amplitud y temperatura mencionadas anteriormente por 5 minutos.

Morfología y tamaño de la emulsión. La microestructura de las emulsiones fue evaluada a través de microscopía óptica. Después de la formación de las emulsiones, las alícuotas de las muestras fueron colocadas en láminas, cubiertas con láminas y observadas en un microscopio óptico (Leica DMLS, Wetzlar, Alemania). La captura de imágenes fue realizada por cámara digital Motican 2500 UBS 2.0 utilizando un objetivo de 100x. Después de la captura de las imágenes, el diámetro de 600 gotas de cada muestra se midió utilizando el software Motic Images Plus 2.0. Considerando las gotas de la emulsión perfectamente

esféricas, el diámetro medio superficial de las gotas (diámetro medio de Sauter - D32) fue calculado por la ecuación 1 (Silva 2013):

$$D_{32} = \frac{\sum_{i=1}^n z_i d_i^3}{\sum_{i=1}^n z_i d_i^2} \quad [1]$$

Dónde:

z_i : es el número de partículas con diámetro d_i .

n : es el número de partículas por prueba.

d_i : diámetro de la partícula.

Microencapsulado de aceite de café mediante secado por aspersion. Para la elaboración de las microcápsulas se utilizó el secador por aspersion LabPlant modelo SD-05 configurado de la siguiente manera: Boca de alimentación a 350 mL/h, temperatura de entrada de 180 °C, flujo de aire de 73 m³/h, con una presión de aire comprimido de 1.8 bar y el diámetro de pico fue de 0.7 mm.

Contenido de aceite. Para la extracción de aceite se disolvieron 1.5 g de microcápsulas secas en 5 mL de agua destilada a una temperatura de 50 °C. Las microcápsulas se mezclaron durante 10 minutos usando un Vortex mixer Labnet. Luego, se adicionaron 15 mL de hexano:isopropanol con relación (3:1, v/v) y se centrifugó (Eppendorf 5804 R) por 10 minutos a 4400 g y 4 °C. El sobrenadante se colocó en un matraz florencia, previamente secado y pesado. Después se añadieron otros 10 mL de hexano:isopropanol (3:1,v/v) y se agitó la mezcla por 5 minutos en el vortex y centrifugó por 10 minutos a 4400 g y 4 °C; el sobrenadante se colocó en un matraz florencia. Este paso se repitió una vez más para asegurarse que se haya extraído todo el aceite de las microcápsulas. Inmediatamente los sobrenadantes se evaporaron a 30 °C en un evaporador rotativo (Marconi modelo MA120) a 7 rpm. La relación masa del aceite extraída y la masa de las microcápsulas secas determinaron el contenido total de aceite (TO).

Para determinar el aceite superficial (SO) (contenido de aceite no encapsulado), se adicionaron 15 mL de hexano a 1.5 g de microcápsulas secas y la mezcla obtenida se agitó manualmente por 2 minutos a temperatura ambiente con el fin de extraer el aceite libre. La mezcla se filtró y el material retenido en el filtro fue lavado tres veces con 20 mL de hexano; luego, el solvente se evaporó a temperatura ambiente y posteriormente en el evaporador rotativo a 60 °C con las mismas condiciones empleadas en contenido total de aceite (TO).

Eficiencia de encapsulado (EE). Para el cálculo de eficiencia se tomó en cuenta el contenido de aceite total de las microcápsulas y el contenido de aceite superficial. Se calculó con la ecuación 2.

$$EE = \frac{TO - SO}{TO} * 100 \quad [2]$$

Dónde:

TO : es el contenido total de aceite.

SO : es el contenido de aceite superficial.

Fase II. Caracterización fisicoquímica y sensorial de bebidas de café.

Preparación de las bebidas. Las bebidas se prepararon de acuerdo a procedimientos establecidos previamente por Kobayashi y Benassi (2012) y adaptado utilizando 10.8 g de café soluble para 450 ml de agua a 95 °C. Luego se agregaron 10% de microcápsulas de aceite de café respecto a la cantidad de café utilizado. Después las muestras se llevaron a temperatura ambiente para iniciar con los análisis de color, pH y acidez.

Color de las bebidas preparadas. Se tomaron tres sub-muestras de cada tratamiento y se realizaron tres mediciones de color por cada tratamiento en Colorflex Hunter L*a*b, de los valores de L* (luminosidad), a* (componente rojo-verde) y b* (componente amarillo-azul).

pH. Se utilizaron 10 mL del café líquido para analizar el pH por triplicado para cada tratamiento mediante el potenciómetro Thermo Scientific Orion 3 Star.

Acidez titulable. Se utilizó una alícuota de 20 mL de la bebida que fue titulada con una solución de NaOH 0.1 mol/ L, hasta llegar a un pH 8.2 medido en potenciómetro digital y registrar el volumen de NaOH gastado para neutralizar la solución. El resultado fue expresado en g de ácido cítrico por 100 g de muestra (AOAC 2005).

Evaluación de las características químicas de la microcápsulas de aceite de café a diferentes condiciones de almacenamiento. Se prepararon los tratamientos descritos en el cuadro 1 y se realizaron los análisis por triplicado, evaluando color en el equipo Colorflex Hunter L*a*b, pH con el potenciómetro Thermo Scientific Orion 3 Star y acidez titulable.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) con medidas repetidas en el tiempo, donde se evaluó el efecto de la temperatura (°C) y humedad sobre las microcápsulas de aceite de café, obteniéndose un total de 36 unidades experimentales.

Cuadro 1. Descripción del diseño experimental.

Bloques (repeticiones)	TRT	Tiempo (día)			
		0	7	15	30
1	CA	Temperatura 25 °C, humedad 50%.			
	CA1	Temperatura 25°C, humedad 60%.			
	CA2	Temperatura 33°C, humedad 50%.			
2	CA	Temperatura 25 °C, humedad 50%.			
	CA1	Temperatura 25°C, humedad 60%.			
	CA2	Temperatura 33°C, humedad 50%.			
3	CA	Temperatura 25 °C, humedad 50%.			
	CA1	Temperatura 25°C, humedad 60%.			
	CA2	Temperatura 33°C, humedad 50%.			

Análisis estadístico. Para evaluar el efecto en la aplicación de microcápsulas en la bebida de café con las variables: tiempo, temperatura y humedad, se realizó una separación de medias Tukey y un nivel de significancia de $P < 0.05$, utilizando el programa “Statistical Analysis System” (SAS ® versión 9.4).

Análisis sensorial discriminatorio. Se realizó una prueba triangular empleando como panel a 120 estudiantes de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano y a 120 pobladores de Tegucigalpa. Se presentaron tres muestras de las cuales dos eran iguales y una diferente. Cada una estaba codificada con números aleatorizados. Después de la preparación, las bebidas fueron almacenadas en botellas térmicas por un máximo de dos horas; sin azúcar. Junto con la bebida se sirvió una galleta soda y un vaso con agua para limpiar el paladar. El orden de presentación de las muestras fue aleatorizado para cada evaluador. Los datos se analizaron con el método analítico de chi-cuadrado (χ^2) con una probabilidad del 95% ($P < 0.05$) en la que se determinó si existía diferencia significativa entre el café instantáneo con microcápsulas y café soluble sin microcápsulas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la preparación de una emulsión se requiere la etapa de homogenización con el objetivo de mezclar dos líquidos inmiscibles dando como resultado la formación de partículas grandes. En este estudio se realizó una segunda homogenización ultrasónica con el propósito de disminuir el tamaño de partículas de la emulsión. Esto funciona por las ondas ultrasónicas que generan cizallamiento y presión sobre el material provocando rupturas de las partículas y dando lugar a partículas más pequeñas, esto debido a la cavitación (McClements 2005).

Durante este fenómeno, ondas acústicas son propagadas en la emulsión provocando ciclos de baja presión produciendo burbujas en seno de la emulsión y alta presión ocasionando el colapso de las burbujas al alcanzar determinado tamaño. Esto origina grandes corrientes y turbulencias a elevadas velocidades rompiendo los aglomerados de partículas (Campo *et al.* 2018).

En este estudio se elaboraron emulsiones con relaciones de: 65:35, 70:30, 75:25, 80:20, 85:15 y 90:10 (%sólidos; %aceite/sólidos), obteniendo como resultado una separación de fases antes de las 4 horas en todas las emulsiones evaluadas, a excepción de la emulsión con 10%. Esta inestabilidad se debe a la cantidad de aceite en relación a los sólidos como material de relleno y la cantidad de sólidos empleada como material de pared.

Frascareli (2010), evaluó emulsiones con 26% sólidos y 14% aceite/sólidos, 30% sólidos y 20% aceite/sólidos, 14% sólidos y 26% aceite/sólidos, y 20% sólidos y 30% aceite/sólidos. Luego de 24 horas observó que las emulsiones con 14% sólidos y 26% aceite/sólido y 20% sólidos y 30% aceite/sólidos presentaron separación de fases. Concluyendo que las emulsiones con menor contenido de sólidos presentaron menor estabilidad y confirmando que a mayor cantidad de emulsificante menor será la coalescencia. Para mejorar la estabilidad de las emulsiones, normalmente se utiliza junto al material de pared un emulsificante. Los emulsificantes son moléculas anfifílicas que promueven la formación de la emulsión y estabilizan por acción interfacial (Ferrer 2011). Sin embargo, puede existir la posibilidad de que el tipo de mezcla utilizada como material de pared pueda afectar negativamente. Ribeiro (2017), evaluó emulsiones con diferentes materiales de pared, utilizando almidón modificado/goma arábica, goma arábica, maltodextrina y dextrosa equivalente. Determinado que todos los tratamientos presentaron una separación de fase, a excepción del tratamiento con sólo goma arábica. Concluyendo que el tratamiento almidón modificado/goma arábica presentó inestabilidad por efecto de una falta de compatibilidad entre los dos polímeros.

En la Figura 1, se puede observar que el tamaño de partícula de la emulsión obtenida fue menor a 5 μm . Estos resultados son consistentes con estudios previos sobre la velocidad de homogenización con el equipo rotor-estator donde se encontró que al utilizar 14,000 rpm se reducía el tamaño de partícula a 2.02 μm en comparación a 6,000 y 10,000 rpm con 4.25 y 2.32 μm , respectivamente (Osorio 2011).



Figura 1. Microestructura de la emulsión tomadas por microscopia óptica a 100x.

