



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TIEMPO Y TEMPERATURA EN  
EL TOSTADO DE CAFÉ BOURBON (*Coffea arabica* L.)  
PROVENIENTE DE DOS PISOS ALTITUDINALES EN LA  
CALIDAD SENSORIAL, PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. LUCILA GREGORIA CÁCERES SONCCO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**Evaluación de efectos de tiempo y temperatura en tostado de café bourbon.pdf**

AUTOR

**LUCILA GREGORIA CACERES SONCCO**

RECuento DE PALABRAS

**35863 Words**

RECuento DE CARACTERES

**159931 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**158 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.3MB**

FECHA DE ENTREGA

**Apr 24, 2023 7:23 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Apr 24, 2023 7:25 PM GMT-5**

### ● 17% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 16% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



Ing. M. Sc. S. Roenfi Guerra Lima  
DOCENTE UNA - PUNO T.C  
CIP. 108463

Resumen



## DEDICATORIA

*A, Dios*

*Por darme fortaleza para continuar y culminar esta etapa tan importante en mi vida, por darme sabiduría, por bendecirme enormemente.*

*A, mis queridos padres, Luis Beltrán y María Salomé*

*Por su incondicional apoyo a lo largo de toda mi vida, por su comprensión, paciencia y su gran amor, por inculcarme valores con sus buenos ejemplos, por hacer de mí una persona de bien, a quienes me debo, mi eterna gratitud hacia ellos.*

*A, mi hijo, Cristofer Alexis*

*Por alegrar mis días, por representar la mejor herencia que Dios me dio.*

*Lucila G. C. S.*



## AGRADECIMIENTOS

A, la Universidad Nacional del Altiplano, a la Facultad de Ciencias Agrarias, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por contribuir en mi formación profesional con los conocimientos y enseñanzas vertidas a través de la plana docente.

A, la Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandia CECOVASA Ltda. Por haberme dado la oportunidad de desempeñar mi profesión y haber brindado todas las facilidades para la ejecución del presente proyecto de investigación.

A, los distinguidos miembros de jurado, M Sc. Edgar Gallegos Rojas, M Sc. Cesar Paul Laqui Vilca y al M Sc. Juan Quispe Ccama, por las acertadas sugerencias y correcciones para una adecuada presentación de este proyecto de investigación.

A, mi Director de tesis, M Sc. Saire Roenfi Guerra Lima, a quien le expreso mi gratitud por su valioso tiempo, por su aporte en todas las etapas del presente proyecto de investigación.

A, mis hermanos, Aydeé, Gloria y Josué, a mi sobrina Samanta y a mi prima Patricia Paola, por su incondicional apoyo.

A, David Bissetti, Rildo, Edwin, Yasmani, Efrain, Karina y Jhonatan por su amistad y apoyo.

A, mis compañeros y amigos de salón, por todos los momentos compartidos.

*Lucila G. C. S.*



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 14**

**ABSTRACT..... 15**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1 OBJETIVO GENERAL ..... 17**

**1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 17**

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1 CAFÉ (*Coffea*) ..... 18**

2.1.1 Aspectos generales del café ..... 18

2.1.2 Especies importantes del café ..... 19

2.1.3 Composición del café verde ..... 21

2.1.4 Beneficio del café..... 22

**2.2 EL CAFÉ EN EL PERÚ..... 23**

**2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL CAFÉ ..... 25**

2.3.1 Aspectos genéticos ..... 25

2.3.2 Medio ambiente..... 25

2.3.3 Prácticas culturales..... 25

**2.4 EQUIPO PARA EL TOSTADO DE CAFÉ ..... 26**



2.4.1 Tambor clásico .....	26
<b>2.5 FACTORES EN EL GRANO DE CAFÉ ANTES DEL TOSTADO.....</b>	<b>27</b>
2.5.1 Humedad .....	27
2.5.2 Granulometría (tamaño del grano).....	27
2.5.3 Densidad aparente .....	28
<b>2.6 TUESTE DEL CAFÉ.....</b>	<b>29</b>
2.6.1 El calor en el tostado.....	29
2.6.2 Cambios Físicos .....	30
2.6.3 Cambios Químicos .....	32
2.6.4 Perfil de tueste.....	34
<b>2.7 CURVAS DE TOSTADO .....</b>	<b>34</b>
2.7.1 Curva S.....	36
2.7.2 Curva de variación de temperatura $\Delta T$ ó RoR.....	37
<b>2.8 COLOR DEL CAFÉ TOSTADO .....</b>	<b>40</b>
2.8.1 Medición del color por el sistema de clasificación Agtron SCAA .....	40
<b>2.9 ANÁLISIS SENSORIAL DEL CAFÉ.....</b>	<b>42</b>
2.9.1 Tipos de análisis sensoriales .....	42
<b>2.10 COMPONENTES DE INTERES EN EL CAFÉ .....</b>	<b>43</b>
2.10.1 Ácido clorogénico .....	43
2.10.2 Melanoidinas .....	43
<b>2.11 ANTIOXIDANTES.....</b>	<b>44</b>
2.11.1 Método DPPH (Difenil Picril Hidrazilo) .....	44
2.11.2 Método de Folin-Ciocalteu .....	44

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN .....</b>	<b>46</b>
<b>3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL .....</b>	<b>46</b>



3.2.1 Características de las muestras de café .....	46
<b>3.3 MATERIALES Y EQUIPOS .....</b>	<b>47</b>
3.3.1 Materiales.....	47
3.3.2 Equipos.....	47
3.3.3 Reactivos.....	48
3.3.4 Panel de jueces catadores .....	48
<b>3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....</b>	<b>48</b>
3.4.1 Diagrama de flujo del proceso preparación y tostado de muestras.....	48
3.4.2 Evaluación sensorial .....	52
3.4.3 Determinación de color del café tostado.....	55
3.4.4 Determinación de pérdida de peso del café tostado.....	56
3.4.5 Determinación de actividad antioxidante por DPPH.....	56
3.4.6 Determinación de compuestos fenólicos totales .....	57
<b>3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>57</b>
3.5.1 Variables de estudio del primer y segundo objetivo específico.....	57
3.5.2 Variables de estudio del tercer objetivo específico.....	59
3.5.3 Diseño de investigación .....	59
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TIEMPO Y TEMPERATURA DEL TOSTADO DEL CAFÉ BOURBON PROVENIENTE DE DOS PISOS ALTITUDINALES EN CALIDAD SENSORIAL. ....</b>	<b>60</b>
4.1.1 Desarrollo del tostado (DT) .....	69
4.1.2 Curvas de perfil de tueste del café Bourbon .....	70
<b>4.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TIEMPO Y TEMPERATURA DEL TOSTADO DEL CAFÉ BOURBON PROVENIENTE DE DOS PISOS ALTITUDINALES EN EL COLOR Y PÉRDIDA DE PESO.....</b>	<b>74</b>



4.2.1. Color en el café Bourbon tostado.....	75
4.2.2. Pérdida de peso del café Bourbon en el tostado.....	79
<b>4.3. EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO DE FENOLES TOTALES DEL CAFÉ BOURBON VERDE Y TOSTADO DE MEJORES RESULTADOS EN CALIDAD SENSORIAL.....</b>	<b>84</b>
4.3.1 Evaluación de la capacidad antioxidante por DPPH.....	84
4.3.2 Evaluación de fenoles totales .....	85
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>89</b>
<b>VII. REFERENCIAS.....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>97</b>

