UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1803

Vicerrectoría de Investigación

TUESTE EN ORIGEN

Cartilla orientada a caficultores innovadores















Universidad de Antioquia, Septiembre 2025
Vicerrectoría de Investigación
ISBN: 978-628-7762-56-5

Rector
John Jairo Arboleda Céspedes

Vicerrectoría de Investigación
Claudia Marcela Vélez

Directora Sede de Investigación Universitaria (SIU)
Gloria Marleny Valencia Bustamante

Coordinadora Grupo de Investigación GEMCA
Cecilia Gallardo Cabrera

Autores
Cecilia Gallardo-Cabrera, María Alexandra Quirama-Rivera, Juliana Rojas, Luis Esteban Pérez-Pérez, Deisy Johana Gómez-Quintero, Edilson Alexis Zapata-Uribe, Claudia Patricia Posso-Carvajal, Juan Camilo Lopera-Idárraga, Andrés Julian Tobón-Agudelo, Diana María Tabares-Guevara, Juan Camilo Zambrano-Sánchez, Marcela Martínez-Castaño

Todos los derechos reservados. © Universidad de Antioquia

Primera edición

Universidad de Antioquia.
Calle 67 No. 53 - 108 | Medellín - Colombia|
Teléfono: 2192315
Mail: cecilia.gallardo@udea.edu.co

Fotógrafo: Universidad de Antioquia y Dímelo Comunicaciones
Diseño de cubierta y diagramación: Universidad de Antioquia y Dímelo Comunicaciones
Corrección de estilo: Universidad de Antioquia
Impresión y terminación: Multigráficas S.A.S
Impreso y hecho en Medellín, Colombia

Esta es una publicación de la Universidad de Antioquia. Se realiza en cumplimiento al PROYECTO **"Incremento de la competitividad de los caficultores mediante el fortalecimiento de capacidades en CTeI del Municipio de Ituango"**, código BPIN: 2020000100301 y el programa Jóvenes Investigadores de la Universidad de Antioquia. Queda prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio o con cualquier propósito, sin la autorización escrita del Grupo de Investigación GEMCA de la Universidad de Antioquia. Esta publicación es de distribución gratuita.

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
Vicerrectoría de Investigación

Tueste en origen

Cartilla orientada a caficultores innovadores

Cecilia Gallardo-Cabrera, María Alexandra Quirama-Rivera, Juliana Rojas, Luis Esteban Pérez-Pérez, Deisy Johana Gómez-Quintero, Edilson Alexis Zapata-Uribe, Claudia Patricia Posso-Carvajal, Juan Camilo Lopera Idárraga, Andrés Julián Tobón-Agudelo, Diana María Tabares-Guevara, Juan Camilo Zambrano-Sánchez, Marcela Martínez-Castaño



Prólogo

Estimados caficultores y caficultoras,

En este material encontrarán información práctica sobre los principios del tueste del café, para comprender mejor cómo liberar el potencial sensorial del grano que cultivan con tanto esmero. El tueste es una etapa crucial en la cadena del café, en la que la ciencia, la tecnología y la tradición se encuentran para transformar la calidad cultivada en la finca en sabores y aromas que llegan hasta la taza.

Esta cartilla también busca fortalecer su vínculo con la transformación del grano, aprovechando las plantas piloto que hoy hacen parte del laboratorio del caficultor. Este espacio, dotado con maquinaria especializada y diseñado para el aprendizaje y la experimentación, permiten explorar perfiles de tueste, controlar variables y aplicar principios científicos para mejorar la calidad. Solo a través de la apropiación social por las comunidades caficultoras se logra que el saber técnico se integre con la experiencia tradicional, promoviendo procesos más sostenibles, autónomos y orientados a la mejora continua.

Este material fue construido para caficultores y caficultoras innovadoras, quienes ven en el tueste una oportunidad para conocer más su producto. Esperamos que esta guía sirva como herramienta para seguir experimentando y aprendiendo del café, y para continuar siendo protagonistas de una caficultura cada vez más técnica, consciente y transformadora.



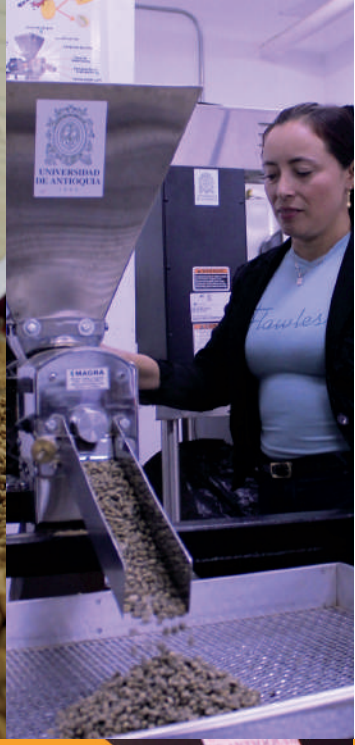
Contenido

¿Por qué es importante que un caficultor aprenda a tostar?.....Página 7
¿De qué hablamos cuando decimos tueste de café? .....Página 8
Acuerdos mientras estoy en el Laboratorio del caficultor ..... Página 9
Gestión estratégica del tueste ..... Página 10
Del café pergamino al café tostado.....Página 11
La trilladora.....Página 12
Cuidados de la trilladora. .....Página 13
Cascada de la trilladora.....Página 14
¿Cómo almacenar el café verde en mi finca?.....Página 15
Seleccionadora por tamaño.....Página 16
El baile de la seleccionadora.....Página 17
Cuidados de la seleccionadora.....Página 18
Trazabilidad directa: características del grano y origen..... Página 19
Diagnóstico del café para tostar.....Página 20
Ahora sí a lo que vinimos: a tostar se dijo..... Página 21
¿Cómo se forman tantos sabores y aromas en el tueste?.....Página 22
¿Qué necesito para tostar café?.....Página 23
Evolución de tecnologías para el tueste de café.....Página 24
Tueste: Transferencia de calor al grano.....Página 25
Fases del tueste.....Página 28
Curva de tueste..... Página 29
Tueste en olla..... Página 30
Tueste en el Laboratorio del caficultor.....Página 34
Partes de la Tostadora..... Página 33
El viaje de la tostadora..... Página 34
La tostadora me dibuja la curva de tueste... ¡qué maravilla!..... Página 37
Software Artisan..... Página 38
¿Cómo usar el software?..... Página 39
Puntos críticos de la curva de tueste..... Página 40
La curva y las fases del tueste..... Página 41
Vamos más allá... Tostar café es llevar el ritmo..... Página 42
Tostar: saber cuándo acelerar y cuándo frenar..... Página 43
La importancia de manejar la velocidad..... Página 44
Desarrollo del tueste y sus efectos. ..... Página 48
Tipos de tueste. ..... Página 51
Defectos de tueste..... Página 52
Defectos visibles del tueste. .....Página 53
Cultura tostadora. ..... Página 54
Planificación del tueste. .....Página 55
Ejecución del Tueste. ..... Página 56
Si llegaste hasta aquí eres un caficultor-tostador.....Página 58
Referencias. .....Página 58









¿Por qué es importante que un **caficultor aprenda a tostar?**

Tostar es una oportunidad para que el caficultor complete el ciclo de su propio esfuerzo. Significa descubrir en su máximo esplendor los aromas, y sabores que nacen en la tierra y se cuidan con esmero desde la siembra hasta el secado. Es la posibilidad de controlar el resultado final de su trabajo y de tomar decisiones que realcen la identidad del café que ha cultivado con tanto cuidado.

Cuando un caficultor tuesta, se empodera de una etapa crucial de la calidad de su producto, con la ventaja de que el comprende a profundidad el grano para desarrollar un perfil apropiado para su café.

Tostar es demostrar que el café no es solo un producto agrícola, sino una expresión cultural y sensorial que nace en las manos del caficultor y puede llegar al mundo para acompañar momentos memorables.



¿De qué hablamos cuando decimos **tueste de café?**

Cuando hablamos de tueste de café, no hablamos simplemente de aplicar calor a un grano o de un tueste alto, medio o bajo. Hablamos de un acto de transformación, que honra el trabajo de quienes cultivaron el grano y celebra al consumidor que valora e invierte por un buen café.
Es donde los compuestos internos del grano, formados lentamente en la planta, comienzan a revelarse a través del calor.

Un caficultor-tostador al apropiarse de la calidad en taza toma decisiones informadas sobre sus prácticas agricolas, ajustando técnicas de cultivo, manejo de la cosecha y post-cosecha para optimizar los resultados. Esto crea un ciclo de retroalimentación que conduce a una caficultura competitiva.

Un caficultor-tostador abre nuevas oportunidades de comercialización. Al desarrollar perfiles de tueste, pueden diferenciar su producto en el mercado, ofreciendo algo único que refleja su trabajo y su historia. De esta forma, pueden atraer mercados exigentes creando un puente emocional entre el productor y el consumidor, fidelizar a consumidores que valoren la autenticidad y calidad de su producto y la historia detrás de cada taza. Dialogar con mayor seguridad con compradores, catadores, baristas y tostadores.

Cada café tiene su curva de tueste, es darle valor agregado y competitividad.







Acuerdos mientras estoy en el **Laboratorio del caficultor**



1. Llevar café de mi finca, 300 gramos en adelante.
2. Ropa ligera: Por el calor que se hace al realizar el tueste. Zapatos cómodos: Que permitan estar parado largas jornadas y guardar los accesorios.
3. Evitar perfumes: Para poder percibir los aromas del café en las diferentes etapas de procesamiento.
4. Lavarse las manos y limpiar las herramientas antes de trabajar con el café para evitar la contaminación y saber a que sabe mi café.
5. Hidratación continua: Para que mi cuerpo este en equilibrio.
6. Actitud positiva: Para que todo lo que hagamos en el laboratorio salga bien.
7. Actitud de aprendizaje: Estar dispuesto a aprender y mejorar las habilidades en el procesamiento y el análisis del café.
8. Tener la certeza que todo se puede aprender si me entreno.
9. Paciencia y concentración: El procesamiento y el análisis del café requieren tiempo y atención a los detalles.

¡Prepárate para un emocionante viaje hacia un café excepcional y una comunidad más fuerte que nunca!

¡Los detalles son la diferencia! Acompañarse siempre de una persona del laboratorio. Documentar lo que hago para poderlo repetir o para mejorar

Podemos tostar en la finca y en el Laboratorio del Caficultor











1



Trilla

2



Selección

3



Tueste

4



Molienda y barismo

5



Catación

Gestión estratégica del tueste

La gestión estratégica del tueste significa pensar bien cada paso: antes, durante y después de tostar el café.

Antes de Tostar

Preparar el café pergamino para el tueste y conocer su origen, variedad, humedad y densidad, con los que elaboro un plan de tueste.

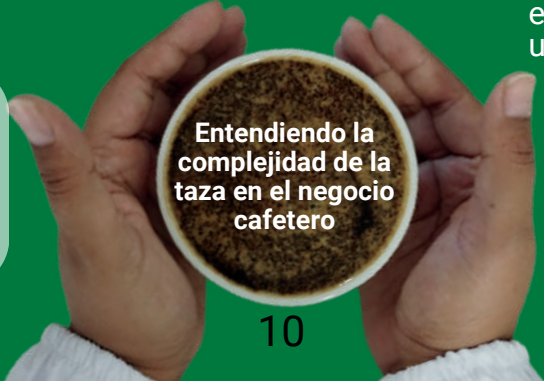




Durante el Tueste

Es clave cuidarme a mi mismo y a la máquina. Operar la máquina de acuerdo con el plan de tueste y estar atentos al color, olor y sonido del grano para ajustar los parámetros de tueste.





Después del Tueste

Se prueba el café (cata) se anotan los resultados y se compara con el sabor que esperaba. Decido si es necesario como puedo mejorar el tueste en el futuro y lograr un sabor que enamore.



Del café pergamino **al café tostado**

Para transformar el café pergamino en café tostado hay un camino importante por recorrer. No se trata solo de tostar, sino de preparar y conocer bien el grano antes del tueste.

1. Trillar el café pergamino
2. Seleccionar el grano por tamaño, y quitar los granos defectuosos.
3. Medir la humedad, la densidad y el peso del café, para decidir como tostar.



Trilla



Selección por tamaño



Selección de granos defectuosos



Medición de la densidad



Medición de Humedad

La trilladora

La etapa de trilla es un proceso determinante en la cadena de valor del café. Aquí se elimina el pergamino seco que recubre el grano, permitiendo la clasificación y evaluación objetiva de la calidad física.



Optimizar esta operación no solo implica el uso adecuado de maquinaria calibrada, sino también la incorporación de buenas prácticas que aseguren una mínima pérdida de grano, por mordidas de la máquina. Esto se traduce en una mayor competitividad para el productor, quien puede acceder a mejores precios y relaciones comerciales más estables.

Por es relevante el conocimiento técnico sobre el funcionamiento, ajuste y mantenimiento de la trilladora.

Trilladora CR-2000

El café seco- café pergamino- se lleva a la trilladora, para retirarle la capa de pergamino sin morder ni aplastar la el grano o almendra de café. El pergamino, es una especie de cáscara que protege los granos de café en su interior, por lo que la trilla es un paso crítico en el procesamiento del café, y a partir de ahí debo empacar bien el grano de café. Después de la trilla queda listo para los siguientes pasos: selección y tueste.

- **Producción: 180 kilos por hora**
- **Motor: 1.5HP (Voltaje 110-120)**
- **Peso: 22Kg**
- **Fabricante: Magra-Alonso Uribe Londoño ventas@somosmagra.com PEREIRA - COLOMBIA**





Cuidados de la trilladora

1. **Mantenimiento:** Realiza un mantenimiento general al menos una vez al mes o según las indicaciones del fabricante. Esto incluye la limpieza y revisión de partes clave del equipo.

2. **Engrasar:** Es necesario engrasar las partes móviles con grasa tipo alimentaria cada tres o seis meses según el grado de uso.

3. **No ingresar la mano más allá de la compuerta de alimentación:** Nunca metas las manos dentro de las partes del equipo, especialmente más allá de la compuerta de alimentación, para evitar accidentes.

5. **No usar anillos o metales:** Evita usar anillos, pulseras o cualquier objeto metálico mientras se trabaja porque pueda generar una descarga eléctrica o dañar el equipo.

4. **No consumir bebidas cerca del equipo:** porque podrían derramarse y dañarlo o causar un cortocircuito.

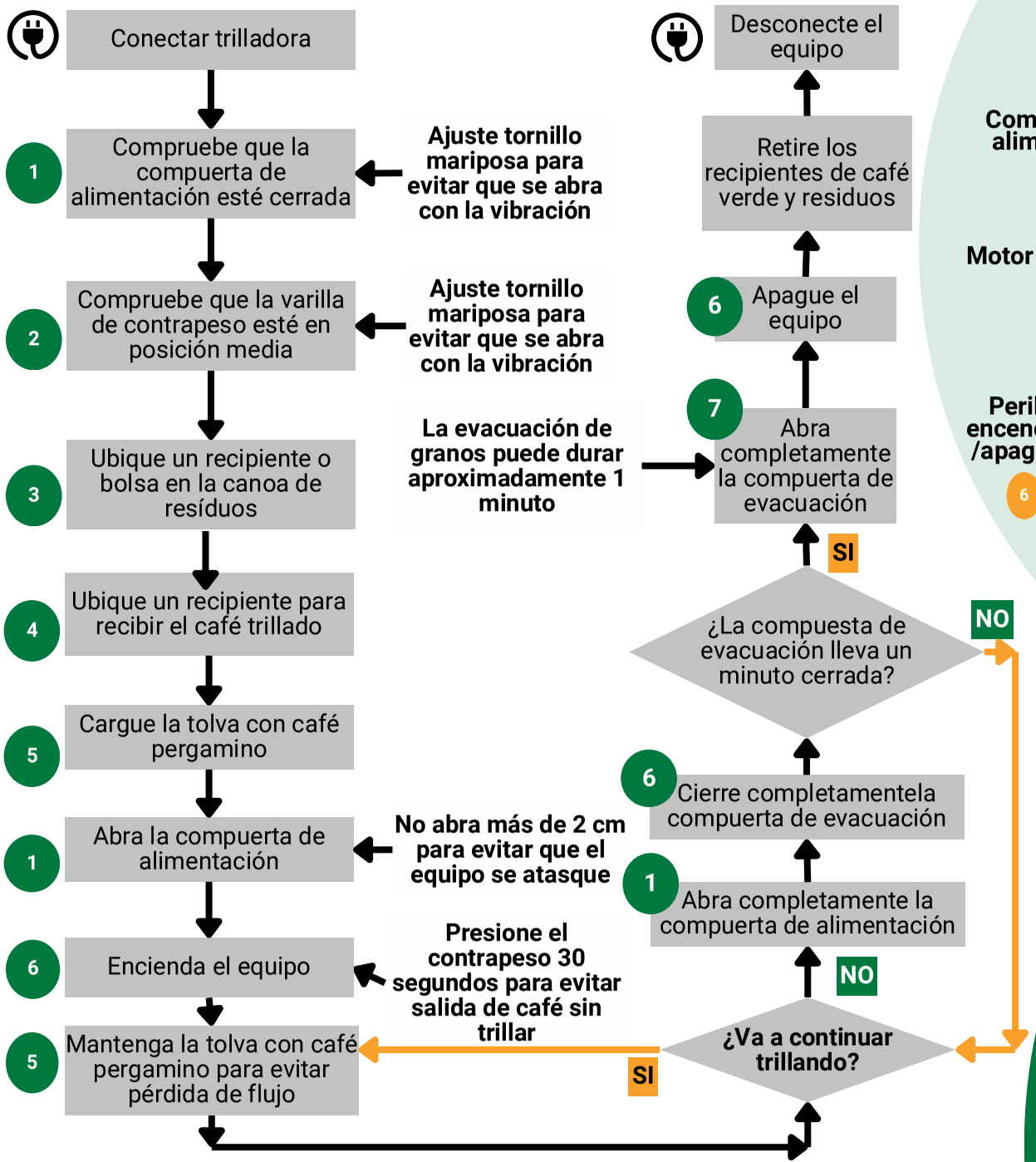
6. **Siempre estar acompañado:** Nunca operar el equipo solo. Es importante contar con la presencia de otra persona por seguridad, especialmente si algo sale mal.