En el cuadro 2 se puede observar que el diámetro medio de sauter de la emulsión fue de 0.75 μm ; este tamaño puede variar de 0.1 a 100 μm dependiendo del equipo utilizado. Según Stewart y Arnold (2009), se obtienen tamaño de partículas de 100 micrómetros con métodos gravitacionales, 30 micrómetros en placas coalescedoras y 10 micrómetros en equipos que trabajan con centrifugación. También se pueden tener tamaños inferiores utilizando métodos como: ultra presión de homogenización (UHPH), homogenizadores de válvula a alta presión, inyectores, microfluidización, homogenizadores de membrana y el ultrasonido que fue utilizado en este estudio para obtener una emulsión más efectiva (Romero 2008).

Cuadro 2. Tamaño medio de partículas de la emulsión con 30% sólidos y 10% aceite/sólidos.

Tratamiento	$z_i \cdot d_i^3$ ME [§] ± DE [¶]	$z_i \cdot d_i^2$ ME [§] ± DE [¶]	d32 ME [§] ± DE [¶]
MAC	70.69 ± 6.4	93.6 ± 8.06	0.75 ± 0.00
CV(%)	9.01	8.61	0.4

§ media aritmética. ¶ desviación estándar. CV (%): coeficiente de variación.

MAC: microcápsulas de aceite de café; d_i : diámetro de la partícula.

z_i : es el número de partículas con diámetro d_i ; d32: diámetro medio de sauter (μm).

Resultados similares (0.43 μm) fueron obtenidos por Hogan *et al.* (2001b) cuando evaluaron las propiedades de emulsión de Maltodextrina dextrosa equivalente (5.5, 14 y 18.5) y

caseinato de sodio (85% proteína) usando aceite de soja como material de relleno. En dicho estudio se observó que el aumento de la concentración de sólidos ocasionó una disminución del tamaño de las partículas de emulsión. Por otro lado, los mismos autores concluyeron que cuando la relación de material de relleno/ pared fue mayor respecto a la cantidad de sólidos, el tamaño medio de partícula de la emulsión aumentó.

Sin embargo, hay otras variables como temperatura, viscosidad, tipo y cantidad de emulsificante y velocidad de rotación que pueden hacer que exista una frecuencia de partículas reducida homogéneamente (Alanís 2010). Esta última es importante porque al aumentar la velocidad disminuye el tamaño de dichas partículas (Kosegarten y Jiménez 2012). Esto lo sustenta Coutinho *et al.* (2018), quienes determinaron el efecto de la velocidad de homogenización en las propiedades de emulsiones cosméticas. Utilizaron 4,000, 10,000 y 16,000 rpm, obteniendo 16, 6.30 y 4.79 μm . Demostraron que, a mayor velocidad de rotación se producen partículas con menor diámetro y una mayor frecuencia de gotas de tamaño reducido.

Otra variable que puede afectar el tamaño de partícula de las emulsiones es la presión. Esto aplica cuando se utiliza un homogenizador a presión donde se configuran los mega pascales (MPa) que se aplicarán a la emulsión. Hogan *et al.* (2001a), realizaron un estudio enfocado en medir el efecto de la presión sobre el tamaño medio de partícula de la emulsión. En este estudio se utilizó caseinato de sodio como material de pared y aceite de soja como material de relleno. Sus resultados mostraron que en la pre-emulsión se obtuvieron tamaños de partícula de 10.39 μm y estos valores disminuyeron a 0.87 μm cuando se aplicó una presión de 20 MPa.

La distribución de partícula en la fase dispersa es una forma de caracterizar la emulsión. Este parámetro es importante porque nos brinda información sobre la estabilidad de la misma o sobre la posible separación de fases que puede ocurrir durante el tiempo (Walstra 2003). La Figura 2 muestra el tamaño de las partículas obtenidas y su distribución, dando como resultado pequeñas partículas que aumentan la estabilidad y la retención de compuestos en las microcápsulas (Jafari *et al.* 2008), comprobándose en el resultado de la eficiencia obtenida en el presente trabajo.

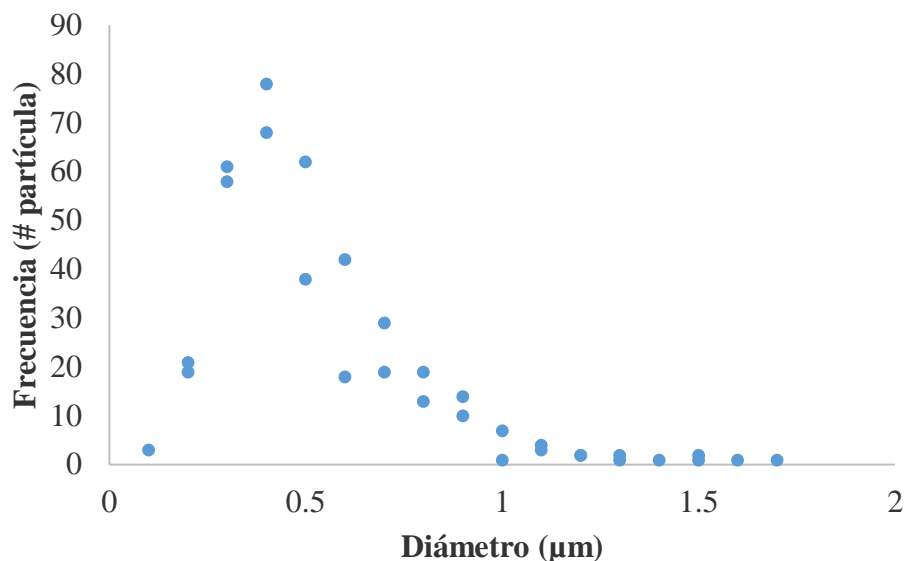


Figura 2. Gráfica de la distribución del tamaño de partículas de la emulsión 30% sólidos y 10% aceite/sólidos.

Al tener una elevada frecuencia de tamaños homogéneos de partículas dentro del rango de 0.3- 0.6 µm, se debe al aumento de viscosidad de la emulsión respecto a la cantidad de sólidos, esto hace que exista una menor movilidad de las partículas de la emulsión evitando de esta forma la aglomeración entre ellas dando como resultado una coalescencia (Helleso 2015). Costa (2013), llevó a cabo una comparación de la distribución de tamaño de partícula y tamaño medio de sauter con y sin homogenización a alta presión. En dicho estudio se utilizó concentrado proteico de suero de leche y maltodextrina como material de pared con una relación 75:25, resultando en un tamaño medio de sauter de 1.39 µm sin homogenización a alta presión y 1.35 µm con homogenización a alta presión. Concluyendo que esto puede deberse a las propiedades emulsificantes que contienen las proteínas que permiten estabilizar la emulsión efectivamente, y de esta forma, no requerir una homogenización a presión para obtener un tamaño de partículas reducido con una distribución uniforme.

Para la evaluación de las microcápsulas de aceite de café se calculó: aceite superficial, el aceite total y retención de aceite. En el cuadro 3, se puede observar que las microcápsulas presentaron 1.60 ± 0.19 % de aceite superficial. Resultados similares obtuvieron (García *et al.* 2016) microencapsulando aceite esencial de hígado de tiburón empleando quitosana con 4.79% de aceite superficial para el mes 0 y 5.09% a los doce meses. Concluyendo que este porcentaje de aceite superficial obtenido demuestra que el material de pared utilizado evitó la salida del aceite al exterior y de esta manera reducir en gran medida la oxidación de las microcápsulas.

Huynh *et al.* (2008) realizaron una investigación sobre microencapsulación de aceite de mirto de limón, donde determinaron que la concentración de aceite, material de pared y temperatura de salida tienen influencia en la cantidad de aceite superficial. Afirmando que

una alta temperatura de salida provocará una expansión de vapor que causará agrietamiento y fisuras en las microcápsulas. Por otro lado, el material de pared si no tiene adecuadas capacidades emulsificantes para la cantidad de aceite a encapsular, ocasionará una inestable emulsión. Siendo más específicos sobre el tema, Frascareli *et al.* (2012), microencapsuló aceite de café a través de secado por atomización y evaluó las propiedades de la emulsión y del tipo de material de pared; determinando que a mayores concentraciones de sólidos (20 a 30%) y menores relaciones entre aceite/sólidos (10 a 15%) se disminuye la cantidad de aceite superficial, y esto está relacionado con la estabilidad de la emulsión.

Afirmando lo dicho anteriormente, Turchiuli *et al.* (2005) realizaron la microencapsulación de aceite vegetal, usando como material de pared maltodextrina DE 12 y goma arábiga en diferentes relaciones (3/2 y 2/3), con diferentes concentraciones de sólidos (entre 30 a 50%) y 5% de aceite, en relación con los sólidos. Los autores observaron que la cantidad de aceite superficial de las microcápsulas fue inferior al 2% del aceite total. Este porcentaje fue debido a la poca cantidad de aceite encapsulado en relación con el material de pared utilizado.

Cuadro 3. Evaluación de microcápsulas de aceite de café.

TRT	% Aceite superficial ME [§] ± DE [¶]	% Aceite total ME [§] ± DE [¶]	% Eficiencia
MAC	1.60 ± 0.19	10.23 ± 0.23	84.39
CV(%)	12.14	2.25	2.09

§ media aritmética. ¶ desviación estándar. CV(%): coeficiente de variación.

MAC: microcápsulas de aceite de café.

El aumento de la cantidad de sólidos utilizados como material de pared permite una mayor encapsulación de aceite total, esto debido a la reducción del tiempo necesario para la formación de la membrana semi-permeable en la superficie de la partícula durante el secado. Por otro lado, al utilizar altas concentraciones de sólidos se aumenta la viscosidad de las emulsiones, reduciendo los movimientos de circulación de la partícula (Jafari *et al.* 2008).

La eficiencia de microencapsulación fue de 84.39%. Carvalho *et al.* (2014), obtuvieron eficiencias de 86.8% utilizando jarabe de maíz para microencapsular aceite de café verde. Estos resultados de eficiencia de encapsulación son consistentes con los valores obtenidos en el presente estudio donde se utilizó almidón de maíz ceroso que, al ser un almidón modificado, tiene propiedades estabilizantes y emulsificantes que presenta grupos lipofílicos brindando una mayor resistencia a la emulsión influyendo directamente en la eficiencia y en la retención de aceite (Martínez 2007). Los materiales de encapsulación y de relleno son fundamentales para obtener una elevada eficiencia de microencapsulación. Esto se puede comprobar en el estudio de Laohasongkram *et al.* (2011) donde se microencapsuló aceite de macadamia mediante secado por aspersion y se comprobó la

influencia de la relación entre el material de pared y el material de relleno, así como la presión de homogenización sobre el tamaño de partícula.

Otro factor que condiciona la eficiencia de encapsulación es el tamaño de partículas, el cual está determinado por la emulsión realizada previo al secado por aspersión. A mayor sea la presión aplicada a la emulsión, mayor área interfacial habrá, ocasionando una mejor estabilidad entre el material de pared y material de relleno. De esta forma el tamaño de partícula disminuye y de la misma manera, el aceite superficial se reduce (Frascareli 2010).