**Área** : Ingeniería y Tecnología

**Línea** : Desarrollo de Procesos y Productos Agroindustriales Sostenibles y Eficientes

**FECHA DE SUSTENTACION:** 04 de mayo de 2023





## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Estructura interna de la cereza de café. ....	19
<b>Figura 2.</b>	Flujo del proceso de beneficio del café .....	22
<b>Figura 3.</b>	Tostador de tambor clásico.....	27
<b>Figura 4.</b>	La disipación del calor en la fase exotérmica del tostado .....	30
<b>Figura 5.</b>	Cambio de color del grano de café en el proceso de tostado.....	32
<b>Figura 6.</b>	Cambios químicos del café arábico en el tostado.....	33
<b>Figura 7.</b>	Curvas de tostado .....	35
<b>Figura 8.</b>	Curva de tueste con granos subdesarrollados .....	38
<b>Figura 9.</b>	Curva de tueste con granos poco desarrollados.....	39
<b>Figura 10.</b>	Curvas de perfil de tueste .....	40
<b>Figura 11.</b>	Diagrama de flujo de ejecución.....	49
<b>Figura 12.</b>	Diagrama del proceso de evaluación sensorial de cafés especiales.....	53
<b>Figura 13.</b>	Calidad sensorial en relación al tiempo de tostado, a temperatura inicial de 170°C.....	62
<b>Figura 14.</b>	Calidad sensorial en relación al tiempo de tostado, a temperatura inicial de 180°C.....	63
<b>Figura 15.</b>	Calidad sensorial en relación al tiempo de tostado, a temperatura inicial de 190°C.....	63
<b>Figura 16.</b>	Calidad sensorial en relación al tiempo de tostado, a temperatura inicial de 200°C.....	64
<b>Figura 17.</b>	Curvas de tostado del tratamiento A25 .....	72
<b>Figura 18.</b>	Curvas de tostado del tratamiento B14.....	73
<b>Figura 19.</b>	Curvas de tostado del tratamiento B3.....	74
<b>Figura 20.</b>	Color en el café Bourbon tostado .....	76



<b>Figura 21.</b> Pérdida de peso del café Bourbon en el tostado .....	80
<b>Figura 22.</b> Capacidad antioxidante con el radical DPPH del café Bourbon .....	85
<b>Figura 23.</b> Fenoles totales del café Bourbon.....	87



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Clasificación Taxonómica del café .....	18
<b>Tabla 2.</b>	Composición química de granos de café verde Arábica y Robusta.....	21
<b>Tabla 3.</b>	Los diez mayores productores a nivel mundial, años 2015 al 2019 (toneladas) .....	24
<b>Tabla 4.</b>	Composición química de granos de café tostado Arábica y Robusta .....	32
<b>Tabla 5.</b>	Medición del color de café en diferentes grados o niveles de tueste .....	41
<b>Tabla 6.</b>	Resultados etapa final Taza de Excelencia Perú 2020.....	45
<b>Tabla 7.</b>	Características de la muestra de café .....	46
<b>Tabla 8.</b>	Prueba de Tukey para altitud de procedencia .....	65
<b>Tabla 9.</b>	Prueba de Tukey para tiempo de tostado .....	67
<b>Tabla 10.</b>	Prueba de Tukey para temperatura de tostado .....	68
<b>Tabla 11.</b>	Prueba de Tukey para Altitud de procedencia .....	77
<b>Tabla 12.</b>	Prueba de Tukey para tiempo de tostado .....	79
<b>Tabla 13.</b>	Prueba de Tukey para tiempo de tostado .....	82
<b>Tabla 14.</b>	Prueba Tukey para temperatura de tostado .....	83



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- A: Altitud de 1000 a 1200 m s.n.m.
- ADEX: Asociación de exportadores
- ANVA: Análisis de Varianza
- B: Altitud de 1800 a 2000 m s.n.m.
- °C: Escala de temperatura en grados Celsius
- CI: Coeficiente de inhibición
- CO: Monóxido de carbono
- CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono
- CQI: Institute coffee quality (Instituto de calidad de café)
- DCA: Diseño completo al azar
- DPPH: 1,1 difenil-2-picrilhidrazilo
- DT: Desarrollo del tostado
- EDUCAFÉS: Educación Cafetera Especializada, (Colombia)
- °F: Escala de temperatura en grados Fahrenheit
- FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- g: Gramos
- ICO: Organización Internacional del Café
- IICA: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
- INACAL: Instituto Nacional de Calidad
- ISO: Internacional Organization for Standardization
- mm: Milímetros
- m s.n.m.: Metros sobre el nivel del mar
- MIDAGRI: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego.
- mbar: Milibares



N: Normal

ND: No detectado

RoR: Rate of rise en inglés, significado; tasa de incremento

s: Segundos

SCAA: Specialty Coffee Association of America (Asociación Americana de Cafés  
Especiales)

Tr: Trazas

$\mu\text{mol}$ : Micromol

$\mu\text{L}$ : Microlitro

$\rho$ : Densidad



## RESUMEN

En el departamento de Puno se produce uno de los mejores cafés en calidad sensorial a nivel nacional y cuenta con varios reconocimientos a nivel mundial, por lo que la presente investigación, tuvo como objetivo evaluar el efecto del tiempo y temperatura de tostado del café Bourbon (*Coffea arabica* L.) proveniente de dos pisos altitudinales de A (1000 a 1200 m s.n.m.) y B (1800 a 2000 m s.n.m.), en calidad sensorial, propiedades físicas y químicas, se trabajó con 9 niveles de tiempo y 4 niveles de temperatura, el análisis de las variables se realizó mediante el diseño estadístico DCA con arreglo factorial 2x9x4, la calidad sensorial, ejecutado según la Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA), por sus siglas en inglés, con calificación sobre 100 puntos, en la cual, el efecto de la relación tiempo y temperatura de tostado, fue distinto para cada café Bourbon, los puntajes finales más altos se consiguieron en diferentes tratamientos, el café Bourbon de altitud A, con 86.06 y el café Bourbon de altitud B, con puntajes de 88 y 87.92, el color del café tostado arrojó diferente, para las altitudes del café Bourbon A y B, los cuales fueron afectados por el tiempo de tostado, la pérdida de peso en el tostado, en ambas altitudes fue similar, la capacidad antioxidante del café verde fue superior al café tostado, y en fenoles totales, el café verde adquirió menor cantidad que el tostado. En conclusión el Bourbon de altitud B, es superior en calidad sensorial, al café Bourbon de altitud A, esta última obtuvo mejor resultado a una temperatura más baja, de 170°C y un tiempo más prolongado de 9 min, mientras que, el Bourbon con altitud B, fue favorecido con temperaturas de 180 y 190°C y tiempos relativamente más cortos de 6 y 7.5 min.

**Palabras Clave:** Café, curvas de tostado, calidad sensorial, color, antioxidante, tiempo, temperatura, piso altitudinal.



## ABSTRACT

In Puno department, one of the best coffees in sensory quality is produced at a national level and has several recognitions worldwide, for which the present investigation had the objective of evaluating the effect of roasting time and temperature of Bourbon coffee ( *Coffea arabica* L.) from two altitudinal floors of A (1000 to 1200 m a.s.l.) and B (1800 to 2000 m a.s.l.), in sensory quality, physical and chemical properties, we worked with 9 time levels and 4 temperature levels , the analysis of the variables was carried out using the DCA statistical design with a 2x9x4 factorial arrangement, sensory quality, executed according to the Specialty Coffee Association of America (SCAA), with a score out of 100 points, in which, the effect of the roasting time and temperature relationship was different for each Bourbon coffee, the highest final scores were obtained in different treatments, Bourbon coffee from altitude A, with 86.06 and Bourbon coffee from altitude B, with scores of 88. and 87.92, the color of the roasted coffee showed different, for the altitudes of the Bourbon A and B coffee, which were affected by the roasting time, the weight loss in the roasting, in both altitudes it was similar, the antioxidant capacity of the coffee green was superior to roasted coffee, and in total phenols, green coffee acquired less than roasted coffee. In conclusion, the Bourbon of altitude B, is superior in sensory quality, to the Bourbon coffee of altitude A, the latter obtained better results at a lower temperature of 170 ° C and a longer time of 9 min, while the Bourbon with altitude B, it was favored with temperatures of 180 and 190°C and relatively shorter times of 6 and 7.5 min.