7. **Si se atora:** Si el equipo se atora o se traba, apágarlo inmediatamente y siguir las instrucciones del manual para desbloquearlo de forma segura. Si no sabes cómo, llamar a un técnico especializado.

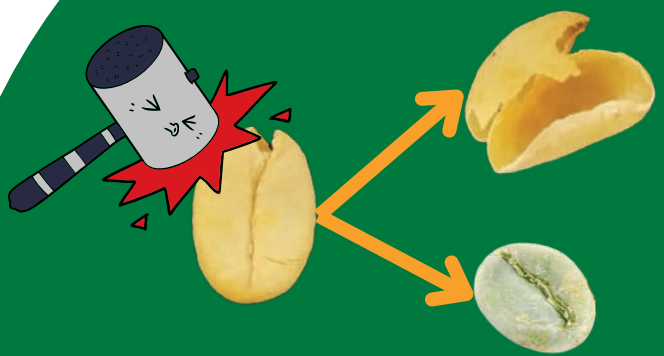
8. **Si no enciende:** Si el equipo no enciende, verificar que esté conectado correctamente y revisa el interruptor de encendido. Si el problema persiste, revisa el manual o contacta con un profesional.

9. **Calibración** periódica de piñones, sensores y circuitos eléctricos

Cascada de la trilladora







¿Cómo almacenar el café verde en mi finca?

En la finca es muy importante almacenar el café en un lugar seco, libre de olores fuertes y de luz directa. Evitar que esté en contacto directo con el piso, ponerlo sobre una tabla o estibas. Usar bolsas plásticas selladas y luego colócarlas en costales de yute para protegerlo de la humedad y el aire. El almacenamiento ideal del café pergamino es a 20 °C y 50 % de humedad.





Existen bolsas especiales para almacenar café, como las de las marcas **Ecotact o GrainPro**; son una solución de almacenamiento avanzada que protege los granos de la humedad y el aire mediante una barrera hermética de múltiples capas.

Una de sus grandes ventajas es su durabilidad, que permite que sean reutilizadas en múltiples ocasiones, ofreciendo un beneficio tanto económico como para el medio ambiente.

El empaque al vacío ayuda a reducir la oxidación y mantiene la actividad de agua entre 0.53- 0.5 lo que le da mayor duración y frescura al café. El Laboratorio del caficultor cuenta con una empacadora al vacío.



Dato curioso: Algunos almacenan el café en el congelador.

Conserva los atributos por mas tiempo.
Es un método costoso por gasto en energía.

Útil para reservas mayores a un año.

Seleccionadora por tamaño

Después de la trilla, el siguiente paso crucial en la producción del café es la selección del grano o almendra de café según su tamaño.
La seleccionadora de granos es una máquina, que permite segmentar los granos en categorías comerciales según su tamaño: malla 17 para obtener el café Supremo, malla 15 para obtener el café Excelso y malla 13 para obtener el café Estándar, de forma precisa, eficiente y continua.
La clasificación por tamaño no es un simple requisito comercial: es una estrategia de competitividad. Permite a los caficultores acceder a mercados más exigentes y diferenciar su producto con base en consistencia y estándares de calidad.

La selección por tamaño es indispensable para obtener un tueste uniforme; porque los granos al tener el mismo tamaño responden de la misma manera al calor. Mientras que si tostamos un lote de café con diferentes tamaños los granos pequeños se quemaran antes que los grandes.

Luego de seleccionar los granos por tamaño es necesario la selección manual para retirar las granos defectuosos y dejar solo las almendras sanas.



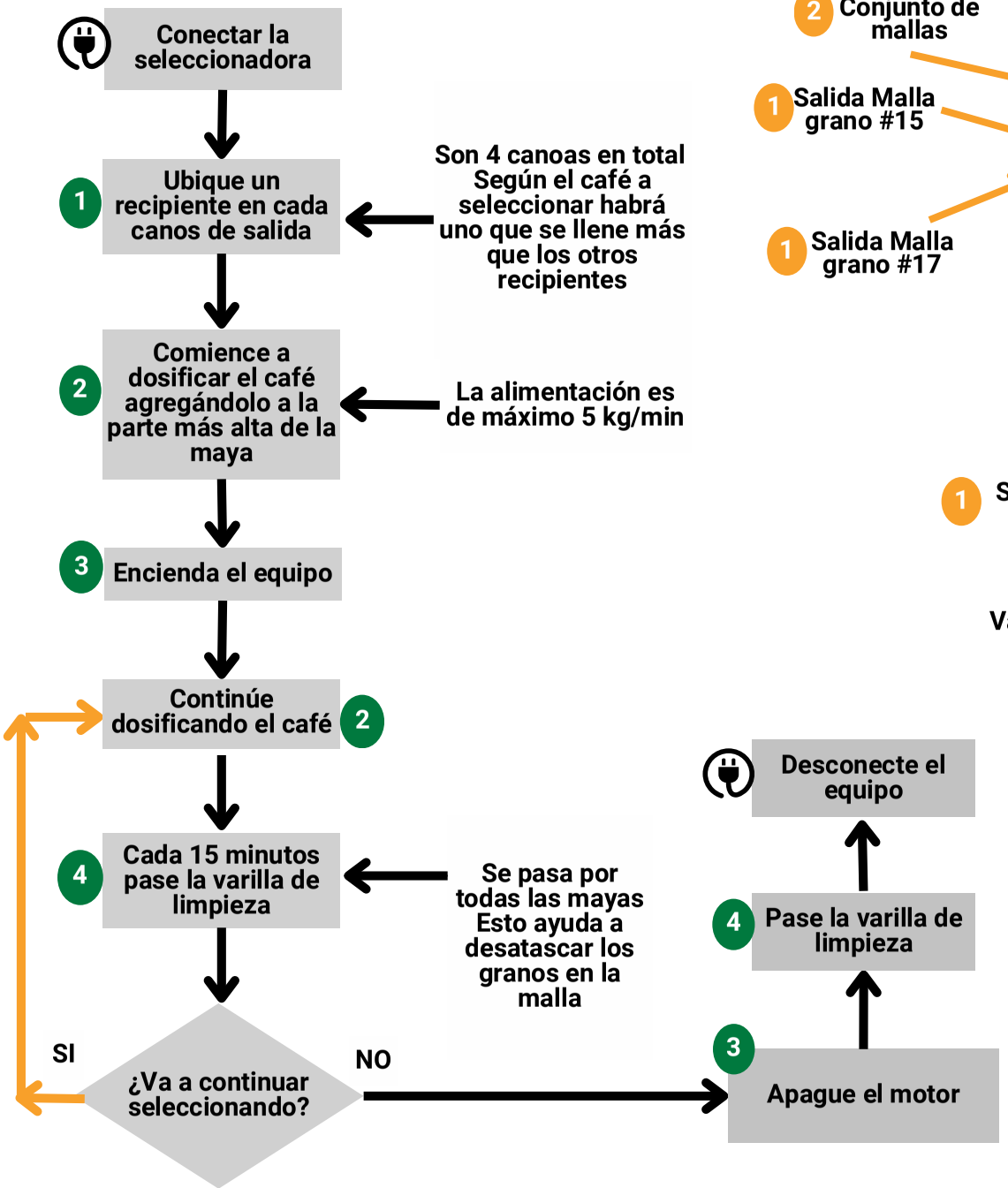


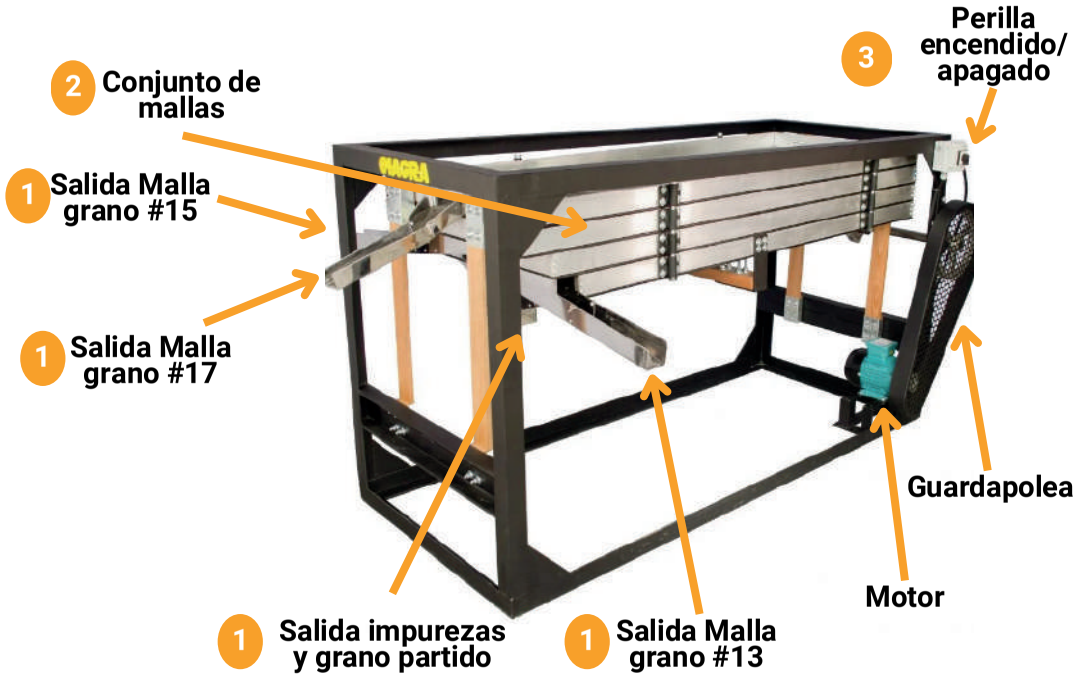
Supremo **Excelso** **Estándar**

Motor: 0.75 HP 1750RPM
(110V-220V)
Capacidad:
100-300 Kg por hora
Peso 167Kg

Fabricante: Magra-Alonso Uribe Londoño
ventas@somosmagra.com
PEREIRA - COLOMBIA

El baile de la **seleccionadora**







Cuidados de la **seleccionadora**

1. **Verificar que el equipo esté nivelado:** un equipo inestable puede vibrar o moverse durante la operación, afectando la precisión de la selección o generando accidentes.

2. **No mover el equipo encendido:** siempre apagar y desconectar antes de reubicar el equipo para evitar daños mecánicos o eléctricos.

3. **Revisar cables y conexiones:** asegurarse de que no haya cables pelados, flojos o conectados a tomas sobrecargadas.

4. **Si no enciende, no forzar el encendido:** verificar conexión, interruptor y consultar al técnico antes de intentar soluciones improvisadas.

5. **Realizar limpieza únicamente con el equipo apagado:** nunca limpiar con el equipo conectado. Utilizar brochas secas y evitar agua o químicos que dañen componentes internos.



6. **No consumir alimentos ni bebidas cerca del equipo:** Líquidos y residuos pueden causar cortocircuitos o contaminar el café en proceso.

7. **No operar con ropa suelta o cabello sin recoger**: Prendas holgadas o cabello largo pueden enredarse en las partes móviles.

Trazabilidad directa**:** **características del grano y origen**

La trazabilidad directa en el café consiste en registrar la información del producto desde la finca de origen hasta su destino final en el mercado.

En el contexto de los caficultores de Ituango, esto implica llevar un control riguroso de la información de origen como ubicación de la finca y su altura, nombre del caficultor. Información de características del grano como la variedad, el método de beneficio, el tiempo de fermentación, el factor de rendimiento, la humedad, la densidad, el tamaño de malla, el peso del lote.

También incluye datos técnicos del entorno donde se tuesta como la humedad y temperatura del laboratorio.

Este tipo de registro no solo permite entender cómo cada decisión en la finca afecta la calidad del café, sino que también convierte cada lote en una historia documentada con datos verificables que puede compartirse con compradores exigentes.

Registrar esta información fortalece el posicionamiento del caficultor como actor profesional y consciente de su producto. No se trata solo de vender café, sino de vender conocimiento, técnica y compromiso con la calidad.

Además, la trazabilidad facilita la retroalimentación: si un café fue muy bien valorado, se pueden replicar las condiciones exactas; si hubo fallas, se puede ajustar el proceso con precisión.

En un mundo donde los consumidores cada vez exigen más transparencia, la trazabilidad directa no es solo una herramienta técnica: es una estrategia de diferenciación y sostenibilidad para quienes cultivan con propósito. Cuando un comprador internacional tiene acceso a información detallada del café que adquiere, se fortalece la confianza y la fidelización.

¿Sabias que existe la **trazabilidad inversa?:**

Es la posibilidad de seguir el camino del café desde la taza hasta la finca. Sirve al comprador para saber quién lo cultivó, cómo vive, cómo procesó el café, de qué vereda viene y así tomarse un café con sentido al conocer su historia e invertir en el trabajo del caficultor.



Diagnóstico del café para tostar **parte 1**









Honey
Natural
Lavado
Otro proceso



# Lote	Fecha de revisión	Humedad del café pergamino	Peso del pergamino	Variedad de café	Nombre del caficultor	Tamaño de malla	Método de procesamiento	Tiempo de fermentación	Fecha de cosecha

Diagnóstico del café para tostar **parte 2**










FR=  250 g de café pergamino * 70 kg
 Café g Excelso

% Humedad del café verde	Peso en vaso de precipitados	Volumen del Vaso de precipitados	Densidad = Peso ÷ Volumen	Humedad de laboratorio	Temperatura del laboratorio	*Factor de rendimiento (FR)

Ahora si a lo que vinimos: a tostar se dijo

El café, al igual que muchas semillas, requiere ser tostado para convertirse en un alimento. Tostarlo implica someterlo a un proceso de calentamiento controlado. La almendra verde, de textura dura y chiclosa con olor herbáceo se convierte en un grano de color marrón, quebradizo, con olor dulce y caramelizado. El café tostado se deja moler en partículas finas que cuando se ponen en agua caliente liberan sustancias que dan sabor, aroma y cuerpo a una taza de café.