Análisis de color. En el cuadro 4 y 5, se observa que las dos marcas comerciales de café instantáneo (C1 y C2) con 10% de microcápsulas (C1C y C2C), presentaron diferencia significativa con mayores valores de luminosidad (L^*) en comparación a los tratamientos C1 sin microcápsulas (C1S) y C2 sin microcápsulas (C2S).

Cuadro 4. Análisis de color en escala L^* a^* b^* del café instantáneo C1.

Tratamiento	MAC 10%	L^*	a^*	b^*
		ME \bar{x} \pm DE $\bar{\eta}$	ME \bar{x} \pm DE $\bar{\eta}$	ME \bar{x} \pm DE $\bar{\eta}$
C1S	Sin	8.88 \pm 0.04 ^d	7.85 \pm 0.19 ^b	10.79 \pm 0.23 ^c
C1C	Con	12.06 \pm 0.09 ^b	5.72 \pm 0.22 ^d	13.88 \pm 0.41 ^b
MAC 20%				
C1S	Sin	10.50 \pm 0.15 ^c	7.03 \pm 0.55 ^c	12.9 \pm 0.70 ^b
C1C	Con	13.89 \pm 0.12 ^a	8.91 \pm 0.28 ^a	16.40 \pm 0.73 ^a
CV(%)		0.78	2.76	3.49

§ media aritmética. $\bar{\eta}$ desviación estándar. ^{a-b-c-d} diferentes letras indican diferencia significativas $P < 0.05$ entre tratamiento. MAC: microcápsulas de aceite de café. C1S: Café 1 sin microcápsulas. C1C: Café 1 con microcápsulas.

Estos resultados son debido al color de las microcápsulas: L^* (86.82), a^* (1.06) y b^* (16.42) obteniendo un color amarillento (García 2015). También los valores de a^* aumentaron acercándose a valores de rojo a excepción del tratamiento C1C con 10% de microcápsulas. Esto puede deberse al color al color marrón oscuro que tiene el aceite de café tostado, que se orienta más al color verde. Esto demuestra por qué el valor de a^* fue el que menos aumento luego de haber añadido las microcápsulas en la bebida de café instantáneo. Por otro lado, los valores de b^* acercándose a valores de amarillo con la adición del 10% de microcápsulas (Frascareli 2010).

Cuadro 5. Análisis de color en escala L* a* b* del café instantáneo C2.

Tratamiento	MAC 10%	L*	a*	b*
		ME§ ± DE¶	ME§ ± DE¶	ME§ ± DE¶
C2S	Sin	8.62 ± 0.17 ^c	4.94 ± 0.40 ^b	9.29 ± 0.47 ^c
C2C	Con	11.92 ± 0.19 ^b	6.65 ± 0.25 ^a	13.37 ± 0.04 ^b
MAC 20%				
C2S	Sin	9.13 ± 0.3 ^c	5.44 ± 0.65 ^b	10.26 ± 0.64 ^c
C2C	Con	14.04 ± 0.06 ^a	6.87 ± 0.33 ^a	15.73 ± 0.55 ^a
CV(%)		1.85	7.25	3.97

§ media aritmética. ¶ desviación estándar. ^{a-b-c-d} diferentes letras indican diferencia significativas P < 0.05 entre tratamiento. MAC: microcápsulas de aceite de café. C2S: Café 2 sin microcápsulas. C2C: Café 2 con microcápsulas.

Se realizó otro análisis de color con 20% de microcápsulas y se observó que los valores de L*, a* y b* aumentaron en comparación a los tratamientos con 10%, afirmando una vez más que con mayor cantidad de microcápsulas los valores de L*, a* y b* aumentan.

Análisis de pH. En el cuadro 6 y 7, los tratamientos evaluados presentaron un pH entre 4.88 y 5.04, los cuales se encontraron dentro del rango preferido por los consumidores, esto debido que un café con pH menor a 4.9 presenta un sabor ácido y mayor a 5.2 presenta un sabor amargo (Valencia *et al.* 2015). Además, se observó que la aplicación del 10% y 20% de microcápsulas (C1C y C2C) tiene un efecto sobre el pH volviendo las bebidas de café instantáneo más ácidas, comparado con los tratamientos control, a excepción del tratamiento C1C con 10% de microcápsulas. Esta disminución en el pH puede deberse a los ácidos que contiene el aceite de café dentro del material de pared, siendo los más abundantes el ácido linoleico, palmítico y oleico, los cuales se liberan luego de haber sido incorporados a la bebida (Somnuk *et al.* 2017). También el pH del material de pared (capsule®) que varía de 3 – 4 pudo haber colaborado en el pH final de la bebida (Ingredion 2018).

Cuadro 6. Análisis de pH y acidez del café instantáneo C1.

Tratamiento	MAC 10%	pH ME§ ± DE¶	Acidez ME§ ± DE¶
C1S	Sin	4.93 ± 0.01 ^a	0.89 ± 0.00 ^a
C1C	Con	4.93 ± 0.00 ^a	0.86 ± 0.00 ^a
MAC 20%			
C1S	Sin	4.93 ± 0.01 ^a	0.88 ± 0.02 ^a
C1C	Con	4.88 ± 0.00 ^b	0.88 ± 0.02 ^a
CV(%)		0.08	1.48

§ media aritmética. ¶ desviación estándar. ^{a-b-c-d} diferentes letras indican diferencia significativas $P < 0.05$. MAC: microcápsulas de aceite de café. C1S: Café 1 sin microcápsulas. C1C: Café 1 con microcápsulas.

Lucon (2013) realizó un estudio sobre la aplicación de aceite de café en formulaciones cosméticas y evaluó su estabilidad y eficacia fotoprotectora. En dicho estudio se demostró la tendencia de disminución de pH a medida se aumentaban los porcentajes de aceite de café tostado en las formulaciones, lo cual se atribuyó a la composición de dicho aceite.

Cuadro 7. Análisis de pH y acidez del café instantáneo C2.

Tratamiento	MAC 10%	pH ME§ ± DE¶	Acidez ME§ ± DE¶
C2S	Sin	5.04 ± 0.01 ^a	0.92 ± 0.00 ^a
C2C	Con	5.01 ± 0.01 ^b	0.91 ± 0.01 ^{ab}
MAC 20%			
C2S	Sin	5.00 ± 0.00 ^c	0.92 ± 0.00 ^a
C2C	Con	4.95 ± 0.00 ^d	0.89 ± 0.00 ^b
CV(%)		0.08	1

§ media aritmética. ¶ desviación estándar. ^{a-b-c-d} diferentes letras indican diferencia significativas $P < 0.05$. MAC: microcápsulas de aceite de café. C2S: Café 2 sin microcápsulas. C2C: Café 2 con microcápsulas.

Análisis de acidez. Los tratamientos de bebida de café evaluados con 10 y 20% de microcápsulas (C1S y C1C) no presentaron diferencia significativa. Por otro lado, el tratamiento C2C con 20% de microcápsulas si tuvo diferencia significativa en comparación a C2S y C2C con 10% de microcápsulas. Esto puede deberse a los diferentes ácidos como: málico, tartárico y cítrico siendo los más comunes en el café, que presentan diferentes estructuras moleculares. Debido a su estructura, estos ácidos presentan diferentes cantidades de hidrógenos que influyen en su capacidad de ceder protones influyendo en la disociación del ácido en la bebida, afectando de esta forma la acidez (Silverstein 2000).

En el cuadro 8, se observa que no hubo diferencia significativa entre tratamientos y la variable tiempo. Esto indica que el material encapsulante cumple su trabajo al proteger el contenido de factores ambientales como la temperatura, pH, oxidación y la humedad (González *et al.* 2015). Otra razón por la que no se obtuvo diferencia significativa, fue porque no hubo un aumento de microcápsulas por cada tratamiento, esta fue igual (10%) por lo que no se percibió ningún cambio.

Cuadro 8. Efecto del tiempo sobre el pH de la bebida instantánea de café.

TRT	pH ^{ns} ME [§] ± DE [¶]
CA	4.90 ± 0.01
CA1	4.88 ± 0.01
CA2	4.90 ± 0.02
CV(%)	0.21

§ media aritmética. ¶ desviación estándar. ^{ns}: No se encuentran diferencias entre tratamientos (P > 0.05). CA: 25 °C, 50%HR; CA1: 25 °C, 60%HR; CA2: 33 °C,50%HR.

La densidad volumétrica que pueden tener los polvos puede influir en la oxidación de las microcápsulas porque a mayor sea el peso molecular de los polvos, las partículas se ordenan y acomodan de mejor forma. Por lo que, al tener una mayor densidad volumétrica menor será el aire que pueda circular entre las microcápsulas durante su almacenamiento, evitando procesos de oxidación (Koc *et al.* 2011).

En el cuadro 9, se observaron diferencias en el tiempo solo para el tratamiento CA que tuvo una disminución de acidez a partir del día 15 y luego se mantuvo constante hasta finalizar el experimento. El CA1 y CA2 no tuvo diferencia significativa durante el tiempo del estudio en la variable de acidez, esto es bueno porque no cambia las características de la bebida estando sometidas a las condiciones de almacenamiento. Entre tratamientos el CA fue diferente en el día 0 y 7 en comparación al tratamiento CA1 y CA2. Esto puede deberse a que las microcápsulas del CA durante los primeros 7 días no había alcanzado un equilibrio higroscópico sino hasta el día 15 donde no tuvo diferencia con los tratamientos CA1 y CA2.

Cuadro 9. Efecto del tiempo sobre la acidez en la bebida instantánea de café.

TRT	Acidez ME [§] ± DE [¶]			
	Tiempo (día)			
	0	7	15	30
CA	0.97 ± 0.04 ^{aA}	0.92 ± 0.01 ^{abA}	0.86 ± 0.02 ^{bA}	0.88 ± 0.02 ^{bA}
CA1	0.89 ± 0.03 ^{aAB}	0.86 ± 0.02 ^{abB}	0.85 ± 0.01 ^{aA}	0.86 ± 0.00 ^{aA}
CA2	0.84 ± 0.02 ^{abB}	0.85 ± 0.02 ^{abB}	0.86 ± 0.01 ^{aA}	0.86 ± 0.00 ^{aA}
CV(%)	1.99			

§ media aritmética. ¶ desviación estándar. ^{A-B} diferentes letras mayúsculas en la misma columna indican diferencia significativa (P < 0.05) entre tratamientos. ^{a-b} diferentes letras minúsculas en la misma fila indican diferencia significativa (P < 0.05) entre el tiempo. CA: 25 °C, 50%HR; CA1: 25 °C, 60%HR; CA2: 33 °C, 50%HR. Acidez: g de ácido cítrico/100 g de muestra.

