



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

Importancia de la implementación de controles de calidad a lo largo de la cadena de abasto del café

P R E S E N T A :

DIANA TÉLLEZ MORÁN

TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
QUÍMICA DE ALIMENTOS

ASESOR PRINCIPAL :

Q.F.B. JUAN MANUEL DÍAZ ÁLVAREZ





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Díaz Álvarez Juan Manuel
VOCAL: Fonseca Larios Rodolfo
SECRETARIO: Escamilla Loeza Adelina
1er. SUPLENTE: Almanza Rodríguez Carlos Alberto
2° SUPLENTE: Ocampo Hurtado Ana Laura

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

FACULTAD DE QUÍMICA

ASESOR DEL TEMA:

Q.F.B. Díaz Álvarez Juan Manuel

SUSTENTANTE:

Diana Téllez Morán



RESUMEN

El presente proyecto consistió en elaborar una guía del café, a través de toda la cadena de abasto, desde el punto de vista de un químico de alimentos.

En esta investigación se analizaron las principales características que influyen en la calidad del café; también se describieron las metodologías utilizadas para evaluar y monitorear la calidad del café durante su producción.

Se realizó un desglose de los factores intrínsecos y extrínsecos involucrados en la calidad del café verde y café tostado, que permiten al químico de alimentos tener una perspectiva integral y entender la importancia de la implementación de controles de calidad en cada una de las etapas del procesamiento del café.

Se analizó la relevancia de estandarizar los métodos de evaluación, así como de la homologación de un vocabulario, que permita a todos los involucrados en la cadena de producción (productores, intermediarios, empresas, tostadores y consumidores) comunicarse bajo los mismos términos.

Se plantea la importancia del desarrollo de investigaciones con bases científicas y técnicas para un entendimiento más profundo sobre lo ocurrido en etapas como el tostado o la evaluación sensorial.





RESUMEN DE ABREVIATURAS

AMECAFE Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café.

ASERCA Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios.

CCI Centro de Comercio Internacional.

CEDRSSA Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria.

CEFP Centro de Estudios de las Finanzas Públicas.

CENACAFE Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café.

IICA Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

ICO International Coffee Organization.

IWCA International Women's Coffee Alliance.

m.s.n.m. Metros sobre el Nivel del Mar.

SCA Specialty Coffee Association.

SCAA Specialty Coffee Association of America.

SCAN Sustainable Commodity Assistance Network.





ÍNDICE DE FIGURAS

1. Estados productores de café de la República Mexicana.
2. Municipios cafeticultores de Chiapas.
3. Taxonomía del café.
4. Proceso de beneficiado de café por vía húmeda y vía seca.
5. Proceso de secado de café lavado en camas africanas.
6. Proceso de secado de café natural en patio.
7. Proceso de despulpado a mano para la elaboración de café honey.
8. Proceso de secado en camas africanas de café honey.
9. Formación de una base de Schiff y ciclación de esta.
10. Transposiciones de Amadori y Heyns.
11. Síntesis de diversos compuestos a partir de una cetosamina.
12. Formación de melanoidinas.
13. Zonas del cerebro de interpretación de la información de los sentidos.
14. Proceso de percepción de aromas.
15. Mapa de las papilas gustativas.
16. Mapa de los gustos básicos.
17. Partes de la cereza de café.
18. Café verde color verde-azul.
19. Café verde color verde-azulado.
20. Café verde color café.
21. Café verde color verdoso.
22. Café verde color verde amarillento.
23. Café verde color amarillo pálido.
24. Café verde color amarillento.
25. Café verde color pardusco.
26. Palos.
27. Piedras.
28. Cáscaras ajenas al café.
29. Hojas.
30. Tierra granulada o partículas.
31. Materia metálica.
32. Materia extraña específica.
33. Pergamino.
34. Fragmento de pergamino.
35. Cereza seca.
36. Fragmento de cáscara de cereza.
37. Concha (lado derecho) y oreja (lado izquierdo).
38. Fragmento de granos.
39. Granos rotos.
40. Granos dañados por insectos.





-
41. Infestación de granos.
 42. Grano con la pulpa mordida o cortada.
 43. Granos negros o parcialmente negros.
 44. Grano negro-verde.
 45. Grano café (ardido).
 46. Grano ámbar.
 47. Grano inmaduro.
 48. Grano ceroso.
 49. Grano punteado.
 50. Grano marchito.
 51. Grano esponjoso.
 52. Grano blanco.
 53. Granos blancos.
 54. Granos con resabios.
 55. *Scorching* en granos de café.
 56. *Tipping* en granos de café.
 57. Cambio de color en granos de café de acuerdo a la etapa de tostado.
 58. Atributos sensoriales afectados por el grado de tostado.
 59. Curva de referencia para perfilar café.
 60. Escala Agtron Gourmet.
 61. Discos Agtron (lado posterior) para evaluar muestras.
 62. Discos Agtron (lado frontal) para evaluar muestras.
 63. La nariz del café.
 64. Alimentos en la escala de pH.
 65. Cambios en el café, desde el café tostado, hasta el café molido.
 66. Diagrama de bloques del proceso de elaboración del café tostado en grano y el café tostado molido.
 67. Formato para la Evaluación de café verde.
 68. Formato del formulario de catación.
 69. Formato para la Evaluación del perfil sensorial de muestras.
 70. Tostado de un batch de 25 Kg a partir de una curva de referencia.
 71. Formato para el control de operaciones del tostador.





ÍNDICE DE TABLAS

1. Tabla 1. Principales diferencias entre las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora*.
2. Tabla 2. Clasificación del café de acuerdo a la altitud de cosecha.
3. Tabla 3. Escala de coloración del café verde.
4. Tabla 4. Defectos en café verde.
5. Tabla 5. Descriptores para la sensación táctil en boca.
6. Tabla 6. Distribución del tamaño de partícula para tuestes medios.
7. Tabla 7. Distribución del tamaño de partícula para tuestes oscuros.
8. Tabla 8. Riesgos relacionados con la recepción de muestras.
9. Tabla 9. Riesgos relacionados con la evaluación de defectos de café verde.
10. Tabla 10. Riesgos relacionados con el perfilado de café.
11. Tabla 11. Riesgos relacionados con la evaluación sensorial.
12. Tabla 12. Riesgos relacionados con la evaluación *in situ*.
13. Tabla 13. Cafés verdes utilizados para la producción de café tostado en grano y café tostado molido.
14. Tabla 14. Riesgos relacionados con la recepción de café verde.
15. Tabla 15. Riesgos relacionados con el reempacado de café verde.
16. Tabla 16. Riesgos relacionados con el almacenaje del café verde.
17. Tabla 17. Riesgos relacionados con el tostado del café.
18. Tabla 18. Riesgos relacionados con el despedrado de café.
19. Tabla 19. Riesgos relacionados con la molienda del café.
20. Tabla 20. Riesgos relacionados con el envasado de café.
21. Tabla 21. Riesgos relacionados con el embalaje de café.





| | |
|---|-----------|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 10 |
| Planteamiento del problema | 13 |
| Justificación | 14 |
| Hipótesis..... | 15 |
| Alcances y limitaciones | 16 |
| II. OBJETIVOS..... | 16 |
| Objetivo general..... | 16 |
| Objetivos particulares | 17 |
| III. ANTECEDENTES..... | 17 |
| Taxonomía..... | 17 |
| Coffea arabica | 18 |
| Coffea canephora:..... | 19 |
| Beneficiado del café | 20 |
| 2.1 Beneficio húmedo (lavado)..... | 21 |
| 2.2 Beneficio seco (natural)..... | 23 |
| 2.3 Beneficio semi-lavado..... | 24 |
| Tostado del café | 26 |
| 2.4 Tostadores de cilindro | 27 |
| Reacciones químicas durante el tostado (Maillard)..... | 28 |
| 2.5 Condensación del azúcar reductor con el grupo amino | 29 |
| 2.6 Transposición de los productos de condensación..... | 30 |
| 2.7 Reacción de los productos de la transposición..... | 31 |
| 2.8 Polimerización y formación de sustancias coloreadas..... | 31 |
| Reacciones químicas durante el tostado (Caramelización)..... | 32 |
| Evaluación sensorial del café | 33 |
| 2.9 Sentido del olfato | 34 |
| 2.10 Sentido del gusto | 35 |
| Gustos Básicos..... | 37 |
| 2.11 Dulce | 38 |
| 2.12 Ácido | 38 |
| 2.13 Salado | 38 |





| | | |
|------------|---|-----------|
| 2.14 | Amargo | 38 |
| IV. | DESARROLLO | 39 |
| | Factores extrínsecos que determinan la calidad del café verde | 39 |
| 2.15 | Ubicación | 39 |
| 2.16 | Altitud | 39 |
| 2.17 | Lluvia | 40 |
| | Anatomía de la cereza del café | 40 |
| | Manejo de la cereza | 41 |
| | Buenas prácticas de beneficiado | 41 |
| | Evaluación física del café verde | 42 |
| 2.18 | Apariencia general del café | 43 |
| 2.19 | Olor | 43 |
| 2.20 | Color | 43 |
| 2.21 | Humedad | 45 |
| | Defectos del café verde | 46 |
| | Método de evaluación de café verde | 57 |
| | Perfilado de café | 57 |
| | Etapas del tostado | 58 |
| 2.22 | Fase de equilibrio | 58 |
| 2.23 | Fase de deshidratación | 59 |
| 2.24 | Maillard | 59 |
| 2.25 | Caramelización | 60 |
| | Control de calidad en el tostado | 61 |
| 2.26 | Diseño de una curva de tostado | 61 |
| 2.27 | Curva de referencia | 63 |
| 2.28 | Temperatura de carga | 63 |
| 2.29 | Presión de gas | 63 |
| 2.30 | Temperatura final | 63 |
| 2.31 | Modificación de la presión de gas | 65 |
| 2.32 | Modificación del tiempo de desarrollo | 65 |
| | Determinación colorimétrica | 66 |
| 2.33 | Agtron | 66 |
| 2.34 | Preparación de las muestras para evaluación Agtron | 69 |





| | | |
|---|-----------------------------------|-----|
| 2.35 | Método de evaluación Agtron | 70 |
| 2.36 | Consideraciones..... | 71 |
| Evaluación sensorial del café tostado | | 71 |
| 2.37 | Aroma | 72 |
| 2.38 | Sabor | 75 |
| 2.39 | Acidez..... | 75 |
| 2.40 | Balance y armonía | 77 |
| 2.41 | Cuerpo y textura | 77 |
| 2.42 | Regusto | 78 |
| 2.43 | Uniformidad..... | 78 |
| 2.44 | Taza limpia | 79 |
| Molienda del café..... | | 79 |
| V. | Resultados..... | 81 |
| Recepción de muestras | | 82 |
| Evaluación de defectos | | 82 |
| Perfilado de café | | 85 |
| Evaluación sensorial | | 86 |
| Evaluación <i>in situ</i> | | 90 |
| Recepción de café verde | | 90 |
| Reempacado..... | | 91 |
| Almacenaje..... | | 91 |
| Tostado..... | | 92 |
| Despedrado | | 94 |
| Molienda | | 94 |
| Envasado | | 95 |
| Embalaje..... | | 96 |
| VI. | ANÁLISIS..... | 96 |
| Control de procesos | | 96 |
| 2.45 | Q grader | 99 |
| 2.46 | Q processing | 99 |
| Puntos de control | | 99 |
| 2.47 | Café verde..... | 99 |
| 2.48 | Perfilado..... | 100 |





| | | |
|---------------------------------------|---------------------------|-----|
| 2.49 | Evaluación sensorial..... | 100 |
| 2.50 | Tostado | 100 |
| Análisis del producto terminado | | 100 |
| VII. | Conclusiones | 101 |
| VIII. | Bibliografía | 102 |





INTRODUCCIÓN

De acuerdo con los historiadores, el café se descubrió en el año 300 a.C. en la provincia de Kaffa en Abisinia, hoy Etiopía situada al Este de África. Inicialmente se masticaban las hojas o se hervían junto con los frutos, de ahí, se elaboraba vino con la pulpa fermentada y la cascarilla seca (Nestlé, 2012).

El primer registro escrito del uso del café data del siglo X, de un médico árabe de nombre Rhazes en donde se menciona al café como estimulante y medicina, pero fue hasta el siglo XV cuando los granos de café (o “kahweh”) empezaron a tostarse y a prepararse como infusión (Nestlé, 2012).

Se cree que alrededor del año 575 d.C. el café se introdujo a Yemen, donde Moca era el puerto principal y la única ruta marítima a la Meca, el lugar más concurrido del mundo en aquella época. Los árabes, sin embargo, tenían una rigurosa política de no exportar granos fértiles de café, para que no se pudiesen cultivar en ningún otro lugar. El grano de café es la semilla del cafeto, pero cuando se le quitan las capas exteriores se vuelve infértil. Muchos fueron los intentos que se hicieron para lograr llevarse algunos cafetos o granos fértiles, pero fue hasta 1616 cuando los holandeses consiguieron transportar algunos cafetos a Holanda y allí los cultivaron en invernaderos (ICO, 2016).

En 1714 el alcalde de Ámsterdam regaló un árbol de café al rey Luis XIV quién lo mandó plantar en el Jardín Botánico de Paris. En 1723 el Francés Gabriel Mathieu de Clieu, trasladó una planta de café a la Isla de Martinica en el Caribe y para 1777 había cerca de 18 millones de árboles de café en la isla (ICO, 2016).

En México, es probable que se haya introducido a través de Cuba en 1790. Las primeras plantaciones fueron establecidas en Córdoba en 1817, extendiendo el cultivo por el litoral del Golfo de México (Nestlé, 2012).

El café es uno de los cultivos de exportación más importantes para 56 países productores del Tercer Mundo, también para Estados Unidos, Europa y Japón, que consumen 80% del café producido. En la década de los noventa el café generó uno de los más altos ingresos para las economías locales de estos 56 países, precedido





en algunos casos sólo por el petróleo y el turismo. Este fue el caso de México donde el café, es un cultivo con una enorme trascendencia desde el punto de vista no sólo económico y social, sino cultural y ecológico (Moguel y Toledo, 1996).

Al ser el principal producto agrícola de exportación durante los últimos veinte años, este cultivo colocó a México en importantes posiciones internacionales. México se encuentra entre los 10 principales productores de café, después de países como Brasil, Colombia, Vietnam, Indonesia e India (IICO, 2019).

México produce cafés de excelente calidad, ya que sus características geográficas (altitud, lluvias, climas y suelos) le permiten cultivar variedades (principalmente Typica y Bourbon) clasificadas dentro de los mejores cafés de especialidad a nivel mundial. Las regiones cafetaleras se concentran en cuatro zonas: las vertientes del Golfo de México y del Océano Pacífico, la zona Centro-Norte y la del Soconusco en Chiapas, que en conjunto abarcan 398 municipios en los 12 estados productores. Como se muestra en la figura 1 los estados son: Chiapas, Veracruz, Puebla, Oaxaca, Nayarit, Jalisco, Colima, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Tabasco y Guerrero (CENACAFE, 2019).



Figura 1. Estados productores de café de la República Mexicana.
Tomada de <https://acafi.mx/>





El 88% de la producción de café en México se concentra en Puebla, Veracruz, Oaxaca y Chiapas, donde se encuentran la mayor parte de los municipios dedicados a la cafecultura, siendo Chiapas el estado con mayor territorio dedicado a la cafecultura, como se muestra en la figura 2 (CEFP, 2001).

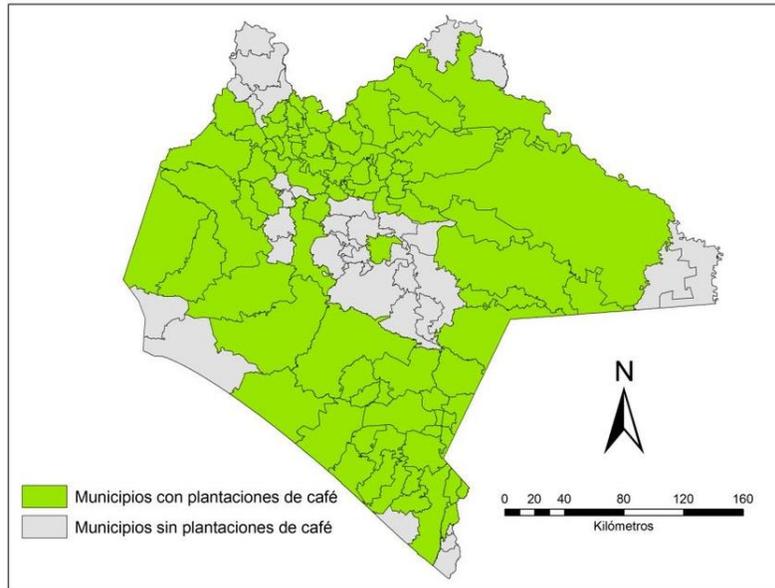


Figura 2. Municipios cafecultores de Chiapas (SAGARPA, 2010).

Tomada de https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Municipios-con-plantaciones-de-cafe-en-el-estado-de-Chiapas-Fuente-SAGARPA_fig4_271826824

A diferencia de países como Brasil, que es el primer productor de café en el mundo, donde los sistemas de producción están constituidos por fincas privadas de gran tamaño, ubicadas en partes planas y bajas, bajo la modalidad de monocultivos sin sombra (o bajo sol) que emplean altas dosis de agroquímicos, en México el café se produce fundamentalmente, bajo la cubierta de un dosel de árboles y por productores pequeños, generalmente de comunidades indígenas o mestizas (CEFP, 2001).

En México, donde los pequeños productores de café, pertenecientes a cientos de comunidades campesinas e indígenas, han protagonizado la lucha por la autonomía y la apropiación de sus procesos productivos; la perspectiva y los criterios que ofrece el nuevo paradigma de la sustentabilidad ecológica puede dar lugar a un nuevo ciclo. Una nueva batalla por la defensa de la cultura y la preservación de la biodiversidad, con el apoyo de las certificaciones respectivas durante cada etapa en





la producción del café. Y es en esta perspectiva donde los consumidores de café, pueden llegar a desempeñar un papel decisivo (Nolasco y Downing, 1985).

Planteamiento del problema

El deterioro del sector cafetalero en México se ha prolongado desde hace varios años, a pesar de que esta actividad es de gran importancia porque permite la integración de cadenas productivas, la generación de divisas y empleos, representa el modo de subsistencia de muchos productores, así como de 30 grupos indígenas y recientemente también ha adquirido una enorme relevancia ecológica, al proveer servicios ambientales a la sociedad ya que del 90% de la superficie cultivada con café se encuentra bajo sombra diversificada, que contribuye a conservar la biodiversidad (CEDRSSA, 2018).

Las recurrentes crisis de este sector, determinadas por las caídas continuas del precio, han generado en el mercado de café nuevas tendencias que se abren espacio para colocar a este grano no sólo como un *commodity*, cuyo precio depende de la oferta y la demanda, sino también como un producto de la canasta básica. La nueva visión reconoce la relación entre calidad y consumo, de modo que el café es visto como un producto diferenciado, en un mercado segmentado, que cada día demanda mayor calidad. De este modo, se sostiene que la calidad en cada punto de la cadena puede ser la respuesta para mejorar el ingreso (ASERCA, 2002).

El cultivo de café en México se ha desarrollado poco a poco, impulsado por las propias organizaciones de productores; sin embargo, este sector enfrenta diversos problemas que requieren apoyo científico y tecnológico. Las necesidades de investigación y desarrollo del sector cafetalero son diversas; entre las más importantes están: el incremento de los rendimientos, la reducción en los costos de producción, el mejoramiento de la calidad del grano y de la bebida (aunado con factores asociados con el proceso de producción y beneficiado) (CEDRSSA, 2018).

Desafortunadamente en México, no hay una capacitación especializada en mejorar los cultivos y el procesamiento; el tema se ha enfocado principalmente hacia el objetivo de producir, y no en ser rentable; la manera de hacerlo no ha cambiado en treinta años a pesar de que los resultados delatan su ineficiencia.





El concepto de calidad es confuso y mal entendido, no se desarrolla tecnología, ni se adapta a las necesidades, no se tiene una estrategia, no se enfoca en los segmentos de mercado, no se puede agrupar, ni organizar para trabajar, no hay tecnificación, es más ha bajado mucho su cultivo, y en muchos lugares solo se cosecha lo poco que se produce sin atención a los procesos y a la eficiencia de estos.

La cafecultura se enfoca en sobrevivir otro ciclo, lo que lleva a su extinción por los precios bajos y a la alta productividad de otros países, así como al contrabando de café de mejor calidad que pasa por las fronteras sin control de los precios más competitivos (Contreras, 2018).

Se requieren de programas modernos para preparar a los productores, con cursos de agricultura, administración de recursos, informática con programas maestros de producción enfocados, modelos de optimización y maximización bien establecidos, procesos estandarizados, productividad y calidad (Contreras, 2018).

Justificación

Por el valor que representa, el café es uno de los principales productos agrícolas, con un peso muy importante en el comercio mundial, llegando a generar ingresos anuales superiores a los 15 mil millones de dólares para los países exportadores y dando ocupación directa e indirecta a poco más de 20 millones de personas dedicadas al cultivo, transformación, procesamiento y comercialización del producto en todo el mundo (CEFP, 2001).

Cabe señalar que en la mayoría de las empresas no cuidan la calidad del grano, pues la exigencia del consumidor mexicano no se reflejaba en la elaboración de cafés tostados, molidos y solubles. Además, la normatividad legal no establece exigencia alguna, por el contrario, permite la inclusión de agentes adulterantes en su producción. El café verde u oro, dirigido a la industria no tiene ninguna norma, por lo tanto, puede ser de mala calidad desde su origen. Se consume "mancha" de cafés, con diferentes grados de daño, pues durante el proceso son mezclados con otros cafés que amortiguan el sabor y el cuerpo, propios del café dañado.





En los últimos años, la cultura del café en México se ha ido transformando, gracias a diversos factores, entre ellos, la accesibilidad de nuevas opciones, el interés de los consumidores, el precio y la conveniencia. Actualmente en México el consumo *per cápita* anual de café es de 1.7 kilogramos, con un incremento del 25% con respecto al año 2016. Este crecimiento demuestra que existe un mayor interés por parte del consumidor en probar nuevas experiencias relacionadas con el café, por lo que se espera que para el año 2021, el consumo de café crezca a una tasa anual compuesta de 2.4%, pasando de 87,300 toneladas en 2016 a 89,400 toneladas (AMECAFE, 2017).