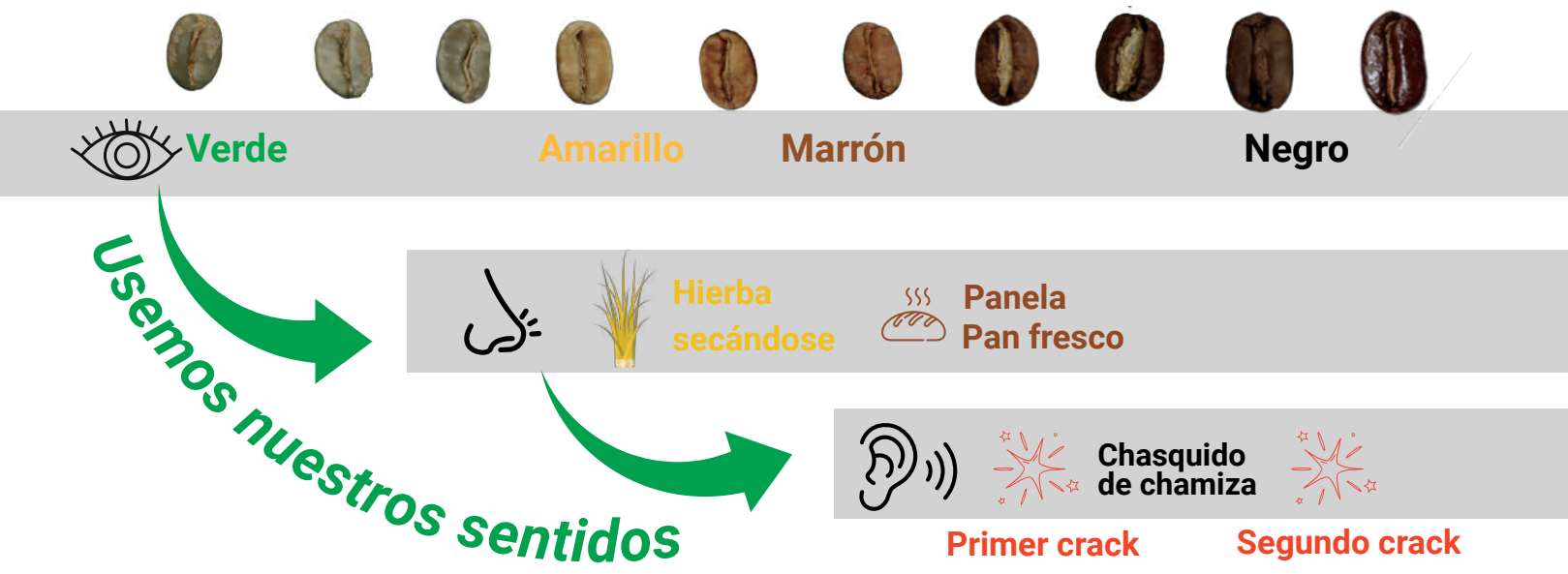
El tueste del café es**:**

Un proceso de cambios físicos, el grano pierde agua, modifica su estructura para volverse quebradizo y aumentar la solubilidad en agua.

Un proceso de cambios químicos, el grano pasa de tener más o menos 50 compuestos a tener cientos de compuestos que se solubilizan en agua y dan sabor, aroma y cuerpo a una taza de café.

Lo bonito de tostar café es que los cambios químicos y físicos los puedo **ver, oler y escuchar.** El mismo grano me va mostrando el avance del tueste, con cambios en el **color, el olor, el tamaño y hasta el sonido**, como se muestra en esta imagen:

*El grano de café **me envía señales** mientras se tuesta, así:*



Se puede ver cómo el **color** **verde** pasa por el **amarillo** hasta llegar al **negro**, cómo crece el tamaño, y cómo cambia la estructura de compacta a porosa y por eso quebradiza. El grano me avisa con un sonido parecido a un **chasquido** de **chamiza** o un **crujido** cuando cambia de estructura, lo cual se da en dos momentos llamados primer y segundo crack. En el segundo crack, se rompe la estructura y se liberan los aceites, tornando un **tono brillante** la superficie del grano.

¿Cómo se forman **tantos sabores y aromas en el tueste?**

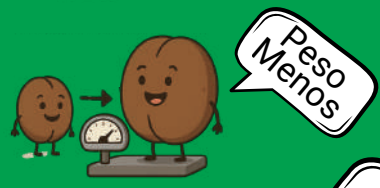
El tueste del café es una las transformaciones de alimentos mas asombrosas que existen, porque en cuestión de pocos minutos suceden grandes cambios:

1. **Transformaciones Físicas**

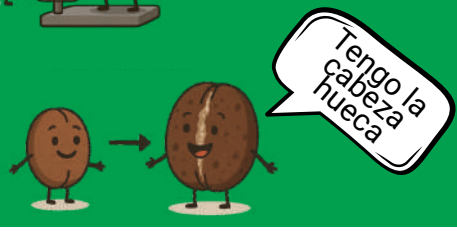
Expansión del grano: Aumenta hasta 60% su volumen por liberación de CO_2 y vapor de agua.



Pérdida de peso: Entre 12-20% por evaporación de agua y pirólisis de materia orgánica.



Cambio de densidad: El grano pasa de duro y denso a poroso y frágil.



2.**Transformaciones Químicas**

Las transformaciones químicas son varias, como se resumen en la siguiente Tabla

#	Reacción Química	Tempe-ratura	Compuestos Involucrados	Efectos en el Café	Señales Clave durante el tueste
1	**Reacción de Maillard**	150–200°C	Aminoácidos + azúcares reductores	Sabores a pan tostado, nuez, chocolate. Color marrón.	Aroma a pan horneado, cambio de color.
2	**Reacción de Strecker**	150–180°C	Aminoácidos + dicarbonilos	Sabores a nuez, chocolate, florales y afrutados. Color marrón.	Complejidad aromática post-primer crack.
3	**Caramelización**	170–200°C	Sacarosa, glucosa, fructosa	Notas dulces (caramelo, miel). Acidez balanceada.	Grano adquiere brillo dorado.
4	**Degradación de Ácidos Orgánicos**	120–180°C	Ác. cítrico, málico, tartárico	Reduce acidez bruta, genera sabores más redondos (notas a fruta madura).	Aroma a fruta cocida (manzana al horno, mermelada cítrica).
5	**Degradación de Ácidos Clorogénicos**	160–230°C	Ácidos clorogénicos Ácido quínico	Reduce astringencia, aumenta amargor.	Menos notas herbáceas, más equilibrio.
6	**Oxidación de Lípidos**	190–230°C	Aceites naturales del grano	Sabores a nuez/manteca. En exceso: rancidez.	Aroma aceitoso en tuestes oscuros.
7	**Pirólisis**	>200°C	Fibras celulares, lípidos	Aromas a cacao/tostado, amargor intenso (Tueste oscuro)	Segundo crack, migración de aceites.

¿Qué necesito **para tostar café?**

Tostar café empezó como una actividad culinaria, las personas compraban las semillas de café y los tostaban en su casa. El tueste **se inició en una olla**, y desde ahí evolucionó a las máquinas que tenemos ahora.

Tostar café requiere una fuente de energía térmica, un recipiente que transfiera el calor a los granos, un agitador para mover las semillas, algo para enfriar rápidamente el café tostado y un reloj.

Tostar café implica **tres acciones:**

1. Precalentamiento



2. Tueste





Revolver continuamente y ajustar la llama

3. Enfriamiento





Y necesito todos mis sentidos para estar pendiente de las señales del café y ajustar la transferencia de calor.

El tueste requiere de **trabajo y aprendizaje en equipo y entrenamiento continuo**





Evolución de tecnologías para **el tueste de café**

Con el ánimo de controlar el calentamiento del grano, se han construido varios artefactos para tostar. Por ejemplo, a las ollas se les adapta una tapa para controlar más el calentamiento de los granos y un agitador para facilitar el movimiento uniforme del café.







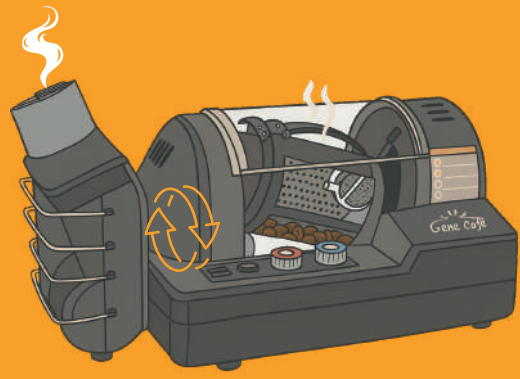


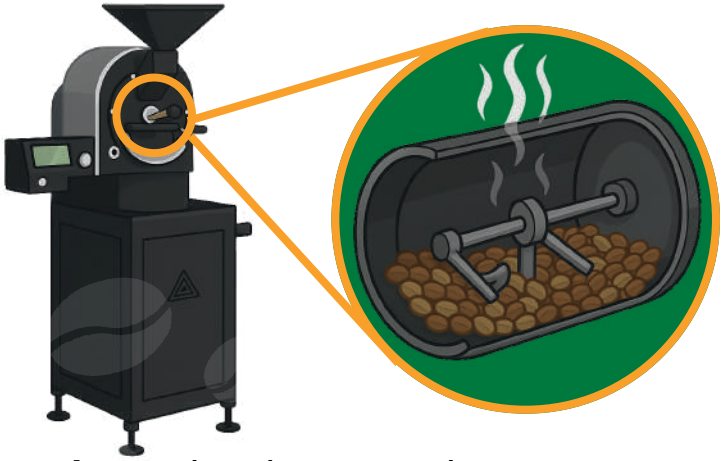
De la olla **al tambor**

Luego se ingenió el tambor o cilindro giratorio. Es decir, voltearon la olla. Los granos se agitan haciendo girar el cilindro y/o con un agitador interno. Esto mejoró el calentamiento haciéndolo más uniforme, es decir que todos los granos se calienten al mismo tiempo. El tambor giratorio es la idea básica de las tostadoras modernas, luego se implementaron otros elementos y se buscaron los materiales apropiados para mejorar el calentamiento.









Tambor de la tostadora que se encuentra en el laboratorio del caficultor

Dato curioso para que sigas explorando en internet

Existen las tostadoras de lecho fluidizado, donde el calentamiento del café se hace con aire caliente, lo que permite suspender los granos en la corriente para lograr un tueste más rápido y uniforme sin contacto directo con superficies calientes.

Tueste: **Transferencia de calor al grano**

Las transformaciones que se dan en el tueste son debido al calentamiento, es decir al aumento de la energía térmica del grano. El tueste ocurre cuando se transfiere calor desde una fuente externa de energía térmica.

En el tueste de café se usan tres mecanismos de transferencia de calor.

1. Calentamiento por conducción (contacto directo)

Calentamiento por contacto físico entre los granos y las superficies metálicas del tambor o la olla. El calor pasa de la pared caliente del recipiente a los granos.

Este calentamiento sirve al inicio del tueste porque los granos están fríos. *Cuando el grano toca el metal caliente (¡pum!)*



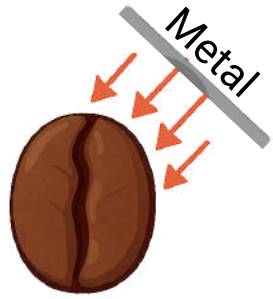
2. Calentamiento por convección (flujo de aire caliente)

Las paredes calientes del tambor transfieren calor al aire interno del tambor o de la olla si le pongo una tapa. El aire caliente transfiere ese calor a los granos. Es un calentamiento más uniforme porque el aire llega a todos los granos. Lo puedo controlar ajustando la entrada y salida de aire. Crucial en fases del tueste que requieren calentamiento más lento.



3. Calentamiento por Radiación (radiación infrarroja)

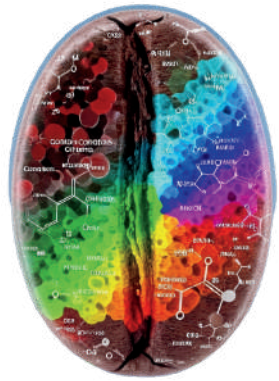
¿Has sentido el calor del sol en tu cara? Así funciona la radiación infrarroja. Las paredes calientes del tambor también emiten radiación infrarroja y los granos absorben esa radiación.



La evolución tecnológica del tueste es una optimización de estos mecanismos de transferencia de calor, buscando mayor control y uniformidad, pasando de **métodos caseros** (olla) a **sistemas sofisticados** (tostadoras de tambor modernas).

Antes de seguir hablando del tueste, vamos a preguntarnos el significado de algunas palabras que usamos casi todos los días.

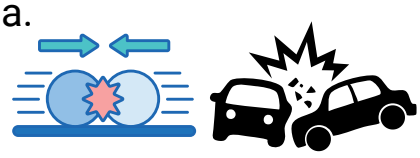
Tueste: **Transferencia de calor al grano**



¿Qué es el calentamiento?
Calentar no es solo aumentar la temperatura al café. Calentar es aumentar la energía térmica.
El calentamiento no se manifiesta exclusivamente con el aumento de temperatura, porque la energía térmica también se gasta en los cambios químicos (formación de compuestos de aroma) y cambios físicos (evaporación del agua).

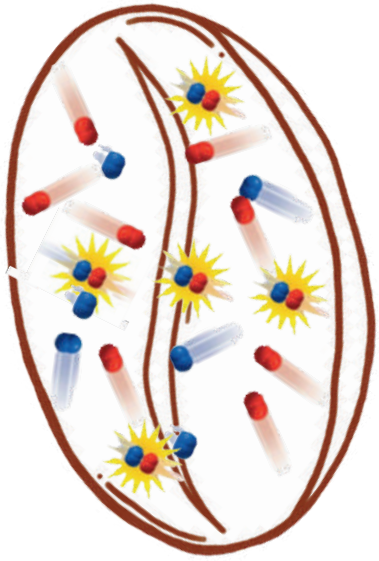
¿Qué es el calor?
Es la energía que viaja de un objeto caliente a uno frío. El calor no se posee, solo se recibe o se pierde. El calor solo se transfiere.
Cuando se habla de que el grano se calienta, se habla de un proceso donde el café gana energía térmica. No es correcto decir que el grano tiene calor. El grano tiene energía térmica.

¿Qué es la energía térmica?
Es la energía que tiene un objeto o sistema por el movimiento interno de las moléculas que lo constituyen. Cuando las moléculas se mueven muy rápido, chocan con más fuerza, y por tanto hay más energía térmica.



¿Qué es la temperatura?
La temperatura es un indicador o medida del nivel de agitación molecular .

Entonces, cuando decimos 'caliente' o "tiene alta temperatura" es la forma cotidiana de nombrar un sistema con partículas que se mueven rápidamente, y cuyos choques son muy fuertes.



Nuestra percepción de caliente no es una medida de la temperatura. Una silla de metal y otra de madera, ambas a 25°C, se sienten diferentes. La de metal se siente más fría. Esto ocurre porque nuestra piel mide la rapidez con que el cuerpo pierde energía térmica, no la temperatura absoluta del objeto. El metal extrae calor de la piel mucho más rápido que la madera, por eso se siente fría la silla de metal.



Tueste: **Transferencia de calor**

Tostar café es mucho más que simplemente calentar los granos: es un proceso de transformación controlada donde la energía térmica modifica profundamente su estructura química y física.

Cuando tostamos, el calor transferido se convierte en aumento de energía térmica del grano, y esa energía produce:

- **Aumento de la temperatura**, que mide el incremento de la agitación de las moléculas presentes en el grano.
- **Reacciones químicas**, por ejemplo; la energía de los choques moleculares a 150°C es tan fuerte que se rompen las moléculas y forman nuevas moléculas con colores y aromas complejos (reacción de Maillard).
- **Cambios físicos,** por ejemplo; la agitación de las moléculas de agua (convertidas en vapor) y Dioxido de carbono (CO_2) entre (160-180°C), es tan alta que colisionan violentamente contra las paredes celulares del grano provocando una ruptura brusca que escuchamos como el primer crack.



La cantidad de energía térmica requerida depende de: la cantidad de café (masa) y calor específico de cada café.

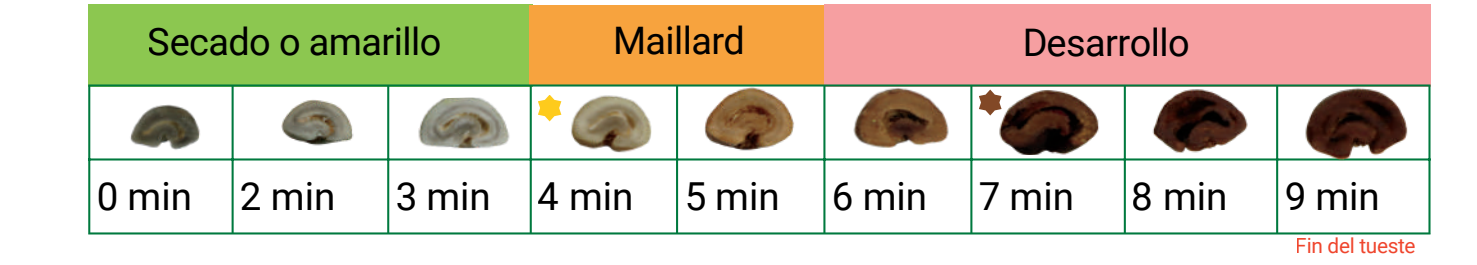
- **Cantidad de café:** calentar 800 g de café requiere casi 3 veces más energía térmica que calentar 300 g para alcanzar la misma temperatura, ya que hay más moléculas que absorberán calor.
- **Calor específico:** hay materiales que para cambiar su temperatura en 1°C necesitan absorber mucha energía térmica, almacenan la energía. Por ejemplo los granos con humedad tardan más en calentarse porque "almacenan" energía en evaporar agua antes de subir la temperatura.

Fases del tueste

Una forma práctica de comprender las transformaciones del café es dividir el proceso de tueste en tres fases: **Secado, Maillard y Desarrollo**.

	Secado	Maillard	Desarrollo
Qué Ocurre	Evaporación de humedad.	Desarrollo de sabores tostados.	Pirólisis, formación de aceites.
Señales	Grano amarillo, olor a hierba.	Aroma a pan, color marrón.	Primer crack, color negro, abrillantamiento, segundo crack

En cada una suceden cambios físicos y químicos que impactan el sabor, aroma y estructura del grano. El comienzo y final de cada fase la puedo distinguir por las señales que da el grano, como se muestra a continuación.