**Key Words:** Coffee, roasting curves, sensory quality, color, antioxidant, time, temperature, altitude floor.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El Perú figura entre los 10 principales productores de café en el mundo y es el principal productor y exportador mundial de café orgánico, junto con Etiopía. (MIDAGRI, 2022) La calidad del café es el factor principal para su valorización, varios factores influyen en el producto final, sin embargo, son los componentes químicos los que le atribuyen el sabor final y aroma al café. La formación de estos constituyentes químicos en el café puede verse afectados por el procesamiento tanto a nivel de campo como industrial, en forma compleja e interconectada, los factores que contribuyen a ello son: genéticos, ambientales, nutricionales, culturales, técnicas de cosecha, postcosecha, secado, procesamiento y almacenamiento, tostado y extracción de bebidas. (Louzada & Rizzo, 2021) Después de las operaciones de postcosecha, el proceso de tostado del café es la operación unitaria más importante en la tecnología del café, siendo la etapa en la cual se fijan y forman químicamente las sustancias o compuestos orgánicos que originan las características de una bebida de café. (Riaño, 2017)

Como también es importante aprovechar y mantener los compuestos de mayor interés en el grano de café que son directamente afectados por el proceso de tostado, estos son componentes que reducen el padecimiento de alguna enfermedad, ayudan en el bienestar y la salud. Como indica Donangelo (2011) de los 1000 componentes químicos diferentes identificados en el grano de café, algunos de mayor interés para la salud son, el ácido clorogénico y melanoidina, estos dos componentes tienen una capacidad antioxidante, los cuales evitan que se produzcan daños tisulares por radicales libres, al reducir su formación o eliminarlos una vez originados.





Actualmente, el proceso de tostado en algunos laboratorios de control de calidad de cafés especiales en el Perú, se lleva de manera empírica, sin registro de parámetros o se tuestan todas las muestras con los mismos rangos de temperatura, sin diferenciar altitudes de procedencia, características como humedad, densidad aparente, variedad, cuando estos pueden ser decisivos para optimizar el proceso de tostado y definir la calidad de las mismas para una posterior negociación y comercialización del grano a mejores precios.

Por lo que en la presente investigación se puede observar el comportamiento de curvas de perfil de tueste de dos altitudes de producción del café Bourbon (1000 a 1200 y 1800 a 2000 m s.n.m.) de esta forma encontrar los mejores tratamientos de temperatura y tiempo para cada uno. Por consiguiente, los objetivos son:

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar el efecto de tiempo y temperatura del tostado de café Bourbon proveniente de dos pisos altitudinales, en calidad sensorial, propiedades físicas y químicas.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar el efecto de tiempo y temperatura del tostado de café Bourbon proveniente de dos pisos altitudinales en calidad sensorial.
- Evaluar el efecto de tiempo y temperatura del tostado de café Bourbon proveniente de dos pisos altitudinales, en el color y pérdida de peso.
- Evaluar la capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales del café Bourbon verde y tostado de mejores resultados en calidad sensorial.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 CAFÉ (*Coffea*)

El café, después del petróleo es el producto más comercializado en el mundo, después del agua y el té es la bebida más consumida, la cafeína se utiliza en bebidas energizantes, en la industria cosmética y farmacéutica. (Caballero, 2021)

##### 2.1.1 Aspectos generales del café

La producción de café está acotada por el “cinturón de café”, zona delimitada por los trópicos de Cáncer y Capricornio, 25° al norte y al sur del Ecuador. Donde se ubican los climas más cálidos, húmedos y tropicales del mundo como América Central y del Sur, parte de África y Asia, así como Australia. (Organización Internacional del Café (ICO), s.f.)

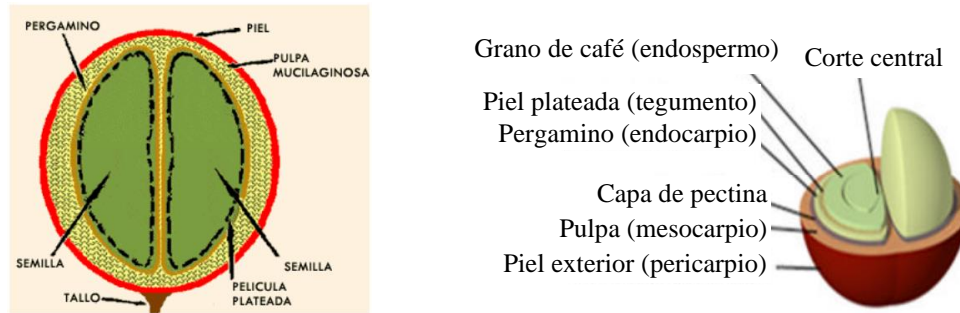
**Tabla 1.** Clasificación Taxonómica del café

TAXONOMÍA	
Reino:	<i>Vegetal</i>
División:	<i>Antofita</i>
Sub.-División:	<i>Angiosperma</i>
Clase:	<i>Dicotiledona</i>
Sub.-Clase:	<i>Simpétalo</i>
Orden:	<i>Rubiales</i>
Familia:	<i>Rubiaceae</i>
Tribu:	<i>Coffeaceae</i>
Sub-Tribu:	<i>Coffeinae</i>
Género:	<i>Coffea</i>
Sección:	<i>Eucoffea</i>
Sub-Sección:	<i>Erythrocoffea</i>
Especies:	<i>Arábica, canéphora, libérica, etc</i>

Fuente: Cañas (2008).

Desarrollo de la cereza de café

Los granos de café, son las semillas contenidas en las cerezas maduras de las plantas de café. Esto toma alrededor de 5 años de cuidadosa atención antes de que los árboles produzcan fruto. El desarrollo de fruto se inicia cuando aparecen en el árbol las delicadas flores con esencia a jazmín, las cerezas cambian de coloración a medida maduran desde el verde, pasando por el amarillo, hasta el profundo rojo. (Cañas, 2008)



**Figura 1.** Estructura interna de la cereza de café.

Fuente: Ortiz (2007).

### 2.1.2 Especies importantes del café

El género *Coffea* café pertenece a la familia Rubiaceae, y cubre más de 6.000 especies, dos especies son las más notables desde el punto de vista económico *Coffea arabica* (café Arábica), 60% del mundo y el *Coffea canephora* (café Robusta). (Cámara Peruana del Café y Cacao, 2021)

#### 2.1.2.1 Café Arábica (*Coffea arabica*)

Typica y Bourbon son las variedades más importantes de la especie Arábica, definido por Linneo en 1753, a partir de estas se desarrollaron las demás variedades existentes. (Organización Internacional del Café, s.f.)



## Variedades Arábicas

World Coffee Research (2018) y Morris (2019) las variedades de café Bourbon y Typica componen los grupos culturalmente y genéticamente más importantes del café Arábica en el mundo, solo estas dos variedades fueron cultivadas durante la mayor parte de la historia del café.

### Typica

Rafael y Velásquez (2019) esta variedad es de baja productividad, susceptible al ataque de plagas y enfermedades, de porte alto (4 metros), las zonas que favorecen su desarrollo en producción están entre 1,300 a 1,800 metros sobre el nivel del mar, existen nichos específicos de mercado para este café por su excelente calidad de taza.

### Bourbon

Morris (2019) y Rafael y Velásquez (2019) la variedad Bourbon, es una mutación natural que ocurrió en la colonia donde los franceses plantaron café por primera vez, en productividad es superior a la variedad Typica, con un 20 a 30%, es de porte alto (3 metros), susceptible a plagas y enfermedades, se adapta mejor en altitudes de 1,070 a 1,980 metros sobre el nivel del mar.

### **2.1.2.2 Robusta (*Coffea canephora*)**

El café Robusta es un arbusto, hasta de un metro de altura, la maduración dura hasta 11 meses, el fruto tiene una forma redondeada y la semilla es oblonga, con menor tamaño que la Arábica, es cultivada en todo el Sudeste de Asia, África Central y Occidental, en menor proporción en Brasil. (Organización Internacional del Café, s.f.)