Si bien México es reconocido por ser uno de los países productores de café más importantes a escala mundial, el gusto por esta aromática infusión entre los mexicanos se ha ido adquiriendo poco a poco, además las tecnologías permiten un mayor acceso a la información sobre el origen, el proceso y la calidad del café, lo que ha creado una mayor conciencia en los consumidores sobre el producto que llevan a casa (PROFECO, 2009).

Hipótesis

Existen parámetros de calidad en el café verde que deben de ser respetados al seleccionar a los proveedores, para no comprometer la calidad sensorial y la inocuidad del producto final.

El proceso de elaboración del café tostado y molido puede ser descrito, analizado y evaluado para desarrollar metodologías como controles de calidad que permitan a las empresas estandarizar sus procesos y así evitar depender de la experiencia de los maestros tostadores.

El registro y análisis de las evaluaciones (a lo largo de la producción), así como de los factores intrínsecos involucrados, en formatos, permitirán hacer predicciones, sobre el comportamiento del café en diferentes escenarios.

Se pueden identificar los riesgos relacionados a cada etapa del proceso de producción para prevenir los defectos de calidad del producto.





El egresado de la carrera de Química de Alimentos es capaz de desarrollar y mejorar alimentos procesados, efectuar el control de los mismos en todas sus etapas para lograr productos con el mayor valor nutritivo, óptimas características organolépticas, el menor costo posible y cuya calidad disminuya los riesgos inherentes a su consumo y prolongue su vida útil, considerando la tradición alimentaria mexicana y la importancia del alimento como elemento de la cultura (Facultad de Química. Sin fecha).

Alcances y limitaciones

El presente trabajo analiza el café arábica (*Coffea arabica*) lavado, de altura (1200 m.s.n.m.), de origen mexicano, tostado en un equipo de tambor (tostador de cilindro); los resultados obtenidos se pueden aplicar a cafés tostados en grano y cafés tostados y molidos.

Quedan excluidos de este trabajo, todos aquellos cafés que han sido sujetos a procesos como: secado por pulverización, liofilización y descafeinización. También se excluyen los cafés tostados mezclados con azúcar o con aditivos (saborizantes, estabilizantes) que modifiquen su perfil sensorial.

El café robusta (*Coffea canephora*), así como los cafés resultantes de beneficios secos (natural) o semi-lavados (black-honey, purple-honey, red-honey, yellow-honey), se mencionan brevemente para conocer y contrastar las diferencias en los procesos que cada café sufre y en los perfiles sensoriales resultantes de cada uno.

OBJETIVOS

Objetivo general

Describir detalladamente el proceso de producción del café arábica, lavado, tostado en grano y tostado y molido, de origen mexicano y señalar las metodologías desarrolladas para la evaluación y monitoreo de la calidad del producto durante su proceso de producción.





Objetivos particulares

- Describir las etapas principales del procesamiento del café desde su cultivo, hasta la evaluación sensorial de este.
- Realizar un análisis de los riesgos involucrados en cada etapa del proceso del café tostado en grano y tostado y molido.
- Describir las actividades y variables involucradas en la calidad del producto, desde la selección del café verde, el proceso de tostado, hasta el empaque del café arábica, lavado de origen mexicano.
- Revisar las reacciones químicas involucradas y los cambios físicos que se llevan a cabo durante el tostado del café.
- Evaluar la importancia de las certificaciones respectivas durante la cadena de producción del café.
- Enunciar las metodologías utilizadas para el aseguramiento de la calidad.
- Presentar una base que permita analizar y entender claramente los posibles cambios que se presenten en el café, por la heterogeneidad de la materia prima o durante su producción, para desarrollar metodologías que aseguren la calidad del producto.
- Desarrollar una guía para futuras consultas que sirva como guía para todos los involucrados en la cadena de producción del café.

ANTECEDENTES

Taxonomía

El café pertenece a la familia botánica *Rubiaceae*, que tiene más de 500 géneros y más de 6000 especies. La mayoría son árboles y arbustos tropicales que crecen en las zonas bajas de los bosques. Algunos miembros de esa familia son las gardenias y las plantas que producen quinina y otras sustancias útiles, pero el *Coffea* es el género más conocido de esta familia desde el punto de vista económico (ICO, 2017).

Como se observa en la figura 3, las dos especies más importantes del género *Coffea* son: *Coffea arabica* (café arábica) que representa más del 70% de la producción





mundial y el *Coffea canephora* (café robusta) (ICO, 2017). Otras dos especies que se cultivan en mucha menor escala son el *Coffea liberica* (café Libérica) y el *Coffea dewevrei* (café Excelsa) (ICO, 2017).

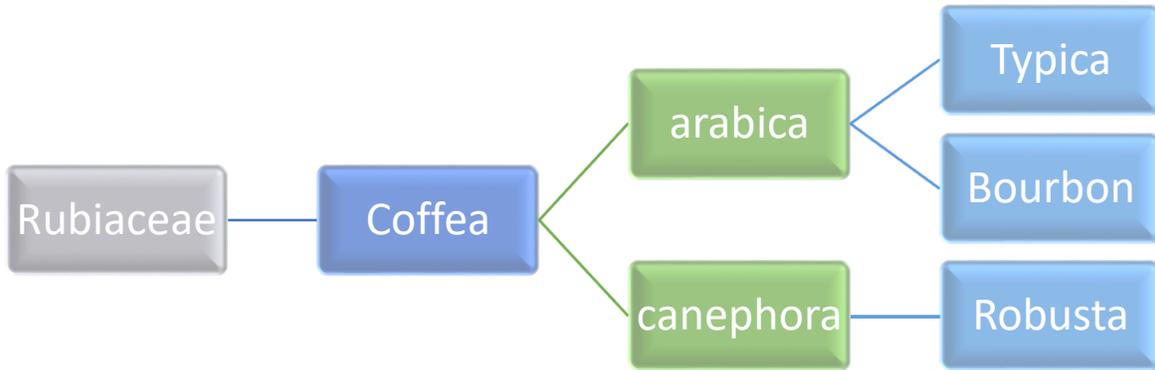


Figura 3. Taxonomía del café. Elaboración propia.

Coffea arabica

Coffea arabica es una de las principales especies de café que se cultivan a nivel mundial, con una producción de más del 70%. Esta es la especie dominante en México, las dos principales variedades de esta especie son: “*Typica*” y “*Bourbon*” y a partir de estas variedades se han desarrollado diferentes cepas o cultivares, como el Caturra, Mundo Novo, Tico y Jamaican Blue Mountain (World Coffee Research, sin fecha).

El *Coffea arabica* fue descrito por primera vez por Carl Linnaeus en 1753; donde describe que esta especie se auto-poliniza, lo que le permite permanecer genéticamente estable (posee cuatro series de cromosomas); sin embargo, esta característica también hace que la especie sea muy susceptible a plagas como la del hongo *Hemileia vastatrix* (Roya), como se muestra en la tabla 1 (World Coffee Research, sin fecha).





Coffea canephora:

Fue descrita 100 años después del Coffea arábica. Se originó en el centro de África, fue descubierta en el Congo. Es un cultivo de importancia comercial por sus atributos físicos y químicos, que incluyen mayor rendimiento que el café arábica, adaptación a climas ecuatoriales cálidos, y un alto contenido de cafeína (Roche y Osgood, 2007).

El Coffea canephora es autoestéril y de polinización cruzada, lo que permite muchas variedades silvestres, sin embargo, la identificación de cultivos es confusa y solo existen dos variedades descritas (ICO, 2017):

- Uganda: Formas esparcidas o silvestres
- Robusta: La variedad de esta especie es ampliamente cultivada y representa un cuarto del total de la producción mundial. Es un arbusto pequeño y tiene una raíz poco profunda. El fruto es redondo y tarda hasta 11 meses en madurar; la semilla es más pequeña que la especie *Coffea arabica*. El café robusta se cultiva en África Central y Occidental, en todo el sudeste de Asia y en menor cantidad en Brasil.

En taza, presenta un sabor áspero, cuerpo fuerte, alto contenido de sólidos y contiene casi el doble de cafeína que la del café arábica, como se muestra en la tabla 1; Por lo que su principal uso es para la elaboración de café soluble (ICO, 2018).





Tabla 1. Principales diferencias entre las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora*

| Características | <u><i>Coffea arábica</i></u> | <u><i>Coffea canephora</i></u> |
|---|------------------------------------|--------------------------------|
| Fecha de descripción de la especie | 1753 | 1895 |
| Cromosomas (2n) | 44 | 22 |
| Tiempo que tarda desde la flor hasta la cereza en madurar | 9 meses | 10 - 11 meses |
| Floración | Después de la temporada de lluvias | Irregular |
| Rendimiento (kg granos/ha) | 1.5 - 3.0 | 2.3 - 4.0 |
| Raíz | profunda | poco profunda |
| Temperatura óptima de desarrollo (media anual) | 15 -24° C | 24 - 30° C |
| Precipitación pluvial óptima | 1.5 - 2.0 mm | 2.0 - 3.0 mm |
| Crecimiento óptimo | 1.0 - 2.0 m | 0.7 m |
| Resistencia a <u><i>Hemileia vastatrix</i></u> | Susceptible | Resistente |
| Resistencia a <u><i>Nematodes</i></u> | Susceptible | Resistente |
| Resistencia a enfermedad del fruto del café | Susceptible | Resistente |
| Resistencia a <u><i>Koleroga</i></u> | Susceptible | Tolerante |
| Resistencia a Traqueomicosis | Resistente | Susceptible |
| Contenido de cafeína en el grano | 0,8 - 1,4% | 1,7 - 4,0% |
| Forma del grano | alargado | Pequeño y redondeado |
| Características típicas en taza | Acidez | Amargor |

Fuente: Elaboración propia realizada con información de International Coffee Organization. (2018). Aspectos botánicos.

Beneficiado del café

El beneficiado del café es el proceso mediante el cual se transforma la cereza del café (café en fruta) en un producto comercial (café oro). Este proceso de beneficiado o beneficio de café lo realizan los cafeticultores, en su gran mayoría, en las instalaciones que tienen en sus fincas, a las que denominan beneficios y donde





realizan básicamente la recepción, despulpado, remoción de mucílago, lavado, clasificación y secado del café (Román, sin fecha).

Como se muestra en la figura 4, existen dos técnicas básicas para beneficiar café con características distintas: la vía húmeda y la vía seca, que dan origen a los cafés “lavados” y “naturales” respectivamente.

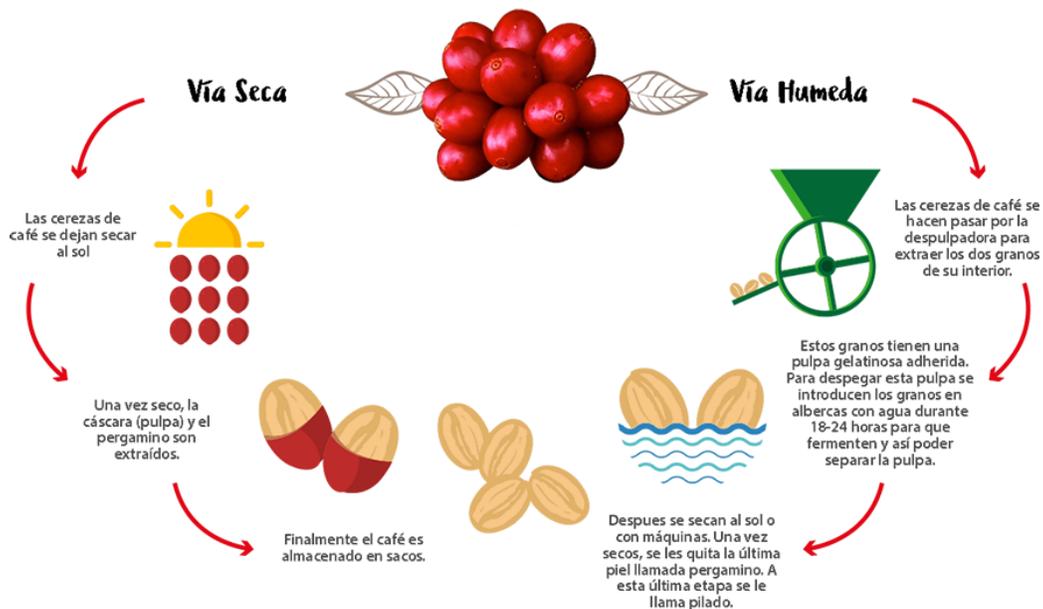


Figura 4. Proceso de beneficiado de café por vía húmeda y vía seca.

Tomado de: https://www.pngkit.com/view/u2w7i1u2e6y3a9a9_proceso-proceso-proceso-de-cosecha-del-cafe/

Beneficio húmedo (lavado)

El café en cereza se lleva a los beneficios y se deposita en una pila con agua o sifón de recibo, donde por medio de densidad se separan las cerezas que flotan en la pila de las cerezas que se hunden; luego con la ayuda de agua, se conducen las cerezas que se hunden a las despulpadoras y cribas donde se remueve y separa la cáscara y parte del mucílago que envuelve al grano (Puerta, 2000).

El café es transportado a las pilas de fermentación, donde permanece de 36 a 72 horas, en esta etapa se remueve el resto del mucílago que está compuesto principalmente por sustancias pécticas. Durante la fermentación se produce una hidrólisis por lo que los residuos son, fácilmente eliminados al ser lavados. Finalmente, el café en pergamino se seca en camas africanas o cuartos de secado, como se observa en la figura 5 (Puerta, 2000).





El proceso de beneficiado termina cuando la humedad del café en pergamino llega a un porcentaje de entre 10 y 12%. Este café se constituye como uno de los más difíciles de secar debido a varias razones:

- Posee un alto contenido de humedad al salir de los sifones (aproximadamente 50-55%).
- El pergamino y el grano poseen diferentes características fisicoquímicas. El pergamino se endurece durante el secado, sobre todo si se efectúa en forma violenta con el uso de altas temperaturas. El grano reduce su tamaño durante el proceso de secado; Entonces se forma una cámara de aire entre ambos que interfiere con la transferencia de calor hacia el interior del grano y con el paso hacia el exterior de la humedad, en forma de vapor de agua.
- Existe volatilización de los componentes aromáticos cuando se emplean altas temperaturas durante el secado, afectando la calidad del café.

Este beneficiado permite obtener el café lavado en pergamino seco; después el café pergamino es trillado para obtener el café oro o café verde (ICO, 2017).

El perfil sensorial de un café obtenido por medio de un beneficiado húmedo, resulta un café con características más suaves y limpias, así como un perfil más frutal y una acidez más marcada (Coffee IQ, Sin fecha).



Figura 5. Proceso de secado de café lavado sobre camas africanas (estado de Chiapas). Elaboración propia.





Beneficio seco (natural)

El secado al sol es la práctica más común, en lugares donde puede aprovecharse la energía solar y la energía propia del aire, además los costos de inversión en equipos y los costos de operación son más bajos (Steiman, 2011).

Este método consiste en secar la cereza entera. Hay variaciones en cuanto a cómo se lleva a cabo el proceso, dependiendo del tamaño del cafetal, las instalaciones de las que se disponga y la calidad final que se desee. A continuación, se describen las tres etapas básicas: limpieza, secado y descascarillado (Steiman, 2011).

Primero, las cerezas que se hayan recolectado se clasifican y limpian, para retirar: las cerezas que no están maduras, las que están demasiado maduras, las que están dañadas. También para quitar la suciedad, tierra, ramas y hojas. Por lo general esto se hace a mano o usando cribas. Las cerezas maduras pueden también separarse poniéndolas a flotar en canales de lavado (Steiman, 2011).

Después las cerezas de café se extienden al sol en patios grandes como se observa en la figura 6 o bien en esteras alzadas a un metro de altura sobre caballetes. A medida que las cerezas se secan, se rastrillan o se les da vuelta a mano para que sequen por igual. Puede llevar hasta cuatro semanas secar las cerezas a un contenido de humedad del 12.5%, dependiendo de las condiciones atmosféricas. En los cafetales más grandes el secado se hace con equipos especiales para acelerar el proceso (Soto, 2005).

La operación de secado es la etapa más importante del proceso, puesto que afecta la calidad final del café verde. Un café que se haya secado demasiado se volverá quebradizo y dará demasiados granos quebrados durante el cribado (los granos quebrados se consideran defectuosos) y un café que no se haya secado lo suficiente tendrá demasiada humedad y será proclive a un rápido deterioro ocasionado por hongos y bacterias (ICO, 2017).





Las cerezas secas se almacenan a granel en silos especiales hasta que se envían al molino, donde se descascarillan, se clasifican, se separan y se empacan en sacos de yute (ICO, 2017).

En cuanto a las características de sabor, los cafés procesados de esta manera tienden a tener mucho cuerpo, una acidez baja y matices de frutas exóticas (Coffee IQ, Sin fecha).



Figura 6. Proceso de secado de café natural en patio. Elaboración propia.

Beneficio semi-lavado

La industria del café ha desarrollado con el tiempo nuevos procesos de beneficiado del grano, como respuesta a la demanda de los mercados internacionales. Algunos de estos procesos son los semi-lavados, denominados honeys o enmielados, cuya producción ha ido en continuo crecimiento en diferentes partes del mundo (Soto, 2005).

Esta forma de procesar el café es muy similar a los lavados, con la única diferencia que en estos cafés el mucílago no es retirado, sino que es secado con él. Las cerezas se despulpan como se observa en la figura 7 (se retira la piel y la pulpa) y





se secan las semillas que aún están cubiertas por el mucílago como se observa en la figura 8 (Coffee IQ, Sin fecha).



Figura 7. Proceso de despulpado a mano para la elaboración de café honey.

Tomada del sitio: <https://cafeconjiribilla.com/>



Figura 8. Proceso de secado en camas africanas de café honey.

Tomada del sitio: <https://cafeconjiribilla.com/>





Tostado del café

El tostado de café es un proceso cuyo estado cambia rápidamente y promueve una serie de reacciones químicas que se producen entre los compuestos de los granos de café verde, por la transferencia de calor del tostador (Zollman, 2012).

El calor proporcionado por la combustión del gas del tostador hacia las cámaras de tostado se transfiere a los granos por convección, conducción y radiación. En todos los casos el calor fluye de una fuente de temperatura superior hacia un cuerpo con una temperatura más baja (por ejemplo, los granos de café o las paredes del tostador) (David, 2009).

La transferencia de energía por conducción causa que las moléculas en los sólidos y fluidos en reposo vibren; a mayor temperatura, mayor serán dichas vibraciones (Zollman, 2012).

En alimentos sólidos, las moléculas más calientes vibran rápidamente y transfieren una parte de su energía vibratoria hacia las moléculas más cercanas de menor temperatura (que vibran con menor frecuencia). Esto ocasiona que estas moléculas comiencen a vibrar más rápidamente y que su temperatura aumente. Las moléculas cercanas, a su vez, transfieren parte de la energía vibratoria a moléculas más distantes que tienen temperaturas todavía más frías (Zollman, 2012).

En la transferencia de energía por convección, las temperaturas más altas hacen que los átomos de las moléculas de gas vibren más rápidamente, es decir, aumenta su energía cinética. Las moléculas del vapor transfieren su energía a las superficies de menor temperatura. Posteriormente, estas moléculas transfieren parte de la energía que adquieren por convección dentro de los granos de café (Schwartzberg, 2017).

En los tostadores de café la transferencia de energía por convección se da de dos formas:

Natural: Ocurre cuando se calienta el aire, lo cual provoca cambios de densidad y el aire se vuelve más ligero y se eleva en la cámara de tostado o si el calor disminuye el aire se vuelve más denso y desciende en la cámara (Schwartzberg, 2017).





Forzada: Se da cuando el aire se transfiere a través de corrientes forzadas que se mueven por una fuente externa, como una bomba o un ventilador. Este método constituye una manera más rápida y eficiente que la convección natural (Schwatzberg, 2017).

Tostadores de cilindro

En los tostadores de tambor se cuentan con tres principales fuentes de conducción de calor: el tambor, la plancha frontal y los granos (Schwatzberg, 2017).

Durante el tostado, la mayoría de la carga de los granos yace en una pila cerca del fondo del tambor. Hay dos juegos de tramos metálicos helicoidales, uno interno y uno externo, que están unidos a la pared cilíndrica interna del tambor. Cada juego puede contener hasta seis tramos espaciados uniformemente. Los tramos pasan a través de los granos dando vueltas en tanto que el tambor gira. El juego externo mueve los granos hacia la parte frontal del tambor, mientras que el juego interno lo hace hacia la parte trasera. Por lo tanto, los tramos actúan como mezcladoras y combinan los granos a lo largo del eje del tambor (Gallagher, 2019).

Los tramos levantan proporciones de granos de la pila que el tambor gira. Estos granos se mueven hacia arriba hasta que la superficie de los tramos se inclina suficientemente hacia abajo para hacer que se deslicen de los tramos. El movimiento de los tramos les transmite a estos granos velocidad ascendente y lateral. Por lo tanto, los granos que caen siguen una trayectoria parabólica y se mezclan radialmente, lo cual mejora la uniformidad del calentamiento de los granos (Gallagher, 2019).

Dentro del mundo de tostadores, existe una gran variedad de tecnologías, pero muchos de ellos succionan aire de manera moderada dentro del cilindro; Lo que genera una presión negativa, lo cual permite eliminar el humo, el tamo y facilita ciertos procesos de transmisión de calor por conducción, al estar los granos de café en contacto con las superficies calientes del tostador (Zollman, 2017).

La presión negativa facilita la eliminación de compuestos volátiles más fácilmente, ya que la reducida presión del medio que rodea el grano de café





promueve el escape de moléculas volátiles por necesitar menor energía para evaporarlas, es decir, hay menos fuerza atmosférica oponiéndose a su escape, lo mismo sucede con la presión atmosférica (Koh,2019).