La fase de secado o amarilleo termina cuando el grano alcanza un color amarillo pálido y un olor a hierba secándose. La fase Maillard termina con el primer crack. Desde ahí se inicia la tercera fase, el desarrollo, donde se siguen formando compuestos y donde el tostador define cuando finaliza el tueste. En la mayoría de los tuestes no se llega al segundo crack por que se intensifica el sabor amargo y quemado.

Fijémonos que en las primeras dos fases el grano absorbe calor, por eso necesitamos aportarle energía térmica alta; mientras que la tercera fase el grano emite calor y por tanto necesita menos energía térmica.



El primer crack no es solo un sonido; **es el grito del grano pidiendo menos fuego. Si lo ignoras, puedes quemar tu café.**

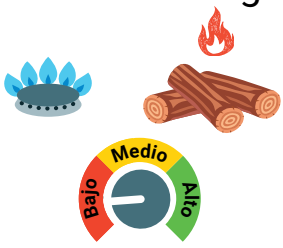
Curva **de tueste**

Las fases del tueste requieren diferentes grados de transferencia de calor, eso quiere decir que hay que estar pendiente de la intensidad de la llama. No se tuesta café con la misma llama.

Esto no es nuevo para quienes disfrutan cocinar:

- Cuando cocinamos arroz, comenzamos con fuego alto para llevar el agua a ebullición y calentar el grano rápidamente, luego bajamos a fuego medio para que los granos absorban agua, y finalmente usamos fuego bajo para que el arroz llegue hasta su punto sin quemar la olla.
- Cuando fritamos buñuelos, también ajustamos el fuego permanentemente para que nos queden cocidos por dentro y por fuera, y evitar que se revienten.

Lograr un punto de cocción en ciertos alimentos requiere tomar decisiones sobre momentos para aumentar y bajar la transferencia de calor. Eso lo hago con la perilla que me regula la llama del quemador de una estufa de gas o con la cantidad de leña en un fogón.

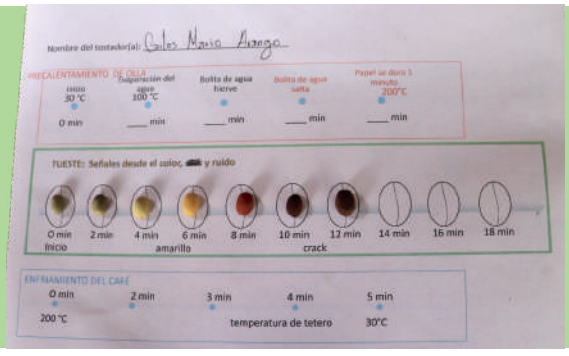


Energía térmica baja



Energía térmica alta

El ajuste de la llama durante el tueste es la **Curva de tueste** o perfil de tueste.



Las decisiones sobre bajar el fuego se toman uniendo las señales del café con el conocimiento de lo que le está ocurriendo al grano. Tostar es arte y ciencia.

Mencionamos que el primer crack es un grito del grano pidiendo bajar la llama porque su energía térmica es altísima y se pueden quemar los aromas y sabores. La proximidad del primer crack es anunciada con el olor a pan o panela, este olor me avisa que debo bajar la llama.

Un caficultor-tostador está atento a estas señales y toma decisiones anticipadas sobre cómo llevar el tueste.



Tueste en olla



Sigue siendo una alternativa viable, ofrece una experiencia para compartir y te acerca a conocer tu café.

A continuación describimos cómo hacer los tres pasos para tostar el café en tu cocina.

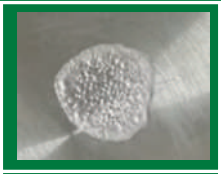
Primer paso: **pre-Calentamiento de la olla**

Escoge una olla de paredes gruesas y de boca ancha.

Antes de poner el café en la olla, es fundamental realizar un buen precalentamiento para asegurar una transferencia de calor uniforme y constante durante el tueste.

A falta de medidores de temperatura digitales, puedes ver el comportamiento de una gota de agua o de un papel como indicadores visuales de temperatura, tal como se muestra a continuación:



				
Temperatura ambiente 25-30˚C	Evaporación del agua 100-130˚C	Bolita de agua hierviendo 130-193˚C	Bolita de agua saltando 193-200˚C	Papel se dora en 1 minuto 200˚C

¿Cuál es el punto adecuado para poner el café en la olla caliente?

El punto ideal para iniciar el tueste es cuando la olla alcanza los 193 y 200 °C, es decir, cuando la bolita de agua salta o cuando el papel comienza a dorarse en un minuto. Este rango asegura que el grano reciba el impacto térmico adecuado desde el comienzo.

Poner el café antes de este punto puede generar un tueste desigual y demasiado lento, mientras que por encima de los 200 °C podría ocasionar un tueste muy rápido, quemando el exterior del grano sin tostarse por dentro.

Tueste en olla

Segundo paso: **tueste en olla**



Cargo o pongo el café en la olla precalentada y activo el reloj, revuelvo el café continuamente durante todo el proceso, trato de darle vuelta al grano para evitar que se queme la cara plana del grano.

Pensar en la Curva de Tueste



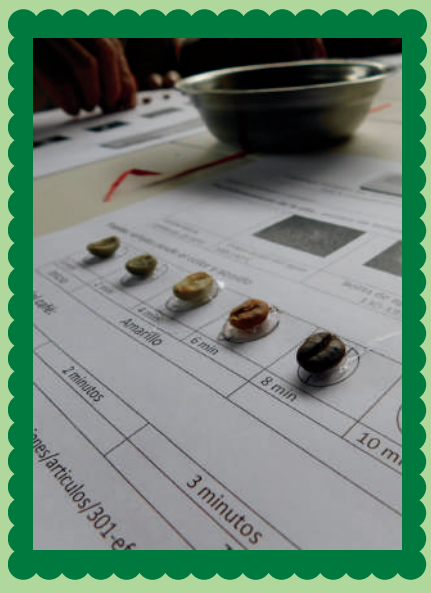
Calentar y revolver el café no es tostar. Tostar es arte y ciencia, porque tengo que estar pensando en la energía térmica que estoy aplicando. No importa si tengo un fogón de leña, de gas o eléctrico, lo importante es que tener presente que al tostar café hay momentos que necesitan mayor transferencia de calor que otros.

La curva de tueste la tengo que planear antes de tostar el café. Desde el precalentamiento me preparó para que el tueste empiece con alta temperatura, porque se requiere alta energía térmica para lograr que todos los granos se calienten de forma pareja y uniforme.

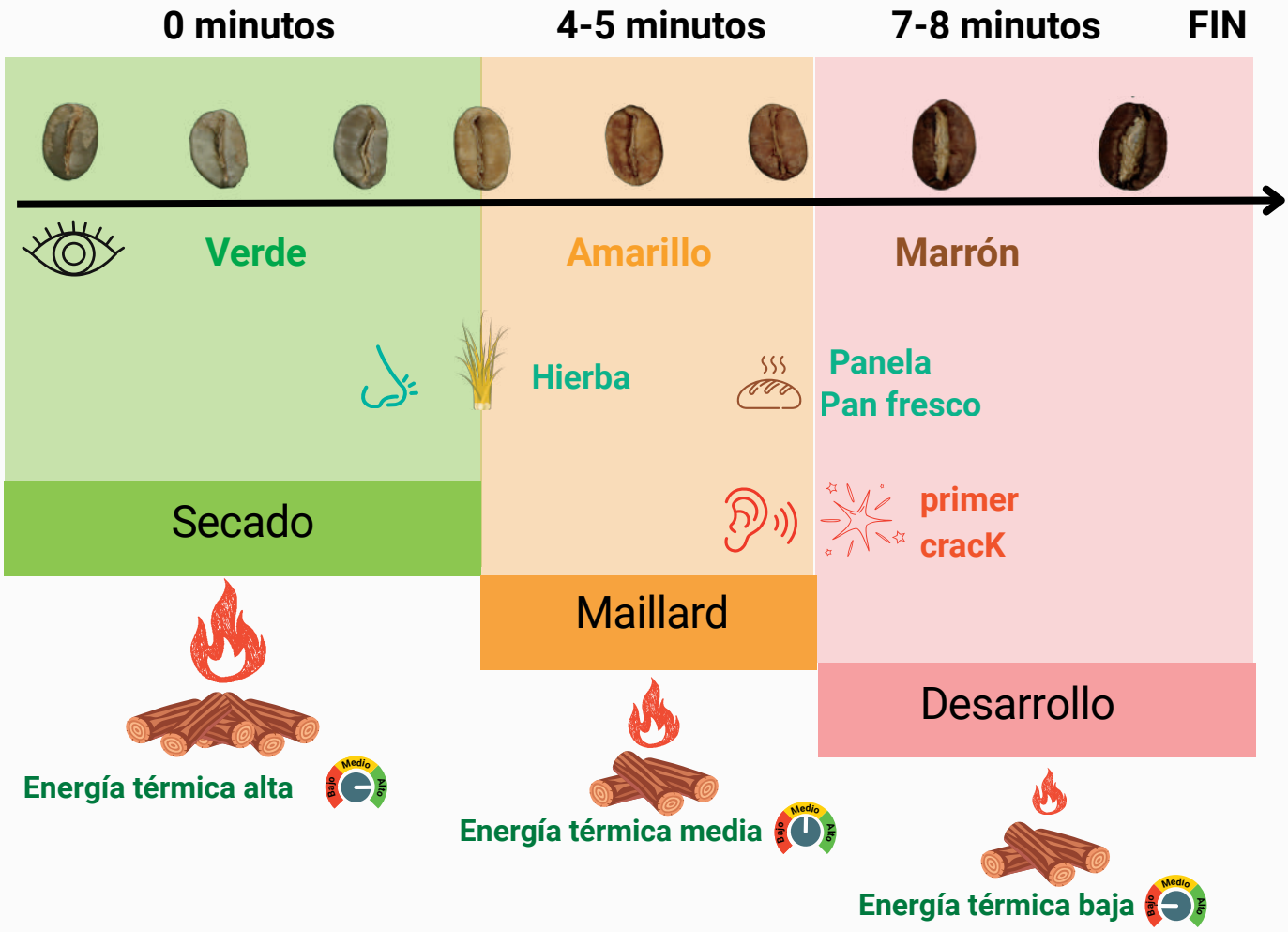
En la etapa de secado, sigo aplicando una **llama alta**, cuando el grano se amarillea diciéndome que va a entrar a la fase Maillard pongo la llama en medio, y cuando empieza a oler a pan o panela diciéndome que pronto va a crujir y a empezar las reacciones de liberación de calor, pongo la **llama en bajo** hasta terminar el tueste.







Curva de tueste: **tueste en olla**



Pautas para tomar decisiones en tiempo real

Con reloj en mano, empiezo medir el tiempo desde que pongo el café en la olla. Inicio con una alta intensidad de la llama, suficiente para que:

- a los **4 minutos** el grano esté con un color amarillo pero no dorado,
- a los **6 minutos** huela a pan o panela.
-

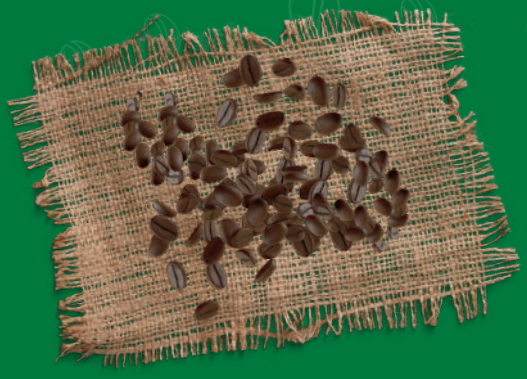
El olor a pan es la señal que me indica que está próximo el primer crack y la fase donde el grano emite calor, por eso el olor a pan o panela me anticipa la necesidad de bajar la llama para que:

- El primer crack se dé entre **7 a 8 minutos**

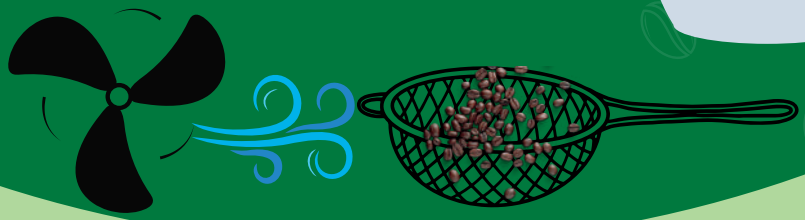
Cuando escucho el primer crack estoy atento al punto en que decido finalizar el tueste.

A medida que voy conociendo mi café voy ajustando la curva de tueste para expresar los aromas y sabores que tiene mi grano de café y que son de mi gusto y de mis clientes.

Tercer paso: **enfriamiento del tueste en olla**







Una vez se alcanza el punto deseado de tueste, es esencial enfriar rápidamente los granos para detener la reacción química, evitar que se queme la acidez, evitar la volatilización de los aromas, evitar formación de sabores amargos y favorecer la formación de cristales solubles en agua. El enfriamiento se debe dar en máximo 5 minutos para llegar a temperatura de tetero 40°C. Es necesario vaciar el café en un recipiente frio y ventilarlo, o vaciarlo en una superficie plana y limpia, extender el café y separar cada grano para que el aire lo enfrié rápidamente.





Tueste en el Laboratorio del caficultor

El Laboratorio del Caficultor cuenta con dos tostadoras que permiten explorar y dominar el tueste: la DR1, con capacidad de hasta 1 kilo, ideal para microtuestes y evaluación de muestras; y la DR12, diseñada para tuestes de mayor volumen, hasta 12 kilos.

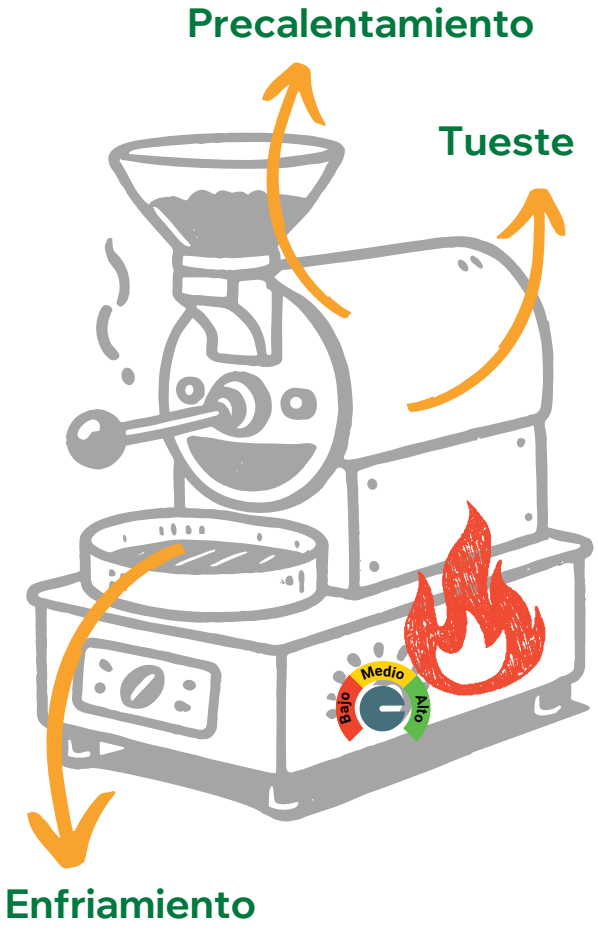
Que un caficultor tenga acceso directo a una tostadora significa más que autonomía: representa el poder de tomar decisiones informadas sobre su propio café, comprender cómo la curva de tueste influye en los atributos sensoriales, y manejar con precisión una máquina que antes era exclusiva de laboratorios técnicos o tostadores comerciales, atraer a las nuevas generaciones de caficultores, todo en conjunto contribuye a la sostenibilidad de la cadena del café arábiga.

Una tostadora tiene los elementos que necesito para realizar el **Precalentamiento, Tueste y Enfriamiento** en la misma máquina.

Tiene una **mirilla** para observar el café dentro del tambor y tiene un sacador de muestra para observarlo y olerlo.

Además, tiene **sensores** que me informan cómo cambia la temperatura con el tiempo, la velocidad de agitación y los va registrando en un computador.

A continuación conoceremos las partes de la máquina y cómo la podemos operar correctamente.



La tostadora me dibuja la **curva de tueste...** que maravilla !

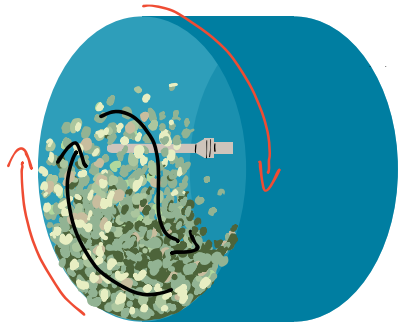


Las tostadoras me muestran la curva de tueste en la pantalla del computador, como las del Laboratorio del caficultor.