### Diferencias entre el café Arábica y Robusta

Existe diferencias entre estas dos especies, genéticamente el Arábica tiene 44 cromosomas y el Robusta 22, el café Robusta es más resistente al calor y a las plagas y enfermedades. (Figueroa & Godínez, 2014)

Entre las especies del género *Coffea*, *Coffea arabica* L. Es la que exhibe el perfil sensorial más apreciado internacionalmente, la bebida obtenida de esta especie se describe generalmente como aromático, sabroso y agradable al paladar. Sin embargo, algunos genotipos de *Coffea canephora*, producen bebidas con puntuaciones sensoriales apreciado en varios mercados y clasificado como de buena calidad. (Lik & Meira, 2019)

### 2.1.3 Composición del café verde

El café verde está compuesta especialmente por agua, carbohidratos y fibra, compuestos nitrogenados, lípidos, minerales, ácidos orgánicos y ácidos clorogénicos. La composición depende del origen, condiciones climáticas, vías de beneficio y otros. (Cid, 2013)

**Tabla 2.** Composición química de granos de café verde Arábica y Robusta

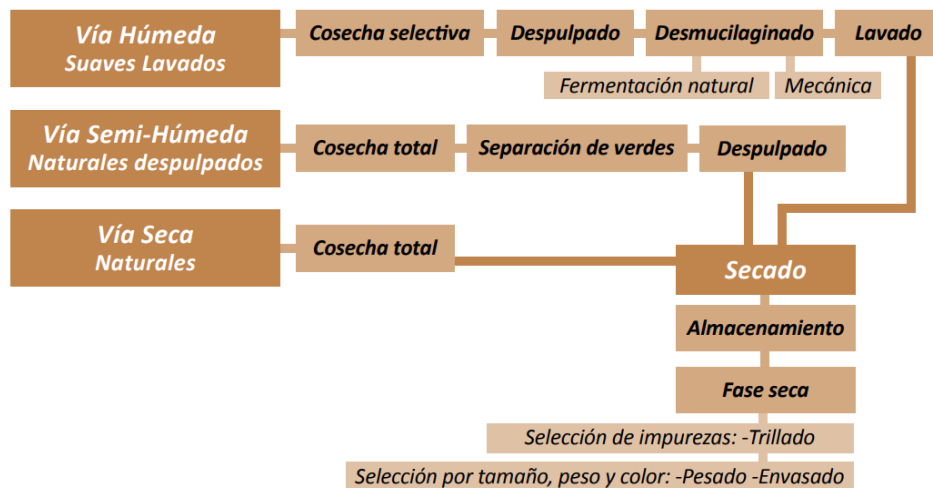
Concentración (g/100g peso seco)		
Compuestos	Café Arábica	Café Robusta
<b>Hidratos de carbono/fibra</b>		
Oligosacáridos	6,0-11,0	3,0-7,0
Azúcares reductores: fructosa, glucosa, galactosa, arabinosa	0,1-0,5	0,4-0,5
Polisacáridos	34-44	48-55
Lignina	3,0	3,0
Pectina	2,0	2,0
<b>Compuestos nitrogenados</b>		
Proteína/péptidos	8,5-12,0	8,5-12,0
Aminoácidos libres	0,2-0,8	0,2-1,0
Cafeína	0,9-1,3	1,5-2,5
Trigonelina	0,6-1,2	0,3-0,9
<b>Lípidos</b>		
Triglicéridos/esteroles/tocoferoles	15-18,0	7,0-12,0
Diterpenos libres y esterificados	0,5-1,2	0,2-0,8

<b>Minerales</b>	3-5,4	3-5,4
<b>Ácidos y éteres</b>		
Acidos clorogénicos	6,7-9,2	6,1-12,1
Acidos alifáticos y ácido quínico	2,0-2,9	1,0

Fuente: (Farah, 2012, Poison *et al.*, 2017, citado en Lik & Meira, 2019)

### 2.1.4 Beneficio del café

Puerta (2000) principalmente existen dos métodos, por la vía húmeda y seca, consiste en la transformación del café cereza, quitando las partes del fruto para obtener café pergamino seco, para su conservación.



**Figura 2.** Flujo del proceso de beneficio del café

Fuente: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), (2019).

#### 2.1.4.1 Beneficio por vía húmeda

IICA, (2019) la transformación por esta vía, tiene la finalidad de obtener un café inocuo, con buena apariencia física y cualidades organolépticas propias de la variedad y zonas de producción, es una de la más costosas, delicadas y críticas, en él se preserva o daña la calidad natural del café.



El proceso vía húmeda de café maduro sano y el control de las condiciones y equipos en cada etapa del beneficio, permite obtener la mejor calidad de café. (Puerta, 2000).

#### **2.1.4.2 Beneficio por vía semi húmeda (café honey)**

El método natural despulpado fue desarrollado en Brasil en la década de 1980, productores centroamericanos adoptaron y modificaron el proceso para crear cafés con miel, que son secados lentamente en un ambiente más húmedo, desarrollando cualidades aromáticas. Estos se dividen en amarillo, rojo y categorías negras, dependiendo de la cantidad de mucílago que quede en el grano, el negro es el que ha reteniendo todo su mucílago, el secado toma hasta treinta días. (Morris, 2019)

#### **2.1.4.3 Beneficio por vía seca**

Riaño (2017) este método es el más económico, consiste en la recolección del café desprendiendo el racimo completo, toma entre tres y cuatro semanas el proceso de secado hasta llegar a una humedad de 12%.

También llamado método natural, comprende las siguientes etapas; limpieza, secado y descascarillado, es el más antiguo y sencillo, consiste en el secado de cerezas enteras. (IICA, 2019)

## **2.2 EL CAFÉ EN EL PERÚ**

El café fue traído de Guayaquil a Huánuco en 1760, el Obispo de Trujillo Martínez de Compañón, reporto en 1783, al Rey de España, de la producción de café en el norte y oriente del país. (Cámara Peruana del Café y Cacao, 2021)

MIDAGRI (2015) en el Perú, a lo largo de los años se han ido formando cafetaleros experimentados, como también existe apropiadas condiciones geográficas y medioambientales para el cultivo de cafés especiales.

Caballero (2021) y Leon (2021) el Perú se ha mantenido entre los 10 países exportadores más importantes de café en el mundo, es el sétimo productor mundial, octavo exportador de café verde con 4.26 millones de sacos con una ligera caída de 2.2% a la campaña del año anterior, lidera las exportaciones de café certificado con comercio justo.

**Tabla 3.** Los diez mayores productores a nivel mundial, años 2015 al 2019  
(toneladas)

Nº	Países	2015	2016	2017	2018	2019	Total/ País
1	Brasil	2,647,504	3,024,466	2,684,508	3,552,729	3,009,402	14,918,609
2	Viet Nam	1,452,999	1,460,800	1,542,398	1,616,307	1,683,971	7,756,475
3	Colombia	827,750	818,243	851,640	813,420	885,120	4,196,173
4	Indonesia	639,412	639,305	717,962	756,051	760,963	3,513,693
5	Etiopia	457,014	469,091	449,230	494,574	482,561	2,352,470
6	Honduras	332,747	366,542	477,580	485,517	476,345	2,138,731
7	India	327,000	348,000	312,000	319,500	319,500	1,626,000
8	Perú	251,938	277,760	337,330	363,291	363,291	1,593,610
9	Uganda	229,149	243,061	302,063	284,225	254,088	1,312,586
10	Guatemala	225,653	236,145	224,000	240,400	225,000	1,151,198
	TOTAL	7,391,166	7,883,413	7,898,711	8,926,014	8,460,241	40,559,545

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

(FAO), elaborado por Caballero (2021).





## **2.3 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL CAFÉ**

### **2.3.1 Aspectos genéticos**

Illy & Viani (2005) la Arábica tiene niveles más bajos de cafeína, aminoácidos y ácidos clorogénicos en comparación con la Robusta, pero un 60% más de aceites totales, esta diferencia puede explicar algunas diferencias en la calidad en taza. Los ácidos clorogénicos contribuyen a las notas astringentes, por lo que las cantidades reducidas en Arábica favorecen su calidad final en taza.

### **2.3.2 Medio ambiente**

Dentro de una región, cuanto mayor sea la altitud a la que se encuentra el café, mejor será la calidad del grano. Los cafés de mayor altura poseen sabores más concentrados, posiblemente debido a la mayor diferencia entre las temperaturas diurnas y nocturnas. Granos crecidos en niveles más bajos son más suaves, menos densos y envejecen más rápidamente. (Morris, 2019)

El café crece en un rango de altitud desde el nivel del mar hasta 2000 m.s.n.m. la temperatura también debe permanecer en un rango consistente, con un valor ideal para arábica entre 20 y 24°C. Los cafés Arábicas de altura que se desarrollan en temperaturas más frías que las Robustas, maduran más despacio, la maduración lenta permite a los granos de café Arábica desarrollar más sabor. (Cañas, 2008)

### **2.3.3 Prácticas culturales**

Illy y Viani (2005) la cantidad correcta de nutrientes, el equilibrio de los elementos y la aplicación de los fertilizantes adecuados es de primordial importancia para la producción de granos de café de alta calidad, entre los elementos esenciales, nitrógeno, potasio, calcio, zinc y boro se consideran los más importantes.