Estrada *et al.* (2011), llevaron a cabo un estudio en el que se elaboraron microcápsulas de aceite de pescado con proteína de cebada, para su aplicación en yogur. Observaron que la incorporación de estas microcápsulas sí tuvo un leve cambio, pero significativo en el color. Estos aumentaron durante los 30 días de almacenamiento, esto pudo deberse a los cambios de acidez en el yogur que ocasionaron fugas de los pigmentos naturales. Concluyendo que la adición de dichas microcápsulas de aceite de salmón no modificó en gran medida características como el pH, color y acidez.

Esto permite demostrar que la dextrina (capsule®) como material de pared fue efectivo para proteger y mantener estable al aceite de café tostado sobre el efecto de la temperatura y humedad relativa de almacenamiento. Durante este tiempo, se logró mantener estables los porcentajes de acidez por lo que no hubo oxidación. Si hubieran existido, los valores de acidez aumentarían por la presencia de ácidos grasos libres en las microcápsulas lo que provocaría un mayor gasto de NaOH para neutralizar la bebida. La oxidación es un proceso que se lleva a cabo por la interacción entre el oxígeno molecular atmosférico y los lípidos insaturados provocando un enranciamiento. Esta oxidación se desarrolla en los enlaces insaturados de los ácidos grasos presentes provocando cambios en las características fisicoquímicas y sensoriales (Peris 2010).

Otro posible factor sobre la poca variación en la acidez de las bebidas de café, respecto a las microcápsulas con distintas condiciones de almacenamiento, es la presencia de antioxidantes. Estos últimos se encargan de reducir o evitar los daños provocados por radicales libres dentro de la matriz alimenticia (Gutiérrez 2002). En un estudio realizado por Esquivel *et al.* (2014), sobre la oxidación y sus efectos en la alimentación demostró que el aceite extra-virgen de oliva fue el más estable a temperaturas de cocción de 180 °C en tiempos variables de 60 minutos, debido al alto contenido de ácido oleico que tiene

propiedades antioxidantes notorias. Cabe mencionar que el aceite de café contiene ácido oleico siendo el tercer ácido en mayor proporción.

El color tiene un importante papel en varias etapas de la línea de producción y procesamiento del grano de café. En estas etapas normalmente se utiliza el color para clasificar el tipo de café, altitud, humedad, maduración y grado de tueste. Todo esto afecta el producto final ya sea en la presentación de grano molido o instantáneo. Sin embargo, el color sigue teniendo un papel importante porque tiene un efecto psicológico sobre el sabor que tendrá la taza de café. Johann Wolfgang von Goethe en su libro “Teoría de los colores” afirmaba que el color depende de los diferentes procesos perceptivos llevados a cabo por el cerebro sobre las cosas y no quedaba solo enfocado en lo material sino también brindando subjetividad a lo material (Rincón 2016).

En un estudio realizado en Australia por Van Door *et al.* (2014), se demostró que el color de la taza o recipiente influye sobre el sabor y temperatura de la bebida de café. Esto resulta interesante e importante a considerar para cafeterías, baristas y fabricantes de vajillas para sacar el máximo provecho de este hecho.

En el cuadro 10, se observa que el tiempo si tuvo un efecto sobre el valor de L* en los diferentes tratamientos. Para los tratamientos CA, CA1 y CA2 se obtuvieron comportamientos similares al obtener los valores más altos de L en el día 7 y posteriormente la disminución gradual en los días 15 y 30. Esto puede deberse a la oxidación de las microcápsulas reduciendo el valor L.

Cuadro 10. Efecto del tiempo sobre el valor L* en la bebida instantánea de café.

TRT	L			
	ME [§] ± DE [¶]			
	Tiempo (día)			
	0	7	15	30
CA	9.51 ± 0.50 ^{bA}	10.39 ± 0.12 ^{aB}	10.38 ± 0.09 ^{aA}	9.69 ± 0.01 ^{abA}
CA1	9.10 ± 0.12 ^{cA}	11.16 ± 0.26 ^{aA}	10.39 ± 0.15 ^{bA}	9.39 ± 0.16 ^{cB}
CA2	9.24 ± 0.28 ^{cA}	11.50 ± 0.13 ^{aA}	10.45 ± 0.13 ^{bA}	9.27 ± 0.06 ^{cB}
CV(%)	2.13			

§ media aritmética. ¶ desviación estándar. ^{A-B} diferentes letras mayúsculas en la misma columna indican diferencia significativa (P < 0.05) entre tratamientos. ^{a-b-c} diferentes letras minúsculas en la misma fila indican diferencia significativa (P < 0.05) entre el tiempo. CA: 25 °C, 50%HR; CA1: 25 °C, 60%HR; CA2: 33 °C,50%HR.

Este aumento en la luminosidad de todos los tratamientos en los días 7 y 15, puede ser por la relación entre la cantidad de aceite de café tostado y el material de pared, esto es porque a mayor material de pared la microcápsula tendrá un color blanco-amarillento siendo el caso en este estudio. Esto lo sustenta Lorenzoni (2014), quien utilizó como material de

pared: maltodextrina para microencapsular por secado por atomizado *Ilex paraguariensis* (yerba mate). Variando las concentraciones de maltodextrina en 20, 30 y 40% y concluyendo que a mayor concentración de maltodextrina, mayor la luminosidad. Por otro lado, los valores de a^* disminuyeron indicando una tendencia para el color verde y b^* disminuyeron, sin embargo, se mantuvieron positivos indicando una tendencia a amarillo.

Cuadro 11. Efecto del tiempo sobre el valor a^* en la bebida instantánea de café.

TRT	a ME[§] ± DE[¶]			
	Tiempo (día)			
	0	7	15	30
CA	8.52 ± 0.13 ^{bA}	9.68 ± 0.40 ^{aA}	10.02 ± 0.09 ^{bA}	10.16 ± 0.20 ^{aA}
CA1	9.38 ± 0.65 ^{aA}	9.35 ± 0.39 ^{aA}	10.24 ± 0.09 ^{aAB}	10.29 ± 0.17 ^{aA}
CA2	8.84 ± 0.11 ^{bA}	9.38 ± 0.37 ^{bA}	10.33 ± 0.08 ^{aA}	10.58 ± 0.18 ^{aA}
CV(%)	3.09			

§ media aritmética. ¶ desviación estándar. ^{A-B} diferentes letras mayúsculas en la misma columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre tratamientos. ^{a-b} diferentes letras minúsculas en la misma fila indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre el tiempo. CA: 25 °C, 50%HR; CA1: 25 °C, 60%HR; CA2: 33 °C,50%HR.

En el cuadro 11, se puede observar que para el tratamiento CA, en el día 0 hubo diferencia significativa en comparación a los días 7, 15, y 30 esto puede ser por la ganancia de peso de las microcápsulas durante su almacenamiento. Para el tratamiento CA1 no hubo diferencia significativa entre tratamiento. Las muestras CA2 en el día 0 y 7 tuvieron diferencia significativa en comparación a los días 15 y 30. En el día 15 hubo diferencia significativa entre el tratamiento CA y CA2, observando que en los días 0, 7 y 30 los tratamientos no tuvieron diferencia significativa. Las posibles causas se explican en los siguientes párrafos.

Según Prieto *et al.* (2006), a valores mayores de 0.35 de actividad de agua (a_w) los cereales como arroz trigo y maíz empiezan a mostrar sus capacidades higroscópicas y por lo tanto, tienden a ganar peso, es este estudio las microcápsulas presentaron 0.665 a_w . Pero a medida la actividad de agua tenga valores más altos su ganancia de peso será menor porque estos están llegando a equilibrio con el ambiente, esto paso con el tratamiento CA durante los primeros 7 días. Esto no paso con el tratamiento CA1 porque era el que tenía un ambiente más controlado por lo que los cambios en la humedad relativa eran menos y alcanzo un equilibrio al poco tiempo. Para el CA2 al presentar una mayor temperatura provoca que las interacciones entre las moléculas de agua y las microcápsulas sean débiles, en otras palabras, la adsorción de agua es reducida a medida aumenta la temperatura (Taborda *et al.* 2015). Por lo que fue hasta el día 15 donde alcanzo su equilibrio con el ambiente.

La higroscopicidad es una propiedad de diferentes materiales que hace referencia a la capacidad de absorber humedad de la atmosfera en la que se encuentran, reteniéndola en forma de agua (Simón 2015). En este estudio se realizó un ensayo sobre la ganancia de peso de las microcápsulas a dos diferentes condiciones de almacenamiento siendo CA1 (25 °C y 70% HR) y CA2 (31 °C y 70% HR) durante 30 días. Se observó que el tratamiento CA1 tuvo una ganancia máxima de peso del 3.79% respecto al peso inicial, mientras que el CA2 presentó un 0.0446% de ganancia de peso en el día 30 respecto al peso inicial. Posiblemente este último no tuvo un mayor porcentaje de ganancia de peso debido a que se encontraba en tubos de conductividad y las muestras del CA1 se encontraban en papel parafinado. La diferente exposición de las microcápsulas durante el almacenamiento pudo influir en los resultados finales.

Cuadro 12. Efecto del tiempo sobre el valor b* en la bebida instantánea de café.

TRT	b ME [§] ± DE [¶]			
	Tiempo (día)			
	0	7	15	30
CA	10.83 ± 0.45 ^{cA}	13.34 ± 0.12 ^{aB}	12.07 ± 0.23 ^{bB}	12.60 ± 0.07 ^{abB}
CA1	11.68 ± 0.13 ^{cA}	14.52 ± 0.23 ^{aA}	12.56 ± 0.24 ^{bAB}	12.25 ± 0.44 ^{bB}
CA2	11.08 ± 0.54 ^{cA}	14.27 ± 0.26 ^{aA}	13.04 ± 0.26 ^{aB}	12.47 ± 0.17 ^{bB}
CV(%)	2.27			

§ media aritmética. ¶ desviación estándar. ^{A-B} diferentes letras mayúsculas en la misma columna indican diferencia significativa (P < 0.05) entre tratamientos. ^{a-b-c} diferentes letras minúsculas en la misma fila indican diferencia significativa (P < 0.05) entre el tiempo. CA: 25 °C, 50%HR; CA1: 25 °C, 60%HR; CA2: 33 °C,50% HR.