La tostadora usa una llama de gas como fuente de energía térmica, es como una estufa de gas. Cuando tuesto, voy moviendo la intensidad de la llama del quemador con la perilla y además le informo al computador la potencia que pongo el quemador, por ejemplo: 40 % seria alto y 5% seria bajo.

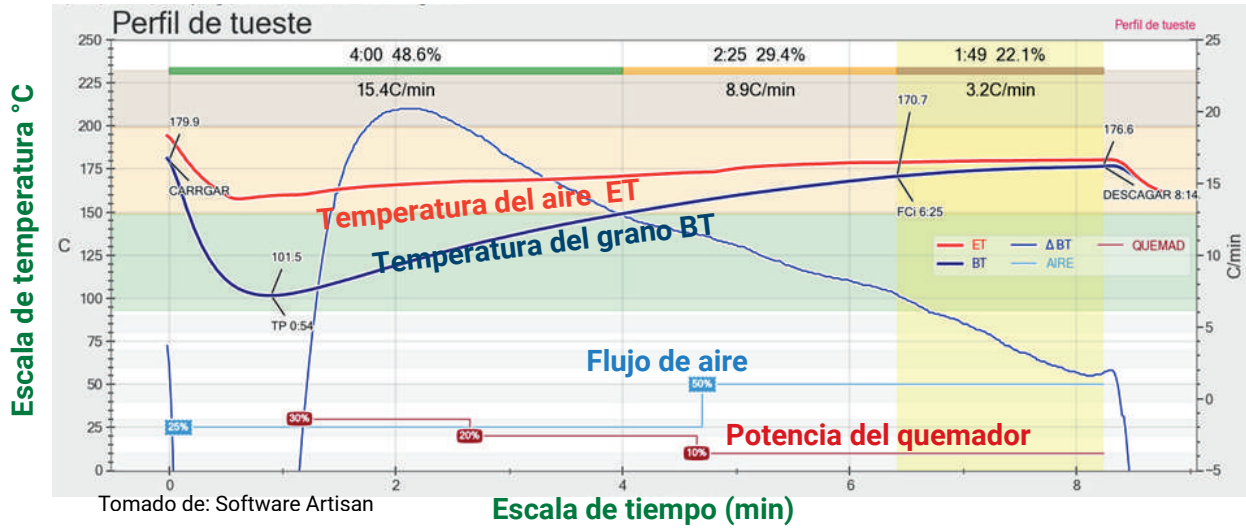
¿Cómo se mide la temperatura del grano (BT)?

Las tostadoras están equipadas con termómetros metálicos (llamados termopar o sonda), son como barras metálicas, que están ubicados en el interior del tambor, para medir la temperatura del aire del grano BT (bean temperature) y la temperatura del aire en el interior del tambor ET (Environmental Temperature).



La sonda metálica para medir la temperatura del grano BT, está ubicada dentro del tambor giratorio para que quede inmersa dentro de la masa de granos. Cuando giro el tambor mientras tuesto, los granos chocan con la sonda, transfiriéndole calor por conducción. La sonda aumenta su temperatura y registra este aumento. Es importante destacar que la sonda no mide directamente la temperatura superficial de los granos individuales, sino una temperatura de equilibrio afectada por la frecuencia de choques con los granos.

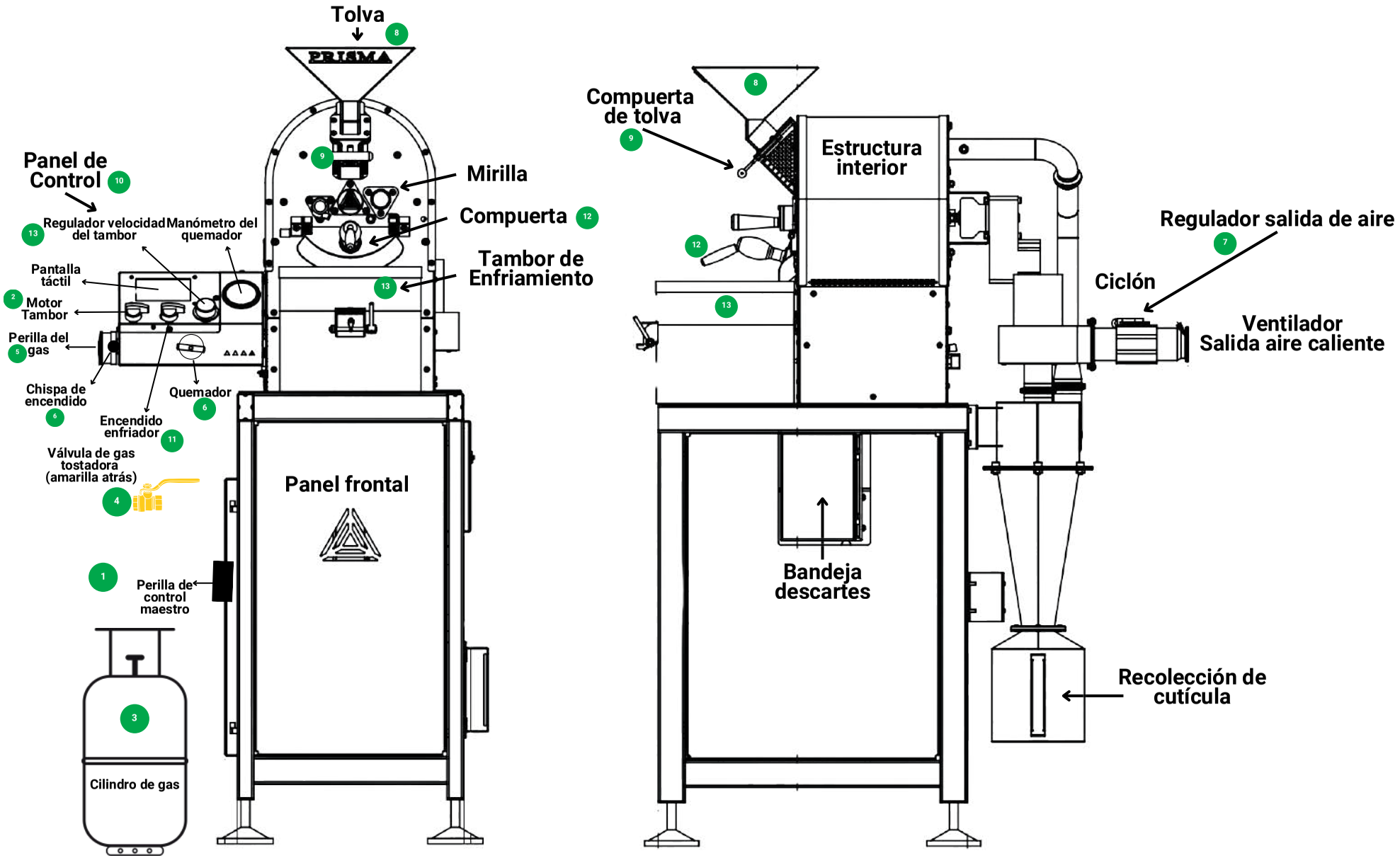
La curva de tueste me muestra cómo cambia la temperatura con el tiempo, que responde a la forma como el caficultor-tostador está ajustando la potencia del quemador.



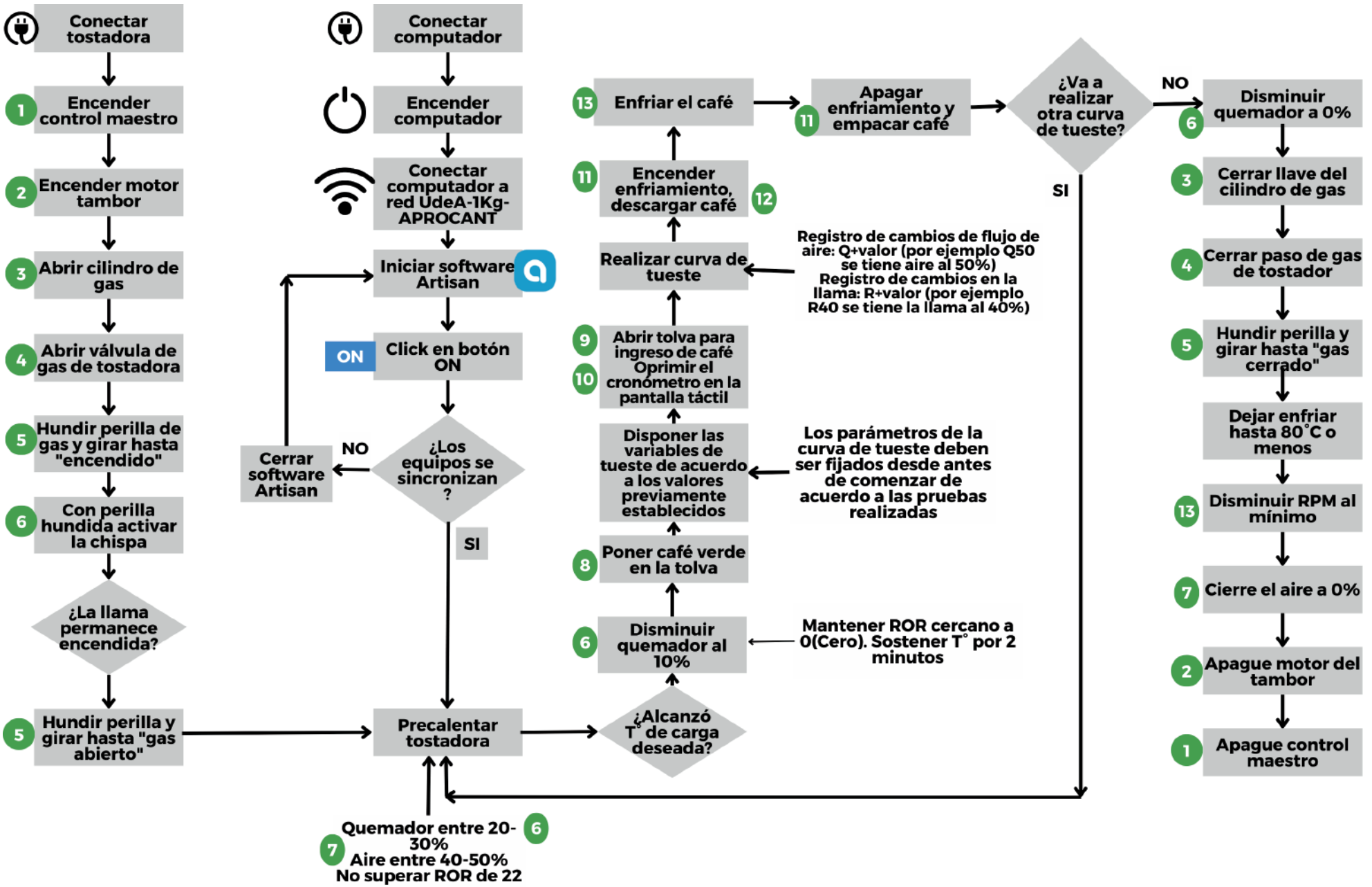
Tomado de: Software Artisan

En las tostadoras también puedo regular el flujo de aire, si es bajo habrá mayor calentamiento, si es alto el calentamiento será menor. Cuando abro el aire, también lo registro en el computador para que me salga en la curva de tueste.

Partes de la Tostadora



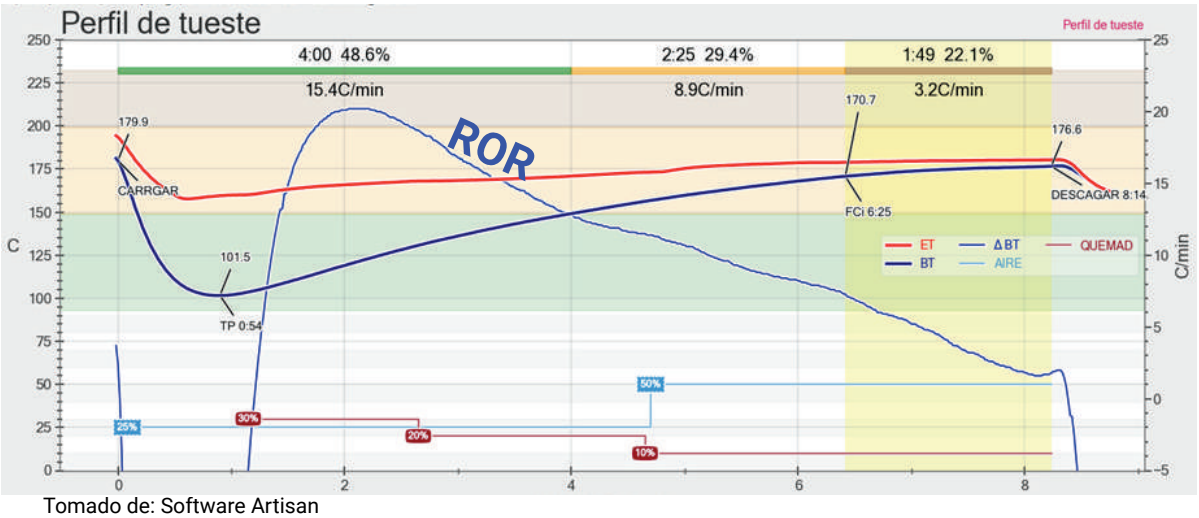
El viaje **de la Tostadora**



Software **Artisan**

Artisan es un programa de **código abierto** diseñado para ayudar a los tostadores a registrar la curva de tueste en tiempo real cuando se conecta la tostadora a un computador. Y lo mejor es que puedo guardar cada curva, como guardar un archivo. Así, si quedó bien el tueste, puede repetirlo igualito la próxima vez, o si no me quedo bien, puedo analizar y proponer mejoras para el próximo tueste, y así voy aprendiendo a tostar mi café.

La curva además de mostrar la temperatura del grano BT y la temperatura del aire ET y la potencia del quemador y el flujo de aire. También hace unos cálculos con esta información. En la línea azul me muestra el cambio de la temperatura del grano a medida que pasa el tiempo ΔBT , también conocido como ROR (**Rate of Rise**) su valor lo leo en la escala derecha. Es decir, la línea azul me muestra la velocidad con que estoy calentando el grano.



Tomado de: Software Artisan

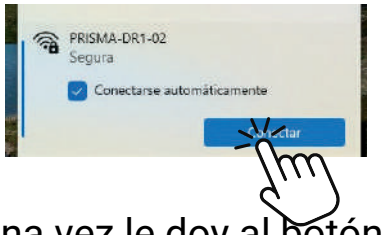






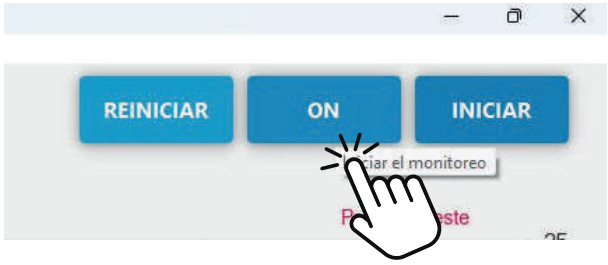
¿Cómo usar **el software?**

1 El primer paso es conectar el computador a la tostadora. Esto lo hacemos conectando el Computador a la red WI-FI de PRISMA

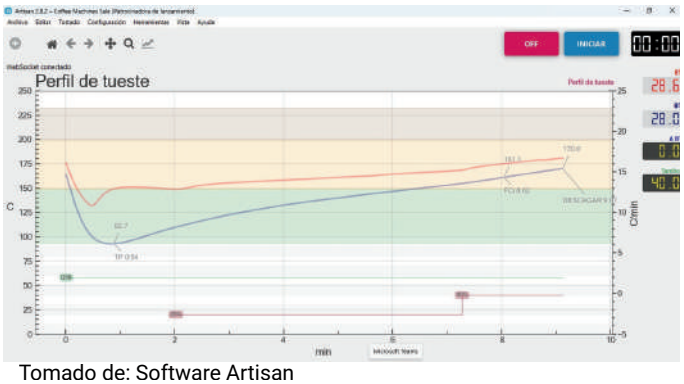


2 Una vez conectada procedo a abrir la aplicación de Artisan.

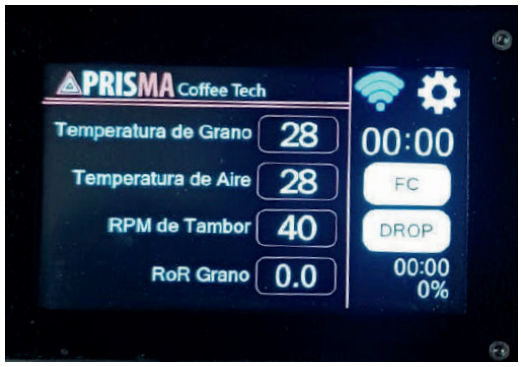
Una vez abierta me aparece la siguiente pantalla, y le doy en el botón que dice ON



3 Una vez le doy al botón ON, la aplicación me muestra los mismos parámetros de la pantalla de la marca, así sabremos que esta correctamente emparejada



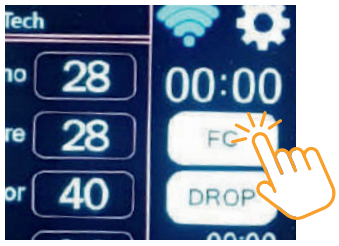
Tomado de: Software Artisan



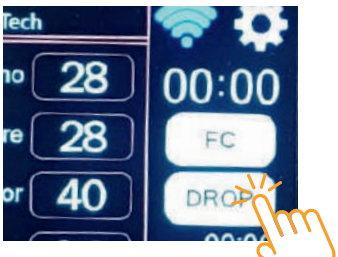
4 Ahora si estoy listos para iniciar a tostar, para registrar cada uno de los momentos del tueste hare lo siguiente:



Clik en el reloj para marcar el momento en que ingresa el café a la maquina, el momento de carga



Clik en FC cuando escucho el primer Crack



Clik en DROP para registrar el momento en que se termine el tueste y saco el café, el momento de descarga.