En contraparte hay tostadores que inyectan aire caliente dentro del cilindro o cámara de tostado; en este caso debido a la inyección forzada, la presión dentro de la cámara aumenta alterando la pérdida de volátiles que se torna ligeramente a mayor temperatura debido a que esta presión se opone a la evaporación de compuestos. Este efecto es el mismo que afecta el proceso de tostado a distintas elevaciones sobre el nivel del mar (Koh,2019).

Reacciones químicas durante el tostado (Maillard)

La reacción de Maillard es un conjunto complejo de reacciones químicas entre las aminas y los grupos carbonilo, en las que el producto formado se descompone a elevadas temperaturas generando derivados pardos insolubles conocidos como melanoidinas. Las proteínas y los aminoácidos proporcionan el compuesto amino; el grupo carbonilo lo pueden aportar los azúcares reductores (aldosas y cetosas), el ácido ascórbico y los compuestos carbonilos generados por la oxidación lipídica (Fenemma, 2010).

Las melanoidinas, son compuestos coloreados que van desde el amarillo claro hasta el café oscuro e incluso negro y afectan el sabor, el aroma y el valor nutritivo de los productos involucrados; además, su descomposición da lugar a la formación de compuestos mutagénicos o potencialmente carcinogénicos, como la acrilamida (Badui,2006).

Aunque esta reacción se puede efectuar en diferentes condiciones, se ve influida principalmente por los siguientes factores:

1. pH. El pH alcalino incrementa la velocidad de la reacción.
2. La temperatura. A mayor temperatura las reacciones se aceleran.
3. La actividad de agua. Una actividad acuosa entre 0.6 y 0.9 favorece esta reacción, mientras que valores debajo de 0.6 ejercen una acción inhibitoria.





4. El tipo de aminoácido es decisivo, puesto que la reacción se favorecerá cuando el tamaño de la cadena sea mayor y tenga más de un grupo amino.

La reacción de Maillard se divide en cuatro etapas:

1. Condensación del azúcar reductor con el grupo amino
2. Transposición de los productos de condensación
3. Reacción de los productos de la transposición
4. Polimerización y formación de sustancias coloreadas (melanoidinas)

Condensación del azúcar reductor con el grupo amino

Esta primera etapa consiste en que el carbonilo libre de un azúcar reductor se condense con el grupo amino libre de un aminoácido o de una proteína, formando aldosaminas y cetosaminas, como se muestra en la figura 9. En esta etapa no hay todavía producción de sustancias coloreadas (González, sin fecha).

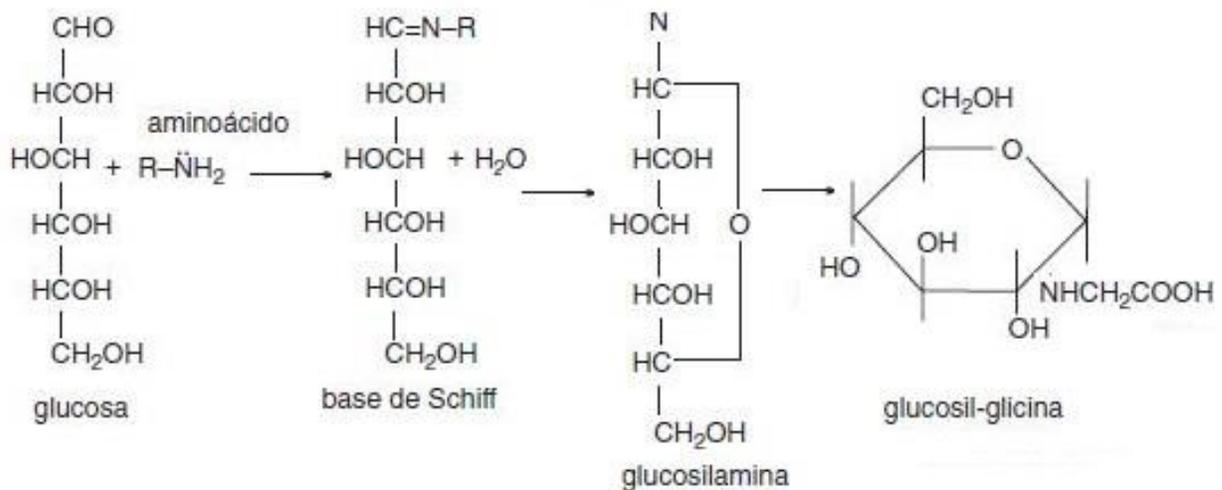


Figura 9. Formación de una base de Schiff y ciclación de esta. Fuente: Badui, 2006.





Transposición de los productos de condensación

Tanto las aldosaminas como las cetosaminas que se han producido hasta este punto, son inestables y están sujetas a diversos cambios químicos; las primeras se isomerizan a aldosas por el mecanismo de Amadori (transposición de Amadori), mientras que las segundas se transforman en cetosas por la transposición de Heyns, como se muestra en la figura 10 (González, sin fecha).

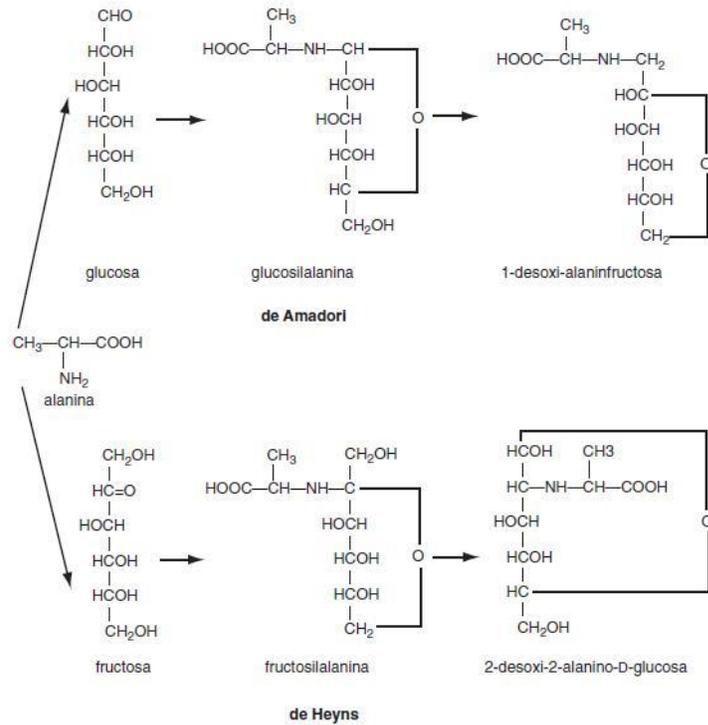


Figura 10. Transposiciones de Amadori y Heyns. Fuente: Badui, 2006.





Reacción de los productos de la transposición

Según las condiciones prevalentes de pH, actividad del agua y temperatura, los compuestos formados pueden sufrir modificaciones muy profundas. En esta fase aparecen algunos olores, se incrementa el poder reductor y se observan ligeras tonalidades amarillas. La principal reacción es la deshidratación de los azúcares por isomerización enólica, con lo cual se sintetiza furfural, maltol e isomaltol, como se muestra en la figura 11 (González, sin fecha).

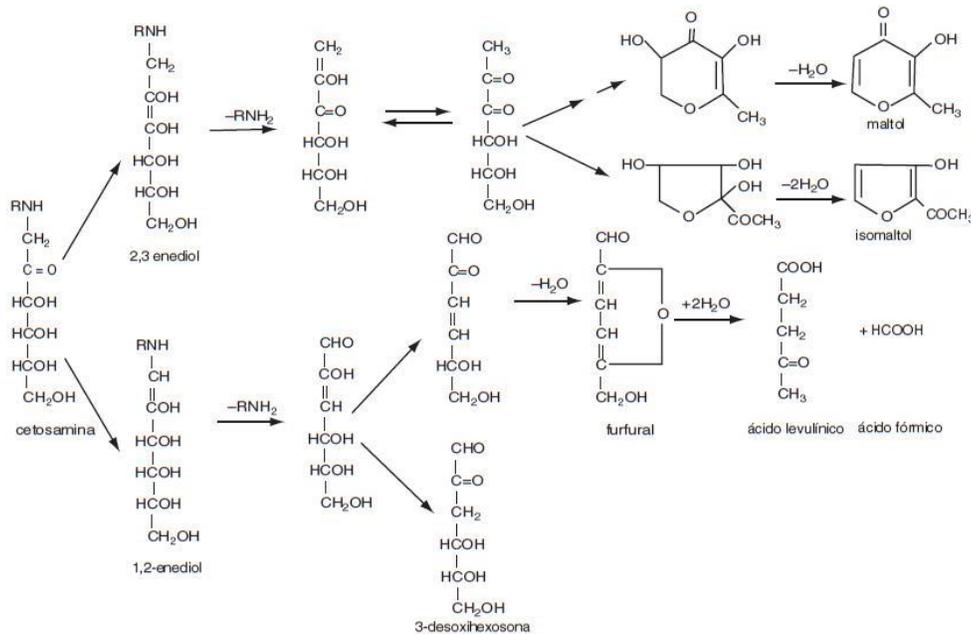


Figura 11. Síntesis de diversos compuestos a partir de una cetosamina. Fuente: Badui, 2006.

Polimerización y formación de sustancias coloreadas.

Durante la última etapa de la reacción de Maillard, se forman compuestos poliméricos de color café llamadas melanoidinas, como se observa en la figura 12. Éstas influyen en el color, aroma, sabor y textura de los alimentos sometidos a temperaturas altas; dichos compuestos se encuentran relacionados con la retención del sabor del café y a pesar de que su concentración es baja, ejercen un efecto muy marcado en la apariencia y atributos sensoriales del alimento (Tagliazucchi et. al., 2010).





La constitución de las melanoidinas depende de cómo hayan sido producidas, pero se han encontrado sistemas heterocíclicos como piridinas, pirazinas, pirroles e imidazoles en las melanoidinas. (Tagliazucchi et. al., 2010).

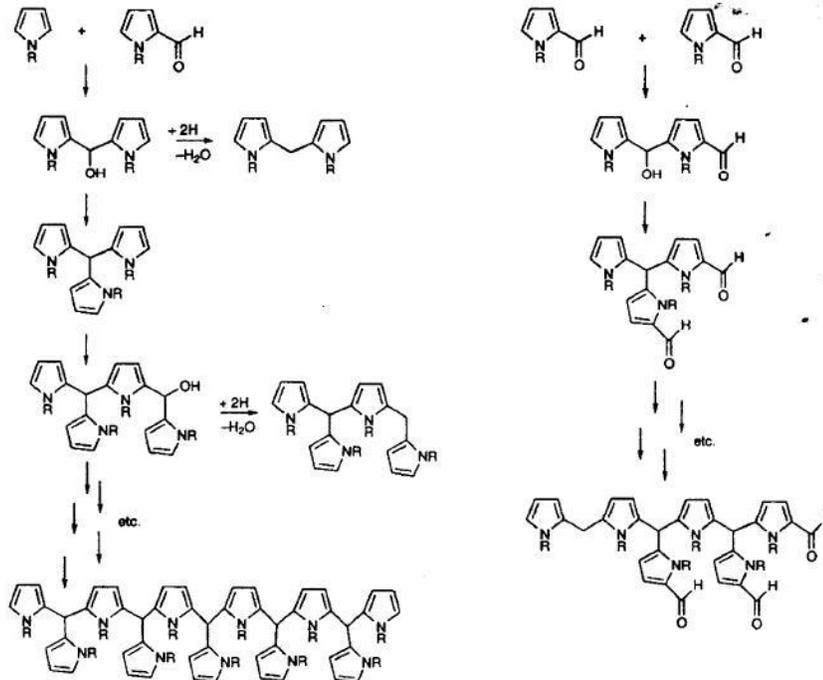


Figura 12. Formación de las melanoidinas. Fuente: Badui. 2006

Reacciones químicas durante el tostado (Caramelización)

Esta reacción de oscurecimiento, también llamada pirólisis, ocurre cuando los azúcares se calientan por arriba de su punto de fusión. La reacción se lleva a cabo tanto a pH ácido, como alcalino, y se acelera con la adición de ácidos carboxílicos y de algunas sales; se presenta en los alimentos tratados térmicamente de manera drástica (Badui, 2006).

La deshidratación genera furfural y sus derivados insaturados, que se polimerizan consigo mismos o con otras sustancias semejantes para formar las macromoléculas de pigmentos llamadas melanoidinas. Durante esta transformación también se sintetiza una serie de compuestos de bajo peso molecular y muy aromáticos, como furanos, furanonas, lactonas, pironas, aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres y pirazinas, así como otros con dobles ligaduras conjugadas que igualmente absorben la energía radiante y, por lo tanto, producen colores (González, sin fecha).





Evaluación sensorial del café

Los sentidos son la vía de interacción que tienen los seres humanos con el medio ambiente, ya que se encargan de transformar los distintos tipos de estímulos provenientes del exterior en información susceptible de ser interpretada por el cerebro, como se observa en la figura 13. Se consideran como sentidos básicos el olfato, la vista, el oído, el tacto y el gusto (SCAN, 2015).

El café posee sabores básicos, cuya intensidad depende de factores como la zona de cultivo, el suelo, la recolección del fruto, procesamiento y el nivel de tostado, entre otros. La evaluación sensorial nos permite encontrar y valorar todas las características y atributos que definen su calidad sensorial.

El café posee ciertas características sensoriales derivadas de la interacción de un complejo número de componentes químicos, siendo las principales las siguientes (SCAN, 2015):

- Impresión visual
- El aroma
- El gusto
- La textura



Figura 13. Zonas del cerebro de interpretación de la información de los sentidos.

Tomada del sitio: <https://sebriano.blogspot.com/2015/07/los-sentidos-y-el-cerebro.html>





Sentido del olfato

A la sensación producida al estimular el sentido del olfato se le conoce como olor. Dicha sensación se genera cuando los compuestos volátiles del alimento son captados por la nariz, la cual conduce a estos compuestos hasta el bulbo olfatorio, que se encuentra en el techo de la cavidad nasal. Aquí se localiza el cilio olfatorio, que está formado por las células olfativas las que, al ser estimuladas gracias al contacto con los compuestos volátiles, se encargan de transmitir una señal a las células mitrales que forman el nervio olfatorio el cual transporta la información recibida al cerebro, como se observa en la figura 14. En el cerebro la información llega al sistema límbico, afectando la memoria y las emociones (Meilgaard et al, 1999).

El epitelio olfativo es un tejido, de una superficie de 3 a 4 cm cuadrados, cubiertos de un moco en el que nadan las células receptoras. Cada célula posee una veintena de cilios, en la superficie de los cuales se encuentran los receptores proteicos cuyo número se aproxima a un millar por micrón cuadrado. Una molécula odorífera es una señal química que llega al fondo de las fosas nasales, se disuelve en el moco y forma una asociación con las proteínas receptoras: se produce entonces una cascada de reacciones que transforman instantáneamente ese mensaje químico en un mensaje eléctrico que se proyecta sobre el bulbo olfativo en forma de imagen.

Se puede considerar que el bulbo olfativo es como la retina del ojo y la imagen del olor sobre el bulbo como la imagen de un objeto en la retina. En las zonas profundas del cerebro se lleva a cabo un tratamiento completo de esta imagen que se reduce a sus contornos en la corteza piriforme, se inscribe en la memoria y se compara con otras en el lóbulo temporal, y que se reconoce y asocia a un placer en el lejano hipotálamo lateral (Vanegas, 2017).

Nuestra nariz es capaz de reconocer hasta 10,000 olores distintos; Sin embargo, las personas en promedio solo llegan a reconocer entre 2,000 y 4,000 aromas o notas aromáticas diferentes (Vanegas, 2017).



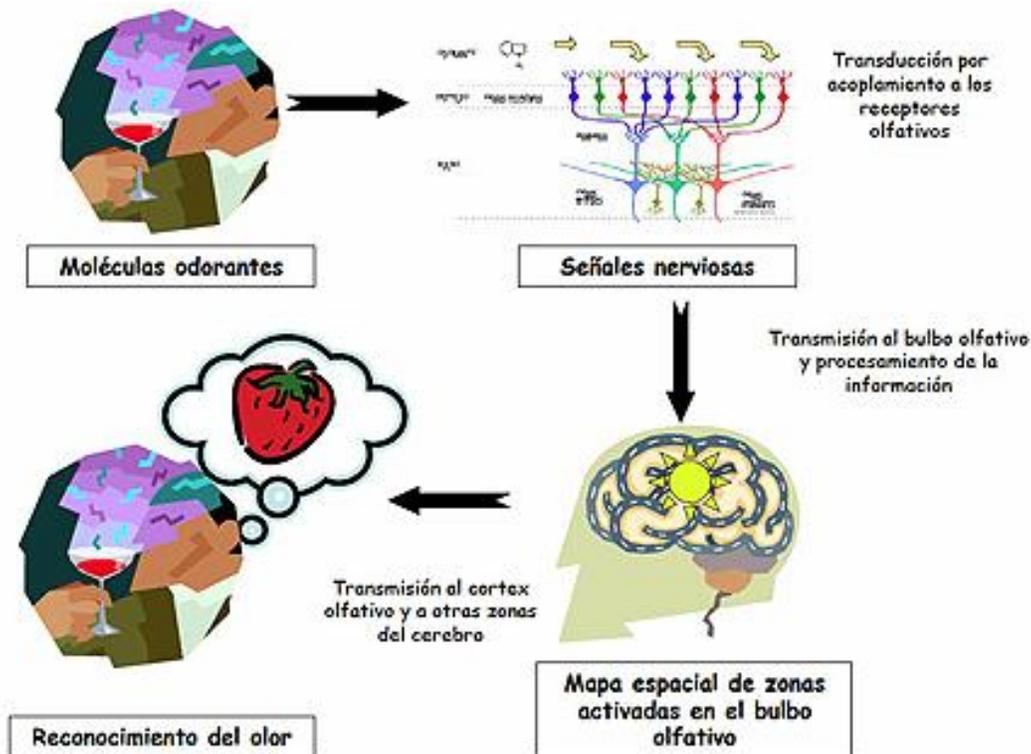


Figura 14. Proceso de percepción de aromas.

Tomada del sitio: https://www.acenologia.com/claves_quimicas_aroma_cienc1010/

Sentido del gusto

El gusto es un sentido que permite detectar una sustancia química disuelta en agua, aceite y/o saliva. Dicha sustancia tiene que estimular las papilas gustativas situadas en el paladar, la lengua y la garganta para poder ser detectada (Meilgaard et al, 1999).

Los nervios lingual, glossofaríngeo y facial son los encargados de transmitir al cerebro el estímulo recibido por las células gustativas. En el cerebro, los impulsos nerviosos se comparten entre el hipotálamo (regula el apetito) y el tálamo; Posteriormente pasan a la corteza cerebral (Meilgaard et al, 1999).

Existen diferentes tipos de papilas gustativas linguales, como se muestra en la figura 15, las cuales se clasifican en (Morales et al, 2014):





- Filiformes: De forma cónica y una cresta en la punta y cubren aproximadamente los dos tercios anteriores del dorso de la lengua y generalmente no contienen botones gustativos.
- Fungiformes: Se distribuyen fundamentalmente en la punta y los bordes laterales de la lengua. Constan de 3 a 12 botones gustativos que se abren en la cima de dichas papilas.
- Caliciformes: Forman una “V” en la parte posterior de la lengua, con una ranura a cada lado. El número de botones gustativos depende de la edad presentando alrededor de 270 en el recién nacido y descendiendo aproximadamente al centenar en individuos mayores de 75 años. Dichos botones se localizan en las criptas o surcos que forman las papilas, principalmente en su cara interna.
- Foliadas: Que se ubican a los lados de la lengua.

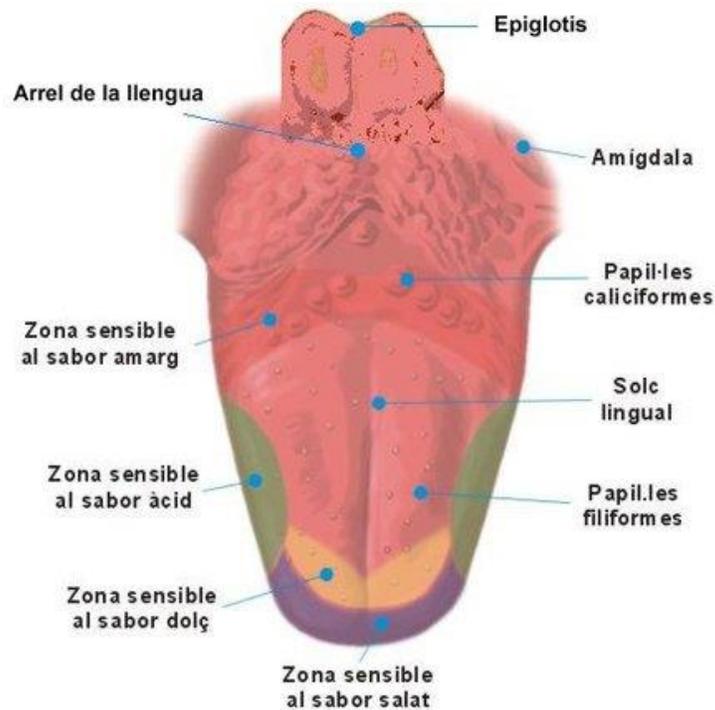


Figura 15. Mapa de las papilas gustativas.

Imagen tomada del sitio: <https://sistemanerviosohumano.weebly.com/sentido-del-gusto.html>





Gustos Básicos

La percepción de los gustos, como se muestra en la figura 16, se localizan diferencialmente sobre la lengua en término de su función cualitativa. Así las papilas gustativas para el gusto dulce están ubicadas mayoritariamente en la punta de la lengua, las de gusto amargo en la parte posterior, las del gusto ácido a ambos lados de la lengua y las de sabor salado en los costados de la parte posterior. Sin embargo, hoy se sabe que los gustos básicos se pueden detectar en toda la lengua ya que en un mismo botón gustativo se pueden encontrar sensibilidad a otros gustos, si la concentración de la sustancia es lo suficientemente alta. Se hablaría, por tanto, de sensibilidades preferenciales en distintas áreas de la lengua; el estímulo se percibe en todas partes, pero con una variación cuantitativa de dicha sensibilidad (Sancho et al, 2002).

ECNIA CAFETALERA INDUSTRIAL S. DE R.L. DE C.V.