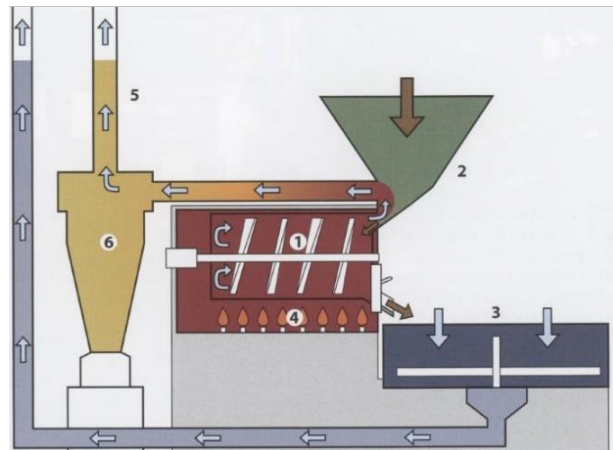
## 2.4 EQUIPO PARA EL TOSTADO DE CAFÉ

Según Rao (2014) una máquina tostadora de café es un horno especializado que transfiere calor a los granos de café en una corriente de gas caliente mientras mezcla continuamente los granos para asegurar que se tuesten de manera uniforme. En la actualidad, se utilizan varios tipos de tostadores en la industria del café especial: Algunas de ellas son:

### 2.4.1 Tambor clásico

El Tambor Horizontal es el tostador más común en la industria del café de especialidad, en este sistema, los granos de café giran dentro del tambor, el café se mezcla homogéneamente, permitiendo que el calor emitido por un sistema de llama sea uniforme y el resultando sea un tueste homogéneo y armonioso, después de este proceso, el café se vierte en un enfriador, compartimiento de cocción que reduce la temperatura rápidamente, evitando así continuar con el proceso de tostado. (Louzada & Rizzo, 2021)

Un tostador de tambor clásico consiste en un tambor sólido, giratorio, cilíndrico de acero o hierro colocado horizontalmente sobre su eje, con una llama abierta debajo del tambor. La llama calienta tanto el tambor como el aire que se aspira a través del tambor. Un ventilador extrae los gases calientes de la cámara del quemador de los granos que giran y expulsa el humo, el vapor y varios subproductos del tostado y la combustión fuera del edificio a través de una tubería vertical o chimenea. (Rao, 2014)



**Figura 3.** Tostador de tambor clásico.

Fuente: Rao (2014).

## 2.5 FACTORES EN EL GRANO DE CAFÉ ANTES DEL TOSTADO

### 2.5.1 Humedad

El contenido total de agua que inicialmente tiene un grano de café es fundamental en el proceso de tostado y juega un papel importante en el desarrollo de productos químicos y cambios físicos en el grano, ya que algunas reacciones químicas se interrumpen cuando el contenido de humedad disminuye excesivamente, es decir, las reacciones que generan el sabor dependen de la disponibilidad de agua. (Louzada & Rizzo, 2021).

Ambrosio *et al.* (2005) a una humedad de 10 a 12% el grano de café verde se estabiliza físicamente y expresa al máximo las características en aspecto y sabor.

### 2.5.2 Granulometría (tamaño del grano)

Cañas (2008) otra de las variables críticas a tomar en cuenta, es la granulometría del grano, el café de tamaño uniforme tendrá mejor desarrollo en el tostado, que una muestra sin clasificar con diferentes tamaños.



El sistema de medición es el porcentaje de café que queda de la muestra al ser pasada a través de los tamices o zarandas. (Ambrosio *et al.*, 2005)

### 2.5.3 Densidad aparente

La densidad aparente es la densidad de una sustancia cuando se incluye el volumen de todos sus poros. La densidad es la masa por la unidad de volumen. Sus unidades en el sistema internacional son  $\text{kg/m}^3$  (Orrego, 2003).

La densidad se puede definir como la cantidad de células por milímetro cúbico que conforman el grano de café y esto tiene un gran impacto en el desarrollo de tueste, la densidad está ligada a la altura del cultivo, es decir a mayor altura se espera obtener un grano de mayor densidad. (Cañas, 2008)

La determinación de la densidad aparente ( $\rho$  aparente) de un sólido poroso como el grano es relativamente sencilla, puesto que implica la medida de la masa del grano y su volumen aparente (su volumen total, incluyendo los huecos entre los granos). Con el fin de estandarizar la determinación, se hace necesario el grado máximo de compactación de los granos (Atarés, s.f.), se calcula como:

$$\rho_{aparente} = \frac{m_{grano}}{V_{aparente\ grano}} \quad (1)$$

Donde:

$\rho$  aparente; densidad aparente

m grano; masa del grano

V aparente grano; volumen aparente del grano



## 2.6 TUESTE DEL CAFÉ

Swisscontact, Ministerio de Industrias y Productividad (2016) y Ortiz (2007) el tostado es un proceso físico químico donde las características originales del café verde son alteradas para producir otros componentes, el grano cambia de color debido a la reacción de Maillard, durante el cual se libera agua y CO<sub>2</sub>, al tiempo que la reacción entre azúcares y aminoácidos da origen a la formación del color y sabor del café tostado.

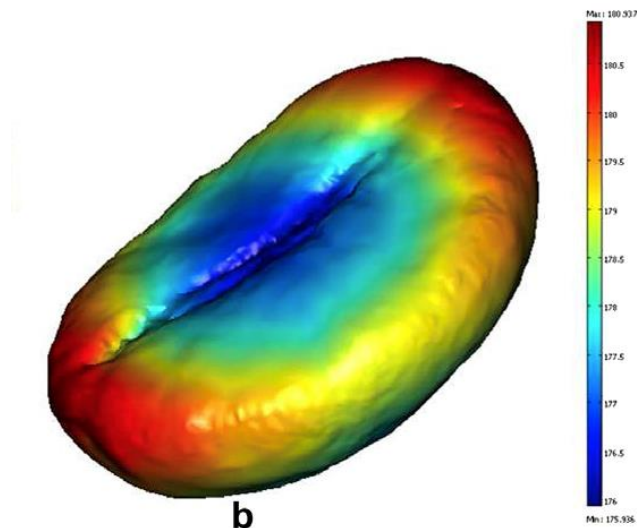
La etapa del tostado tiene una gran influencia en la calidad de la bebida de café, el proceso de tostado depende del tiempo y la temperatura en el que los cambios químicos son inducidos en los granos de café verde, aunque marcados cambios físicos en la estructura del café también son evidentes. (Louzada & Rizzo, 2021)

### 2.6.1 El calor en el tostado

EDUCAFÉS (2017) la absorción del calor, se da por la parte exterior del grano, el calor fluye hacia el interior debido al gradiente de temperatura, la transferencia de calor, se da por convección, conducción y radiación.

La rotación del tambor mezcla los granos mientras absorben el calor por conducción del contacto directo con el tambor caliente y por convección del aire que fluye a través del tambor. Un tambor doble disminuye la transferencia de calor por conducción y limita el riesgo de vuelco, quemaduras y revestimiento. (Rao, 2014)

La transferencia de calor se hace desde el exterior de los granos hacia el interior; de forma inversa, ocurre la translocación de los componentes volátiles, ocasionando un diferencial de temperatura en las diferentes partes del grano, que puede ser de hasta 50°C al inicio del tostado. (Jansen, 2006)



**Figura 4.** La disipación del calor en la fase exotérmica del tostado

Fuente: (<http://genioroasters.co.za/project/tipping-or-scorching-wtf/>, citado en EDUCAFÉS, 2017)

### 2.6.2 Cambios Físicos

Como resultado del proceso de tostado, la mayor parte de la humedad presente en el café verde se evapora, los granos de café se expanden y el color cambia, la fina piel superficial se suelta en sí mismo del grano de café. La pérdida de humedad y la expansión de volumen en el grano de café dan al tejido celular un aspecto seco y quebradizo, esto facilita la trituración de los granos de café y aumenta la capacidad de extracción. (Geiger, 2004, citado en Lik & Meira, 2019)

#### Pérdida de peso en el tostado

El café pierde entre un 12% y un 24% de su peso durante el tostado, según el contenido de humedad inicial, el grado de tostado y el desarrollo del grano interno durante el tostado. Los tostados más ligeros y apetitosos son probablemente los que se dejan caer durante las últimas etapas del primer crack, por lo general, tienen pérdida de peso o encogimiento de 11% -13%. (Rao, 2014)



En general, los granos de café pueden perder entre un 12% y un 20% de peso durante el tueste, según la calidad del grano verde, los parámetros de tueste y el grado final de tueste, esta pérdida por tostado consta de varias partes, como la evaporación del agua, la transformación de materia orgánica en gas y volátiles, la pérdida física de pieles plateadas (tegumento), polvo y fragmentos de granos u otro material liviano. (Folmer, 2017)

$$\text{Pérdida de peso (\%)} = \frac{\text{Peso café verde (g)} - \text{Peso café tostado(g)}}{\text{Peso café verde (g)}} * 100 \quad (2)$$

Fuente: adaptado de IICA (2010).