R **Tecla R** para registrar los cambios en el quemador. En este caso oprimimos la letra R luego escribimos el numero del porcentaje del quemador y por último la tecla enter (ejemplo: R+20+enter)

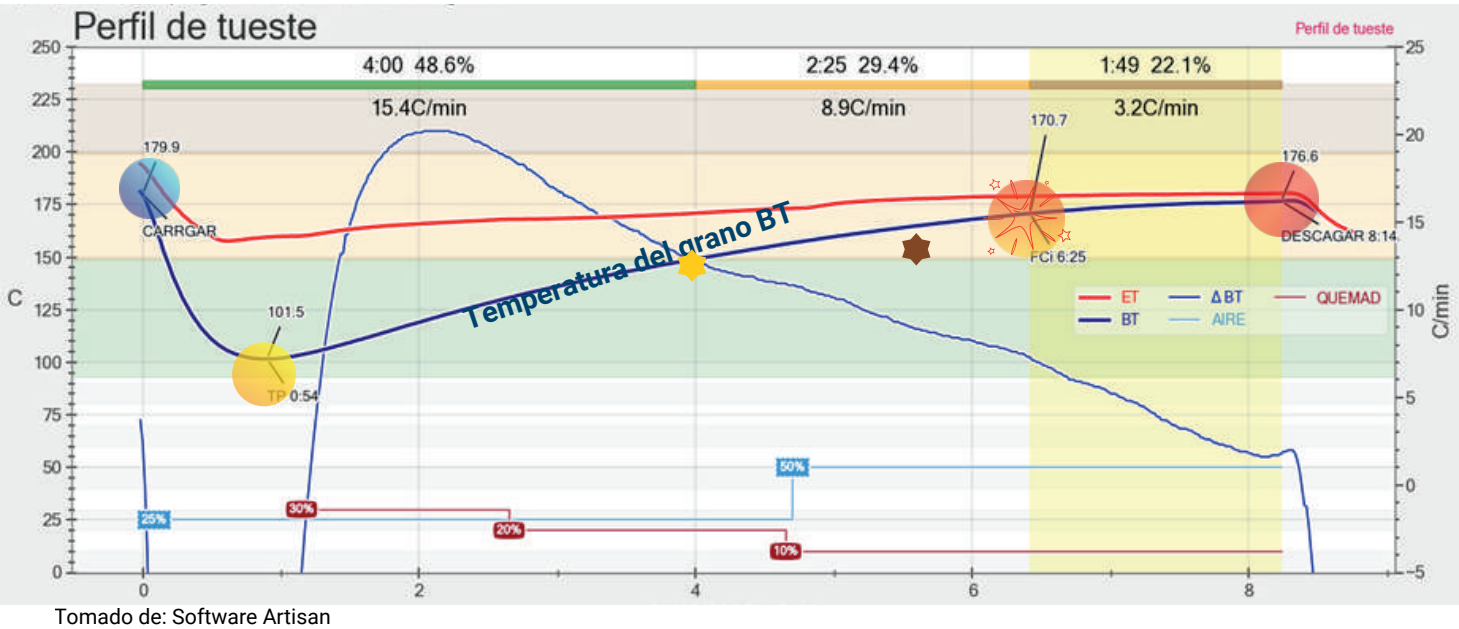
Q **Tecla Q** para registrar los cambios en el flujo de aire. En este caso oprimimos la letra Q luego escribimos el número del porcentaje y por ultimo la tecla enter (ejemplo: Q+15+enter)

Puntos críticos **de la curva de tueste**

La curva de tueste que veo en el computador, me muestra el proceso de calentamiento del grano que depende del manejo de la llama del quemador y el flujo de aire.

La primera decisión que el caficultor-tostador toma es la temperatura del precalentamiento, ¿a qué temperatura voy a cargar el café?. Se llama temperatura de carga y está al inicio de la curva como se muestra en la siguiente imagen en la curva de la **temperatura del grano BT**, junto con los otros puntos críticos:

- Temperatura de carga
- Punto de retorno
- Punto amarillo
- Punto de caramelización
- Primer crack
- Fin del tueste



Tomado de: Software Artisan

Después de la temperatura de carga se observa una caída de la temperatura de los granos. **Esto no quiere decir que los granos se están enfriando**, lo que estoy viendo es un "ruido" de medición, porque cuando cargo el café tengo esta situación:

Las sonda metálica BT que miden la temperatura del grano, está a la temperatura temperatura de carga (por ejemplo, 175°C).

Lo granos de café entran al tambor a temperatura ambiente, 25°C.

Los granos fríos empiezan a chocar con la sonda BT muy caliente, y hacen que la sonda se enfríe rápidamente. La sonda metálica entra en desequilibrio térmico, generando un error de medición.

Puntos críticos **de la curva de tueste**

Los granos siguen calentándose gradualmente. Y llega un punto donde se equilibra la temperatura de la sonda con la de los granos. Ese punto se llama **Punto de retorno.** A partir de ese momento, la sonda proporciona una medición más precisa y confiable de la temperatura del grano.

Desde el punto de retorno, la curva me muestra como el grano va aumentando su temperatura. Estoy observando la curva y al mismo tiempo estoy observando el grano dentro del tambor, atenta a identicar el **punto amarillo,** cuando el grano se pone amarillo y huele a paja secándose, es el punto crítico que me indica la finalización de la fase de secado, e inicio de la fase de Maillard.

El avance de la fase de Maillard se revela con el color y el olor (Punto de caramelización), y termina cuando escucho el **primer crack**, este punto crítico lo registro en el computador para que quede grabado en la curva como **FC** (first crack) y a partir de ahí sé que estoy en la fase de desarrollo donde tomo la decisión de **finalizar el tueste**, cuando lo hago también lo registro en el computador, para grabarlo en la curva como DESCARGAR.

La tostadora no es una máquina que trabaja solita, ***es una herramienta para el caficultor tome decisiones con las señales que le está dando el grano.***

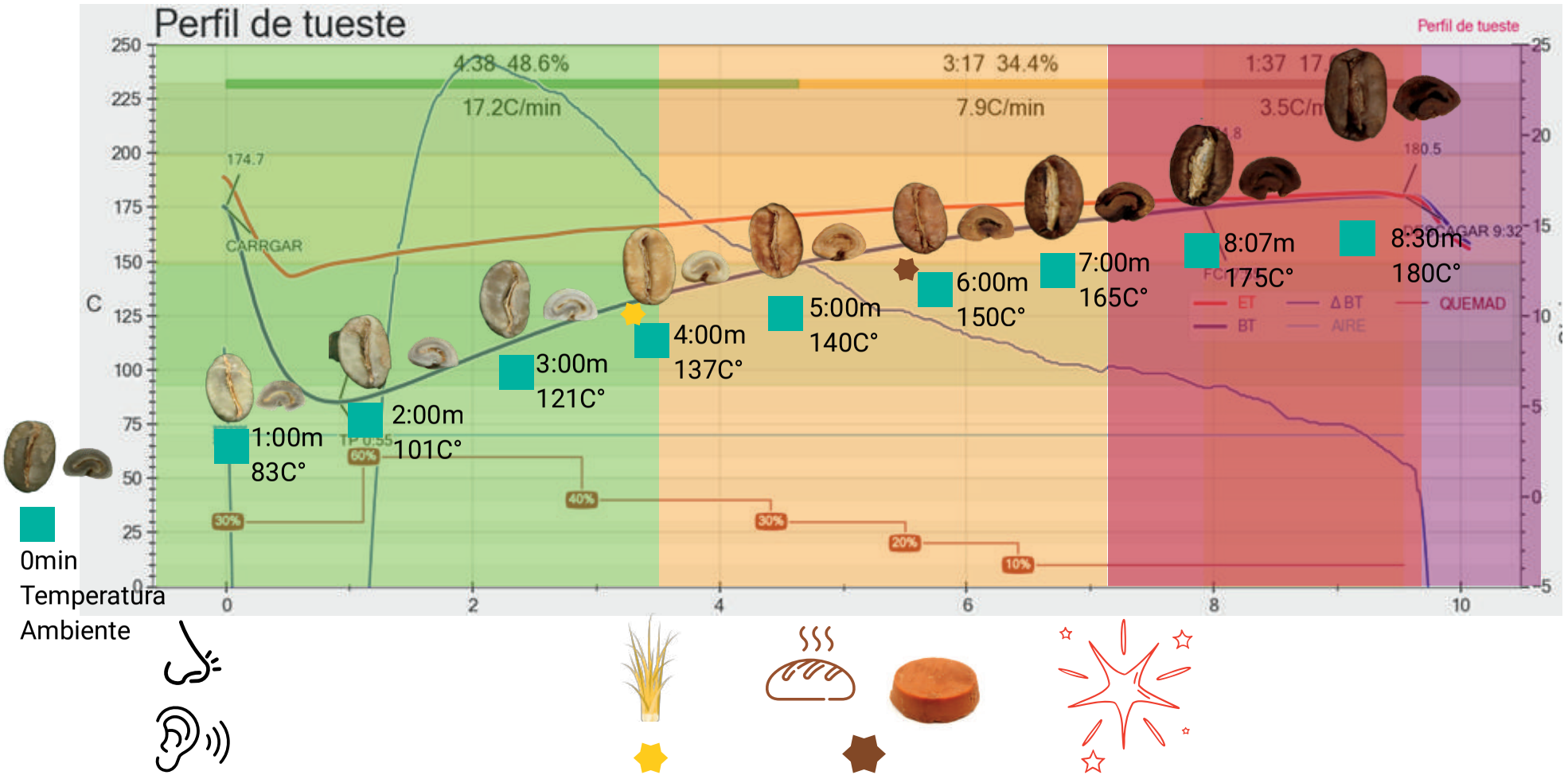






La curva y **las fases del tueste**

En el siguiente experimento, podemos ver como el grano sufre un proceso de transformación desde grano verde a café tostado listo para moler y preparar. La figura muestra cada una de las fases del tueste, con su temperatura y tiempo, y lo que pasa en el grano.

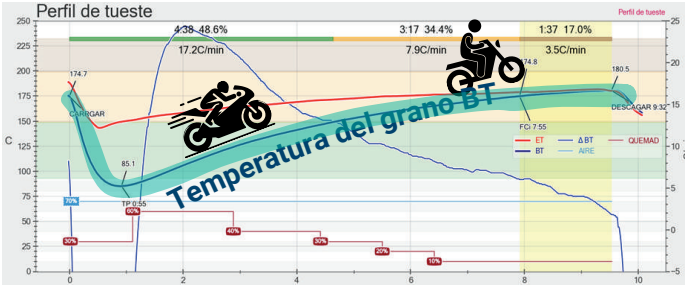


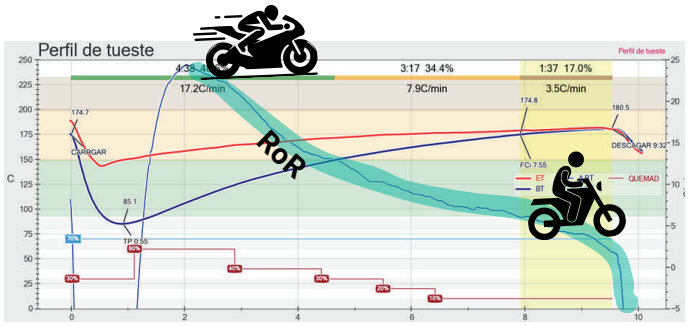
Tomado de: Software Artisan

Vamos mas allá...**Tostar café es llevar el ritmo**

La curva de tueste tiene una herramienta muy poderosa que, con solo verla, me doy cuenta si estoy calentando rápido o lento el grano, en cada punto del tueste en tiempo real. Esa es la curva de cambio de la temperatura del grano, Δ BT, o también conocida como RoR (Rate of Rise).

El RoR nos indica cuántos grados por minuto sube la temperatura del grano BT, algo así como el velocímetro del tueste.
Después del punto de retorna la temperatura del grano sube acelerada, la curva es bien inclinada y cuando va llegando al primer crack se desacelera, la curva es plana.





Tomado de: Software Artisan

La curva RoR presenta un pico inicial, luego un descenso lento hasta que se termina el tueste. El pico inicial es ilusorio, se debe al desequilibrio térmico que experimenta la sonda al cargar el café. Al igual que la temperatura del grano BT los datos confiables de ROR son después de 2 o 3 min.

La curva Δ BT, o RoR, nos muestra que a los 3 minutos la velocidad es alta de 25 °C/min, mientras que a los 8 minutos la velocidad es lenta 6 °C/min.
El valor de la velocidad con que estoy calentando el café lo veo mas fácil con el RoR.

¿Por qué es importante el RoR?

Porque puedo ver que tan rápido estoy transfiriendo energía térmica al grano:

- Si veo que el RoR es alto, significa que estoy calentando muy rápido, puedo sobrecalentar el grano, quemar compuestos aromáticos delicados y perder complejidad en la taza y lo peor es que es posible que no pueda detener ese calentamiento y termine con el café con sabor a ceniza.
- Si veo que el RoR es bajo significa que estoy calentado demasiado despacio ese grano, es como quedarme sin impulso en una subida, no estoy dando la energía térmica que necesitan las reacciones químicas y por tanto el café quedará con sabor a papel, cartón, cereal seco o paja (plano)

Tostar: **saber cuándo acelerar y cuando frenar**

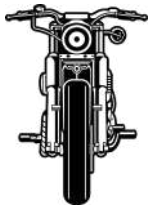
Imagina que tostar café es como manejar una moto en una carretera de montaña. No se trata solo de ir rápido o lento, sino de saber cuándo acelerar y cuándo frenar para llegar al destino.

En el mundo del tueste, esa “velocidad de manejo” es el RoR.



El arte del tueste está en dominar la velocidad de calentamiento en cada fase del tueste.

Pero, ¿Qué es ir rápido o ir **despacio en el tueste?**





Rápido

80-120 km/h
Como subir de la represa al pueblo en 20 min

ROR
25-15 °C/min
subir de 15 a 25°C en un minuto

Despacio

20-30 km/h
Como subir de la represa al pueblo en 1 hora

ROR
3-5 °C/min
subir de 3 a 5°C en un minuto

El valor del RoR se ajusta con la llama del quemador y el % del ventilador de salida del aire caliente. No se puede dar una receta, porque depende de cantidad de café, de la capacidad calorífica del café y de la máquina. A manera de ejemplo:

Para aumentar el RoR



40 % Quemador



25% Ventilador salida aire caliente





Para bajar el RoR



5% Quemador



75 % Ventilador salida aire caliente



La importancia de manejar la velocidad

El manejo de RoR, requiere reconocer que la transformación del café durante el tueste es un proceso complejo. Hay dos principios clave:

- Suministrar suficiente energía térmica al inicio del tueste para superar la capacidad calorífica de la masa de café, iniciar la evaporación del agua libre y asegurar una conducción eficiente de calor hacia el interior del grano. De forma práctica esto lo aseguro cuando defino la temperatura de carga.