MECANISMO DE PERCEPCIÓN DEL CAFÉ

TIPOS DE PAPILAS GUSTATIVAS

El tacto, el olfato y el gusto, son los sentidos que mas utilizamos para percibir las propiedades del café como: fragancia, aroma, acidez, dulzor, balance, armonía, cuerpo, nariz y regusto.

CUERPO DEL CAFÉ
Se refiere a la evaluación de las sensaciones táctiles en la lengua, miden la densidad y textura ocasionadas por el contenido de grasa, proteínas y carbohidratos presentes en el café y que de manera conjunta es denominada como cuerpo de café.

NARIZ Y REGUSTO
La Nariz, se refiere a la percepción de sustancias aromáticas del café al estar en contacto con la boca; dichas sustancias se disuelven con saliva reaccionando en la mucosa del paladar y la faringe, llegando a los centros sensores del olfato.
El Regusto, se refiere al sabor residual percibido en la nariz y la lengua después de tomar café.

| Fungiformes | Coraliformes | Siformes | Caliciformes |
|--|--|--|---|
| Localizadas en los laterales inferiores de la lengua, perciben el sabor salado, dependen de las sales ionizadas. | Localizadas en los laterales posteriores a la lengua, perciben el gusto agrio por la estimulación de los ácidos. | Localizadas en la punta de la lengua, sensibles al gusto dulce, perciben los carbohidratos presentes en el café. | Localizadas en la parte posterior de la cavidad bucal, detectan el gusto amargo, que es provocado por alcaloides. |
| Salado | Agrio | Dulce | Amargo |
| | | | |

Figura 16. Mapa de los gustos básicos.

Imagen tomada de: <https://acafi.mx/servicios.php#>





Dulce

El sabor dulce está producido en la mayoría de las ocasiones por compuestos orgánicos: azúcares, glicoles, alcoholes, aminas, ésteres y aldehídos entre otros. La transducción de estas señales está mediada por receptores-canales ligados a proteínas G y a la vía del AMPc (adenosín monofosfato cíclico) que tendrá como resultado final la modificación del grado de apertura de canales de potasio con la consiguiente acumulación de cargas positivas intracelulares y la despolarización de la membrana. Otra vía de transducción es la del IP3 (inositol trifosfato) que mediante la movilización de los depósitos intracelulares de calcio induce la liberación del neurotransmisor en la hendidura sináptica con el consiguiente potencial de acción (Guevara, 2010).

Ácido

Este sabor está producido por ácidos orgánicos y por el fosfórico. La intensidad de la sensación gustativa depende de la concentración de hidrogeniones (H⁺). Cuanto más fuerte sea el ácido mayor es la sensación. Los canales responsables de esta respuesta son canales de potasio. El estímulo que producen los iones de hidrógeno bloquea estos canales con la consiguiente despolarización celular por la acumulación de cargas positivas en su interior (Guevara, 2010).

Salado

El sabor salado se debe a sales ionizadas. Aunque los aniones también contribuyen, los principales responsables del sabor salado son los cationes de dichas sales. Los principales canales implicados son los canales de sodio (Na⁺) (Guevara, 2010).

Amargo

El sabor amargo, al igual que el dulce, está producido casi en su totalidad por sustancias orgánicas en vez de agentes químicos. Se piensa que son dos los tipos de sustancias que producen fundamentalmente este sabor, los alcaloides (cafeína) y las sustancias orgánicas de cadena larga que contienen nitrógeno.





Se piensa que los receptores implicados en la traducción del estímulo son similares a los del sabor dulce, aunque también se ha sugerido que en la percepción del sabor amargo pueden intervenir canales iónicos y protónicos. El conocimiento acerca de los mecanismos de producción de los sabores dulce y amargo aún no está muy desarrollado, pero se sabe que una sustancia puede cambiar su sabor de dulce a salado con pequeños cambios en la estructura química (Guevara, 2010).

DESARROLLO

Factores extrínsecos que determinan la calidad del café verde

El café tiene una lista interminable de variables que contribuyen a la calidad y características finales de este. Cada origen y cada región tienen un conjunto de circunstancias muy específicas que determinan el café que se produce en ellas y es importante entender que factores influyen en el campo.

Ubicación

Los cafetos crecen entre los trópicos de Capricornio y Cáncer y al desplazarse al sur o norte respecto a estas latitudes, aumentan las posibilidades de encontrar climas poco favorables para el desarrollo del café, por ejemplo, las zonas más frías favorecen las heladas, lo que afecta gravemente a los cafetos (Beattie,2005).

El microclima de una región también tiene un impacto en el desarrollo del café ya que en ciertas áreas se pueden presentar vientos que obstaculicen el crecimiento de las plantas o la presencia de fuertes lluvias puede impedir que exista un ciclo de cosecha predecible (Beattie,2005).

Altitud

La altura apropiada para el cultivo de café es entre 900 y 1600 metros sobre el nivel del mar. Si se cultiva a menor altura, los costos de producción aumentan, ya que se reduce la calidad de los granos de café. Caso contrario, si el cafeto se cultiva a mayor altura, se produce un crecimiento más lento del café y ya que la maduración será más lenta, se desarrollarán azúcares y ácidos más complejos. Esto también causa un grano más denso o duro. La dureza o densidad del grano es tan importante





que existe una clasificación para diferenciar los granos de acuerdo a su altitud o densidad (SCAN, 2015).

A continuación, se presenta la clasificación de la dureza del café, según la altitud del cultivo:

Tabla 2. Clasificación del café de acuerdo a la altitud de cosecha

| Tipo de Café | Altitud (msnm) |
|--|----------------|
| Estrictamente duro (Strictly Hard Bean-SHB) | Más de 1400 |
| Duro (Hard Bean-HB) | 1200 - 1400 |
| Semi duro (Semi Hard Bean-SHB) | 1000 - 1200 |
| Extra Prima lavado (Washed Extra Prime) | 800 - 1000 |
| Prima lavado (Prime Washed) | 600 - 800 |

Lluvia

El agua de lluvia está en el nivel superior de la pirámide alimenticia del árbol. El café necesita entre 150 y 250 cm de lluvia para florecer. El momento en el que caen las lluvias es tan importante como la cantidad de esta. El agua de lluvia es el mensajero que le indica que estación del año es al árbol de café. Los patrones estacionales de la lluvia desatan el florecimiento de los árboles de café y en última instancia, establecen el calendario de cosecha. Las bajas lluvias y las sequías, dañan la producción; A su vez demasiada agua también puede favorecer el desarrollo de hongos en los cultivos (Beattie,2005).

Anatomía de la cereza del café

Como se observa en la figura 17 las partes que componen a las cerezas del café son (Belchior y Boydell 2019):

- Pericarpio: La capa externa y visible del fruto
- Mesocarpio: La pulpa
- Mucílago: Es una capa de pectina; Esta capa es rica en azúcares, los cuales son importantes durante el proceso de fermentación.
- Endocarpio: Mejor conocido como pergamino, es una capa gruesa y rugosa, la cual se remueve durante el trillado.





- Tegumento: Es una capa delgada de color plateada muy adherida a la semilla; Esta capa se desprende durante el tostado de café y es conocida como tamo.
- Endosperma: Semilla de la cereza del café



Figura 17. Partes de la cereza de café.

Imagen tomada del sitio: <https://primerocafe.com.mx/cafcultura/procesos-del-cafe-explicados-natural-lavado-y-honey/>

Manejo de la cereza

El objetivo del procesamiento de la cereza es extraer las semillas del fruto y prepararlas para el tostado. Todas las capas entre la semilla y la piel de la cereza deben de removerse y las semillas deben secarse hasta alcanzar un contenido de humedad estándar de 10 a 12%. Esta medición debe ser exacta, ya que el contenido de humedad de los granos es determinante para mantener la calidad del producto y para un buen desarrollo del tueste (ICO, 2017).

Durante el proceso de tostado, los granos absorben calor, soltando el agua libre en forma de vapor y luego el agua de composición contenida en la materia sólida que se verá afectada, primero por la cantidad de calor del tostador y segundo, por el porcentaje de humedad de la semilla (ICO, 2017).

Buenas prácticas de beneficiado

Independientemente del beneficiado utilizado en el café, las buenas prácticas en ambos procesos son cruciales para obtener un producto de buena calidad, por lo





cual se requiere de un riguroso control en cada una de las etapas del beneficiado. De acuerdo al Centro Nacional de Investigaciones de Café se deben cuidar los siguientes puntos durante el beneficiado de este (Rodríguez et al, 2015):

1. Mantener limpias y en buen funcionamiento todas las áreas y los equipos como sifones, desmucilagadoras, taques de fermentaciones, trilladoras, etc.
2. No permitir que los equipos ni el agua utilizada en el proceso se contaminen con animales, insecticidas, compuestos químicos o materia extraña.
3. Procesar únicamente granos sanos y maduros.
4. Despulpas el café inmediatamente al recibirlo, para evitar el crecimiento de microorganismos no deseados.
5. No realizar mezclas de diferentes tipos de cafés de diferentes días de cosechas y despulpados en los tanques de fermentación.
6. Utilizar siempre agua limpia
7. Secar el café inmediatamente después del lavado.
8. No mezclar café con diferentes contenidos de humedad.
9. Almacenar el café en sitios secos y ventilados, exclusivos para café.
10. Tratar los residuos generados durante el beneficiado, nunca se deben verter directamente sobre los ríos.

Evaluación física del café verde

Durante toda la cadena de procesamiento, el mantener la calidad del café es un reto, ya que, desde su cultivo, procesamiento, tostado y preparación, el café debe pasar por una serie de etapas complicadas y en todas ellas se puede afectar de manera irreversible el carácter final en taza del café.

En la evaluación del café verde se tiene en cuenta los siguientes aspectos, para la compra (el precio) al productor:

- La humedad
- La presencia de materia extraña
- El color de los granos
- El aroma de los granos





- El total de defectos del café en oro que pueden repercutir en la calidad del producto final.

Los parámetros a evaluar en el café verde son (SCA, Sin fecha):

Apariencia general del café

Se refiere a la impresión visual de la muestra. En esta etapa se evalúa a simple vista la uniformidad del color, el tamaño y forma de los granos y la presencia de imperfecciones.

Olor

Se refiere a la impresión olfativa de los granos verdes. Se dividen en dos categorías:

- Olor Limpio. Se espera que el café en verde presente un olor fresco, de café bien procesado y secado; libre de olores extraños, producto de mal almacenamiento, defectos de proceso o contaminaciones.
- Olor Extraño. Todo olor que provenga del mal almacenamiento, defectos de proceso o contaminaciones.

Color

Se valora de acuerdo a la tonalidad que presenta la muestra. Este color está relacionado al tipo de proceso (lavado, semi-lavado o natural), al método de secado y a las condiciones y tiempo de almacenamiento. Las coloraciones más comunes encontradas en el café verde (oro) son las mostradas en la tabla 3.

| TABLA 3. ESCALA DE COLORACIÓN DEL CAFÉ VERDE | |
|---|--|
| Color | Imagen descriptiva |
| Verde-azul |  Fig. 18. Café verde color verde-azul (bootcoffee.com) |





| | |
|--------------------------|---|
| <p>Verde azulado</p> |  <p>Fig. 19. Café verde color verde-azulado (bootcoffee.com)</p> |
| <p>Café</p> |  <p>Fig. 20. Café verde color café (bootcoffee.com)</p> |
| <p>Verdoso</p> |  <p>Fig. 21. Café verde color verdoso (bootcoffee.com)</p> |
| <p>Verde amarillento</p> |  <p>Fig. 22. Café verde color verde amarillento (bootcoffee.com)</p> |





| | |
|-----------------|---|
| Amarillo pálido |  <p>Fig. 23. Café verde color amarillo pálido (bootcoffee.com)</p> |
| Amarillento |  <p>Fig. 24. Café verde color amarillento (bootcoffee.com)</p> |
| Pardusco |  <p>Fig. 25. Café verde color pardusco (bootcoffee.com)</p> |

Fuente: Elaboración propia realizada con información de: El café arábica lavado. Guía de defectos del café verde, SCA.

Humedad

El café oro es aquel al que ya se le ha retirado el pergamino y está listo para tostar, este debe tener una humedad entre un 10 y un 12 % y debe conservarse a una temperatura media de 20° C y 65% de humedad constante (Foley, 2006).





Defectos del café verde

Los defectos en el café son todas aquellas características físicas, biológicas o químicas que hacen distinto a un grano sano de uno defectuoso y que provoca algún problema en alguna de las etapas del procesamiento del café. La presencia de estos defectos repercute en los atributos del café, así como en su precio (Triendle,2008).

Existen diferentes clasificaciones de los defectos presentes en los granos de café, en este trabajo se clasificarán de acuerdo a:

- Materia extraña
- Materia derivada de subproductos del café
- Defectos asociados a la forma
- Defectos de apariencia
- Defectos sensoriales

Tabla 4. DEFECTOS EN CAFÉ VERDE

Materia extraña

La materia extraña incluye todo lo que se encuentre en el café verde y no sea café, como palos, piedras, objetos metálicos, hojas, etc., que pueda contaminar los granos de café.

| Nombre del defecto | Causa/Consecuencia | Imagen |
|--------------------|---|--|
| Palos | Son signo de un procesamiento y una inspección insuficiente Pueden dañar el equipo, especialmente los molinos. |  Figura 26. Palos. Tomada de: https://bootcoffee.com |





| | | |
|--------------------------------------|---|---|
| <p>Piedras</p> | <p>Son signo de un procesamiento y una inspección insuficiente Pueden dañar el equipo, especialmente los molinos.</p> |  <p>Figura 27. Piedras. Tomada de: https://bootcoffee.com</p> |
| <p>Cáscaras ajenas al café</p> | <p>Son signo de un procesamiento y una inspección insuficiente. Repercute en los sabores de la taza, ya que las cáscaras generalmente se fermentan durante el almacenaje o se queman en el tostado.</p> |  <p>Figura 28. Cáscaras ajenas al café. Tomada de: apromeci.org.mx</p> |
| <p>Hojas</p> | <p>Son signo de un procesamiento y una inspección insuficiente. Repercute en los sabores de la taza, ya que las hojas generalmente se fermentan durante el almacenaje o se queman en el tostado.</p> |  <p>Figura 29. Hojas. Tomada de: apromeci.org.mx.</p> |
| <p>Tierra granulada o partículas</p> | <p>Son signo de un procesamiento y una inspección insuficiente Pueden dañar el equipo, especialmente los molinos.</p> |  <p>Figura 30. Tierra granulada o partículas. Tomada de: https://apromeci.org.mx.</p> |





| | | |
|-----------------------------------|---|---|
| <p>Materia metálica</p> | <p>Son signo de un procesamiento y una inspección insuficiente Pueden dañar el equipo, especialmente los molinos.</p> |  <p>Figura 31. Materia metálica. Tomada de: metaldetector-ind.blogspot.com</p> |
| <p>Materia extraña específica</p> | <p>Son signo de un procesamiento y una inspección insuficiente Pueden dañar el equipo, especialmente los molinos.</p> |  <p>Figura 32. Materia extraña específica. Tomada de: https://www.vikan.com</p> |

Materia derivada de subproductos del café

Estos defectos son ocasionados por un mal procesamiento del café durante su beneficiado y repercuten en el perfil sensorial de la taza.

| Nombre del defecto | Causa/Consecuencia | Imagen |
|-------------------------|--|---|
| <p>Pergamino entero</p> | <p>Son signo de un mal procesamiento. Produce sabores a ceniza, madera y tabaco en taza.</p> |  <p>Figura 33. Pergamino entero. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |





| | | |
|-------------------------------|---|--|
| <p>Fragmento de pergamino</p> | <p>Son signo de un mal procesamiento. Produce sabores a ceniza, madera y humo.</p> |  <p>Figura 34. Fragmento de pergamino. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |
| <p>Cereza seca</p> | <p>Son signo de un mal procesamiento. Produce sabores a ceniza, madera y tabaco en taza.</p> |  <p>Figura 35. Cereza seca. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |
| <p>Fragmento de cáscara</p> | <p>Son signo de un mal procesamiento. Produce sabores a ceniza, madera y tabaco, puede en taza.</p> |  <p>Figura 36. Fragmento de cáscara de cereza. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |





| Defectos asociados a la forma | | |
|--------------------------------------|---|---|
| Nombre del defecto | Causa/Consecuencia | Imagen |
| Conchas-Orejas | <p>Se generan por problemas genéticos durante el desarrollo de la semilla.</p> <p>Al tostarse se pueden quemar y producir sabores a quemado.</p> |  <p>Figura 37. Concha (lado derecho) y oreja) lado izquierdo). Tomada de SHB Caffé</p> |
| Fragmentos de grano | <p>Formados principalmente durante el descascarado o trillado defectuoso, también en operaciones de despulpado.</p> <p>En taza se perciben los granos quemados con notas a ceniza, madera y tabaco.</p> |  <p>Figura 38. Fragmento de granos. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |
| Granos rotos | <p>Causados por el rellado de granos resacos o mal ajuste de las trilladoras.</p> <p>Causa tuestes irregulares.</p> <p>En taza se perciben los granos quemados con notas a ceniza, madera y tabaco.</p> |  <p>Figura 39. Granos rotos. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |





| | | |
|---------------------------------------|--|--|
| <p>Granos dañados por insectos</p> | <p>Es causado por el ataque del insecto <i>Hypothenemus Hampei</i>. El grano muestra pequeños orificios, que tienden a ponerse negros. Estos granos se tuestan rápidamente por su baja densidad con tendencia a quemarse, desarrollando sabores amargos y a quemado.</p> |  <p>Figura 40. Granos dañados por insectos. Tomada de SHB Caffé</p> |
| <p>Granos infestados por insectos</p> | <p>Cuando los granos presentan ataques severos por el ataque del insecto <i>Hypothenemus Hampei</i> con más de 3 perforaciones se aprecian cavernas de color verde negro o azul. Lo que causa sabores sucios, amargo, a quemado y mohosos.</p> |  <p>Figura 41. Infestación de granos. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |





| | | |
|------------------------------------|---|--|
| <p>Granos con la pulpa mordida</p> | <p>Mal ajuste y calibración de equipos durante el beneficiado, generalmente presentan una coloración rojiza oscura, debido a una oxidación del área cortada durante el proceso de despulpado y puede ser inicio de actividad bacteriana o formación de hongos.</p> <p>Provoca un tostado irregular, ligero sabor a fermento, moho, sucio o una mezcla de todos ellos.</p> |  <p>Figura 42. Grano con la pulpa mordida o cortada. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |
|------------------------------------|---|--|

Defectos de apariencia

| Nombre del defecto | Causa/Consecuencia | Imagen |
|----------------------|---|--|
| <p>Granos negros</p> | <p>Es causado por enfermedades fungosas del hongo Koleroga antracnosis.</p> <p>Se generan en taza sabores sucios, extraños al café de difícil definición.</p> |  <p>Figura 43. Granos negros o parcialmente negros. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |





| | | |
|-------------------------------------|--|--|
| <p>Grano negro verde</p> | <p>Grano de café inmaduro, con una superficie rugosa, color verde oscuro casi negro y una capa brillante. Se generan en taza sabores sucios, mohosos y muy desagradables.</p> |  <p>Figura 44. Grano negro – verde. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |
| <p>Grano ardido (interior café)</p> | <p>Grano de café con un rango de colores: café rojizo muy ligero, café casi negro, de amarillo a verde casi café y café con negro internamente. Cuando el café es procesado se perciben sabores muy desagradables.</p> |  <p>Figura 45. Grano café (ardido). Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |
| <p>Grano ámbar</p> | <p>Grano liso color amarillento causado por cereza pasada de madura y por condiciones de suelo pobres en hierro y alto en pH. Genera sabores herbales, agrios y fermentados en taza.</p> |  <p>Figura 46. Grano ámbar. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |





| | | |
|-----------------------|---|--|
| <p>Grano inmaduro</p> | <p>Se dan por una recolección anticipada. Genera sabores en taza muy astringentes, falta de sabor, generalmente planos y con poco cuerpo.</p> |  <p>Figura 47. Grano inmaduro. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |
| <p>Grano ceroso</p> | <p>Son granos con apariencia traslúcida y cerosa, de color marrón. Esto es causado por la larga espera entre la recolección y el despulpado, un proceso demasiado largo de fermentación o el almacenamiento de los granos con un contenido de humedad demasiado alto. Provoca sabores sucios y fermentados en taza.</p> |  <p>Figura 48. Grano ceroso. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |





| | | |
|------------------------|--|---|
| <p>Grano punteado</p> | <p>Granos con manchas irregulares de color verdoso. Este defecto ocurre por un mal secado, o re-humedecimiento del grano después del secado. Presenta un sabor herbal y a contaminación.</p> |  <p>Figura 49. Grano punteado. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |
| <p>Grano marchito</p> | <p>Grano de café momificado y de peso ligero. Está causado por la falta de agua (sequía) durante el desarrollo del grano dentro de la cereza. Causa sabores fuertemente herbales, insípidos y frecuentemente mohosos, con notas sucias .</p> |  <p>Figura 50. Grano marchito. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |
| <p>Grano esponjoso</p> | <p>Causado por la absorción excesiva de humedad durante el almacenamiento, lo que propicia el deterioro por actividad enzimática. Se generan sabores mohosos, terrosos, sucios en taza.</p> |  <p>Figura 51. Grano esponjoso. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |





| <p>Grano blanco</p> | <p>Deficiente secado o malas condiciones de almacenamiento.</p> <p>Causa sabores a paja seca, hierba, tierra, moho, y sabores insípidos.</p> |  <p>Figura 52. Grano blanco. Tomada de: NMX-F-162-SCFI-2008</p> |
|------------------------------------|--|--|
| <p>Defectos sensoriales</p> | | |
| <p>Nombre del defecto</p> | <p>Causa/Consecuencia</p> | <p>Imagen</p> |
| <p>Granos fementados</p> | <p>Se origina por la fermentación repetida en el procesamiento del café. Este defecto es importante por su capacidad de dañar grandes cantidades de café en condiciones sanas. Es fácil identificarlo en taza por los sabores a fruta podrida.</p> |  <p>Figura 53. Granos fermentados. Tomada de SHB Caffé.</p> |
| <p>Granos con resabios</p> | <p>El grano tiene una apariencia normal, pero en la taza presenta un sabor rancio, a tierra o a leña. Este defecto se puede generar por la fermentación del grano.</p> |  <p>Figura 54. Granos con resabios. Tomada de SHB Caffé.</p> |

Fuente: Elaboración propia realizada con información de: NMX-F-162-SCFI-2008.