#### Cambio de volumen en el tostado

El volumen del grano de café se expande durante el tueste, la formación de vapor y gas provoca una gran acumulación de presión dentro de las células de los granos e induce la hinchazón. La permeabilidad de la periferia celular, es decir, la porosidad, no es suficiente para permitir que escape el vapor y el gas al tiempo sin que se acumule presión. (Lik & Meira, 2019)

#### Cambio de color en el tostado

Riaño (2017) a temperatura de 100° C el color del grano verde empieza a cambiar a tonos amarillos, a los 130° C el grano adquiere tintes castaños, que se marca poco a poco a colores más oscuros, a los 180° C el cambio de color es al marrón. A mayor temperatura los granos se tornan más oscuros, a los 270 ° C tienden a coloraciones negras.



**Figura 5.** Cambio de color del grano de café en el proceso de tostado

Fuente: sweetmarias.com

### 2.6.3 Cambios Químicos

A nivel químico, tienen lugar una serie de reacciones que conducen a la destrucción total o parcial de los compuestos presentes en el café verde, así como a la formación de otros. (Cid, 2013)

**Tabla 4.** Composición química de granos de café tostado Arábica y Robusta

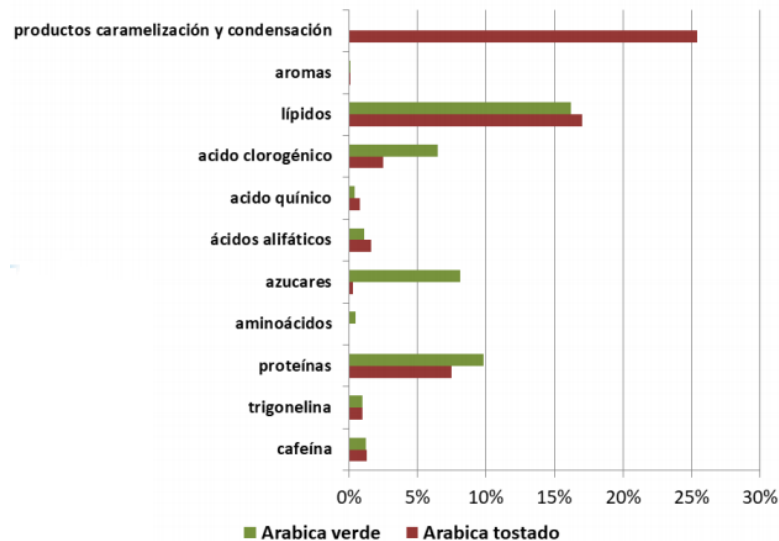
Compuestos	Concentración (g/100g)	
	Café Arábica	Café Robusta
<b>Hidratos de carbono/fibra</b>		
Sacarosa	Tr** -4,2	Tr** -1,6
Azúcares reductores	0,3	0,3
Polisacáridos	31-38	37-42
Lignina	3,0	3,0
Pectina	2,0	2,0
<b>Compuestos nitrogenados</b>		
Proteína	7,5-10	7,5-10
Aminoácidos libres	ND*	ND*
Cafeína	1,1-1,3	2,4-2,5
Trigonelina	1,2-0,2	0,7-0,3
Ácido nicotínico	0,02-0,03	0,01-0,03
Otros compuestos de piridina	0,07-0,3	ND*
<b>Lípidos</b>		
Triglicéridos	17,0	11,0



Diterpenos (libres y esterificados)	0,9	0,2
<b>Minerales</b>	4,5	4,7
<b>Ácidos y éteres</b>		
Ácidos clorogénicos	1,9-2,5	3,3-3,8
Ácidos alifáticos	1,6	1,6
Ácido quínico	0,8	1
Melanoidinas	25	25

**Nota:** \*ND; no detectado, \*\*Tr; trazas

Fuente: (Clifford, 2000, Farah, 2012, Farah *et al.*, 2017, Poison *et al.*, 2017, Trugo, 2003, Kölling *et al.*, 2005, Speer *et al.*, 2006, citado en Lik & Meira, 2019)



**Figura 6.** Cambios químicos del café arábico en el tostado

Fuente: EDUCAFÉS (2017).

#### Reacción de Maillard

Las reacciones de Maillard son reacciones de pardeamiento no enzimático entre los aminoácidos libres y los azúcares reductores, y contribuyen al color marrón del café, el sabor agridulce y varios aromas. Las reacciones de Maillard ocurren en la cocción de muchos alimentos, quizás más familiarmente en el dorado de las carnes. (Rao, 2014)



## Degradación de Strecker

Perfect Daily Grind Español (2020a) es una etapa que contribuye a la formación de aroma y sabor del grano, la reacción ocurre entre los aminoácidos y las moléculas del grupo carbonilo que da lugar a los aldehídos y cetonas.

## La Caramelización

La caramelización es un conjunto complejo no enzimático de reacciones de dorado que se dan exclusivamente con azúcares. Estas reacciones pirolíticas son más lentas que las reacciones de Maillard y requieren temperaturas más altas (alrededor de 160 a 200°C), como parte del proceso de caramelización, el azúcar se convierte en furfurilo que tiene una nota acaramelada, ligeramente quemada y también ligeramente carnosa. (Lik & Meira, 2019)

### 2.6.4 Perfil de tueste

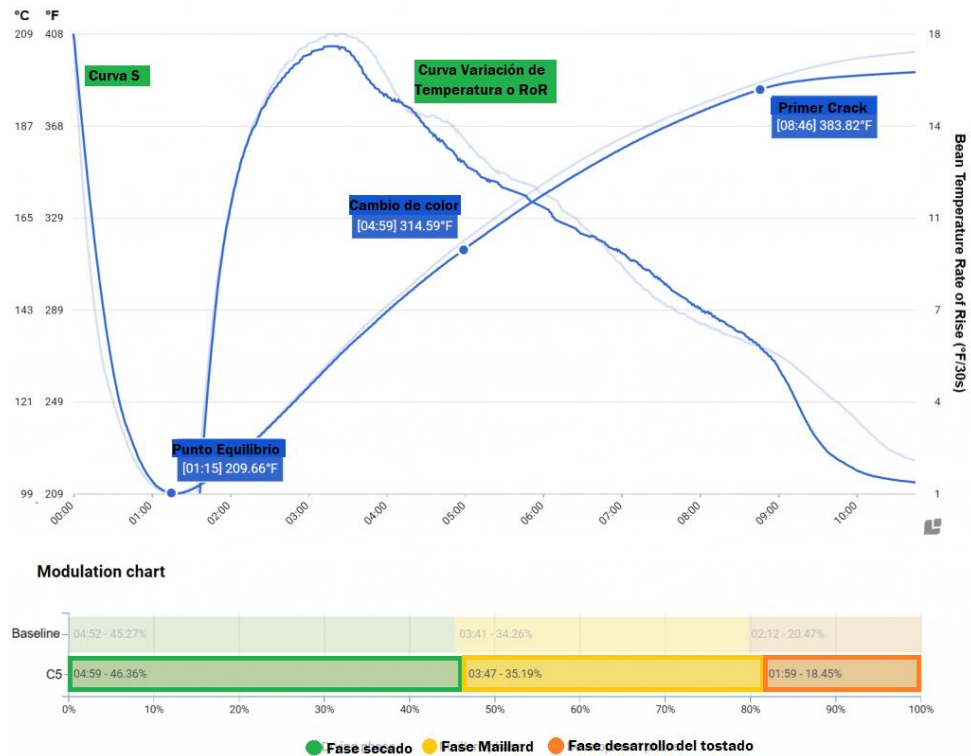
El perfil de tostado involucra las características del grano crudo (volumen, masa, densidad, entre otros) para definir los parámetros de tueste tales como el grado de tueste deseado, tiempo y temperatura a la que se debe exponer el grano, y la relación entre el aire y grano que se hace dentro del tostador, estos parámetros juntos dan lugar a una curva, el llamado perfil de tueste. (Schenker & Rothgeb 2017, citado en Louzada & Rizzo, 2021)

## 2.7 CURVAS DE TOSTADO

La curva de tueste es una representación del progreso de la temperatura medida en un punto de referencia útil (EDUCAFÉS, 2017).