En el cuadro 12, se observó que los tratamientos CA, CA1 y CA2 variaron a través del tiempo de manera similar. En el día 7, el CA fue diferente a CA1 y CA2; para el día 15 el CA fue diferente a CA2. Valderrama *et al.* (2014), evaluaron el efecto de la adición de dos aceites esenciales en las propiedades colorimétricas de las películas, presentando cambios en los valores de L*, a* y b* debido al tipo de aceite utilizado. Utilizando aceite de tomillo que al haber aumentado la concentración tuvo un efecto de un incremento ligero en el valor de b*, aumentando el tono amarillo.

Según Koc *et al.* (2014), el índice de peróxidos y el contenido de ácidos grasos libres producido por el método de homogenización ultrasónica fue menor en comparación con las muestras homogenizadas por roto-estator, debido a la baja inclusión de oxígeno durante la preparación de la emulsión evitando enranciamiento de las microcápsulas que darían como resultado menores valores a los obtenidos en L* a* y b*. Este efecto fue variado posiblemente por la diferencia en el tamaño, morfología y la porosidad de las microcápsulas obtenidas luego del secado por atomizado presentando diferentes formas de comportamiento durante su almacenamiento (Gutiérrez *et al.* 2011).

Análisis sensorial. La prueba discriminativa se llevó a cabo con el fin de conocer si existe diferencia entre dos o más muestras y así conocer el efecto de un cambio en la formulación o proceso de un producto (CSIC 2011). Para este análisis sensorial, normalmente es difícil identificar la diferencia entre las dos muestras, debido a que en muchas ocasiones las diferencias son poco percibibles. Para estas evaluaciones se utiliza una prueba triangular (Liria 2007).

Se encontró que no hubo diferencia significativa entre los dos tipos de café instantáneos con y sin microcápsulas ($P = 0.3017$ y $P = 0.1967$). Este resultado puede haber sido afectado por la metodología aplicada, al momento del análisis, las muestras fueron servidas sin tapa, por lo que existió la posibilidad de haber pérdida de aroma durante el proceso de preparación y evaluación del panelista no entrenado. Otra causa pudo haber sido la pequeña cantidad de muestra de bebida de café (20 ml) y la cantidad de microcápsulas (0.048 g) servida al panelista no entrenado, de esta manera resultándole difícil de percibir diferencia entre las muestras. También, debido al tipo de prueba analítica, se recomienda que los panelistas sean reclutados por agudeza sensorial, orientado al método usado o entrenados. Sin embargo, los panelistas que lograron distinguir la muestra con microcápsulas la lograron por tres atributos: aroma, color y sabor. Siendo aroma el predominante con un 43%, 35% el color y 22% el sabor, del total de panelistas no entrenados que acertaron en la muestra.

Al no existir diferencia entre los tratamientos con 10% de microcápsulas se decidió aumentar en 20% la cantidad de microcápsulas en la bebida de café. Esta prueba tuvo lugar en Tegucigalpa con panelistas no entrenados.

Los resultados obtenidos demuestran que no hubo diferencia significativa entre los dos tipos de café instantáneos con y sin microcápsulas ($P = 0.8460$ y $P = 0.4652$). Sin embargo, se notó que hubo un cambio en los atributos por lo que la gente pudo distinguir la muestra con microcápsulas y en este caso, el sabor predominó con un 73%, 19% aroma y 8% color del total de panelistas no entrenados que acertaron en la muestra. Este cambio en el porcentaje de los atributos es lógico debido que a mayor cantidad de microcápsulas, mayor incorporación de sabor y aroma. Aunque es importante notar que, debido a logística durante la preparación de las bebidas de café, pudo haber pérdida de aroma, por lo que este no se expresa en su totalidad a la hora de la degustación.

Oliveira *et al.* (2008), realizaron una evaluación sensorial en café instantáneo con algunos compuestos volátiles (2-metilpirazina; 2-furfuril alcohol, 2,5-dimetilpirazina; γ -butirolactona y 2-furfuril acetato) presentes en el aceite aromático del café tostado, concluyendo que no hubo diferencia significativa entre el café instantáneo con y sin los compuestos aromáticos. Por otro lado, tampoco se encontraron diferencia significativa entre el café con aceite de café tostado y con los compuestos aromáticos en los atributos de aroma y sabor.

En este estudio se obtuvo el apoyo de tres catadores profesionales para calificar los dos tipos de café instantáneos sin microcápsulas y con microcápsulas. Los tres catadores coincidieron en la puntuación según el siguiente orden: C2S, C1S, C1C y C2C. Esta evaluación concluyó que los cafés sin microcápsulas fueron más apreciados que los que

contenían microcápsulas. Esto se debió a que pudieron detectar aromas y texturas que a su gusto no debería tener una taza de café de excelencia.

4. CONCLUSIONES

- La eficiencia de producción de microcápsulas de aceite de café tostado mediante secado por atomización fue de 84.39%.
- Las emulsiones obtenidas tuvieron un tamaño medio de 0.75 μm y una distribución de partículas en un rango de 0.3 – 0.6 μm .
- El pH fue la única variable que no fue afectada por la adición de microcápsulas y condiciones de almacenamiento. Sin embargo, el color y acidez si fueron afectadas por la adición de microcápsulas y por las condiciones de almacenamiento.
- No hubo diferencia en la evaluación sensorial en las dos bebidas de café instantáneo sin contenido de microcápsulas y con 10 y 20% de contenido de microcápsulas de aceite de café tostado.

5. RECOMENDACIONES

- Caracterizar las microcápsulas evaluando su actividad de agua, tamaño, morfología, higroscopicidad y densidad volumétrica.
- Caracterizar las emulsiones evaluando su comportamiento reológico.
- Evaluar diferentes materiales de pared para determinar aceite superficial, aceite total y eficiencia y poder comparar con el almidón de maíz ceroso utilizado.
- Realizar una capacitación previa a los panelistas sobre la metodología de la evaluación sensorial.
- Verificar el efecto sensorial de las microcápsulas en la liberación de aroma durante la preparación del café.
- Realizar un análisis de estabilidad oxidativa para evaluar la vida útil de las microcápsulas.

6. LITERATURA CITADA

ABICS (Associação Brasileira da Indústria de Café Solúvel). 2017. Relatório do Café Solúvel do Brasil. Brasil: [publisher unknown]. 5 pag. [Consultado 2018 may 11] www.abics.com.br.

Alanís E. 2010. La ultra presión de homogenización (UHPH): una nueva tecnología para la conservación de jugos. 1-5 pag. México: Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. [Consultado 2018 oct 5] https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icsa/LI_TecNutri/Ernes_Alanis/1.pdf

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. AOAC Official Method 942.15. Acidity (Titratable) of Fruit Products. Official method of Analysis, ed. 18, 37, 10. [Consultado 2018 oct 04] <http://www.eoma.aoac.org/methods/info.asp?ID=15499>

Bakry A, Abbas S, Ali B, Majeed H, Abouelwafa M, Mousa A, Liang L. 2016. Microencapsulation of Oils: A Comprehensive Review of Benefits, Techniques, and Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 15(1):143–182. doi:10.1111/1541-4337.12179.

Bhumiratana N, Adhikari K, Chambers E. 2011. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *LWT - Food Science and Technology*. 44(10):2185–2192. doi:10.1016/j.lwt.2011.07.001.

Campo Y, Gélvez V, Ayala A. 2018. Ultrasonido en el procesamiento (homogenización, extracción y secado) de alimentos. *Biotechnología en el sector agropecuario y agroindustrial*. 16(1):102-113. doi: <http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v16n1.628>

Cárdenas S. 2007. Caracterización morfológica y agronómica de la colección núcleo de café (*Coffea arabica L.*) del CATIE [Tesis de posgrado]. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 117 pag.

Carvalho A, Silva V, Hubinger M. 2014. Microencapsulation by spray drying of emulsified green coffee oil with two-layered membranes. *Science Direct*. 61:236–265. doi.org/10.1016/j.foodres.2013.08.012

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira Café). 2017. V.4- Safra 2017- N.1- Primeiro levantamento. [Consultado 2018 may 10] <http://www.cecafe.com.br/dados-estatisticos/producao-brasileira/>>

Costa L. 2013. Microencapsulação por spray-drying de Óleo essencial de manjeriço. [Tese doutorado]. Brasil: Universidade Estadual de Campinas. 217 pag. [Consultado 2018 sept 29] <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/255152>

Coutinho V, Júnior D, Santos N, Silva C, Santana R. 2018. Efeito da velocidade de homogeneização propriedades de emulsões cosméticas. The Journal of Engineering and Exact Sciences (JCEC). 04(02). [Consultado 2018 sept 29] <https://jcec.ufv.br/index.php/req2/article/view/404/488>

CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas). 2011. Análisis sensorial de alimentos. Instituto Mixto CSIC-UAM. [Consultado 2018 oct 02] digital.csic.es/bitstream/10261/63961/1/358508.pdf

Esquivel A, Castañeda A, Ramírez G. 2014. Cambios químicos de los aceites comestibles durante el proceso de fritura. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [Consultado 2018 oct 2] <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n3/e3.html>

Estrada J, Boeneke C, Bechtel P, Sthivel S. 2011. Developing a strawberry yogurt fortified with marine fish oil. American Dairy Science Association . Journal Dairy Science. 94 :5760–5769. doi: 10.31 68/jds.2011-4226

Ferrer H. 2011. Microencapsulação de óleo de linhaça por spray drying: influência da utilização de diferentes combinações de materiais de parede. [Mestre] Brasil: Universidade Estadual de Campinas. 113 pag. [Consultado 2018 oct 02] <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/255170>

FIRA (Fideicomisos instituidos en relación con la agricultura).2016. Panorama Agroalimentario Café. [Internet]. [Consultado 2018 may 10] https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200636/Panorama_Agroalimentario_Caf__2016.pdf

Folmer B, editor. 2017. The Craft and Science of Coffee. British Library Cataloguing: ELSEVIER. 559 pag. ISBN: 978-0-12-803520-7.