Método de evaluación de café verde

De acuerdo a organizaciones como la SCA (Specialty Coffee Association) y la SCAN (Plataforma Nacional de Café Sostenible), para realizar la evaluación de café verde se deben seguir los siguientes puntos.

1. Pesar una muestra representativa del lote total del café verde.
2. La muestra se debe extender sobre una superficie plana negra y examinarla bajo la luz del día difusa (no luz de sol directa) o luz artificial que reproduzca lo más posible a la luz del día.
3. Evaluar la muestra con base en las normas aplicables a cada país.
4. Los defectos se deben separar de acuerdo a su clasificación y agruparse por tipo de defecto.
5. Pesar cada grupo de defecto.
6. Anotar en el formato correspondiente los resultados de la evaluación a la muestra. Esta debe incluir la inspección olfativa y la inspección visual (origen botánico, color de la muestra y el porcentaje de uniformidad).

Perfilado de café

El tueste de café es el proceso térmico al cual se somete el café verde durante cierto tiempo, provocando en el grano una serie de cambios físicos y químicos, donde se desarrollan los compuestos responsables del aroma y del sabor. Dependiendo del nivel de tueste, el café resultante será diferente desde el punto de vista fisicoquímico y sensorial.

Una vez evaluada la muestra de café verde, se procede a tostarla siguiendo protocolos definidos por cada empresa, generalmente el café se tuesta con base en el perfil sensorial deseado, tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Tiempo: Es necesario controlar el tiempo de tueste para desarrollar procesos consistentes entre una carga de tostado y otra.
- Temperatura: El equipo tostador debe contar con termómetros que facilite la medición de la temperatura del tambor, del aire y los granos.





- Flujo de aire: Este nos permite controlar la cantidad de calor necesario dentro del tostador y la velocidad de transferencia del calor.

Etapas del tostado

Fase de equilibrio

Esta etapa comienza desde que el café verde es introducido al tostador (150-180°C) hasta que el café alcanza un punto de equilibrio térmico, con el equipo. Inmediatamente después de introducir los granos al tostador comienza una serie de cambios (Contreras, 2015):

- La temperatura del tostador comenzará a caer en picada
- El café absorbe la energía del tostador, por lo que el agua libre en los granos se evapora.
- El café pierde su color verde por la descomposición de moléculas como la clorofila y los granos se blanquean.

En esta etapa se define la acidez que tendrá el café, ya que el agua que quede presente dentro del grano será la que permita las reacciones que se darán en las próximas etapas.

Se debe de cuidar la temperatura de carga del café para evitar que se dé un defecto de tostado llamado scorching, que surge cuando la temperatura inicial es demasiado alta y la velocidad del tambor no es lo suficientemente rápida, ocasionando la aparición de áreas quemadas en la superficie plana del grano, como se muestra en la figura 55. Estos granos tienen sabor aceitoso y ahumado (Molina, 2017).



Figura 55. Scorching en granos de café. Elaboración propia





Fase de deshidratación

Esta etapa comienza cuando la temperatura en el tostador y la de los granos del café están en equilibrio térmico y finaliza cuando se observa un cambio de color en los granos del café, estos pasan del color blanco a amarillo claro (Contreras, 2018).

Cuando los granos absorben suficiente energía, los poros de estos se cierran (encostramiento), evitando la pérdida excesiva de agua en el interior del grano, lo que favorecerá en la siguiente etapa la reacción de Maillard (Contreras, 2015).

Si la diferencia de temperatura entre de la superficie del grano es muy marcada con respecto a su centro, la superficie del grano se expandirá anticipadamente y ocurrirá un desprendimiento de ésta, además de una carbonización (fenómeno llamado “tipping”), como se muestra en la figura 56. Este fenómeno se considera un defecto de tostado por los sabores amargos que causa en la taza (Molina, 2017).



Figura 56. Tipping en granos de café. Elaboración propia

Maillard

Esta etapa comienza generalmente a partir de los 150°C, visualmente se reconoce por el cambio de color en los granos del café (se observan tonalidades amarillas) y termina cuando de las paredes del grano se expanden, lo cual se denomina crepitación o primer crack (Contreras, 2015).

Ocurre una reconfiguración en todos los azúcares reductores, estos se pierden durante esta etapa y reaccionan con los grupos aminos presentes para formar melanoidinas, que son los compuestos que proporcionan al café su aroma, color y





sabor característicos (Badui, 2006). También existe una pérdida de agua y formación de dióxido de carbono (Contreras, 2015).

Las características sensoriales que se desarrollan durante esta etapa son: el color, el aroma, el cuerpo y la textura. Se debe tomar en cuenta que la velocidad del tostado y la temperatura en esta etapa definirán los sabores primarios del café. Si la velocidad del tostado es muy lenta en esta etapa, el café desarrollará notas a cereales y a horneado; pero si la velocidad del tueste es muy rápida, entonces el café resultante será muy astringente y los sabores estarán desequilibrados. Si la temperatura en esta etapa es muy alta resultarán sabores amargos y alquitronados en taza (Molina, 2017).

Caramelización

Esta es la última etapa del tostado y comienza después del primer crack (primera crepitación) y finaliza al sacar los granos de café del tostador (Contreras, 2015).

Además de los azúcares, los polisacáridos, los ácidos polihidroxicarboxílicos, las reductonas, los compuestos α -dicarbonílicos y las quinonas también experimentan el oscurecimiento en ausencia de aminas (González, sin fecha).

Durante esta etapa se define el tipo de dulzor del café (caramelo, vainilla, miel, chocolate, etc.), lo cual también depende de la variedad del café, ya que cada variedad de café tiene una disponibilidad de los azúcares diferentes (Contreras, 2015).

En esta etapa se deben manejar con mucha precisión la temperatura y el tiempo, pues si estos se exceden, los sabores resultantes serán a madera quemada, humo, notas resinosas y en peor de los casos el café se puede carbonizar.

Al finalizar el tostado del café se debe verificar que:

- El enfriado del café sea rápido (con ayuda de cámaras de enfriamiento), para evitar que el café se siga tostando fuera del equipo.
- El color del café sea homogéneo.





- No haya defectos visibles de tostado como tipping o scorching.



Figura 57. Cambio de color en granos de café de acuerdo a la etapa de tostado.

Tomada de: <https://caffeboccadellaverita.com/el-proceso-del-tostado-de-cafe/>

Control de calidad en el tostado

Es importante dominar las técnicas de tostado y de catación como parte de un programa de aseguramiento de calidad que garantice la consistencia en el producto. Como parte del control de calidad en esta etapa es recomendable seguir los siguientes puntos:

- Tener mantenimiento preventivo en los equipos
- Calendarios de sanitización
- Elaboración de itinerarios de tostado
- Realizar el registro en un formato de los tuestes, estos deben incluir: Origen del café, lotes, tiempos de tostado, temperatura (del grano, ambiente), porcentaje de humedad, cambios observados en el transcurso del tostado, etc.
- Contar con un software que permita la estandarización de las curvas de tostado (Roast Buddy, Roastmaster, Typica, Cropster, etc.)
- Supervisión constante durante el tostado del café.

Diseño de una curva de tostado

Diseñar una curva de tostado que destaque las mejores características sensoriales en un café depende del conocimiento sobre las variables involucradas en el





procesamiento del café, desde su recolección, procesado, clasificación, hasta las etapas y reacciones involucradas durante el tostado.

Cada empresa desarrolla perfiles de tueste de acuerdo al mercado al cual dirige su producto o hacia el cual quiere llevar a sus clientes. Pero de los perfiles más comunes desarrollados para cafés son (SCAN, 2015):

- Tueste Claro: En este perfil la acidez está muy marcada, como se muestra en la figura 58, mientras que el cuerpo y la complejidad de los sabores no se han desarrollado completamente.
- Tueste medio: En este perfil el grano desarrolla sus mejores atributos de aroma, acidez, cuerpo, sabor residual y textura. En general es en este punto que se obtiene el balance de atributos de aroma y sabor. Estos tuestes se desarrollan para cafés denominados de especialidad, ya que les permite detectar durante la catación la presencia de defectos.
- Tueste Oscuro: Con los tuestes oscuros, el café presenta un sabor amargo y se hacen más evidentes los sabores aceitosos y astringentes, estos tuestes se utilizan en cafés comerciales donde el café verde utilizado presenta defectos de campo, procesamiento y almacenaje, también es común encontrarlo en ciertos países donde se han vuelto parte de la tradición como Italia, España, Francia, etc.

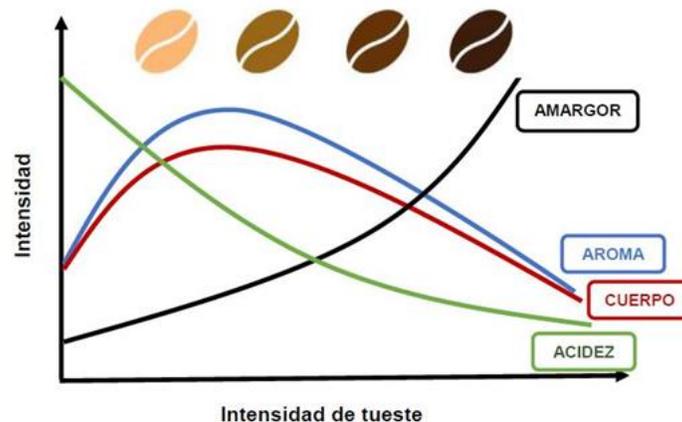


Figura 58. Atributos sensoriales afectados por el grado de tuestado.

Elaboración propia.





El método desarrollado para perfilar el café se basa en la búsqueda de tres aspectos relevantes: acidez, cuerpo y dulzor. A continuación, se muestra una guía general para perfilar un café.

Primero se tuesta una muestra siguiendo una serie de parámetros (temperatura, tiempo, presión de gas, etc.) previamente establecidos, con lo que se genera una curva de referencia como se observa en la figura 59 y a partir de esta curva de referencia se pueden modificar los parámetros necesarios para mejorar la acidez, el cuerpo y el dulzor del café.

Curva de referencia

Los parámetros que se deben definir en esta curva son:

- Temperatura de carga
- Presión de gas (flama)
- Temperatura final

Temperatura de carga

Se refiere a la temperatura del tostador justo antes de introducir el café, este parámetro define la intensidad de la acidez que tendrá el café y para establecer este parámetro se debe tomar en cuenta la capacidad del tostador, el tamaño del lote a tostar, la humedad del grano (densidad del grano), el tipo de tueste que se quiere obtener y el clima local.

Presión de gas

Es la intensidad de las flamas que se utilizan en el tostador, los cuales generalmente tienen tres opciones de flamas para operar (flama baja, flama media y flama alta).

Este parámetro definirá el tiempo que durará la reacción de Maillard y el cuerpo del café. Es importante tomar en cuenta que la reacción de Maillard concluye cuando el café crepita (Primer Crack).

Temperatura final

Se refiere a la temperatura a la cual se saca el café del tostador, este parámetro toma en cuenta el tiempo de desarrollo de la caramelización, la cual comienza cuando el café crepita y termina una vez que se llega al tipo de tueste deseado.





Para crear una curva de referencia se sugieren tuestes medios que posteriormente permitan identificar el perfil sensorial del café, durante la catación.

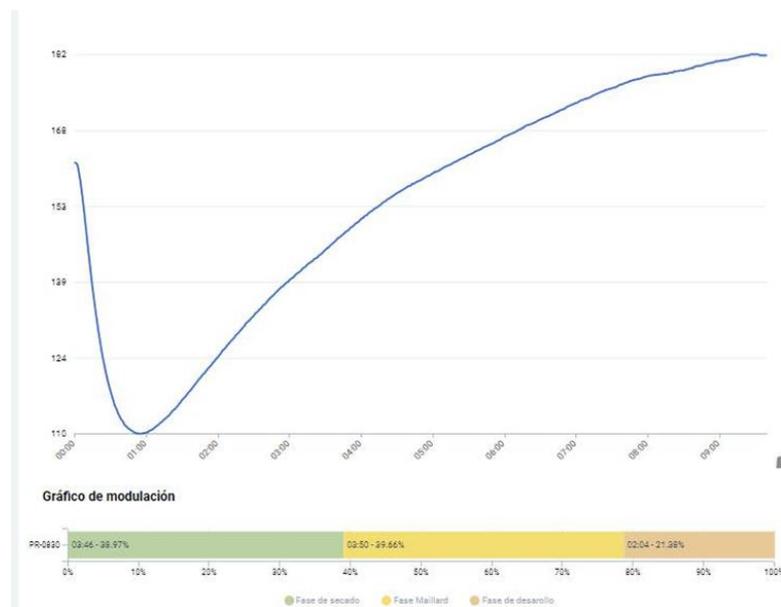


Figura 59. Curva de referencia para perfilar café.

Tomada de: Cropster Roasting Intelligent 4.3.3. Propiedad de Agrotecnia Cafetalera Industrial S de R.L.

Modificación de la acidez

La primera variable que se módica en la curva de referencia, es la temperatura de carga, es decir la temperatura a la que se ingresa el café verde al tostador. Con este ajuste se pretende cambiar la acidez de la primera muestra.

A partir de la temperatura definida en la curva estándar se generan dos curvas más.

- Temperatura de carga (-5°C): El café verde se introduce a cinco grados Celsius menos que la temperatura de carga registrada en la curva de referencia; ya que la temperatura en el tostador es más baja, los granos de café estarán más tiempo sometidos a la fase de deshidratación, por lo que los granos perderán más agua, dando como resultado un café menos ácido.
- Temperatura de carga (+5°C): El café verde se introduce a cinco grados Celsius más que en la temperatura de carga registrada en la curva de referencia; ya que la temperatura en el tostador es más alta, se espera que los granos de café cierren





rápidamente sus poros durante la fase de deshidratación, por lo que los granos perderán una menor cantidad de agua, dando como resultado un café más ácido.

Modificación de la presión de gas

Una vez definida la temperatura de carga ideal para la curva de tostado, se debe establecer la presión de gas que se utilizará durante el tostado, lo que modificará el cuerpo, en general se pueden tener dos resultados:

- Presión de gas baja a media: Si se elige una presión de gas baja el desarrollo de la reacción de Maillard será más lenta y larga, promoviendo la formación de compuestos de alta masa molecular (melanoidinas), responsables de sabores más complejos y una sensación más pesada en la boca.
- Presión de gas media a alta: Si se elige una presión de gas alta, la reacción de Maillard será rápida y el tiempo de desarrollo de los compuestos será más corto, promoviendo la formación de compuestos de baja masa molecular (furanos, pirroles, pirazinas etc.), responsables de sabores horneados y una sensación más ligera en la boca.

Modificación del tiempo de desarrollo

Finalmente se establece el dulzor adecuado para la muestra de café, para esto se modifica con el tiempo de caramelización, es decir el tiempo entre el primer crack y la salida del café del tostador. En general se recomienda evaluar dos tiempos:

Caramelización corta (+30 s): Después del primer crack el café se sigue tostando por 30 segundos más y después el café se pasa del tostador a una tina de enfriamiento para evitar que este se siga tostando. En esta etapa se espera que los azúcares, los polisacáridos y los ácidos polihidroxicarboxílicos presentes se caramelicen impartiendo olores florales y sabores dulces en taza

Caramelización larga (+45 s): Después del primer crack el café se sigue tostando por 45 segundos más y después el café se pasa a del tostador a una tina de enfriamiento para evitar que el café se siga tostando. Si el tiempo de caramelización es largo, se debe de manejar con mucha precaución, pues si este tiempo se excede,





los sabores resultantes serán a madera quemada, humo, notas resinosas y en el peor de los casos el café se puede carbonizar.

Determinación colorimétrica

Agtron

En la industria del café se cuentan con diversos descriptores para identificar los niveles de tostado. A menudo los adjetivos genéricos utilizados para tostados oscuros, medios o claros se basan en la perspectiva de cada empresa en torno a la calidad de los productos, carácter y mercadotecnia. Por esta razón, es importante utilizar un dispositivo de medición con suficiente resolución y sensibilidad para proporcionar datos de clasificación numérica del tostado con el fin de controlar con precisión las especificaciones del producto. Las unidades de medición y la escala analítica también deben ser identificadas, así como los estándares del sector aceptados para que los resultados del análisis se correlacionen y sean reconocidos entre laboratorios o bien del proveedor de café al consumidor (Songer, 2015).

Los dos estándares más reconocidos para medir el desarrollo del tostado del café son, por una parte, las puntuaciones numéricas respecto a las características de la taza y, por otra, las puntuaciones en la escala Agtron para la clasificación del tostado. Cuando se proporcionan estos números, los profesionales del café reconocen con rapidez su significado y les generan expectativas claras en torno al desarrollo del tostado y la calidad de la taza (CCI, Sin fecha).

El café tostado está constituido por más de 860 componentes aromáticos, algunos volátiles, pero otros no. El método más preciso para clasificar el grado de tostado del grano tendría que basarse en el análisis de la composición de los cambios químicos de todos estos componentes. Aunque la tecnología para llevar a cabo un análisis de este tipo existe (como en el caso de la cromatografía de gases, acoplada a la espectrometría de masas), se trata de una tecnología muy costosa y, por otra parte, implica una alta complejidad, por la cantidad de datos generados a partir de estos análisis y su interpretación posterior, no es una opción rentable para muchas empresas cuya tecnología es aún limitada (Straub y Turer, 2019).





Una alternativa práctica para determinar el grado de desarrollo del tostado a partir de los cambios químicos, es el análisis abreviado del espectro enfocado en un grupo menor de compuestos, los cuales se sabe que van teniendo un cambio progresivo durante el proceso de tostado en relación directa con los cambios en la composición de un grupo de componentes.

Los analizadores de tostado de Agtron utilizan la espectroscopía para llevar a cabo justamente eso, evaluar los cambios con precisión por medio de la utilización de longitudes de onda de energía infrarroja más allá del espectro visible respecto a un grupo de compuestos denominados quinonas (Straub y Turer, 2019).



Figura 60. Escala Agtron Gourmet.

Imagen Tomada de: <https://www.roastmagazine.com.mx/articulos/espectroscopia-iluminada>

El punto de partida para entender el significado del número Agtron consiste en el reconocimiento de sus unidades de medición. Existen dos escalas Agtron para la clasificación del tostado de café, cada una de las que se desarrolló para satisfacer demandas específicas de diferentes tipos de tostadores (Songer, 2015):

- **LA ESCALA COMERCIAL DE AGTRON** es la escala de clasificación original y se desarrolló teniendo en mente a los grandes tostadores comerciales quienes además necesitan evaluar café soluble en su forma deshidratada. Las puntuaciones de la escala comercial se presentan del 0 al 100, de oscuro a claro. Con el tiempo, diversos dispositivos de medición adoptaron esta escala como su escala principal para medir el desarrollo del tostado.





• **LA ESCALA GOURMET DE AGTRON** fue desarrollada posteriormente para los tostadores de especialidad que requieren un análisis de mayor resolución que la que brinda la escala comercial. La escala tiene una mayor resolución que va de 0 a 133, también de oscuro a claro y es capaz de percibir una mayor diferencia numérica entre dos muestras, en comparación con la escala comercial.

Ambas escalas utilizan el mismo punto inferior de referencia de 0.0, un número que se correlaciona con el carbono puro. En el extremo de la parte superior de la escala, una muestra que arroje una lectura de 100.0 en la escala comercial se leería como 133.0 en la escala gourmet. Las fichas del Sistema de Clasificación de Color del Tostado vendidas por la Specialty Coffee Association (SCA) hacen referencia a la escala gourmet de Agtron. Por ejemplo, una puntuación química de 55.0 registrada en la escala gourmet en un analizador Agtron equivale al desarrollo del tostado aproximado por la ficha de color N° 55 de SCA/Agtron. (la resolución del analizador de la puntuación del tostado es ± 0.1 mientras que la máxima resolución alcanzable con una ficha de color bajo condiciones de observación controladas es de ± 5.0 (Songer, 2015).

Las siguientes fórmulas pueden ser utilizadas para convertir las puntuaciones entre la escala comercial y gourmet (SCA, sin fecha):

- **PUNTUACIÓN COMERCIAL** = (Puntuación gourmet + 1.528) x 0.74294
- **PUNTUACIÓN GOURMET** = (Puntuación comercial x 1.346) – 1.528

La escala gourmet de Agtron se basa en dos puntos de referencia. Una muestra molida con una lectura gourmet de 3.0 indicaría la reducción térmica de casi el 100% de la química orgánica a carbono y estaría desprovista de aromas y sabores del café. Sería, por tanto, imposible de reconocer como café. Una muestra molida con una lectura gourmet de aproximadamente 133.0 produciría una bebida poseedora de algunas de las características asociadas con un café tostado a un grado extremadamente claro, pero su desarrollo no podría considerarse suficiente para ser viable como producto para el consumo. Sin embargo, podría considerarse un





punto de referencia donde los aromas y sabores fundamentales del café asociados con el café tostado empiezan a ser perceptibles (SCA, sin fecha).

Al definir el perfil sensorial de un tostado determinado, es necesario especificar una ventana de tolerancia para los límites inferiores y superiores respecto al desarrollo del tostado de modo que se conserve el mismo perfil. Es necesario que tanto el mínimo y el máximo de la especificación del tostado se encuentren dentro de los límites controlables del equipo de tostado y su operador (Songer, 2015).

Preparación de las muestras para evaluación Agtron

El control en las siguientes condiciones mejorará la precisión y repetibilidad de los resultados del análisis (SCAN, 2015):

- Control en los cambios de temperatura: las muestras deben analizarse a temperatura ambiente, una vez que su temperatura se haya estabilizado tras salir del tostador (30 minutos después de ser tostado).
- Controlar el tamaño de las partículas molidas: un molido grueso o fino afectará el tamaño del área superficial que el analizador observa. Cuando los productos se analizan a partir de diferentes molidos, los resultados pueden no correlacionarse de manera precisa.