Perfect Daily Grind Español (2020b) las curvas de tostado ayudan a identificar y examinar las fases en el proceso de tostado, es así que, la duración de la fase de secado

afectará a la acidez y cuerpo, la duración de la fase de Maillard intervendrá en la dulzura y la caramelización.



**Figura 7.** Curvas de tostado

Fuente: Adaptado de software de tostado de café Cropster en la Competencia RoastID del 2020, Perfect Daily Grind Español (2020b).

Relación: Tiempo y Temperatura

El tiempo y la temperatura de tostado juegan un papel clave en el desarrollo de un buen café ya que, al tostar perfiles con diferentes temperaturas y tiempos, el grano tostado tiene diferentes características en la taza, incluso al final del proceso, cuando los colores son idénticos. (Louzada & Rizzo, 2021)



### **2.7.1 Curva S**

Las curvas del perfil de tueste generalmente siguen una curva en “S” en la que la temperatura del grano desciende abruptamente durante 70-90 segundos, toca fondo y luego aumenta rápidamente. (Rao, 2014), comprende las siguientes fases:

#### **2.7.1.1 Fase de secado**

Perfect Daily Grind Español (2019) durante esta fase, el agua comienza a evaporarse y empieza el incremento de la presión dentro del grano. Esta fase comienza raudamente, después del punto de equilibrio.

El punto de equilibrio o inflexión

EDUCAFES (2017) este punto ocurre, justo cuando la temperatura de la cámara de tostado y el del grano se equilibran, no afecta directamente al resultado en taza, pero es importante, como punto de referencia para instaurar un eventual comportamiento térmico del sistema afín con los objetivos de tostado.

#### **2.7.1.2 Fase Intermedia o Maillard**

Durante esta fase, los azúcares se descomponen para formar ácidos y los granos sueltan vapor, comienzan a expandirse y emiten agradables aromas a pan. Los cambios de color y aroma son en gran parte debido a las reacciones de Maillard, que se aceleran a medida que la temperatura del grano alcanza aproximadamente 250 -300 ° F (121 - 149 ° C). (Rao, 2014)

#### **2.7.1.3 Fase desarrollo del tostado (DT)**

Perfect Daily Grind Español, (2020b) la duración de esta fase, tiene una influencia notable en el proceso de la caramelización, la acidez, el dulzor y los sabores en general,



mientras más corto sea el tiempo, más brillantes y menos caramelizados pueden ser los sabores, a mayor tiempo los sabores pueden parecer inexpresivos, caramelizados y menos brillantes.

El desarrollo del tostado es el porcentaje del tiempo transcurrido, desde el inicio del primer crujido, hasta que el café comienza a enfriar, juega un papel muy importante en el tostado y la determinación de calidad sensorial de muestras de cafés especiales, la mayoría de componentes aromáticos de interés sensorial se forman durante el primer crack del café. (EDUCAFES, 2017)

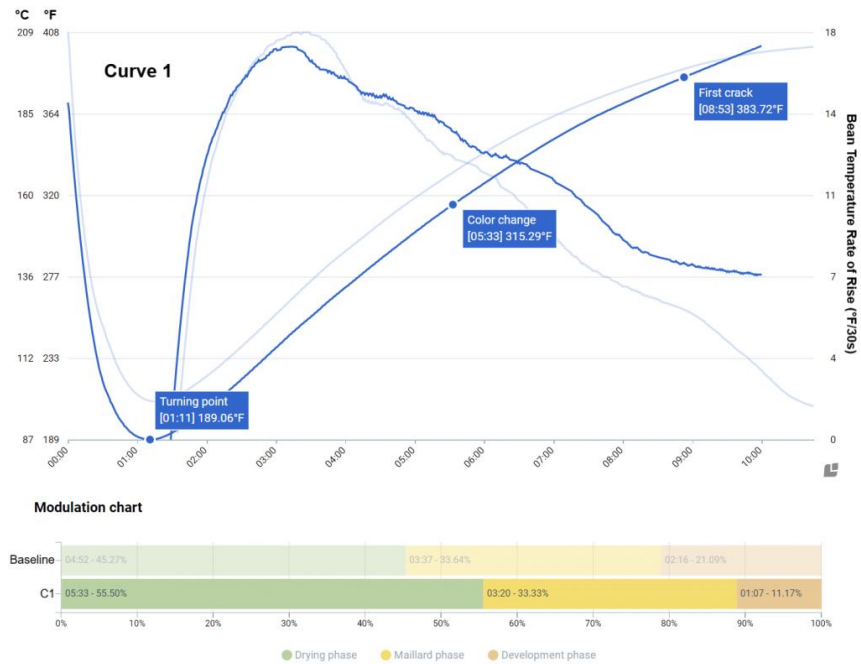
#### Primer crack (o primer crujido)

Rao (2014) el primer crack representa la liberación audible del vapor de agua reprimido y la presión de CO<sub>2</sub> del núcleo del café, los granos se expanden, expulsan espontáneamente la cascarilla y se intensifica la producción del humo.

#### **2.7.2 Curva de variación de temperatura $\Delta T$ ó RoR**

RoR, en inglés rate of rise, significa tasa de incremento, es la variación de la temperatura con el tiempo, se utiliza para analizar el desempeño del tostado. (EDUCAFÉS, 2017)

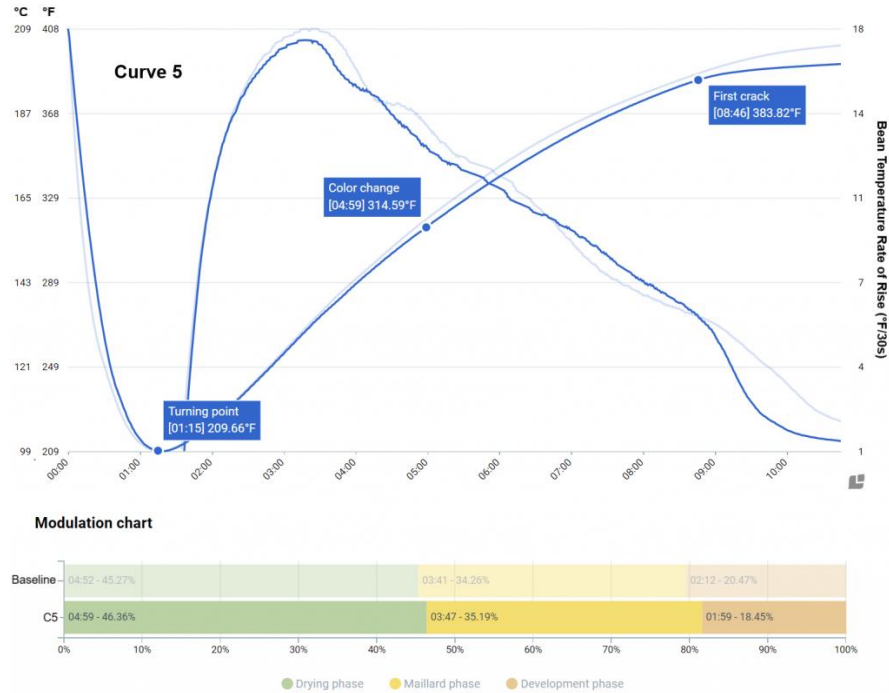
En la Figura 8, se observa una curva de tueste utilizada durante el concurso RoastID del 2020 que muestra un tueste subdesarrollado, donde, la temperatura inicial del tueste era demasiado baja, lo cual causó un retraso con respecto a la curva de referencia presentada.