Frascareli E. 2010. Microencapsulação de óleo de café através de secagem por atomização: avaliação das propriedades da emulsão e do tipo de material de parede sobre as características do pó. 181 pag. [Mestre]. Brasil: Universidade Estadual de Campinas. [Consultado 2018 ago 28] <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/255134>

Frascareli E, Silva V, Tonon R, Hubinger M. 2012. Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying. Brasil: Universidade Estadual de Campinas. Science Direct. 90(03):413-424. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.12.002>

García C, Fernández M, Castiñeira M, Martínez V, López O, Nogueira A. 2016. Desempeño del método cromatográfico para el estudio de estabilidad del aceite de hígado de tiburón microencapsulado empleando acetato de quitosana. *Ars Pharmaceutica*. 57(03):111-119. <http://scielo.isciii.es/pdf/ars/v57n3/original1.pdf>

García M. 2015. Encapsulación de aceites esenciales funcionales para su aplicación en agricultura. [Tesis Doctoral]. España: Universidad Politecnica de Valencia. [Consultado 2018 ago 29] <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/58990/FERR%C3%81NDIZ%20-%20Encapsulaci%C3%B3n%20de%20aceites%20esenciales%20funcionales%20para%20su%20aplicaci%C3%B3n%20en%20agricultura.pdf?sequence=1>

Getachew A, Chun B. 2016. Optimization of coffee oil flavor encapsulation using response surface methodology. República de Corea: Pukyong National University. *LWT - Food Science and Technology*.90:126–134. doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.025

González E, Ochoa B, Rutiaga L. 2015. Microencapsulación mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos. Asociación Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 16(02): 180-192. <http://www.redalyc.org/pdf/813/81343176006.pdf>

Gutiérrez A. 2002. Café, antioxidantes y protección a la salud. *MEDISAN*. 6(04):72-81. http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol7_4_02/san11402.pdf

Gutiérrez C, Carmen M, Hernández J, Ortiz A, Anicua R, Hernández M. 2011. Relación porosidad-retención de humedad en mezclas de sustratos y su efecto sobre variables respuesta en plántulas de lechuga. *Revista Chapingo*. 17(03):183-196. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60921383009>

Helleso S, Atten P, Berg G, Lundgaard L. 2015. Experimental study of electrocoalescence of water drops in crude oil using near infrared camera. *SINTEF*. 56(122):1-27. <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2496146>

Hogan S, Mcnamee B, O'Riordan E, O'Sullivan M. 2001a. Microencapsulating properties of sodium caseinate. *J Agric Food Chem*. 49(04):1934–1938. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf000276q>

Hogan S, Mcnamee B, O'Riordan E, O'Sullivan M. 2001b. Emulsification and microencapsulation properties of sodium caseinate/carbohydrate blends. *ScienceDirect*. 11(03):137-144. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958694601000917>

Huynh V, Caffin N, Dykes G, Bhandari D. 2008. Optimization of the Microencapsulation of Lemon Myrtle Oil Using Response Surface Methodology. *Journal Drying Technology an international Journal*. 26(03):357-368. doi.org/10.1080/07373930801898182

ICO (International Coffee Organization). 2018. Informe de mercado de Café enero 2018. [Consultado 2018 feb 8]. <http://www.ico.org/es/Market-Report-17-18-c.asp>

IHCAFE (Instituto Hondureño de Café). 2017. Exportaciones. IHCAFE. [Consultado 2018 may 10] http://www.ihcafe.hn/?page_id=3728

IHCAFE (Instituto Hondureño del Café). 2016. Informe Estadístico Anual cosecha 2015-2016. IHCAFE. [Consultado 2018 may 10] https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:s9_K24Ou_7oJ:https://www.ihcafe.hn/%3Fmdocs-posts%3Dinforme-estadistico-anual-2015-2016+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=hn

Ingredion. 2018. Nuevo ingredion CAPSUL dextrina almidón modificado de alimentos encapsulación de maíz céreo. [Consultado 2018 oct 02] <https://www.ebay.com/itm/NEW-50lbs-Ingredion-CAPSUL-Dextrin-Modified-Food-Starch-Waxy-Maize-Encapsulation-/322916576407>

Jafari S, Assadpoor E, He Y, Bhandari B. 2008. Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. *An International Journal*. 26(7):816-835. doi.org/10.1080/07373930802135972

Jiménez E. 2014. *Café I (G. Coffea)*. España: Universidad Complutense de Madrid. 20 pag. [Consultado 2018 sep 01] <https://eprints.ucm.es/27835/1/1757-2066-1-PB.pdf>

Kobayashi M, Benassi M. 2012. Caracterização sensorial de cafés solúveis comerciais por Perfil Flash. *Semina: Ciências Agrárias*. 33(02):3081-3092. Brasil: Universidad Estadual de Londrina. [Consultado 2018 may 7] http://www.redalyc.org/pdf/4457/4457_44118002.pdf

Koc M, Koc B, Sakin M, Kaymak F, Susyal G, Bagdatlioglu N. 2011. Physicochemical characterization of whole egg powder. *An International Journal*. 29(07):780-788. doi.org/10.1080/07373937.2010.538820

Koc M, Gungor O, Zungur A, Yalcin B, Selek Í, Kaymak F, Otles S. 2014. Microencapsulation of extra virgin olive oil by spray drying: effect of wall materials composition, process conditions, and emulsification method. *Food Bioprocess Technol* 8(2):301-318. doi: 10.1007/s11947-014-1404-9

Kosegarten C, Jiménez M. 2012. Factores principales que intervienen en la estabilidad de una emulsión doble. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 6(2):1-18. [Consultado 2018 oct 05] <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-62Kosegarten-Conde-et-al-2012.pdf>

Laohasongkram K, Mahamaktudsanee T, Chaiwanichsiri S. 2011. Microencapsulation of Macadamia oil by spray drying. *Science Direct*. 1:1660-1665. doi:10.1016/j.profoo.2011.09.245

Liria M. 2007. Guía para la evaluación sensorial de alimento. *Agrosalud*. [Consultado 2018 oct 02] <http://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2008/02/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos.pdf>

López F, Elkin M. 2007. Extracción de aceite de café. *Ingeniería e Investigación*. 27(01):25-31. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64327105>

Lorenzoni G. 2014. Microencapsulação por spray drying dos compostos bioativos do extrato aquoso de erva mate (*Ilex paraguariensis*) crioconcentrado. *Ciencia e Natura*. 37(5):18-29. doi:10.5902/2179-460X19709

Lucon T. 2013. Aplicação do óleo de café em formulações cosméticas: avaliação da estabilidade e da eficácia fotoprotetora. 1-99. [Tese de Doutorado]. Brasil: Universidade de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/60/60137/tde-06092013-092132/en.php>

Lupano C. 2013. Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento. 1a ed. Argentina: Universidad de La Plata. 218 pag.

Marin C., Puerta G. 2008. Contenido de ácidos clorogénicos en granos de *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, según el desarrollo del fruto. *Cenicafé* 59(1):7-28. [Consultado 2018 may 15] [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc059\(01\)007-028.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc059(01)007-028.pdf)

Martínez L. 2007. Obtención y caracterización de almidones de malanga, arroz y maíz ceroso modificados por extrusión termoplástica para su uso como encapsulantes de aceite esencial de naranja. 1-54 pag. [Maestría]. Mexico: Universidad Veracruzana. [Consultado 2018 oct 05] <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46987/MartinezOrtizLaura1d2.pdf;jsessionid=039FF2A5FFAD8A3973828BC9C108B232?sequence=1>

McClements D. 2005. *Food Emulsions Principles, Practices, and Techniques*. 2da ed. Estados Unidos: University of Massachusetts. CRC PRESS. 632 pag.

Meira F. 2014. *Handbook of coffee post-harvest technology*. 1a ed. Estados Unidos: EDITORA Universidade Federal de Lavras. 282 pag.

Moenfard M, Cortez A, Machado V, Costa R, Luís C, Coelho P, Soares R, Alves A, Borges N, Santos A. 2016. Anti-angiogenic properties of cafestol and kahweol palmitate diterpene esters. *Journal of cellular biochemistry*. 117:2748 – 2756. doi.org/10.1002/jcb.25573

Oliveira A, Cabral F, Eberlin M, Cordello H. 2008. Sensory evaluation of black instant coffee beverage with some volatile compounds present in aromatic oil from roasted coffee. *Ciênc. Tecnol. Aliment*. 29(01):76–80. doi:10.1590/S0101-20612009000100012.

Osorio P. 2011. Secagem por atomização e microencapsulação de óleo de laranja: estudo das propriedades da emulsão e do tipo de material de parede sobre as características do pó e a estabilidade de D-Limoneno. Brasil: Universidade Estadual de Campinas. [Consultado 2018 sep 29] http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/255129/1/OsorioCarmona_PaulaAndrea_M.pdf

Peris S. 2010. La oxidación y sus efectos en la alimentación animal, antioxidantes: criterios para una adecuada elección. ITPSA. [Consultado 2018 oct 02] http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/ANTIOXIDANTES_2.pdf

Preedy V, editor. 2015. Coffee in Health and Disease Prevention. 1080 pag. British Library Cataloguing: ELSEVIER. ISBN: 978-0-12-409517-5.

Prieto F, Gordillo A, Prieto J, Gómez C, Román A. 2006. Evaluación de las isotermas de sorción en cereales para desayuno. Sociedad mexicana de ciencia y tecnología de superficies y materiales. 19(1):12-19. <http://www.redalyc.org/pdf/942/94219103.pdf>

Ribeiro G. 2017. Avaliação de diferentes composições de material de parede na microencapsulação de óleo essencial lemongrass. 1-94 pag. [Mestre] Brasil: Universidad Federal de Lavras. LAVRAS-MG. [Consultado 2018 oct 04] http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/13002/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O_Avalia%C3%A7%C3%A3o%20de%20diferentes%20composi%C3%A7%C3%B5es%20de%20material%20de%20parede%20na%20microcapsula%C3%A7%C3%A3o%20de%20%C3%B3leo%20essencial%20Lemongrass.pdf

Rincón C. 2016. Psicología del color, su importancia e influencia en la decisión de compra del consumidor: un enfoque desde el sector de alimentos y bebidas en Colombia. 1-29 pag. [Tesis] Colombia: Universidad Militar Nueva Granada. [Consultado 2018 oct 01] <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/15434/3/RinconRuizClaudiaPatricia2016.pdf>

Rios P. 2016. Factores del comportamiento del consumidor de café. 1-49 pag. [Artículo]. Mexico: Universidad de Guadalajara. ResearchGate. [Consultado 2018 may 15] https://www.researchgate.net/publication/311511264_Factores_del_comportamiento_del_consumidor_de_Cafe

Romero A. 2008. Estudio reológico y microestructural de emulsiones y geles de concentrados protéicos de cangrejo. 1-298 pag. [Doctorado]. España: Universidad de Sevilla. [Consultado 2018 oct 05] https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/15860/I_T-PROV6.pdf?sequence=-1

Sánchez M. 2015. El café, la cafeína y su relación con la salud y ciertas patologías. 1-30 pag. España: Universidad de Valladolid. [Consultado 2018 ago 23] <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/14253/1/TFG-M-N370.pdf>

Silverstein T. 2000. Weak vs Strong acids and bases: the football analogy. Journal of Chemical Education 77(07):849-850. http://www.umich.edu/~chemstu/content_weeks/F_06_Week10/pictures_and_notes/pfootballanalogy849.pdf

Simón C. 2015. Determinación de la higroscopicidad y comportamiento termodinámico de la madera juvenil y madura a través de sus isotermas de sorción. 1-295 pag. [Doctorado].