Con base en el análisis de los cafés desarrollados en la empresa definió el siguiente estándar de molido para muestras:

- Peso del café retenido en la criba Tyler #10 (850 μm): 3% (rango aceptable 0.0% - 5.0%).
- Peso del café retenido en la criba Tyler #30 (6000 μm): 35% (rango aceptable 25% - 40%).
- Peso del café que pasa a través de la criba #40 (425 μm): 50% (rango aceptable: 40%—55%).





Método de evaluación Agtron

Después del molido, el café se debe mezclar completamente, para homogeneizar la muestra (SCA, sin fecha).

Colocar la muestra en una placa Petri (para obtener una superficie plana y nivelada) y compactar la muestra con ayuda de la base de la placa de Petri (SCAA, 2010).

Colocar los discos de color Agtron boca abajo (donde se encuentran impresos los valores de tostado), en dos filas de cuatro discos, de izquierda hacia derecha y de arriba hacia abajo en orden descendente, tal y como se indica en la figura 61 (95, 85, 75, 65, 55, 45, 35, 25 (SCAA, 2010).

Voltear los discos boca arriba (donde está impreso el color) sin alterar o modificar el orden, tal y como se indica en la figura 62(SCAA, 2010).

Comparar la muestra de café tostado contra los discos Agtron (SCAA, 2010).



Figura 61. Discos Agtron (lado posterior) para evaluar muestras.
Elaboración propia





Figura 62. Discos Agtron (lado frontal) para evaluar muestras.
Elaboración propia

Consideraciones

Los productos deben analizarse después de 30 minutos y máximo 4 horas después del tueste, ya que Agtron analiza la química del café, la cual continúa cambiando después del tostado debido a la hidratación, descomposición y oxidación de sus compuestos. Las puntuaciones Agtron reflejan estos cambios químicos (SCA, sin fecha).

El análisis inicial se utiliza para el control del proceso y no debe considerarse como la especificación del producto final. Se deben prever cambios en las puntuaciones de Agtron, de alrededor de 3.0 a 4.0 puntos para cafés más claros (más de 65.0 en la escala gourmet) y aproximadamente 2.0 a 3.0 puntos para cafés más oscuros (por debajo de los 45.0 en la escala gourmet) dentro de las 72 horas posteriores al tostado (SCAN, 2015).

Se debe tomar en cuenta que las puntuaciones para tostados más oscuros no cambian tanto con el tiempo como aquéllas para los tostados más claros, pero sensorialmente sí se modifican más rápidamente debido a que químicamente están térmicamente más degradadas (SCAN, 2015).

Evaluación sensorial del café tostado

La calidad en taza es el segundo componente de la presentación del producto. Esta se determina por las condiciones botánicas, geográficas, climáticas y se ve influenciada además por el manejo del cultivo, el tipo de proceso, el





almacenamiento, el transporte, el tipo de tueste y la preparación final del consumidor (Turer, 2010).

Para analizar las diferencias de sabor, la industria utiliza un proceso llamado catación (*Coffee cupping*). La catación es un proceso estandarizado, para evaluar el aroma, sabor y textura de una muestra de café (Turer, 2010).

Por medio de la catación, se puede determinar si la calidad del café satisface las necesidades del comprador o si ésta cumple con lo pactado en el contrato de venta; además, la catación revela las características distintivas de cada café, identificando los que son de calidad excepcional y los que tienen una calidad genérica para base de mezclas (SCAN, 2015).

Para encontrar similitudes durante las cataciones, se prueban las muestras comparándolas con una referencia o patrón previamente definido y establecido como un estándar de características determinadas; este método se utiliza cuando se desea sustituir algún café dentro de una mezcla o si se necesitan mantener las mismas características de sabor de un producto (SCAN, 2015).

Para realizar una evaluación completa del café, los catadores se enfocan en los siguientes aspectos: el aroma, el sabor, el cuerpo, textura, regusto, uniformidad y la ausencia de defectos, mejor conocido como taza limpia (Turer, 2010).

Aroma

A través del sentido del olfato, el catador identifica las características en los componentes del olor del café, las cuales se dividen en (Contreras, 2016):

- **Fragancia:** Se define como el olor del café molido en seco.
- **Aroma:** Se define como el olor resultante del café al infusionarlo con agua caliente.
- **Nariz:** consiste en la percepción de las sustancias odoríferas y aromáticas de un alimento después de haberse puesto en la boca. Dichas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe, llegando a través de la trompa de eustaquio a los centros sensores del olfato.





Para estandarizar los olores que se perciben durante la catación del café se estableció un sistema basado en la percepción de los aromas principales. Estas notas olfativas se clasifican en 6 familias (Contreras, 2016):

- Floral: Se refiere a la percepción de aromas muy sutiles ligeramente dulces, dentro de esta familia se encuentran principalmente las flores, sin embargo, también se pueden encontrar otros aromas florales como la vainilla, caramelo, chocolate, jarabe de maple, etc.
- Frutal: Se refiere a la percepción simultánea de aromas dulces, ácidos y de algunos aldehídos, dentro de esta familia se encuentran frutas como la frambuesa, grosella, mandarina, manzana verde, etc.
- Especiada: En esta familia se encuentran notas potentes y condimentados (con posible sensación pungente en nariz como con la pimienta), donde se aprecian notas muy características que recuerdan algunas especias como: anís, canela, cardamomo, clavo, pimienta, etc.
- Herbal: Dentro de esta familia se encuentran dos divisiones:
 - ✓ Herbal seco: Se perciben notas dulces y terrosas como: amaderada, cacahuete, viruta, etc.
 - ✓ Herbal fresco: Se perciben notas dulces y frescas simultáneamente como: chícharo, pasto, pepino, etc.
- Resinosa: En esta familia se perciben aromas salados, secos y oleosos como lo son: ahumado, alquitrán, caucho, cuero, tabaco, tinta, etc.
- Alcanforadas: Se refiere a la percepción simultánea de aromas dulces, con notas refrescantes y ligeramente picantes como el eucalipto, menta, pino, yerbabuena, etc.

Se debe tomar en cuenta que la clasificación de estas 6 familias, se refiere a la percepción de los aromas en la nariz, es decir, si al analizar una muestra de café la primera nota que detecta la nariz es dulce, el aroma detectado pertenece a la familia floral, pero este aroma percibido puede ser miel que, aunque no es necesariamente una flor, posee notas florales notorias y muy agradables. Por esta razón además de mencionar la clasificación respecto a las familias de notas aromáticas, también se





requiere dar un nombre a la nota específica percibida por el catador, es decir se busca dar un mejor matiz a los aromas encontrados.

Una herramienta desarrollada para ayudar a entrenar el olfato, así como a la estandarización de la evaluación de la fragancia y aroma es la “Nariz del Café” (Le Nez du Café).

La Nariz del Café fue desarrollada en conjunto por el francés Jean Lenoir (creador de la Nariz del Vino) y la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) en los años noventa. Este kit, como se observa en la figura 63, contiene los treinta y seis aromas más característicos de los cafés del mundo entero (tierra, papa, chícharo, pepino, paja, cedro, clavo, pimienta, grano de cilantro, vainilla, rosa té, flor de cafeto, cereza del cafeto, grano de grosella negra, limón, albaricoque, manzana, mantequilla fresca, nota melosa, cuero, arroz basmati, pan tostado, malta, nota de regaliz, caramelo, chocolate amargo, nueces tostadas (almendra, avellana, cacahuete, nuez de Castilla), aves asadas, aroma ahumado, tabaco, café tostado, nota medicinal y caucho). (Vanegas, 2017).

Durante la evaluación de la fragancia y del aroma el primer paso es determinar que notas aromáticas se perciben y el orden en que éstas van apareciendo, después se deben clasificar en alguna de las 6 familias y para finalizar la evaluación se deben matizar todos los aromas, es decir se le da un nombre distintivo a cada diferente aroma.



Figura 63. La Nariz del Café.

Imagen tomada de: <https://www.lenez.com/es/libros-objeto/caf%C3%A9/revelaci%C3%B3n>





Sabor

Se refiere al gusto en combinación con el aroma y está compuesto por los elementos del café tostado y molido disueltos en agua que han sido extraídos durante el proceso de preparación de la bebida; estos componentes incluyen aceites, ácidos y minerales comúnmente encontrados en vegetales, frutas y semillas secas. Estos componentes junto con las sensaciones básicas de sabor: ácido, amargo, dulce y salado, forman el sabor del café (SCAN, 2015).

Las características gustativas que se evalúan durante la catación son (Contreras, 2016):

- Acidez
- Balance
- Armonía

Acidez

La acidez es una característica natural de café determinada por las concentraciones de diversos ácidos orgánicos e inorgánicos (fosfórico) presentes en la bebida. Antes de evaluar la acidez, ésta se debe clasificar de acuerdo con sus características (Contreras, 2016):

- Cítrica: Se refiere a la sensación que se genera por tres grupos carboxilos (-COOH), presente en frutas como naranja, limón, toronja, mandarina, etc.
- Mállica: La acidez mállica, es generada por la presencia del ion malato (C₄H₆O₅) en alimentos como la manzana verde, sidra, pera, etc.
- Láctica: Este tipo de acidez se refiere a la sensación provocada en la lengua, similar a la que provoca un yogurt, es decir, causa una sensación ácida, dulce y cremosa.
- Tartárica: Esta acidez se genera por un compuesto orgánico denominado ácido tartárico que es un ácido dicarboxílico (HOOC-CHOH-CHOH-COOH), y su acidez muy particular provoca una sensación efervescente en la lengua. Una característica de esta acidez es que causa mucha salivación en la boca y deja un resabio sumamente astringente.





- Fosfórica: El ácido fosfórico es un compuesto (H_3PO_4) que posee un tipo de acidez única y muy difícil de identificar, que es típica de la sensación que causa un refresco de cola.
- Acética: El ácido acético es especial, aparte del sabor característico del vinagre, también tiene un olor muy penetrante e incluso irritante. A nivel más bajo, este ácido puede brindar un agradable sabor agudo a lima. Pero en concentraciones altas, recuerda un sabor muy penetrante a fermento.

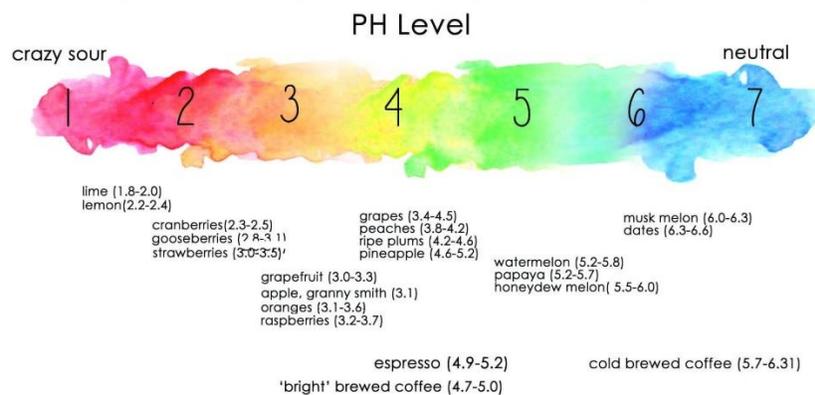


Figura 64. Alimentos en la escala de pH.
Imagen tomada de: perfectdailygrind.com

Una vez definida la acidez, ésta debe ser evaluada en cuatro aspectos (Contreras, 2016):

- Intensidad: Se refiere a la fuerza con la que la acidez está presente en el café. Por ejemplo, un café con una acidez (cítrica) de intensidad alta puede recordar a un limón o puede tener una acidez baja como la de una lima.
- Jugosidad: Se refiere a la salivación que provoca en boca. Por ejemplo, un café con una acidez tartárica puede provocar mucha jugosidad, mientras que una acidez láctica causa menor salivación.
- Dulzor: Esta característica se refiere a el balance que existe entre el dulzor y la nota agria. Por ejemplo, el dulzor de un café con matices a lima, tendrá un dulzor alto, mientras que un café con acidez con matices de limón tendrá un dulzor muy bajo.





-
- **Brillo:** El brillo de la acidez describe la armonía que se percibe en los sabores. Un ejemplo muy claro de esto es la toronja y la mandarina. La mandarina tiene una acidez con un brillo alto, ya que al probarla los gustos que tiene (ácido y dulce) se perciben al mismo tiempo, mientras que la acidez de una toronja carece de brillo, pues los gustos de esta (ácido, amargo y dulce) se perciben de forma separada.

Balance y armonía

El balance de una taza de café se refiere al orden en el que se perciben los gustos (dulce, salado, amargo y ácido) en la muestra evaluada (SCAN, 2015).

La armonía es el modo en que los distintos atributos de la muestra (Sabor, Regusto, Acidez y Cuerpo) se complementan o desentonan entre sí. La calificación de la armonía se reduce a sí la muestra carece de ciertos atributos o si algunos de ellos predominan exageradamente sobre los demás (Coffee IQ, 2018).

Cuerpo y textura

Estos atributos se basan en la sensación táctil que la bebida produce en la boca, y se percibe especialmente entre la lengua y el paladar (Barker, 2007).

La viscosidad está en función de la cantidad de material sólido en suspensión en la bebida de café y la concentración de azúcares. Los sólidos son principalmente partículas microscópicas de las fibras del grano que no se filtran durante el proceso de elaboración

El contenido de lípidos en el café, permanecen sin disolverse, separándose del resto del líquido formando un residuo aceitoso en la superficie de la bebida.

Para realizar la descripción del cuerpo y la textura del café se pueden tomar los siguientes puntos como referencia (SCAN, 2015):

- El café con un contenido bajo de grasa se describe como ligero, acuoso, aguado, etc.
- El café con un contenido moderado de grasa se describe como medio.
- El café con un contenido alto de grasa se describe como denso o pesado.





- El café con un contenido bajo de sedimentos de las fibras de los granos que se han fraccionado durante la molienda se describe como cremoso, sedoso, aceitoso, untuoso, gomoso, aterciopelado.
- El café con un contenido medio de sedimentos de las fibras de los granos que se han fraccionado en la molienda se describe como arenoso.
- El café con un contenido alto de sedimentos de las fibras de los granos que se han fraccionado durante el proceso de molienda se describe como fibroso.

El término cremoso se refiere a un café con un contenido relativamente alto de grasa mezclado con un poco de fracción de fibra de grano. El término mantecoso es un adjetivo que se otorga para los cafés que son muy viscosos, por su contenido de grasa muy alto y que también tienen un alto porcentaje de fibra.

Tabla 5. Descriptores para la sensación táctil en boca

| | Contenido de fibras de café alto | Contenido de fibras de café medio | Contenido de fibras de café bajo |
|---------------------------------|---|--|---|
| Contenido lipídico alto | Cuerpo denso y textura mantecosa | Cuerpo denso y textura arenosa | Cuerpo denso y textura cremosa |
| Contenido lipídico medio | Cuerpo medio y textura fibrosa | Cuerpo medio y textura arenosa | Cuerpo medio y textura aceitosa |
| Contenido lipídico bajo | Cuerpo ligero y textura fibrosa | Cuerpo ligero y textura arenosa | Cuerpo ligero y textura sedoso |

Regusto

Se define como la duración de las cualidades positivas del café (gustativas y olfativas) que se perciben en la parte posterior del paladar y perduran después de expulsar o tragar la bebida. Si la percepción de este es negativa se le llama resabio (Coffee IQ, 2018).

El regusto se califica de la siguiente forma:

- Corto: Cuando la duración del regusto es menor a un minuto
- Medio: Cuando el regusto perdura entre 1 y 2 minutos
- Largo: Cuando la duración del regusto es mayor a tres minutos

Uniformidad

Uniformidad: Se refiere a la consistencia de sabor entre las tazas evaluadas de una misma muestra. Por muestra se deben evaluar cinco tazas y se otorgan 2 puntos





por cada taza, llegando a un máximo de 10 puntos cuando las 5 tazas son iguales (SCA, Sin fecha).

Taza limpia

Se refiere a la presencia o ausencia de defectos (causados por el café verde o durante el tostado), perceptibles desde el primer sorbo hasta que se termina el resabio. Cuando se detecta algún defecto en la taza, este es castigado con dos puntos menos en la taza, o sumando dos puntos si la taza evaluada no presenta ningún defecto, llegando a un máximo de 10 puntos cuando las 5 tazas son iguales (Coffee IQ, 2018).

Molienda del café

Otro factor que repercute directamente en el perfil sensorial del café es el tamaño de la partícula, para definir la molienda de café se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

Cuanto más gruesa sea la molienda, menor será la superficie de extracción y el tiempo de extracción también será más lento; cuanto más fina sea la molienda, la superficie de extracción será mayor, sin embargo, una molienda muy fina extraerá notas amargas e incluso con sabor a ceniza.



Figura 65. Cambios en el café desde el café tostado, hasta el café molido.

Imagen tomada de: perfectdailygrind.com





Tomando en cuenta que el producto final, es decir los tipos de tuestes y que estos están desarrollados para la preparación de café en percoladoras y cafeteras de goteo, se definieron las siguientes distribuciones en el tamaño de partícula:

| Tabla 6. Distribución del tamaño de partícula para tuestes medios | |
|--|--|
| Número de tamiz | Porcentaje de distribución de partícula |
| Tamiz 10 (2 mm) | 5% ± 3 |
| Tamiz 20 (850 µm) | 60% ± 3 |
| Tamiz 40 (425 µm) | 30% ± 3 |
| Fondo | 5% ± 3 |

| Tabla 7. Distribución del tamaño de partícula para tuestes oscuros | |
|---|--|
| Número de tamiz | Porcentaje de distribución de partícula |
| Tamiz 10 (2 mm) | 5% ± 3 |
| Tamiz 20 (850 µm) | 70% ± 3 |
| Tamiz 40 (425 µm) | 15% ± 3 |
| Fondo | 10% ± 3 |





Resultados

Con la información del capítulo anterior, se evaluó una empresa mexicana dedicada a la producción de café tostado en grano y café tostado molido. A continuación, se muestra de forma general el diagrama completo de la elaboración del café tostado en grano y café tostado molido.

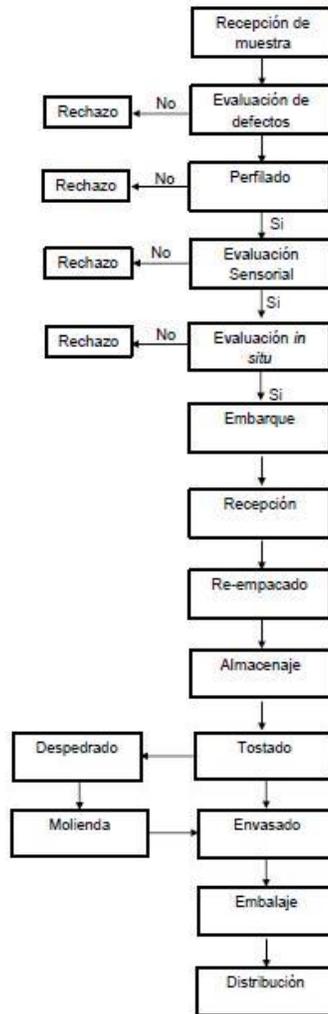


Figura 66. Diagrama de bloques del proceso de elaboración del café tostado en grano y el café tostado molido.

A continuación, se muestran los riesgos relacionados en cada etapa del proceso y las medidas preventivas sugeridas para controlarlos.





Recepción de muestras

Debido a la falta de repetibilidad entre cosechas o por el cambio de proveedores, es de suma importancia realizar una evaluación completa del café verde cada que se adquiere un nuevo lote.

En la recepción de muestras es de suma importancia realizar el registro y resguardo de las características de los granos de café verde, ya que a partir de esta información se tomarán decisiones en las siguientes etapas, desde el tipo de tueste hasta la compra del café verde, que repercutirán directamente en el producto final.

Los datos que se deben recopilar son:

- Especie del grano: *Coffea arabica*, *Coffea robusta*.
- Variedad del grano: Typica, Bourbon, Caturra, Maragogipe, etc.
- Origen del grano: Estado y municipio donde se cultivó el café.
- Porcentaje de uniformidad: Se refiere a la cantidad de granos con diferente tamaño o color al correspondiente de la muestra.
- Porcentaje de humedad: Mínimo 10% y Máximo 12%
- Empaque de almacenaje del proveedor: Costal de yute, bolsas plásticas sin barrera, bolsas plásticas de alta barrera, bolsas laminadas.

Tabla 8. Riesgos relacionados con la recepción de muestras

| Etapa del proceso | Riesgos | Medidas preventivas |
|-----------------------|---|---|
| Recepción de muestras | Falta de registro de la información de las muestras recibidas | Establecimiento de un sistema de documentación y registro de información. |

Evaluación de defectos

La evaluación de defectos se realiza tomando como referencia el manual de la Specialty Coffee Association y la NMX-F-162-SCFI-2008 (CAFÉ VERDE – TABLA DE REFERENCIA DE DEFECTOS).

1. Pesar 300 g de la muestra del café verde.
2. Evaluar el olor del café verde de acuerdo al capítulo 6 del anexo 4.1 de la norma NMX-F-158-SCFI-2008.