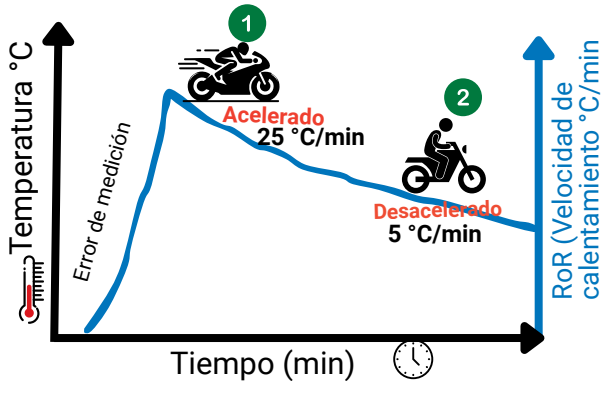
Si sigo aplicando el mismo calor, la superficie del grano se sobrecalentaría y se quemaría, por eso el segundo principio es:

- Disminuir de forma controlada el aporte energético, esto le da tiempo al calor que está en la superficie que se conduzca hacia el interior del grano, logrando un desarrollo uniforme de todo el grano. Además, esta estrategia me permite manejar la acumulación de energía interna del grano y moderar las reacciones exotérmicas que liberan calor propio. De forma práctica, esto lo aseguro disminuyendo gradualmente el aporte calórico, haciendo que el RoR disminuya de forma constante, sin caídas ni subidas abruptas, después de los 2 o 3 min de tueste.



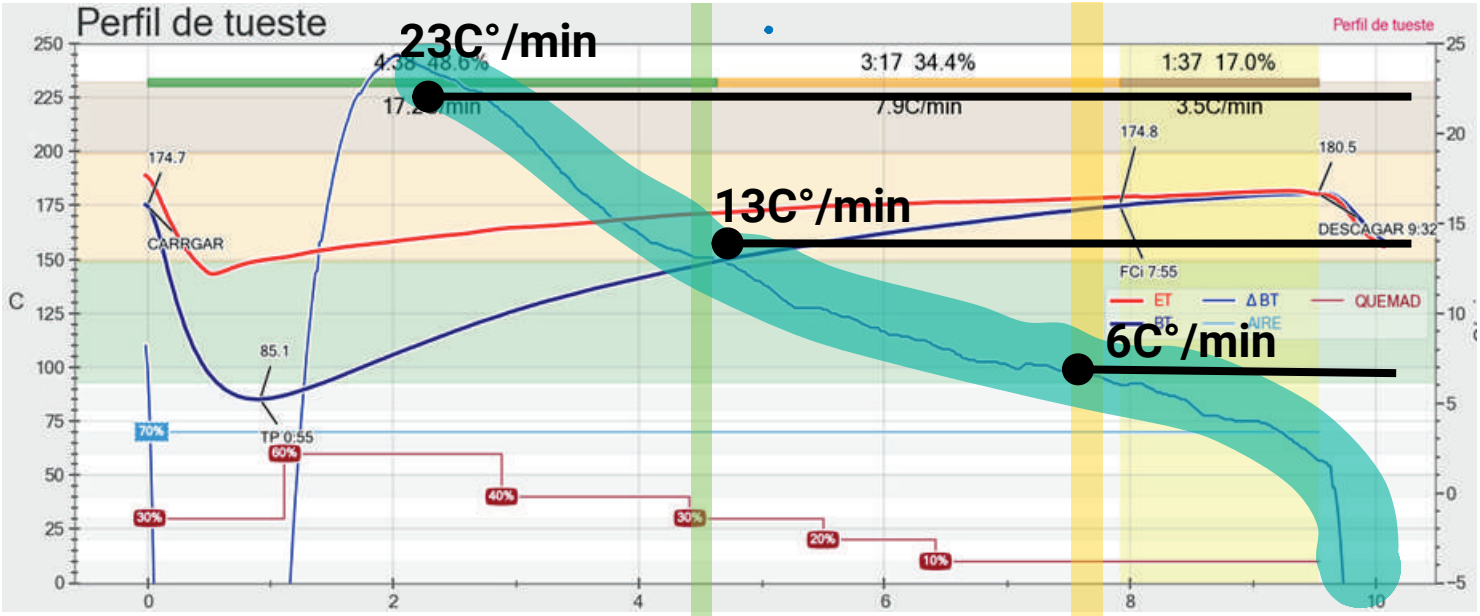
Nos advierte que al no reducir el aporte calórico, se crea un gradiente térmico extremo que carboniza el grano. Su sabiduría empírica captura a la perfección la necesidad de gestionar la energía para lograr un tueste homogéneo.

El caficultor-tostador empieza suministrando suficiente energía térmica al inicio del tueste, que lo ve con un RoR alto, y luego va disminuyendo gradualmente el aporte de calor, reduciendo el RoR después de 2-3 min, de forma suave (nunca plano) sin subidas ni caídas hasta que finalice el tueste.



La importancia de manejar la velocidad

A continuación, vemos los valores de RoR en cada fase, buscando obtener una reducción suave de RoR después de los 2-3 minutos hasta cuando termina el tueste. Estos valores se dan como un ejemplo, porque los valores de RoR no se pueden prescribir puesto que dependen de la máquina, la sonda, la capacidad calorífica del café y la cantidad del café.



Tomado de: Software Artisan

Rápido
RoR: 12°C/min - 8°C/min

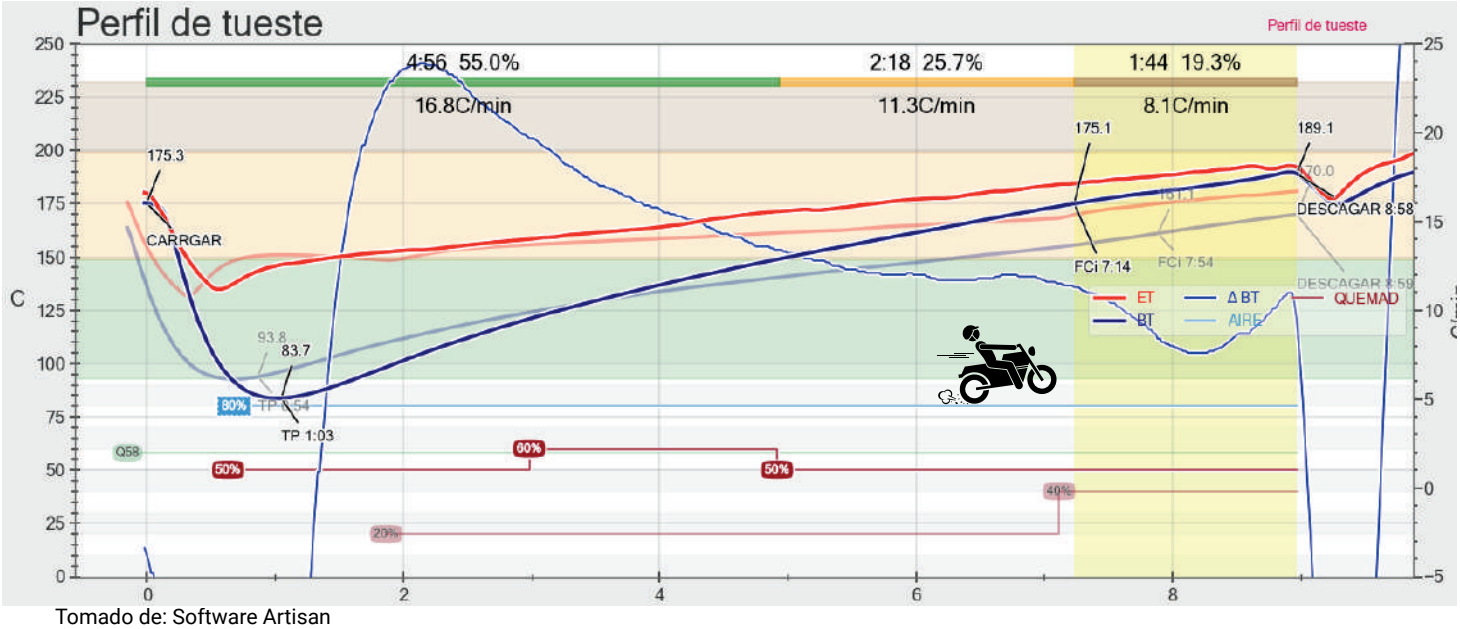
Intermedio
RoR: 6C/min- 4 °C/min

Aquí es donde las señales del café me ayudan a tomar decisiones. En el ejemplo se ve que el tostador aumento la potencia del quemador en el punto de retorno a 60%, luego la disminuyó a 40% a medida que el café perdía su color café, cuando llegó al punto amarillo lo bajo a 30%, durante la fase de Maillard la bajó a 20% y el punto de caramelización la bajo a 10%. Así logro bajar el RoR de forma suave.



Tostar: saber cuándo acelerar y cuando frenar

La etapa final del tueste, particularmente tras el primer crack, presenta el mayor desafío para mantener un descenso suave de la curva de RoR. Este punto marca un desequilibrio termodinámico crítico: el grano experimenta una pérdida abrupta de calor latente debido a la vaporización masiva de agua y la ruptura de estructuras celulares, al mismo tiempo que incrementa su generación de calor interno por las reacciones exotérmicas de pirólisis. Esta dinámica contrapuesta causa una caída brusca del RoR seguida de un repunte como se ve en la gráfica. Controlar este punto es crucial, porque en la etapa de desarrollo se están llevando a cabo muchas reacciones que permiten balancear acidez, dulzura, cuerpo, aroma.



Tomado de: Software Artisan

Evitar la caída del RoR después del primer crack es de las habilidades mas desafiantes de desarrollar con cada café. Los tostadores necesitan cierta experiencia para controlar el calor tras el primer craqueo.

Requiere que el tostador anticipe el primer crack y tome decisiones sobre el manejo del aporte de la energía térmica. En la gráfica se observa que el RoR es alto cuando llega a la fase de desarrollo, lo que indica que el grano tienen un exceso de energía almacenada en sus capas externas, produciendo una explosión descontrolada que absorbe calor de manera brusca para liberar vapor de agua, causando una caída instantánea del RoR, seguido de reacciones exotérmicas que disparan de nuevo el RoR.

Un RoR bajo al entrar a esta fase permite una liberación controlada del vapor y una transferencia de calor pareja, asegurando un desarrollo uniforme del grano.

Desarrollo del tueste y sus efectos



Secado

Maillard

Desarrollo



Secado desigual. El exterior se quema y el interior queda crudo, queda agua atrapada en el centro dando sabor a cocido.Arrebatado, Scorched y Tipping manchas quemadas

Alta ← RoR → **Baja**

>15°C/min, calor excesivo

- ☑ Sabor quemado y sabor vegetal como a grano crudo y sensación áspera o astringente. Quema notas florales.
- ☑ Acidez agresiva: Ácido cítrico punzante (no equilibrado).
- ☑Aroma ahumado

Estar pendiente de caídas abruptas de RoR cerca al 1° crack

El café "se cuece" en lugar de tostarse. Horneado" (Baked)

<8°C/min, calor insuficiente

- ☑ **Sabor plano como a pan viejo, a cartón. Volatilizan notas florales**
- ☑ **Acidez apagada: Notas frutales o cítricas casi inexistentes.**
- ☑**Aroma débil**

Rompe el equilibrio térmico, exterior del grano quemado e interior crudo. Se salta etapas de la reacción de Maillard y limita la formación de compuestos finales como las melanoidinas. La caramelización es excesiva, y los ácidos orgánicos se degradan

Prolonga la fase de Maillard, reduce la formación de melanoidinas y compuestos aromáticos. La exposición prolongada a calor moderado produce café 'horneado'. Se retrasa el primer crack por la baja presión de vapor.

Alta ← RoR → **Baja**

>12°C/min, calor excesivo

Sabores quemados/amargos (carbón, ceniza) baja dulzura. Sin acidez No expansión del grano. Bajo cuerpo

Estar pendiente de picos abruptos de RoR en esta fase

<4°C/min, calor insuficiente

Saboresa papel, acidez opaca, y acidez agria/desbalanceada, no se genera la dulzura para balacear la acidez, bajo cuerpo.

Indica exceso de calor residual, riesgo de quemar la superficie (scorched y tipping). Causa dinámicas de caída y recuperación brusca de RoR

Se pierde el impulso energético, perdiéndose la transferencia de energía. Detiene las reacciones químicas que balancean dulzor, acidez y cuerpo.

Alta ← RoR → **Baja**

>10°C/min, calor excesivo

Sabores amargos. notas quemadas reduce la dulzura

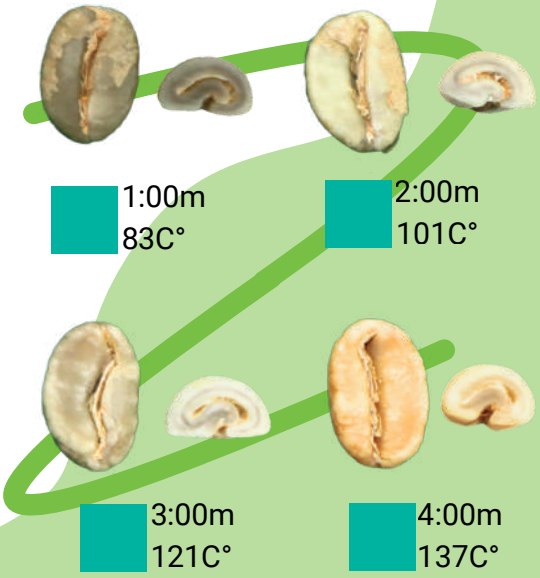
<2°C/min, calor insuficiente

Café Horneado" (Baked): pan viejo, falta de dulzura
Cafe subdesarrollado: notas herbáceas y una acidez agresiva

Fase 1: secado o amarilleo

¿Qué pasa en esta fase?
La energía térmica se gasta en eliminar el agua de la capa externa del grano inicialmente, y luego el calor comienza a penetrar hacia el interior del grano y es donde la temperatura del grano BT empieza a subir rápidamente, en esta etapa se estable el momento térmico para las siguientes reacciones por lo que incide en el sabor, aroma, acidez y cuerpo.

En el experimento se ve como la capa externa es la que se deshidrata primero y como la interna permanece más húmeda, también se ve el cambio de color por la degradación de la clorofila hasta el punto amarillo.

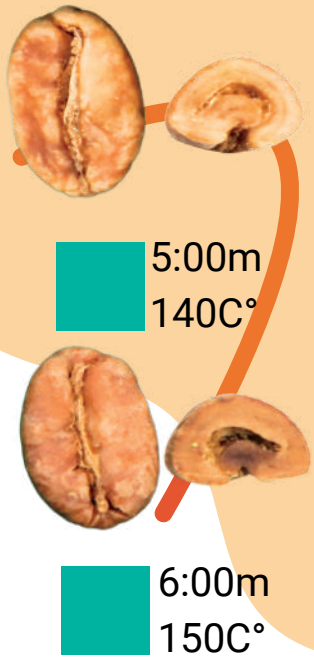


Sabías que...
- Un buen secado define el 70% del perfil final. ¡Es la base de todo tueste!
- En cafés muy húmedos, esta fase puede durar hasta 6 minutos.

Temperatura: 100°C a 150°C
Pautas para tomar decisiones
Temperatura de carga: según densidad y cantidad de café.
No superar los 5 min hasta que el café se ponga amarillo.
RoR: Reducir gradualmente a valores 12 - 8°C/min en el punto amarillo.
Bajar el flujo de aire durante el secado y abrirlo después del amarilleo para que la humedad salga del tambor

Fase 2: reacción de Maillard

¿Qué pasa en esta fase?
La energía térmica se gasta en reacciones químicas:
- Reacción de Maillard: Aminoácidos (proteínas) + Azúcares reductores → Compuestos que aportan color, y sabor a nuez, pan tostado, chocolate o especias.
- Caramelización degradación de azúcares → dulzor profundo
- Los granos se hinchan y se vuelven porosos por los vapores de agua y CO_2.
- Los aceites comienzan a migrar hacia la superficie
- Comienza hidrolisis de ácidos clorogénicos



En el experimento se ve que la capa externa es la que primero cambia de color y al final de la fase, la capa interna del grano también cambió de color, indicando un incremento de la energía térmica de forma pareja en todo el grano asegurando que todas las capas experimenten las reacciones químicas. El caficultor sabe que el mejor indicador de la transformación del interior del grano es el olor a pan fresco, panela o caramelo.

Sabías que ... El 80% de los sabores, aroma, cuerpo y color se forman en esta fase del tueste

Temperatura: 140°C a 180°C
Pautas para tomar decisiones
1. RoR: iniciar con 12 -8 °C/min y reducir gradualmente a 6-4°C/min.
2.Duración entre 2- 3 minutos según el café.
3. Reducir % quemador al inicio de Maillard
4. Mantener el aire abierto para eliminar el humo

Punto: primer crack



7:00m
165C°

Fase 3: Desarrollo



8:07m
175C°



8:30m
180C°

Pautas para tomar decisiones En esta fase es donde decido terminar el tueste, de acuerdo al perfil que estoy buscando

¿Qué pasa en este punto

Es el sonido de la ruptura del grano por la presión del vapor acumulado. Volviendo los granos menos densos y más porosos.

Es recomendable registrar el primer crack cuando se dan 3 a 5 chasquidos sucesivos.

Es un punto crítico térmicamente, la liberación inicial de vapor es un evento de enfriamiento, los granos continúan calentándose y experimentan otras reacciones, algunas de las cuales son exotérmicas, liberando calor. La curva RoR puede mostrar una caída y un rebote posterior. El tostador debe evitar estos cambios del RoR para evitar sabores horneados (sin acidez, sin dulce, paja).