España: Universidad politécnica de Madrid. [consultado 2018 oct 02] http://oa.upm.es/39036/1/CRISTINA_SIMON_GARCIA.pdf

Somnuk K, Eawlex P, Prateepchaikul G. 2017. Optimization of coffee oil extraction from spent coffee grounds using four solvents and prototype-scale extraction using circulation process. *ScienceDirect*. 51(03):181-189. doi.org/10.1016/j.anres.2017.01.003

Stewart M, Arnold K. 2009. *Emulsions and Oil Treating Equipment*. 1a ed. 1-304 pag. [Consultado 2018 sept 29] <https://www.elsevier.com/books/emulsions-and-oil-treating-equipment/stewart/978-0-7506-8970-0>

Taborda E, Jurado W, Cortés F. 2015. Effect of the temperature in adsorption phenomena of water onto Sub-Bituminous coal. *Boletín de Ciencias de la Tierra*. 39:57-64. <http://www.redalyc.org/html/1695/169543502007/>

Turchiuli C, Fuchs M, Bohin M, Cuvelier M, Ordonnaud C, Peyrat-Miaillard M, Dumoulin E. 2005. Oil encapsulation by spray drying and fluidised bed agglomeration. *ScienceDirect*. 6(1):29-35. doi.org/10.1016/j.ifset.2004.11.005

Valderrama N, Algecira N, Albaracín W. 2014. Efeito do armazenamento sobre a cor de filmes de quitosana. *Polímeros: Ciência e Tecnologia* 26:25–36. doi.org/10.1590/0104-1428.1993

Valencia J, Pinzón M, Gutiérrez R. 2015. Caracterización fisicoquímica y sensorial de tazas de café producidas en el departamento del quindío. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Colombia: Universidad de Quindío [Consultado 2018 jul 22] <http://www.alimentoshoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/352/302>

Van Doorn G, Willemin D, Spence C. 2014. Does the colour of the mug influence the taste of the coffee? *Flavour*. 3-10 p. [Consultado 2018 oct 01] <https://flavourjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/2044-7248-3-10>

Villacrez J. 2013. Desarrollo de microencapsulados por spray drying a partir de frutos de mora de castilla (*Rubus glaucus benth*) [Maestría]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. [Consultado 2018 may 15] <http://bdigital.unal.edu.co/47240/1/197569.2013.pdf>

Villareal D., Baena L., Posada H. 2012. Análisis de lípidos y ácidos grasos en café verde de líneas avanzadas de *Coffea arabica* cultivadas en Colombia. [Artículo] *Cenicafé* 63(1): 19-40. <https://www.cenicafe.org/es/publications/2.Analisis.pdf>

Walstra P. 2003. Formation of emulsions and foams. Wageningen University and Research. 1–14 pag. ISBN 0824793552-807.

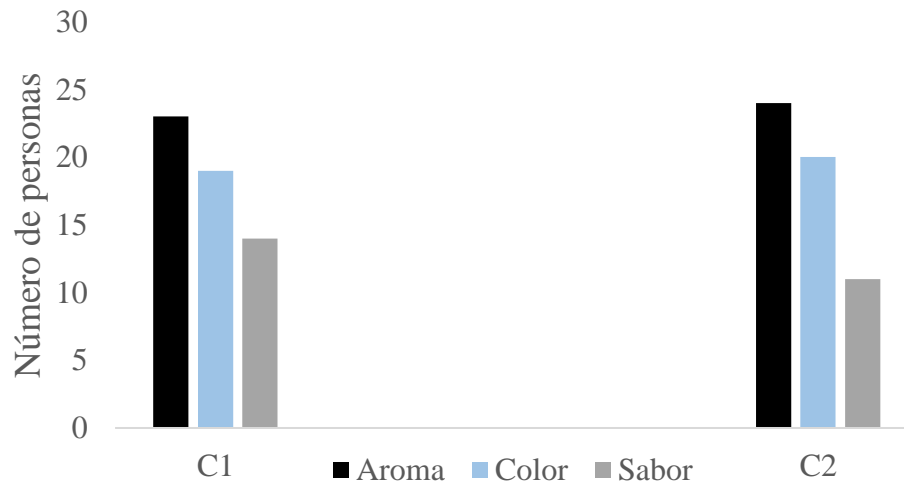
7. ANEXOS

Anexo 1. Encuesta utilizada en la evaluación sensorial para panelistas no entrenados.

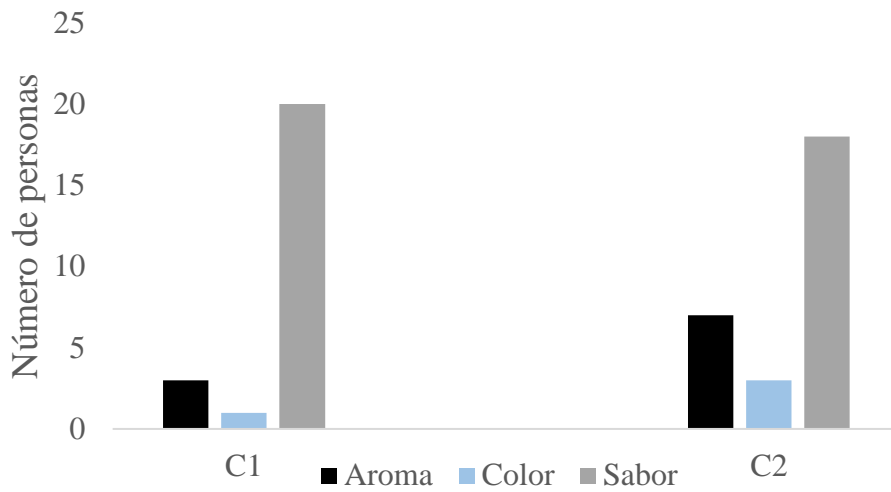
Prueba Triangular		
Nombre: _____	Fecha: __/__/__	
<p>Instrucciones: Frente a usted hay tres muestras de café codificadas, galleta soda y un vaso con agua. Por favor, percibir el aroma y luego probar las muestras de izquierda a derecha. Anote el código de las muestras e identifique con un círculo la muestra diferente. Luego escoger la muestra que prefiere, aunque no esté seguro.</p>		

Comentarios: _____		
Lo que más le gusto de la muestra seleccionada: Olor Color Sabor		
Muestra preferida: _____		
Muchas Gracias		

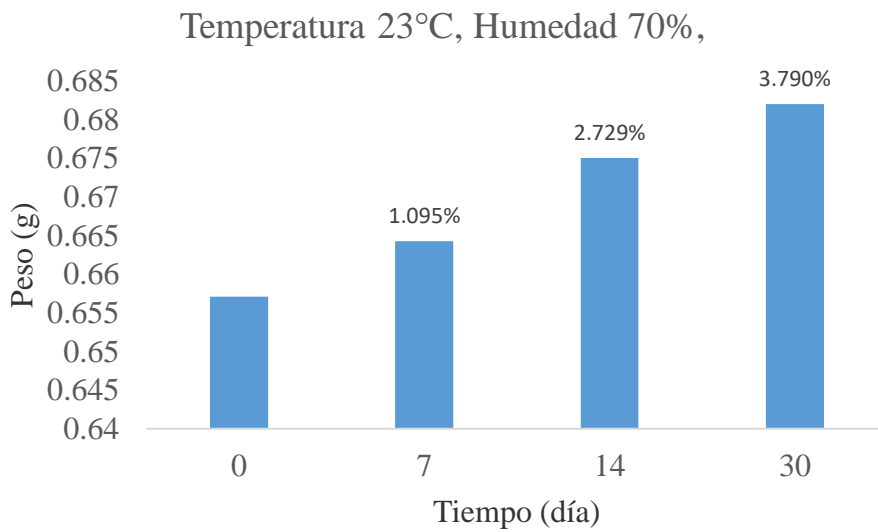
Anexo 2. Panelistas de Zamorano que acertaron con 10% de microcápsulas en los cafés comerciales instantáneos C1 y C2.



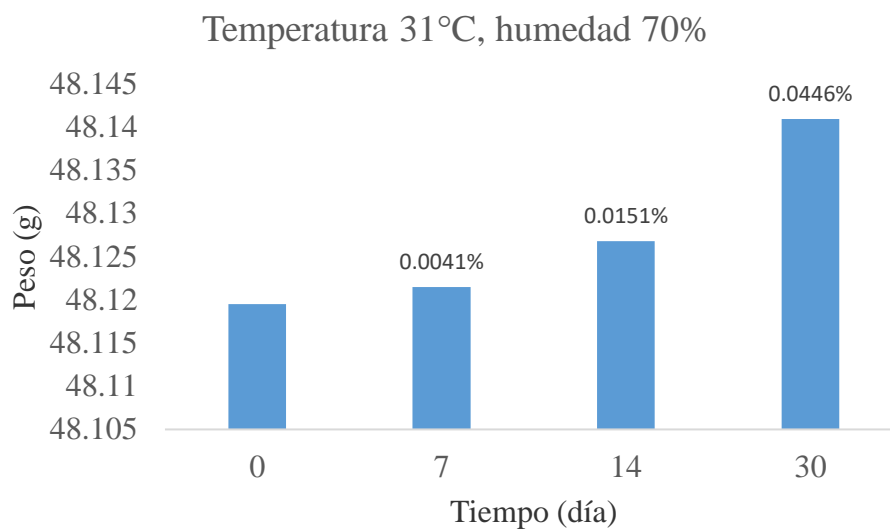
Anexo 3. Panelistas de Tegucigalpa que acertaron con 20% de microcápsulas en los cafés comerciales instantáneos C1 y C2.



Anexo 4. Ganancia de peso de las microcápsulas a temperatura 23°C, humedad 70%.



Anexo 5. Ganancia de peso de las microcápsulas a temperatura 31°C, humedad 70%.

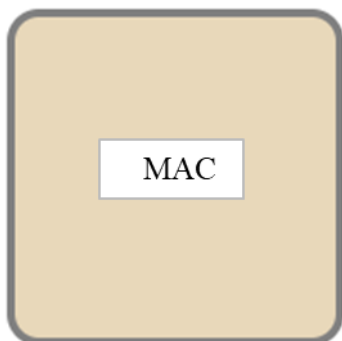


Anexo 6. Características de las microcápsulas.

**Características de las
microcápsulas**

	L*	a*	b*
Color	86.82	1.06	16.42
a_w	0.665		

Anexo 7. Color escala L,a,b - MAC (Microcápsulas de aceite de café).