3. Extender la muestra de café verde sobre una superficie plana en una zona con buena iluminación para realizar la inspección visual del café verde.
4. Evaluar el color, el porcentaje de uniformidad y el origen botánico (*Coffea arabica* o *Coffea canephora*) de la muestra de acuerdo al capítulo 7 del anexo 4.1 de la norma NMX-F-158-SCFI-2008.
5. Separar cada defecto de acuerdo a su clasificación (la materia extraña, la materia derivada de subproductos del café, los defectos asociados a la forma, los defectos de apariencia y los defectos sensoriales) y agruparlos de acuerdo al tipo de defecto.
6. Pesar cada grupo de defecto por separado.
7. Anotar en el formato correspondiente (Figura 67) los resultados obtenidos, de la evaluación a la muestra de café verde.





| Evaluación de café verde | | | | | | |
|--|-------------------|---------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Muestra: | | | | | | Fecha: |
| Inspección Olfativa | Olor normal (): | | | | | |
| | Olor anormal (): | | | | | |
| Inspección Visual | Origen Botánico | | <i>Coffea arabica</i> () | Color | Porcentaje de uniformidad | |
| | | | <i>Coffea canephora</i> () | | | |
| Peso de la muestra (g) | | | | | | |
| Materia extraña | Masa | % | Coefficiente de pérdida de masa | Incertidumbre de sensibilidad | Pérdida de masa | Incertidumbre real |
| () Palos | #/DM/0! | | 1 | 0 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Piedras | #/DM/0! | | 1 | 0 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Cáscaras ajenas al café | #/DM/0! | | 1 | 0 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Hojas | #/DM/0! | | 1 | 0 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Tierra granulada o partículas | #/DM/0! | | 1 | 0 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Materia metálica | #/DM/0! | | 1 | 0 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Materia extraña específica | #/DM/0! | | 1 | 0 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| Total | 0 | #/DM/0! | | | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| Materia derivada de subproductos de café | Masa | % | Coefficiente de pérdida de masa | Incertidumbre de sensibilidad | Pérdida de masa | Incertidumbre real |
| () Pergamino entero | #/DM/0! | | 0.5 | 0 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Fragmento de pergamino | #/DM/0! | | 0.5 | 0 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Cereza seca | #/DM/0! | | 0.5 | 0 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Fragmento de cáscara | #/DM/0! | | 0.5 | 0 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| Total | 0 | #/DM/0! | | | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| Defectos asociados a la forma | Masa | % | Coefficiente de pérdida de masa | Incertidumbre de sensibilidad | Pérdida de masa | Incertidumbre real |
| () Conchas-Orejas | #/DM/0! | | 0 | 0.5 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Fragmentos de grano | #/DM/0! | | 0.5 | 0.5 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Granos rotos | #/DM/0! | | 0.5 | 0.5 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Granos dañados por insectos | #/DM/0! | | 0 | 0.5 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Granos infestados por insectos | #/DM/0! | | 0 | 0.5 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Granos con la pulpa mordida | #/DM/0! | | 0 | 0.5 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| Total | 0 | #/DM/0! | | | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| Defectos de apariencia | Masa | % | Coefficiente de pérdida de masa | Incertidumbre de sensibilidad | Pérdida de masa | Incertidumbre real |
| () Granos negros | #/DM/0! | | 0 | 1 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Grano negro verde | #/DM/0! | | 0 | 1 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Grano ardido (interior café) | #/DM/0! | | 0 | 1 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Grano ambár | #/DM/0! | | 0 | 0.5 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Grano inmaduro | #/DM/0! | | 0 | 0.5 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Grano ceroso | #/DM/0! | | 0 | 0.5 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Grano punteado | #/DM/0! | | 0 | 0.5 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Grano marchito | #/DM/0! | | 0 | 0.5 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Grano esponjoso | #/DM/0! | | 1 | 0.5 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| () Grano blanco | #/DM/0! | | 0 | 0.5 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| Total | 0 | #/DM/0! | | | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| Defectos sensoriales | Masa | % | Coefficiente de pérdida de masa | Incertidumbre de sensibilidad | Pérdida de masa | Incertidumbre real |
| Granos fermentados | #/DM/0! | | 0 | 1 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| Granos con resabios | #/DM/0! | | 0 | 1 | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| Total | 0 | #/DM/0! | | | #/DIV/0! | #/DM/0! |
| Grantotal de defectos | 0 | #/DM/0! | | | #/DIV/0! | #/DM/0! |

Elabora: _____

Figura 67. Formato de Evaluación de café verde.

La capacitación continua del personal involucrado en las evaluaciones, específicamente las que involucran toma de decisiones es fundamental; en este caso no existe una certificación abalada por alguna asociación; Sin embargo, la SCA (Specialty Coffee Association), la SCAN (Sustainable Commodity Assistance Network) y la ICO (International Coffee Organization) han elaborado guías y manuales para la evaluación de café verde. Con base en estos





manuales, en México se elaboró una tabla de referencia de defectos (NMX - F-162-SCFI-2008).

Tabla 9. Riesgos relacionados con la evaluación de defectos de café verde

| Etapa del proceso | Riesgos | Medidas preventivas |
|------------------------|--------------------------------------|---|
| Evaluación de defectos | Falta de capacitación del personal | Capacitación del personal en la evaluación de defectos de café verde. Elaboración de procedimientos, métodos e instructivos de trabajo. |
| | Falta del registro de la información | Establecimiento de un sistema de documentación y registro. |
| | Mal muestreo | Capacitación del personal en muestreo de lotes de café verde. Elaboración de procedimiento, métodos, instructivos y formatos de trabajo. |

Perfilado de café

Cuando la evaluación de defectos del café verde cumple con los parámetros establecidos, el café se perfila para determinar sus características sensoriales.

En esta etapa es de suma importancia el registro de información, se deben tomar en cuenta todas las variables (intrínsecas y extrínsecas) involucradas en el perfilado.

Tabla 10. Riesgos relacionados con el perfilado de café

| Etapa del proceso | Riesgos | Medidas preventivas |
|-------------------|--------------------------------------|--|
| Perfilado de café | Falta de capacitación del personal | Capacitación del personal en la evaluación de defectos de café verde. Elaboración de procedimientos, métodos e instructivos de trabajo. |
| | Falta de mantenimiento a los equipos | Implementación de un programa de mantenimiento preventivo. |





| | | |
|--|--|---|
| | Falta de registro de la información generada durante el perfilado del café | Establecimiento de un sistema de documentación y registro |
|--|--|---|

Evaluación sensorial

Por medio de la evaluación sensorial es posible determinar la calidad de un café evaluando los aromas y sabores. Este proceso también nos deja determinar la calidad de un tueste, y/o la presencia de defectos sensoriales provenientes del café verde. Con estas herramientas y procedimientos, los involucrados en la cadena de abasto pueden establecer estándares de calidad en el producto.

La metodología de catación establecida se basa en las recomendaciones de la SCA (Specialty Coffee Association) y la norma mexicana NMX-F-177-SCFI-2009 (CAFE VERDE DE ESPECIALIDAD-ESPECIFICACIONES, CLASIFICACION Y EVALUACION SENSORIAL)

1. Pesar 10 g de la muestra de café en grano a evaluar en una taza de catación.
2. Antes de moler la muestra de café, moler algunos granos en el molino para quitar residuos de otros cafés presentes.
3. Moler los granos del café, utilizando una molienda donde el 65 - 70% del café molido pase por el tamiz #20. El café se debe colocar en la misma taza donde se pesó el café en grano.
4. Repetir los pasos anteriores con cada una de las muestras a evaluar, tomando en cuenta que, por cada muestra diferente, se deben evaluar 5 tazas.
5. Colocar todas las muestras en una mesa de catación,
6. Evaluar la fragancia del café molido y anotar los resultados en los formatos correspondientes.
7. Verter 180 mL de agua caliente (92. 2 °C – 94. 4 °C) en las tazas y activar el cronómetro.
8. Esperar cuatro minutos antes de romper la costra de café que se forma en la parte superior de la taza.





Figura 68. Formato del formulario de catación

| Perfil Sensorial | | | | | | | | | | | | Fecha |
|--|-------------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|-------|
| Origen del Café Verde Tostado (Nº Agtron) Proceso/Variable Temperatura (°C) | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | Presencia | Matiz | |
| Fragancia | Floral | | | | | | | | | | | |
| | Frutal | | | | | | | | | | | |
| | Especiada | | | | | | | | | | | |
| | Resinosa | | | | | | | | | | | |
| | Alcanforada | | | | | | | | | | | |
| Aroma | Herbal | | | | | | | | | | | |
| | Floral | | | | | | | | | | | |
| | Frutal | | | | | | | | | | | |
| | Especiada | | | | | | | | | | | |
| | Resinosa | | | | | | | | | | | |
| Acidez | Alcanforada | | | | | | | | | | | |
| | Herbal | | | | | | | | | | | |
| | Cítrica | | | | | | | | | | | |
| | Málica | | | | | | | | | | | |
| | Láctica | | | | | | | | | | | |
| Acidez | Tartárica | | | | | | | | | | | |
| | Fosfórica | | | | | | | | | | | |
| | Acética | | | | | | | | | | | |
| | Intensidad | /4 | | /4 | | /4 | | /4 | | /4 | | |
| Balance | Jugosidad | /4 | | /4 | | /4 | | /4 | | /4 | | |
| | Dulzor | /4 | | /4 | | /4 | | /4 | | /4 | | |
| | Brillo | /4 | | /4 | | /4 | | /4 | | /4 | | |
| Balance | Ácido | | | | | | | | | | | |
| | Amargo | | | | | | | | | | | |
| | Dulce | | | | | | | | | | | |
| Armonía | Salado | | | | | | | | | | | |
| | Simultáneos | | | | | | | | | | | |
| Cuerpo | Dispersos | | | | | | | | | | | |
| | Denso | | | | | | | | | | | |
| | Medio | | | | | | | | | | | |
| Textura | Aguado | | | | | | | | | | | |
| | Arenosa | | | | | | | | | | | |
| | Cremosa | | | | | | | | | | | |
| | Gomosa | | | | | | | | | | | |
| Nariz | Aceitoso | | | | | | | | | | | |
| | Floral | | | | | | | | | | | |
| | Frutal | | | | | | | | | | | |
| | Especiada | | | | | | | | | | | |
| | Resinosa | | | | | | | | | | | |
| Regusto | Alcanforada | | | | | | | | | | | |
| | Herbal | | | | | | | | | | | |
| | Corto | | | | | | | | | | | |
| Regusto | Medio | | | | | | | | | | | |
| | Largo | | | | | | | | | | | |
| °Brix | | | | | | | | | | | | |
| Densidad grano tostado (g/cm ³) | | | | | | | | | | | | |
| Observaciones | | | | | | | | | | | | |

Elabora: _____

ID-FO-003

Revisión: 00





Figura 69. Formato para la Evaluación del perfil sensorial de muestras.

| Tabla 11. Riesgos relacionados con la evaluación sensorial | | |
|--|--|---|
| Etapa del proceso | Riesgos | Medidas preventivas |
| Evaluación Sensorial de café | Falta de capacitación del personal. | Capacitación y certificación (Q grader) del personal en la evaluación sensorial de café. Calibración previa a la evaluación sensorial, de los catadores involucrados. Elaboración de procedimientos, métodos e instructivos de trabajo. |
| | Falta de equipo y material para la estandarización de la evaluación sensorial. | Adquisición de equipo y material con las características requeridas para las evaluaciones. Calibración del equipo, de acuerdo a sus especificaciones. |
| | Falta de registro de la información generada durante el perfilado del café. | Establecimiento de un sistema de documentación y registro. |





Evaluación *in situ*

Una vez que se concreta la compra de los lotes de café, la empresa debe verificar que las características del café verde correspondan a las acordadas, para esto el evaluador debe trasladarse a la finca o beneficio donde se encuentra el café y realizar un muestreo del lote, la evaluación de la muestra y la aprobación o el rechazo del lote, para completar el proceso de compra de café verde.

Tabla 12. Riesgos relacionados con la evaluación *in situ*

| Etapa del proceso | Riesgos | Medidas preventivas |
|----------------------------------|--------------------------------------|--|
| Evaluación <i>in situ</i> | Falta de capacitación del personal | Capacitación del personal en la evaluación de defectos de café verde. Elaboración de procedimientos, métodos e instructivos de trabajo. |
| | Falta del registro de la información | Establecimiento de un sistema de documentación y registro. |
| | Mal muestreo | Capacitación del personal en muestreo de lotes de café verde. Elaboración de procedimiento, métodos, instructivos y formatos de trabajo |

Recepción de café verde

Durante la recepción del café verde es de suma importancia observar que los costales no sufran ningún daño o anomalía, de igual forma el registro de la información es muy importante. En la tabla 13 se muestra un ejemplo de la información que se debe resguardar durante la recepción del café verde.

Tabla 13. Cafés verdes utilizados para la producción de café tostado en grano y café tostado molido

| Café verde | Especie | Beneficio | Región de cultivo | Cantidad (Kg) |
|----------------------|---------|-----------|-------------------------|---------------|
| Café Oaxaca | arabica | lavado | Tlaxiaco-Oaxaca | X |
| Café Veracruz | arabica | lavado | Coatepec-Veracruz | X |
| Café Hidalgo | arabica | lavado | San Bartolo-Hidalgo | X |
| Café Chiapas | arabica | lavado | San Cristóbal - Chiapas | X |





Tabla 14. Riesgos relacionados con la recepción de café verde

| Etapa del proceso | Riesgos | Medidas preventivas |
|-------------------------|--|---|
| Recepción de café verde | Mal registro de la información del café verde. | Establecimiento de un sistema de documentación y registro de información. |

Reempacado

Para asegurar que todos los cafés recibidos en planta permanecen bajo las mismas condiciones de almacenamientos, el café verde es reempacado en bolsas metalizadas de alta barrera, que le permiten al grano mantener por un tiempo prolongado sus características físicas.

Tabla 15. Riesgos relacionados con el reempacado de café verde

| Etapa del proceso | Riesgos | Medidas Preventivas |
|---------------------------|--------------------------------------|---|
| Re-empacado de café verde | Empacado inadecuado del producto | Implementación de un programa de monitoreo. |
| | Falta del registro de la información | Establecimiento de un sistema de documentación y registro |
| | Falta de mantenimiento al equipo | Implementación de un programa de mantenimiento preventivo |

Almacenaje

El café es almacenado en un ambiente cuya humedad relativa sea del 60%, y a una temperatura promedio de 18°C y acomodado en racks de acero inoxidable.

Se deben evitar cambios en las condiciones para evitar el crecimiento de hongos o la senescencia del café.

Tabla 16. Riesgos relacionados con el almacenaje del café verde

| Etapa del proceso | Riesgos | Medidas Preventivas |
|-------------------|---|--------------------------------------|
| Almacenaje | Cambio en las condiciones de almacenaje | Programa de monitoreo al café verde. |





Tostado

En esta etapa del proceso, los tuestes ya fueron definidos durante el perfilado de café, por lo que el café es tostado con ayuda de un software (Cropster Roasting Intelligent).

El Cropster Roasting Intelligent es un software de gestión y registro de datos de café verde y café tostado, cuya función es la administración y ajuste automático de inventario de café verde basado en la producción de café tostado; desarrollo de perfiles de café tostado; planes de producción; registro y análisis del control de calidad basado en calificaciones de catación y análisis de café verde de muestras de acuerdo a la SCA y comparación de curvas de tostado para visualizar el grado de repetición entre tostados (Figura 70).

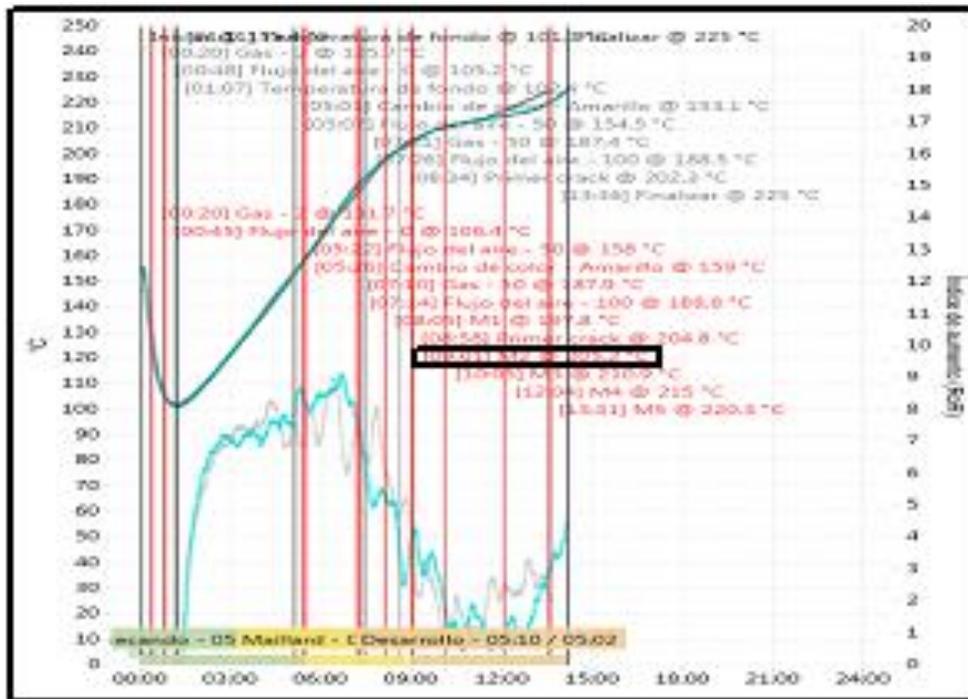


Figura 70. Tostado de un batch de 25 Kg a partir de una curva de referencia

Independientemente del uso de un software para la estandarización del proceso, es de suma importancia el registro y resguardo de la información generada durante los tostados, en el formato correspondiente (Figura 71).





Control de operación del tostador

Número de tostado: _____

Fecha: _____

Pedido: _____

Cliente: _____

Producto: _____

Cantidad de pedido: _____

Clave de producto: _____

Materia Prima

Lote de materia prima: _____

Cantidad de carga (Kg): _____

% Humedad del grano: _____

Hora inicio: _____

Temperatura del grano (°C): _____

Hora termino: _____

Temperatura Ambiente(°C): _____

Curva de referencia: _____

%Humedad Relativa Ambiente: _____

Etiqueta ID CROPSTER: _____

Tostado

Temperatura del tostador para subir el grano a la tolva (°C): _____

Inicio de Tostión (°C): _____

Temperatura del tostador cuando termina de subir el grano a la tolva (°C): _____

Condiciones de tostado manual

| Operación | T. Tostador (°C) | Tiempo (min.) | Cambio flama | T Cropster (°C) |
|-------------------|------------------|---------------|--------------|-----------------|
| Pre calentamiento | | | | |
| Cambio Flama 1 | | | | |
| Cambio Flama 2 | | | | |
| Cambio Flama 3 | | | | |
| Temp. Final | | | | |
| Enfriamiento | | | | |

| Temperatura | T tostador (°C) | T Cropster (°C) |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| Temperatura de equilibrio (°C) | | |
| Temperatura Primer Crack (°C) | | |
| Temperatura Segundo Crack (°C) | | |

Porcentaje de merma (%): _____

Peso neto del grano tostado (Kg): _____

Color (Agrtron Gourmet) _____

Densidad: _____

Notas de tostado

Evaluación sensorial

Validación de tostado

Nombre de operador

Supervisa

PR-FO-002

REVISIÓN:00

Figura 71. Formato para el control de operaciones del tostador





Otro parámetro que debe ser evaluado para validar este proceso es el color final obtenido del tueste; Para realizar la evaluación del color se debe tomar en cuenta que el color de tueste se mide entre 30 minutos y 4 horas después de tostar el café, a temperatura ambiente. Esta medición tiene una tolerancia de ± 1.0 unidades para Agron “Gourmet”:

Tabla 17. Riesgos relacionados con el tostado del café

| Etapa del proceso | Riesgos | Medidas Preventivas |
|-------------------|--------------------------------------|--|
| Tostado de café | Falta de capacitación del personal | Capacitación del personal en el uso del equipo y manejo del software Elaboración de procedimientos, métodos e instructivos de trabajo |
| | Falta del registro de la información | |
| | Falta de mantenimiento al equipo | Implementación de un programa de mantenimiento preventivo |

Despedrado

Durante esta etapa, el equipo separa piedras u objetos extraños del café tostado.

Tabla 18. Riesgos relacionados con el despedrado de café

| Etapa del proceso | Riesgos | Medidas Preventivas |
|--------------------|------------------------------------|---|
| Despedrado de café | Falta de capacitación del personal | Capacitación del personal en el uso del equipo. |
| | Falta de mantenimiento al equipo | Implementación de un programa de mantenimiento preventivo |

Molienda

La molienda del café es definida de acuerdo al grado de tueste (densidad del grano), ya que un tueste muy oscuro requiere un tamaño de partícula mayor que un tueste medio o claro, para evitar la sobre-extracción de compuestos amargos y astringentes. Durante esta etapa es importante el monitoreo de tres parámetros:





- Grados Brix: A partir de esta medición se puede monitorear la cantidad de sólidos solubles en la infusión final.
- Color: El color debe definirse tanto para el café en grano como para el café molido, ya que generalmente el café molido tiende a ser más oscuro.
- Dispersión de partícula: Se debe verificar que el tamaño de la partícula corresponda al establecido para cada producto.

Tabla 19. Riesgos relacionados con la molienda del café

| Etapa del proceso | Riesgos | Medidas Preventivas |
|-------------------|--------------------------------------|---|
| Molienda de café | Falta de capacitación del personal | Capacitación del personal en el uso del equipo. Elaboración de procedimientos, métodos e instructivos de trabajo |
| | Falta del registro de la información | Establecimiento de un sistema de documentación y registro |
| | Falta de mantenimiento al equipo | Implementación de un programa de mantenimiento preventivo |

Envasado

El envasado del producto se puede hacer en bolsas de polipropileno de alta barrera, la cuales evitan el intercambio de gases. Otro paso importante en el envasado del café es la inyección de nitrógeno gaseoso para purgar la mayor cantidad de oxígeno posible en las bolsas con café. Durante esta etapa se realiza un monitoreo constante del porcentaje de oxígeno en el producto, con ayuda de un analizador de gases.

Tabla 20. Riesgos relacionados con el envasado de café

| Etapa del proceso | Riesgos | Medidas Preventivas |
|-------------------|--|---|
| Envasado de café | Envasado (sellado de las bolsas) inadecuado del producto | Capacitación del personal en el uso del equipo. |
| | Falta del registro de la información | Establecimiento de un sistema de documentación y registro |
| | Falta de mantenimiento al equipo | Implementación de un programa de mantenimiento preventivo |





Embalaje

El producto final es acondicionado en cajas de cartón, de acuerdo a las cantidades definidas previamente. Para asegurar que el contenido de las cajas es el indicado, las cajas son pesadas antes de ser entregadas a embarques.