Temperatura: Alrededor de 170-190°C

Acción obligatoria:

Reducir el % quemador 20–30% antes del crack (método Gas Dip de Scott Rao)

¿Qué pasa en esta fase?

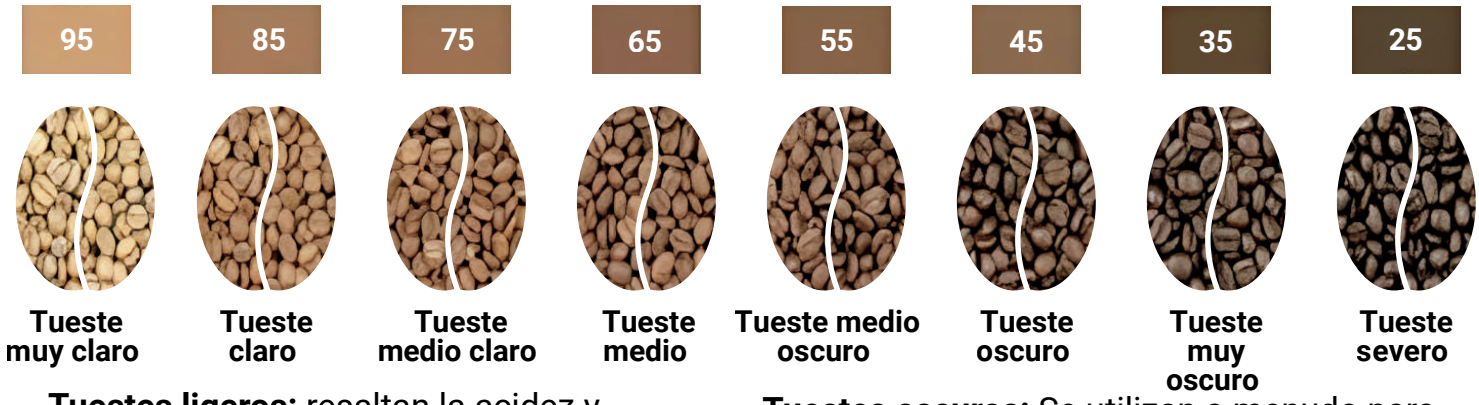
Esta etapa es crucial para equilibrar sabor, cuerpo y acidez, además de garantizar la integridad estructural del grano.
La energía térmica se gasta en reacciones químicas y cambios físicos:

- Continua con la polimerización de las melanoidinas generadas en la reacción de Maillard (mejorando cuerpo y textura)
- Continua la caramelización se va intensificando el cambio de dulce frutal → a notas tipo caramelo
- Los aceites migran hacia la superficie si el tiempo de desarrollo es alto
- Descarboxilación de ácidos orgánicos: Ácidos brillantes (cítrico, málico) se descomponen → acidez más suave y redonda (fumárico, succínico). Y los ácidos clorogénicos se degradan más rápido en esta fase → reducen el amargor (si no se sobretuesta).
- Comienza la carbonización o pirólisis
- Se acelera la oxidación de lípidos

En el experimento se ve el cambio de color de todas la capas del grano y las cámaras de aire como resultado de la expansión del grano en el primer crack.

Tipos de **tueste**

El tiempo que se prolonga la fase de desarrollo es crucial, porque define distintos estilos de tueste. Cada uno de estos estilos da lugar a una expresión sensorial completamente diferente en la taza. A continuación, se muestra la escala según M-Basic (Gourmet) Agtron:



Tuestes ligeros: resaltan la acidez y la complejidad, requieren habilidad para evitar un desarrollo insuficiente.

Tuestes oscuros: Se utilizan a menudo para espresso y para bebidas con leche. Requieren un manejo cuidadoso para evitar el amargor.

El sabor del café no depende exclusivamente del tiempo de la fase de desarrollo y el color, sino de toda la curva de tueste. Por ello, un descuido en cualquier etapa del tueste como la temperatura de carga y valores del RoR, puede generar defectos de tueste que comprometen irreversiblemente la calidad sensorial del café tostado

Café Subdesarrollado

Los granos subdesarrollados presentan un color de tueste ligero pero tienden a ser “herbales”, y les falta azúcares caramelizados.

Café Sobredesarrollado

Los granos se ven oscuros y aceitosos, a veces incluso llegando a ser negros. La taza tiene un sabor a quemado y amargo, con notas ahumadas y a carbón.

Café Horneado

Brinda un sabor plano con poco dulzor que normalmente se describe como sabor a pan viejo o papel. Este defecto puede ocurrir cuando el café se calienta por mucho tiempo antes de llegar al primer crack, un tueste estancado o cuando la temperatura se cae después del primer crack.

Tostar es buscar la energía térmica adecuada para cada café, y mantener un RoR apropiado en cada fase, y siempre declinando, especialmente después del primer crack.

Defectos **de tueste**

Entonces, qué pasa si tuesto con un RoR alto?



Poco tiempo





Mucho tiempo

Exterior de color normal
por dentro crudo

No se identifica a simple vista.



Tueste arrebatado o apurado

LLAMA ALTA



Exterior oscuro



Quemador por fuera y por dentro

A simple vista el grano se ve de un color normal mientras que el sabor revela notas quemadas y notas herbáceas (maní o frijol crudo), acidez agresiva, y aroma ahumado.

Resultado de una penetración desigual del calor. El exterior se tueste muy rápido; mientras que el interior queda crudo, el agua queda atrapada en el centro dando sabor a cocido (nota herbácea).

Color oscuro.

Notas de humo, ceniza y carbón, amargo químico y pirolítico, acidez apagada, cuerpo robusto.

Y qué pasa si tuesto con un RoR bajo?







Exterior color claro
Crudo por dentro
y por fuera



Crudo

Nota herbácea (frijol crudo)
sin aroma, acidez agresiva

Llama baja



Exterior de color
normal

No se dentifica a simple vista.



Tueste estancado

No se transfiere suficiente calor a la parte interna y las reacciones no se desarrollan.

Se reconoce por el sabor a papel, cartón, paja, acidez y dulzura apagadas y aroma débil

Defectos **visibles de tueste**

Son manchas carbonizadas fáciles de reconocer por inspección visual de la superficie del grano. Estos granos tienen sabor aceitoso, ahumado e incluso como aves asadas.

Scorching (Temperatura abrasadora)

Manchas oscuras en la superficie y notas a ceniza y residual amargo.
Sucede por alta energía térmica al principio del tueste fase de secado y Maillard.



Bajo Medio Alto

Tipping (Punta quemada)

Mancha en la punta del grano por embrión quemado. Sucede por alta energía térmica al principio del tueste fase de secado y Maillard.



Chipping (Cráter)

Manchas oscuras formadas por el escape de la humedad por la parte más débil del grano
Es un defecto de origen, granos frágiles y por sobrecalentamiento en la fase de secado



Causa de scorching, tipping y chipping: Sobrecalentamiento por conducción desde la pared del tambor en las primeras etapas del tueste.

Soluciones:

- Reducir temperatura de carga
- Aumentar velocidad del tambor
- Aumentar flujo de aire

Facing (Caras u orillas quemadas)

Manchas quemadas y/o aceitosas
Sucede por alta energía térmica al final del tueste

Causa: Sobrecalentamiento por conducción y convección.



Soluciones al facing:

- Reducir temperatura de la fase de desarrollo.
- Disminuir la carga de café para bajar la inercia térmica
- Aumentar flujo de aire
- Aumentar velocidad del tambor.

Cultura tostadora

Función Diaria

Registrar asistencia del uso del equipo
Realizar limpieza general del equipo para tenerlo libre de polvo, grasa y suciedad
Limpiar polvo y partículas en el equipo
Vaciar la bandeja recolectora
Vaciar el recipiente recolector de cutícula.



Cada semana

Limpiar con un paño el vidrio de la mirilla de chispa
Limpiar las paredes internas de la tolva.





La exploración constante es el camino para dominar el tueste y sacar lo mejor de cada grano. Planear, ejecutar, evaluar y registrar.

Planificación **del tueste**

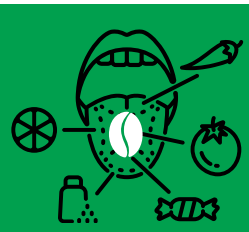
Cuando planifico el tueste pienso en:

Primero: Registrar las características del grano:



- Densidad
- Humedad
- Procedencia
- Método postcosecha
- Tiempo de almacenamiento

Segundo: conexión con gustos del cliente

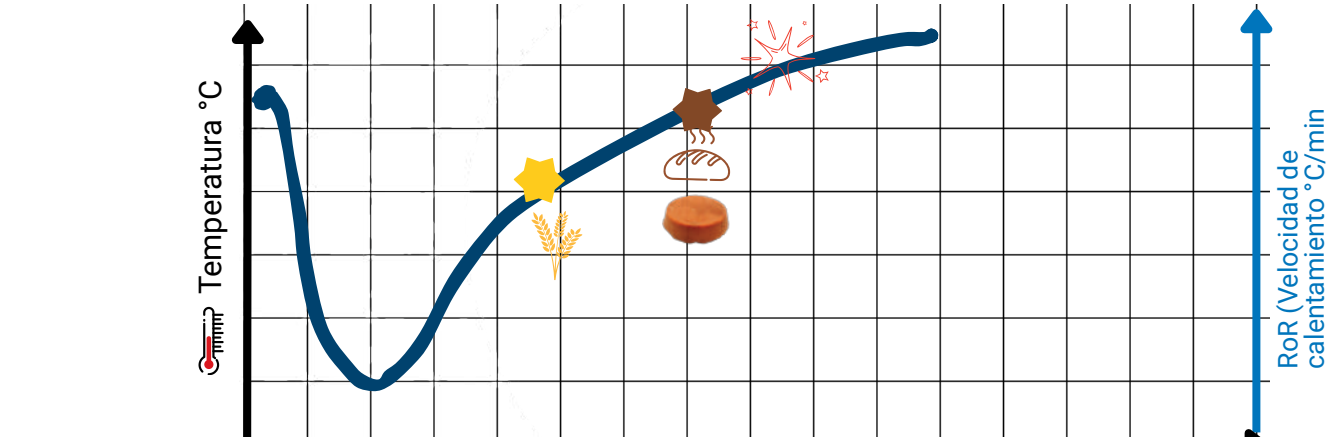


- Qué tipo de tueste quiere: (Claro, Medio, Oscuro) para un espresso o un filtrado.
- Perfil sensorial deseado: ¿quiere una acidez destacada? ¿una dulzura alta?

Tercero: definir un plan de tueste, es una proyección anticipada de la curva, y debo detallar los parámetros deseados para obtener esa curva. Incluye definir:

- **Temperatura de carga:** ¿A qué temperatura empiezo?
- **Puntos de ajuste de gas/aire:** ¿Cuándo subo o bajo el calor?
- **Tiempos objetivo:** ¿A qué minuto quiero llegar al punto amarillo, al primer crack?
- **RoR objetivo:** ¿Qué tan rápido quiero que suba la temperatura en cada fase de tueste?
- **Tiempo de desarrollo, temperatura de descarga**

En esta plantilla puedo registrar mi plan de tueste:



Minuto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
% Quemador																
% Aire																
RoR																
Temperatura de 1°crack																
Temperatura final																

Ejecución del Tueste

Ejecutar el plan de tueste, con sus tres partes: precalentamiento, tueste y enfriamiento.

El tueste es **arte y ciencia**, no es un proceso automatizado, el caficultor-tostador está frente a la máquina observando el comportamiento del café y tomando decisiones sobre al aporte calórico para cumplir con el plan de tueste.
La mente del **caficultor-tostador** esta pensado en lo siguiente mientras sigue el plan de tueste:

1. Verificar la temperatura de carga.
2. Monitorizar RoR inicial (¿está muy alta/baja?).
3. Ajustar gas al llegar al "Punto Amarillo".
4. Prepararse para el primer Crack (reducir calor para controlar RoR).
5. Decidir tiempo de desarrollo según objetivo.
6. Descargar y enfriar rápido.





Tueste de café con **fermentaciones prolongadas**

Estos cafés tienen una estructura celular débil y vulnerable.

- Los aceites salen muy fácilmente.
- Notas frutales y maduradas

Por lo que la temperatura de carga, la duración de los fases de tueste y la temperatura de descarga debe ser menor que los cafés lavados

Evaluación **del tueste**

En esta etapa se debe:

- Análisis de la curva real y compararla con la curva proyectada (plan de tueste). Los registros te permitirán replicar la curva ideal en futuras tandas y mantener la calidad de manera consistente.
- Análisis de propiedades físicas del grano tostado
- Resultados de catación (acidez, cuerpo, dulzor, defectos).
- Plantear ajustes para el próximo lote (ejemplo aumentar temperatura de carga en 2°C).



En la siguiente plantilla puedo registrar las propiedades físicas del café tostado:

Lote	1. Peso inicial bache	2.Peso final bache	% Perdida en peso=(1-2)*100 / 1	Peso en beaker (g)	Volumen del beaker (mL)	Densidad=Peso en el beaker÷ volumen en beaker (g/mL)	Agtron grano	Agtron molido



A catar se dijo...

Tostar café y no probarlo es como construir un instrumento musical y no tocarlo.

Verifico si el perfil de sabor que proyecte lo logre con la curva de tueste que hice.
Es la única forma de aprender a tostar verificando y preguntándose:
¿Cómo evitar que estas notas salgan o cómo corregirlas con el tueste?.

Si llegaste hasta aquí eres un **caficultor-tostador**

A ustedes caficultores, les recordamos que el conocimiento es tan valioso como la tierra que cultivan. Aprovechen cada grano que producen para contar una historia: desde la finca hasta la taza. Cuiden de la calidad en cada etapa, prueben su propio café, aprendan a tostarlo con distintas curvas, y compartan ese sabor con orgullo. Recuerden que un caficultor que sabe preparar su propio café es un embajador de su finca y un actor clave en el mercado de especialidad.

Sigan adelante con pasión y compromiso. Ustedes no solo cultivan café, cultivan futuro. Con cada taza bien servida, están abriendo puertas, derribando barreras y demostrando que también saben tostar el mejor café del mundo.

¡El cambio comienza en sus manos!

¿Están listos para tostar?

Referencias

- Illy, A., & Viani, R. (Eds.). (2005). Espresso coffee: The science of quality (2.ª ed.). Academic Press.
- Rao, S. (2014). The coffee roasters companion.
- Specialty Coffee Association. (s.f.). SCA cupping protocols.
- Specialty Coffee Association & World Coffee Research. (2016). The coffee taster's flavor wheel.
- Hoos, R. (2015). Modulating the flavor profile of coffee: One roaster's manifesto.
- Osorio, V., & Pabón, J. (2022). Efecto de las temperaturas y tiempos de tueste en la calidad sensorial del café. Revista Cenicafé, 73(1), e73102.
- Rao, S. (2019). Coffee roasting best practices.
- Folmer, B. (Ed.). (2017). The craft and science of coffee.
- Artisan Community. (2025). Artisan (Versión 3.2.0).
- Osorio, V., Pabón, J., Gallego, C. P., & Echeverri, L. F. (2021). Efecto de las temperaturas y tiempos de tueste en la composición química del café. Revista Cenicafé, 72(1), e72103.

Agradecimientos

Reciban nuestro más profundo y sincero agradecimiento. Hoy no solo celebramos una nueva habilidad adquirida, sino la culminación de un viaje ancestral. Durante generaciones, sus manos han cuidado la tierra, han sembrado con esperanza y han cosechado con esmero, entregando al mundo un grano lleno de promesas. Pero una parte de la historia, el capítulo final donde esa promesa se convierte en aroma y sabor, era escrita por otros.

Con valentía y visión, han decidido cambiar esa narrativa. Han abrazado el fuego y la ciencia para "completar el ciclo de su propio esfuerzo". Aprender a tostar es mucho más que una técnica; es el acto de reclamar la autoría total de su obra. Es tomar el grano que han visto nacer y acompañarlo personalmente en su transformación final, liberando con sus propias manos "los aromas, y sabores que nacen en la tierra".

Este acto representa un cambio fundamental en el poder y la identidad. Al dominar el tueste, han tomado el control del resultado final de su trabajo, asegurando que la conclusión de la historia de su café sea tan auténtica y cuidadosamente elaborada como su comienzo. Ya no son solo los autores del primer acto, sino los directores de la obra completa. Por esa audacia, por esa determinación de convertirse en los narradores íntegros de su café, desde la finca hasta la taza, les extendemos nuestra más profunda admiración.

Queda prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio o con cualquier propósito, sin la autorización escrita del Grupo de Investigación GEMCA de la Universidad de Antioquia. Esta publicación es de distribución gratuita.

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803
Vicerrectoría de Investigación