Anexo 8. Color escala L,a,b – C1S (Café 1 instantáneo sin MAC).



Anexo 9. Color escala L,a,b – C1C10% (Café 1 instantáneo con 10% MAC).



Anexo 10. Color escala L,a,b – C1C20% (Café 1 instantáneo con 20% MAC).



Anexo 11. Color escala L,a,b – C2C10% (Café 2 instantáneo MAC).



Anexo 12. Color escala L,a,b – C2C10% (Café 2 instantáneo con 10% MAC).




Anexo 13. Color escala L,a,b – C2C20% (Café 2 instantáneo con 20% MAC).



Anexo 14. Formato de catación SCAA (Asociación de cafés especiales de América), realizado por la ingeniera Marjorie Conjura.

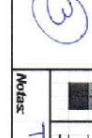
La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación



Nombre: Marjorie Conjura
 Fecha: 14/7/18 Mesa: _____
 Session: _____

Clasificación:	
6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno
6.25	7.25
6.50	7.50
6.75	7.75
8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
8.25	9.25
8.50	9.50
8.75	9.75

La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación



Nombre: Marjorie Conjura
 Fecha: 14/7/18 Mesa: _____
 Session: _____

Muestra # 221 3

Fragancia/aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Cataador	Total
6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9
Total: <u>6.5</u>	Total: <u>6.5</u>	Total: <u>6</u>	Total: <u>6.5</u>	Total: <u>6.5</u>	Total: <u>6.5</u>	Total: <u>6.5</u>	Total: <u>6.5</u>
Defectos (ausente): Ligero=2 # Tazas <input type="checkbox"/> Rechazo=4 # Tazas <input checked="" type="checkbox"/>							Suma
Defectos (susitar): Ligero=2 # Tazas <input type="checkbox"/> Rechazo=4 # Tazas <input type="checkbox"/>							Suma
Puntaje Final							Puntaje Final

Notas: Textura suave, más que pasta! Sabor no tan intenso, sabor residual corto, cuerpo bien balanceado

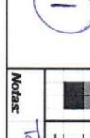
La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación



Nombre: Marjorie Conjura
 Fecha: 14/7/18 Mesa: _____
 Session: _____

Clasificación:	
6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno
6.25	7.25
6.50	7.50
6.75	7.75
8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
8.25	9.25
8.50	9.50
8.75	9.75

La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación



Nombre: Marjorie Conjura
 Fecha: 14/7/18 Mesa: _____
 Session: _____


Muestra # 1 FBX

Fragancia/aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Cataador	Total
6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9
Total: <u>6.5</u>	Total: <u>6.5</u>	Total: <u>6.5</u>	Total: <u>6.5</u>	Total: <u>6.5</u>	Total: <u>6.5</u>	Total: <u>6.5</u>	Total: <u>6.5</u>
Defectos (ausente): Ligero=2 # Tazas <input type="checkbox"/> Rechazo=4 # Tazas <input checked="" type="checkbox"/>							Suma
Defectos (susitar): Ligero=2 # Tazas <input type="checkbox"/> Rechazo=4 # Tazas <input type="checkbox"/>							Suma
Puntaje Final							Puntaje Final

Notas: Es una buena muestra, limpia, la muestra está catada de la misma, sabor a chocolate bien balanceado, textura suave y agradable.



Anexo 16. Formato de catación SCAA (Asociación de cafés especiales de América), realizado por el catador Alfredo Pacas.



La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación

Nombre: Alfredo Pacas
 Fecha: 9/16/18
 Mesa: _____
 Session: _____

Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación

Nombre: _____
 Fecha: _____
 Mesa: _____
 Session: _____

Clasificación:	6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno	8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
6.25	7.25	8.25	9.25	
6.50	7.50	8.50	9.50	
6.75	7.75	8.75	9.75	

Muestra # RRI

en nivel de taste

Total: _____

Fragancia/Aroma

Sabor

Acidez

Cuerpo

Uniformidad


Taza Limpia

Puntaje Catador

Suma

Notas: pergamino, fermentado? plano, cosicha negro, cubreniente, ternoso, cuerpo ternoso

Puntaje Final 69



Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación

Nombre: _____
 Fecha: _____
 Mesa: _____
 Session: _____

Clasificación:	6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno	8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
6.25	7.25	8.25	9.25	
6.50	7.50	8.50	9.50	
6.75	7.75	8.75	9.75	

Muestra # ALA

en nivel de taste

Total: _____

Fragancia/Aroma

Sabor

Acidez

Cuerpo

Uniformidad

Taza Limpia

Puntaje Catador

Suma

Notas: dulce, fermento, bien dulce, cuerpo suave, moco, fermentado, moco
pergamino, se vuelve asstringente al enfriarse

Puntaje Final 74

Anexo 17. Formato de catación SCAA (Asociación de cafés especiales de América), realizado por el catador Alfredo Pacas.

La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación


COFFEE SPECIALTY ASSOCIATION

Nombre: Alfredo Pacas Fecha: 9/6/18 Mesa: _____ Season: 2018

Clasificación:	
6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno
6.25	7.25
6.50	7.50
6.75	7.75
8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
8.25	9.25
8.50	9.50
8.75	9.75

Muestra # EBX

in Nivel de muestra

Fragancia/Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Catador	Suma
<i>Total:</i>	<i>Total:</i>	<i>Total:</i>	<i>Total:</i>	<i>Total:</i>	<i>Total:</i>	<i>Total:</i>	<i>Total:</i>
6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6 7 8 9	
Seco Quilados: Espuma	Sabor Residual	Intensidad Alto Bajo	Intensidad Alto Bajo	Balance	Dulzor	Detectos (suavizar)	# Tazas Intensidad Rechazo=2 X =
6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	Rechazo=4 X =

Notas: *Aroma limpio, plana, coquea vieja, avulsiva, poca dulzor, no detecta, sin cuerpo, dinamico dulzor*

Puntaje Final 75

La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación


COFFEE SPECIALTY ASSOCIATION

Nombre: _____ Fecha: _____ Mesa: _____ Season: _____

Clasificación:	
6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno
6.25	7.25
6.50	7.50
6.75	7.75
8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
8.25	9.25
8.50	9.50
8.75	9.75

Muestra # MHT

in Nivel de muestra

Fragancia/Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Catador	Suma
<i>Total:</i>	<i>Total:</i>	<i>Total:</i>	<i>Total:</i>	<i>Total:</i>	<i>Total:</i>	<i>Total:</i>	<i>Total:</i>
6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6 7 8 9	
Seco Quilados: Espuma	Sabor Residual	Intensidad Alto Bajo	Intensidad Alto Bajo	Balance	Dulzor	Detectos (suavizar)	# Tazas Intensidad Rechazo=2 X =
6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	6 7 8 9	Rechazo=4 X =

Notas: *Miel, dulce, dulce, sabor largo, sin avulsividad, balanceado, bien limpio, amula*

Puntaje Final 78.5

Anexo 18. Formato de catación SCAA (Asociación de cafés especiales de América), realizado por el catador Olvin Rodríguez.



La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación



Nombre: Olvin Rodríguez
 Fecha: 02/15/2018 Mesa: 1 Sesión: 1

Clasificación:

6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno	8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
6.25	7.25	8.25	9.25
6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75

Muestra # 103

En nivel de prueba

Total:

Empaquetado/com	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Calador	Suma
Saco Qualidades: <u>Espresso</u> Sabor Residual: <u>Acidez</u> Total:	Total: Acidez: <u>Alto</u> Cuerpo: <u>Alto</u> Balance:	Total: Acidez: <u>Alto</u> Cuerpo: <u>Alto</u> Balance:	Total: Acidez: <u>Alto</u> Cuerpo: <u>Alto</u> Balance:	Total: Acidez: <u>Alto</u> Cuerpo: <u>Alto</u> Balance:	Total: Acidez: <u>Alto</u> Cuerpo: <u>Alto</u> Balance:	Total: Acidez: <u>Alto</u> Cuerpo: <u>Alto</u> Balance:	Total: Acidez: <u>Alto</u> Cuerpo: <u>Alto</u> Balance:

Notas: Chocolate leve estilo, cuerpo por debajo del estándar SCAA

Puntaje Final



Nombre: _____
 Fecha: _____ Mesa: _____ Sesión: _____

Clasificación:

6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno	8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
6.25	7.25	8.25	9.25
6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75

Muestra # 104

En nivel de prueba

Total:

Empaquetado/com	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Calador	Suma
Saco Qualidades: <u>Espresso</u> Sabor Residual: <u>Acidez</u> Total:	Total: Acidez: <u>Alto</u> Cuerpo: <u>Alto</u> Balance:	Total: Acidez: <u>Alto</u> Cuerpo: <u>Alto</u> Balance:	Total: Acidez: <u>Alto</u> Cuerpo: <u>Alto</u> Balance:	Total: Acidez: <u>Alto</u> Cuerpo: <u>Alto</u> Balance:	Total: Acidez: <u>Alto</u> Cuerpo: <u>Alto</u> Balance:	Total: Acidez: <u>Alto</u> Cuerpo: <u>Alto</u> Balance:	Total: Acidez: <u>Alto</u> Cuerpo: <u>Alto</u> Balance:

Notas: Entero asistido, luz grande, chocolate negro con caramelo helado

Puntaje Final

Anexo 19. Formato de catación SCAA (Asociación de cafés especiales de América), realizado por el catador Olvin Rodríguez.

1 cata Brasileira

36-100 COE (69 general)

La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación

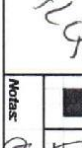

Nombre: *Olvin Rodríguez* **Mesa:** *1* **Sesión:** *1*
Fecha: *02/05/2015*

Clasificación:		6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno	8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
6.25	7.25	8.25	8.50	9.25	
6.50	7.50	8.50	9.50		
6.75	7.75	8.75	9.75		

Muestra # *ALQ*

Copa Flajo, Bar Madrid, Plaza España.

La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación



Nombre: _____ **Mesa:** _____ **Sesión:** _____
Fecha: _____

Clasificación:		6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno	8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
6.25	7.25	8.25	8.50	9.25	
6.50	7.50	8.50	9.50		
6.75	7.75	8.75	9.75		

Muestra # *MHT*

Intra, Ojo Negro, Archivo cup, notas para el cup, para el cup, para el cup.

La Asociación de cafés especiales de América Formulario de catación


Nombre: _____ **Mesa:** _____ **Sesión:** _____
Fecha: _____

Clasificación:		6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno	8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
6.25	7.25	8.25	8.50	9.25	
6.50	7.50	8.50	9.50		
6.75	7.75	8.75	9.75		