Tabla 21. Riesgos relacionados con el embalaje de café

| Etapa del proceso | Riesgos | Medidas Preventivas |
|-------------------------|--------------------------------------|---|
| Embalaje bolsas de café | Embalaje inadecuado del producto | Implementación de un programa de monitoreo. |
| | Falta del registro de la información | Establecimiento de un sistema de documentación y registro |
| | Falta de mantenimiento al equipo | Implementación de un programa de mantenimiento preventivo |

ANÁLISIS

Control de procesos

Un reto dentro del control en los procesos, es el uso de metodologías avaladas por organizaciones internacionales y con cumplimiento en la normatividad del país, así como el uso de equipos que permitan realizar mediciones exactas con trazabilidad, en los lugares donde se requiere la medición sin necesidad de mover de su lugar de origen el producto a verificar.

Es necesario utilizar métodos y equipos de evaluación adecuados a las necesidades de cada empresa, sin perder de vista los fundamentos técnicos que respalden la veracidad de estos; además de ser capaces de leer e interpretar correctamente los resultados obtenidos en cada etapa.

Para un adecuado desempeño de los equipos que se utilizan en la industria durante los procesos productivos, es necesario comprobar cada determinado tiempo, que funcionan adecuadamente y están correctamente calibrados para dar resultados precisos. Siguiendo esta directriz se debe considerar contar con el apoyo de laboratorios especializados en metrología avalados por la EMA (Entidad Mexicana





de Acreditación) para la verificación y calibración de equipos, lo cual les da validez a los resultados obtenidos durante las evaluaciones realizadas al café.

Los equipos que se deben tener en cuenta para medir factores importantes del proceso del café son:

- Básculas y balanzas digitales. Para generar la cuantificación correcta del café.
- Equipos de medición de calidad del agua usada en el beneficio del café. Para garantizar la inocuidad del café.
- Potenciómetros. Para dar seguimiento a la fermentación del mucílago del café.
- Equipos de control y monitoreo de condiciones de almacenamiento. El proceso de almacenamiento del café resulta sensible y fundamental para la producción de un café de calidad.
- Equipos de monitoreo para tostadores. La posibilidad de controlar los tiempos y temperaturas de tueste representa una ventaja frente a otras empresas.
- Equipos de medición de color. Estos equipos permiten garantizar el cumplimiento de las especificaciones físicas de cada producto.
- Refractómetros. Estos equipos permiten garantizar el cumplimiento de las especificaciones químicas de cada producto.
- Analizadores de gases. Para corroborar las condiciones adecuadas de envasado del producto final.

La validez del resultado de cualquier prueba de laboratorio depende de la operación correcta del equipo de análisis, por esto es importante seguir las siguientes prácticas para la operación de equipos:

- Se recomienda utilizar el equipo a una temperatura ambiental relativamente estable.
- No se recomienda colocar el equipo donde esté expuesto a la luz solar directa.





- Se recomienda realizar una limpieza diaria, o más frecuente si es necesario, al equipo y sus componentes asociados.
- Se deben seguir los procedimientos de calibración con estricto apego a las referencias de calibración proporcionadas por el fabricante.
- Debe brindarse mantenimiento al equipo tal como lo sugiere el fabricante.
- El equipo y las referencias de calibración deben ser recertificados de manera periódica para garantizar su precisión, tal como lo sugiere el fabricante.

Otro aspecto importante, es el personal involucrado, y que este conozca los factores involucrados en la calidad de su producto; Esto les permitirá entender la importancia de implementar sistemas y programas que ayuden a asegurar las especificaciones del producto final; Para validar el conocimiento y la preparación del personal es importante tomar en cuenta las certificaciones existentes.

Las certificaciones deben de cumplir con las siguientes características:

- Deben desarrollar competencias del procesamiento de café para diferentes profesionistas en la cadena de suministro, incluido el personal técnico y el administrativo.
- Proporcionar una comprensión científica del procesamiento del café para mejorar constantemente la calidad y reducir los riesgos existentes del procesamiento.
- Permitir implementar mejoras prácticas para trabajar, basándose en un sistema de control de calidad.
- Proporcionar conocimientos y herramientas para mejorar el trabajo y aumentar la competitividad en el mercado.

Existen dos programas de certificación implementados por el Instituto de Calidad del Café (CQI, por sus siglas en inglés) que comparten varias características entre ellos. Las certificaciones *Q grader* y *Q processing* son una plataforma administrativa común, con el mismo rigor en la selección y preparación de los instructores, la misma filosofía de plantear un reto a los que trabajan con el café para renovar el entendimiento del producto. Estas dos certificaciones permiten a todos los





involucrados a lo largo de la cadena (agricultores, distribuidores, tostadores, catadores y clientes) productiva tener una opinión objetiva y estandarizada sobre la calidad de un café y las mejoras que se pueden implementar a lo largo de esta cadena.

Q grader

En el caso de la certificación *Q grader*, este programa permite a todos los involucrados en la catación de café aprender y unificar un mismo vocabulario para evaluar el café.

La certificación es útil durante la compra café, seleccionar perfiles de tueste y métodos de producción y entender el origen del café. Esto nos permite comunicarnos de forma objetiva sobre la calidad a través de toda la cadena de distribución del café.

Las personas certificadas como *Q grader* utilizan técnicas olfativas (análisis olfativo) y habilidades de análisis sensorial, así como protocolos de catación para calificar un café con base en varios atributos, como color, aroma, fragancia y sabor.

Q processing

Esta certificación está basada en conocimientos sobre el procesamiento, tecnología de procesamiento, buenas prácticas y control de calidad, abarcando los métodos de procesamiento de cafés, como natural, honey y lavado; también se enfoca en los factores y mecanismos mediante los cuales el procesamiento tiene un impacto en el sabor. Se conocen conceptos de la fisiología de la semilla, de microbiología, de la dinámica del secado y de química del sabor, proporcionando un sistema un sistema para realizar experimentos de procesamiento y evaluar su impacto en la taza.

Puntos de control

Café verde

La forma de prevenir los defectos en el café y su posterior rechazo, se logra con un buen manejo del cultivo, la recolección oportuna y las buenas prácticas durante el procesamiento por parte de los productores y los comercializadores.





Es de suma importancia entender la relación causa y efecto desde los resultados posteriores al beneficiado hasta el carácter y la calidad del producto final. Un programa efectivo de control de calidad debe incluir intervalos definidos entre los análisis del beneficiado, así como el análisis del producto terminado (café oro).

Perfilado

El perfil de tostado constituye una herramienta con la que cada empresa crea la personalidad única de sus productos. Las especificaciones de cada producto y los métodos de control de calidad estructurados, así como los procedimientos de medición implementados a lo largo del proceso de fabricación ayudarán a mantener aquellos objetivos de personalidad establecidos.

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial del café como una parte del proceso del control de calidad, asegura el uso de las materias primas adecuadas, la selección de perfiles de tueste y la obtención de un producto que cumpla con las especificaciones establecidas. La metodología para la evaluación sensorial toma en cuenta el uso de materiales y equipos que mejoren la precisión, así como la exactitud de los resultados; también promueven el entendimiento de lo ocurrido en otras etapas de la cadena de abasto y mejoran la comunicación entre los involucrados.

Tostado

La cuantificación del desarrollo del tostado mediante el uso de herramientas analíticas garantiza la consistencia. El proceso de tostado es variable y, como tal, debe ser controlado. El uso adecuado de las herramientas de medición del desarrollo del tostado, permitirá dar resultados confiables que ayuden no solo a validar esta etapa, sino también a hacer predicciones sobre el comportamiento del café en diferentes situaciones (a diferentes temperaturas, tanto ambientales como del grano).

Análisis del producto terminado

El desarrollo del tostado debe analizarse nuevamente y el café debe catarse una vez que el proceso de fabricación haya terminado, esto es, cuando el producto está listo para ser embalado y vendido al cliente.





Los cambios al producto de índole temporal (al igual que otros cambios que pueden tener lugar como una función del proceso de fabricación, como es el caso del embalaje) deben ser notificados en la especificación del producto.

Conclusiones

Es recomendable que el productor de café tome en cuenta todos los riesgos involucrados en cada una de las etapas de su proceso para poder establecer un sistema de evaluación y monitoreo, que prevenga desviaciones en la calidad de su producto.

Se sugiere establecer metodologías que controlen los riesgos durante el procesamiento del café, estas metodologías deben tener un fundamento técnico y científico que sea respaldado por asociaciones internacionales, nacionales y que cumplan con la normatividad vigente. Aunado a esto, el establecimiento de un sistema de documentación para la información generada permitirá a los involucrados validar la eficiencia de estas metodologías, enfocándose en un plan de mejora continua.

Se recomienda que tanto las metodologías como los procesos estén descritos bajo un vocabulario estandarizado por la SCA (Specialty Coffee Association), la ICO y ANACAFE, para favorecer el entendimiento de los involucrados a través de la cadena de abasto.

Conforme avanza la industria del café, se reconoce cada vez más el papel del procesamiento en la creación del sabor y la calidad. Para muchas empresas, el adquirir conocimiento sobre las relaciones entre el procesamiento, el sabor y la calidad puede hacer la diferencia entre obtener un precio justo o uno por debajo del esperado.

La cultura cafetalera en México es un tema de identidad nacional, lo que se puede aprovechar para crear estrategias de venta basadas en elementos de calidad, como las buenas prácticas de manufactura, certificaciones, formas de producción amigables con el medio ambiente o las denominaciones de origen y con esto abrirles las puertas a pequeños productores a mejores mercados.





Bibliografía

1. AMECAFE. (agosto, 2017). Análisis del Mercado de Consumo de Café en México 2016.[En línea] Disponible en: https://amecafe.org.mx/wp-content/uploads/2017/08/Euromonitor_Informe_An%C3%A1lisis-de-consumo-2016-AMECAFE-Final.pdf [Último acceso el 20 de julio de 2019]
2. ASERCA. (marzo, 2002). Café de México: Hacia los mercados de calidad. [En línea]. Disponible en: <https://info.aserca.gob.mx/claridades/revistas/103/ca103.pdf> [Último acceso el 10 de julio de 2019]
3. Badui, S. (2006). Química de los alimentos. (4ª ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.
4. Barker, R. (2017). El oficio del catador. En Connie Blumhardt. (Ed.), El libro del tostado, (pp.283-295). México: JC Publishing.
5. Beattie, P. (2005). El cultivo del sabor. En Connie Blumhardt. (Ed.), El libro del tostado, (pp.50-53). México: JC Publishing
6. Belchior, V., Boydell, H. (2019). Anatomía De La Cereza De Café: ¿Qué Es Un Grano De Café? [En línea] Disponible en: <https://www.perfectdailygrind.com/2019/03/anatomia-de-la-cereza-de-cafe-que-es-un-grano-de-cafe/>05/12/2019, [Último acceso 05 de diciembre de 2019].
7. CCI. (Sin fecha). Medición del color del café tostado. [En línea] Disponible en: <http://www.laguiadelcafe.org/guia-del-cafe/calidad-del-cafe/Medicion-del-color-del-cafe-tostado/> [Último acceso 20 de marzo de 2020]
8. CEDRSSA. (marzo, 2018). EL CAFÉ EN MÉXICO DIAGNÓSTICO Y PERSPECTIVA. [En línea]. Disponible en: <http://www.cedrssa.gob.mx/files/10/30EI%20caf%C3%A9%20en%20M%C3%A9xico:%20diagn%C3%B3stico%20y%20perspectiva.pdf> [Último acceso 28 de junio de 2019]
9. CEFP. (diciembre de 2001). El mercado del café en México. [En línea]. Disponible en: <https://www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefp/cefp0542001.pdf> [Último acceso 30 de junio de 2019]
10. CENACAFE. (Sin fecha). Estados productores de café en México. [En línea]. (Actualizado al 2019) Disponible en: <http://www.cenacafe.org.mx/estados.html> [Último acceso 30 de junio de 2019]
11. CENICAFE. (2000). BENEFICIE CORRECTAMENTE SU CAFÉ, Caldas, Colombia.
12. Coffee IQ. (25 de octubre de 2018). Una mirada a la catación de café. [En línea]. Disponible en: <https://www.coffeeiq.co/una-mirada-a-la-catacion-de-cafe/> [Último acceso 30 de junio de 2019]





13. Coffee IQ. (Sin fecha). Procesos del café: Lavado, Natural y Honey. [En línea]. Disponible en: <https://www.coffeeiq.co/procesos-del-cafe-lavado-natural-y-honey/> [Último acceso 17 de abril de 2020]
14. Contreras P. (25 de octubre de 2018). Necesidades de una cafecultura moderna en México. [Versión electrónica]. Roast Magazine. Recuperado el 20 de julio de 2019, de <https://www.roastmagazine.com.mx/articulos/necesidades-de-una-cafecultura-moderna-en-mexico>
15. Contreras, P. (2015). Curso avanzado de tostado. [Diapositivas de PowerPoint]. Recuperado 20 de octubre de 2019].
16. Contreras, P. (2016). Descubriendo, evaluando y degustando el café mexicano. [Diapositivas de PowerPoint]. Recuperado 12 de febrero de 2019].
17. David T. (junio de 2009). Entrando en calor. En Connie Blumhardt. (Ed.), El libro del tostado, (pp.172-177). México: JC Publishing.
18. Facultad de química. Sin fecha. Perfil de Egreso. [En línea] Disponible en: <https://quimica.unam.mx/ensenanza/licenciaturas-de-la-facultad-de-quimica/quimica-de-alimentos/#perfil-de-egreso> [Último acceso el 30 de Marzo de 2020]
19. Foley, K. (2006). Almacenando su café verde. En Connie Blumhardt. (Ed.), El libro del tostado, (pp.87-189). México: JC Publishing.
20. Guevara G.R, Cruz R. C. L., Veja M. X & Severiano PP. (2010). SECCION 2: Sistema Nervioso. Capítulo 15. Funciones de la sensibilidad gustativa. Dentro del libro Fisiología médica. (Eds.), Xavier G. S., Griton E. & Prieto B. (Ed.), Intersistemas, S.A. de C.V., México D.F. pp. 107-114.
21. González Héctor. (Sin fecha). La reacción de Maillard. Oscurecimiento no enzimático. [En línea] Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/06LareacciondeMaillard_28223.pdf [Último acceso el 30 de Enero de 2020]
22. Fennema, O. (2010). Química de los alimentos. Editorial Acribia. 1993. (5ª ed.) Zaragoza. Acribia
23. Gallagher, J. (5 de julio de 2019). Understanding Roaster Drum Speed & Its Affect on Your Coffee. [En línea] Disponible en: <https://www.perfectdailygrind.com/2019/06/understanding-roaster-drum-speed-its-affect-on-your-coffee/>. [Último acceso 20 de septiembre de 2019].
24. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2010). Guía técnica para el beneficiado de café protegido bajo una indicación geográfica o denominación de origen. [En línea] Disponible en: <https://bootcoffee.com/wp-content/uploads/2014/10/Guia-Tecnica-de-Beneficiado.pdf> [Último acceso 8 de septiembre de 2019].
25. ICO. (2017). Aspectos botánicos. [En línea] Disponible en: http://www.ico.org/es/botanical_c.asp [Último acceso 3 de Agosto 2019]





26. ICO. (2019). Historical Data on the Global Coffee Trade. [En línea] (Actualizado al 2019). Disponible en: http://www.ico.org/new_historical.asp?section=Statistics. [Último acceso 30 de mayo 2019]
27. ICO. (Sin fecha). Historia del café. [En línea]. Disponible en: http://www.ico.org/ES/coffee_storyc.asp. [Último acceso 21 de mayo 2019]
28. ICO. (2017). Procesamiento de campo. [En línea] Disponible en: http://www.ico.org/ES/field_processingc.asp [Último acceso 18 de junio 2019]
29. Soto R. (2005). Guía de buenas prácticas para la producción de café semi lavado y natural. [En línea] Disponible en: https://www.anacafe.org/uploads/file/5bf712a0d74542f4a4ae5d6c1f60701d/Guia_de_honeys-ES.pdf [Último acceso 20 de julio 2019]
30. Koh, S. (25 de septiembre de 2019.) Discover The History of The Coffee Roaster. [En línea] Disponible en: <https://www.perfectdailygrind.com/2019/09/discover-the-history-of-the-coffee-roaster/> [Último acceso 20 de octubre de 2019]
31. Meilgaard, M., Civille, G.V. Carr, B.T. (2015) Sensory Evaluation Techniques. (5ª ed.). Boca Raton: CRC Press.
32. Moguel, Patricia y Toledo, Víctor M. (1996). El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. Ciencias, núm. 43, julio-septiembre, pp. 40-51.
33. Molina, A. (marzo de 2017). 6 Defectos Comunes en el Tueste y Cómo Reconocerlos. [En línea] Disponible en: <https://www.perfectdailygrind.com/2017/03/6-defectos-comunes-en-el-tueste-y-como-reconocerlos/> [Último acceso 27 de enero de 2019]
34. Molina, A. (octubre de 2017). Guía de Tueste del Café: Cómo Controlar la Carga de Temperatura. [En línea] Disponible en: <https://www.perfectdailygrind.com/2017/10/guia-de-tuestes-del-cafe-como-controlar-la-carga-de-energias/> [Último acceso 02 de febrero de 2020]
35. Morales, J. M., Mingo, E. M., Caro, M. A. (2014). Fisiología del gusto. [En línea] Disponible en: <https://www.studocu.com/es/document/universidad-catolica-san-antonio-de-murcia/fundamentos-de-nutricion/apuntes/069-fisiologia-del-gusto-facultad-de-toledo/2972080/view> [Último acceso 17 de diciembre de 2020]
36. Nestlé (31 de agosto de 2012). Historia del café. Nestlé. [En línea] Disponibles en: <https://www.nestle.com.mx/media/pressreleases/historiadelfe> [Último acceso 20 de mayo de 2020]
37. Nolasco, M., Downing, T., Toledo, A., Fuentes, R., Legorreta, A. (1985). Café y sociedad en México. (1ª ed.). México: Centro de Eco-desarrollo.





38. PROFECO. (octubre de 2011). Despierta y conoce + sobre el café. [En línea] Disponible en: <https://www.gob.mx/profeco/documentos/desperta-y-conoce-sobre-el-cafe> [Último acceso el 31 de marzo de 2019]
39. Puerta, G. I. (2000). Beneficie correctamente su café y conserve la calidad de la bebida. [En línea] Disponible en: <https://docplayer.es/28074351-Beneficie-correctamente-su-cafe-y-conserve-la-calidad-de-la-bebida.html> [Último acceso 20 de julio 2019]
40. Roche, D., Osgood, R. (diciembre de 2007). Álbum familiar. En Connie Blumhardt. (Ed.), El libro del tostado, (pp.42-49). México: JC Publishing.
41. Rodríguez, N., Sanz, J. R., Oliveros, C. E., Ramírez, C. A. (2015). Beneficio del café en Colombia. [En línea] Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/Final libro Beneficio isbn.pdf> [Último acceso 29 de Septiembre de 2019]
42. Román, J.G. (sin fecha). El beneficiado del café. [En línea]. Disponible en: <file:///C:/Users/Investigacion%202/Downloads/Dialnet-ElBeneficiadoDelCafe-755834.pdf> [Último acceso el 03 de Agosto de 2019]
43. Sancho, J.; Bota, E & de Castro, JJ. (2002). Introducción al Análisis Sensorial de
44. los Alimentos. (Ed.), ALFAOMEGA Grupo editor, S.A. de C.V. pp. 43-100.
45. Schwatzberg, H., Adluri, V. (marzo de 2007). Ola de calor. En Connie Blumhardt. (Ed.), El libro del tostado, (pp.172-177). México: JC Publishing.
46. Steiman, S. (agosto de 2011). Manejo de la cereza. En Connie Blumhardt. (Ed.), El libro del tostado, (pp.54-59). México: JC Publishing.
47. SCAA. (2010). Roast Color Classification System. (Ed.), Coffe roast clasissification color disks, (pp.1-9). EUA: SCAA
48. SCA. (Sin fecha). Coffee Standars. [En línea] Disponible en: <https://sca.coffee/research/coffee-standards> [Último acceso 14 marzo de 2020]
49. SCA. (Sin fecha). Protocols & Best Practices. [En línea] Disponible en: <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices> [Último acceso 19 marzo de 2020]
50. SCA. (Sin fecha). El café Arábica lavado. Guía de defectos del café verde. [En línea] Disponible en: https://bootcoffee.com/wp-content/uploads/2019/09/SCA_The-Arabica-Green-Coffee-Defect-Guide_Spanish_updated.pdf [Último acceso 15 de abril de 2020]
51. SCAN. (2015). Evaluación sensorial del café. [En línea] Disponible en: <http://scanprogram.org/wp-content/uploads/2012/08/20151026-Evaluacion-sensorial-del-cafe.pdf> [Último acceso 20 de julio 2019]
52. Straub, C y Turer, S. (septiembre de 2019). Espectroscopía Iluminada. [En línea] Disponible en: <https://www.roastmagazine.com.mx/articulos/espectroscopia-iluminada> [Último acceso 10 de abril].





-
53. Songer, P. (2015). El uso del análisis cromático en el control de calidad. (Ed.), El libro del tostado, (pp.317-323). México: JC Publishing.
 54. Tagliazucchi, D., Verzelloni, E. y Conte, A. (2010). Effect of Dietary Melanoidins on Lipid Peroxidation during Simulated Gastric Digestion: Their Possible Role in the Prevention of Oxidative Damage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2513–2519.
 55. Triendle, A. (2008). Detección de defectos. En Connie Blumhardt. (Ed.), El libro del tostado, (p.101). México: JC Publishing.
 56. Turer, S. (2010). Otro vistazo a la catación. En Connie Blumhardt. (Ed.), El libro del tostado, (pp.297-301). México: JC Publishing.
 57. Vanegas, F. (febrero de 2017). ¿Sabes qué es la Nariz del Café? [En línea] Disponible en: <https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2017/02/24/sabes-que-es-la-nariz-del-cafe/> [Último acceso 20 de marzo de 2020]
 58. World Coffee Research. (Sin fecha). Café arabica. [En línea] Disponible en: <https://varieties.worldcoffeeresearch.org/es/info/coffee/about-varieties> [Último acceso 20 de julio de 2019]
 59. Zollman K. (junio de 2012). La ciencia del tostado. En Connie Blumhardt. (Ed.), El libro del tostado, (pp.166-171). México: JC Publishing.
 60. Zollman K. (2017). El tostado del café. En Connie Blumhardt. (Ed.), El libro del tostado, (pp.218-225). México: JC Publishing.