**Figura 8.** Curva de tueste con granos subdesarrollados

Fuente: Fotografía, software de tuestado de café Cropster en la Competencia RoastID del 2020, Perfect Daily Grind Español (2020b).

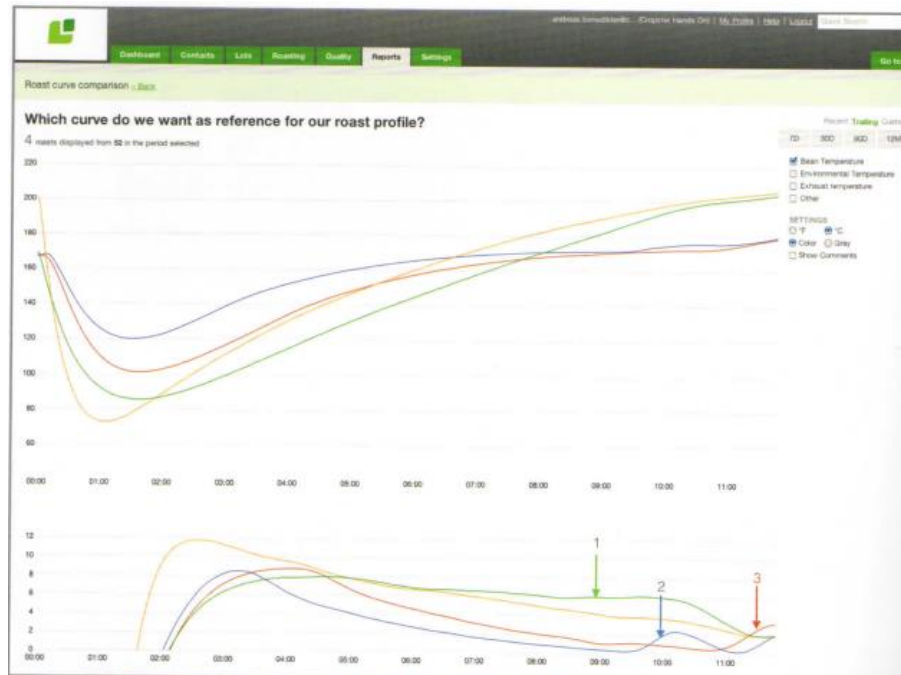
En la Figura 9, se observa una curva de tuestado utilizado durante la competencia RoastID del 2020 que muestra granos poco tostados, debido a la pérdida de calor durante el tiempo de desarrollo del grano y una temperatura final más baja (en comparación con la referencia).



**Figura 9.** Curva de tueste con granos poco desarrollados

Fuente: Fotografía, software de tostado de café Cropster en la Competencia RoastID del 2020, Perfect Daily Grind Español (2020b).

Según la Figura 10, el gráfico superior muestra cuatro perfiles de tueste y el gráfico inferior ilustra sus respectivas curvas ROR o variación de temperatura. La sección larga y plana (1) de la curva ROR verde indica que el café tendrá un sabor plano y carecerá de dulzura. Los aumentos, o movimientos (2 y 3) en las curvas ROR azul y roja indican que esos tuestes no se desarrollaron tanto como podrían haberlo hecho en sus respectivos grados de tueste. El perfil amarillo y su correspondiente curva ROR no tienen problemas obvios. (Rao, 2014)



**Figura 10.** Curvas de perfil de tueste

Fuente: Rao (2014)

## 2.8 COLOR DEL CAFÉ TOSTADO

Uno de los parámetros utilizados para identificar cuándo detener el proceso de tueste es el color del grano, por lo que la SCAA y Agtron han desarrollado un estándar para controlar el grado de tueste (Louzada & Rizzo, 2021).

### 2.8.1 Medición del color por el sistema de clasificación Agtron SCAA

Se ha desarrollado un sistema de clasificación basado en la escala Agtron de medición de color y consiste en un kit de ocho discos de colores con graduaciones que van del número 25 al 95 que se incrementa en 10 puntos. El kit contiene dos discos pyrex para la preparación y presentación de las muestras. (SCAA, 2015)

El número Agtron se refiere a una banda infrarroja de medida para una muestra



de café tostado, basado en el equipo electrónico de medición de color marca Agron. La banda infraroja está relacionado con la caramelización de los azúcares y los cambios químicos en el sabor debido al grado de tostado. (Cañas, 2008)

**Tabla 5.** Medición del color de café en diferentes grados o niveles de tueste

Nombre	Agron	Discos SCAA	Colortrack	Probat	CieLab	CieLab	CieLab	Kennet Davids
					L	a	b	
Sin tostar	100		-11	393	63	7	65	
Extremadamente claro	95	95	-5	368	60	9	63	Canela claro
Cinammon Roast	90		1	343	56	11	60	
Muy claro	85	85	8	318	53	12	58	Nueva Inglaterra
	80		14	294	49	13	55	
Claro	75	75	20	269	46	14	51	Claro, Nueva Inglaterra
	70		26	244	43	15	48	
Medio claro	65	65	33	219	39	15	44	Medio claro, Americano, regular
	60		39	194	36	15	41	
Medio	55	55	45	170	32	14	37	Medio alto, ciudad regular
	50		51	145	29	13	32	
Medio oscuro	45	45	58	120	26	12	28	Ciudad total, Vienes, Continental, espresso
	40		64	95	22	11	23	
Oscuro	35	35	70	71	19	9	19	Frances, espresso, Italiano, Turco
Tueste Italiano/Frances	30		77	46	15	7	14	Italiano, Napolitano, Español
Muy Oscuro	25	25	83	21	12	5	8	Frances oscuro, Español
Extremadamente oscuro	20		89	-4	9	2	3	
	10		102	-53	2	-4	-8	
Carbonizado	0		114	-103	-5	-11	-21	

Fuente: EDUCAFES (2017).



## 2.9 ANÁLISIS SENSORIAL DEL CAFÉ

La evaluación sensorial del café, es una ciencia cuantitativa en la que los datos de cálculo se recopilan para establecer relaciones legales y específicas entre las características del producto y la percepción humana. (Louzada & Rizzo, 2021)

### 2.9.1 Tipos de análisis sensoriales

En la evaluación sensorial de cafés especiales, existen los siguientes grupos principales.

#### Análisis descriptivo

Cañas (2008) este análisis es el más completo, la primera etapa consiste en la descripción de las propiedades sensoriales (cualitativo), cada olor y sabor utilizando un vocabulario previamente definido y desarrollado y la segunda se basa en la medición de cada atributo (cuantitativo).

#### Análisis discriminativo

Las pruebas sensoriales más simples intentan responder si existe alguna diferencia perceptible entre dos tipos de productos, estas son las pruebas de discriminación o procedimientos de prueba de diferencia simple. (Lawless & Heymann, 2010)

#### Catadores Q Grader Arábica

El catador Q Grader es el profesional que cuenta con un extenso entendimiento acerca de los procesos productivos, beneficio, almacenamiento, comercialización y control de la calidad ya que todo esto determina el resultado de las características evaluadas. Poseen un entrenamiento para la evaluación sensorial cuantitativa y



descriptiva del café, utilizan los estándares y protocolos de la SCAA. (Coffee quality Institute (CQI), 2014)

## **2.10 COMPONENTES DE INTERES EN EL CAFÉ**

Donangelo (2011) y Cid (2013) de los 1000 componentes químicos diferentes identificados en el grano de café los de mayor significación para la salud, los que están asociados a la bioactividad del café, son la cafeína, diterpenos, ácido clorogénico y melanoidina.

### **2.10.1 Ácido clorogénico**

El efecto fisiológico del café en los humanos varía de persona a persona y depende de la cantidad y calidad del café consumido, el café es considerado uno de las fuentes más ricas de fenoles y los compuestos fenólicos más abundantes en el café son los ácidos clorogénicos, correspondientes hasta el 12% de la materia seca en los granos de café verde. (Preedy, 2015)

### **2.10.2 Melanoidinas**

Además de su contribución al sabor y color, las melanoidinas del café presentan actividad antioxidante (Delgado *et al.*, 2005, Caemmerer & Kroh, 2006, López *et al.*, 2006, Rufián *et al.*, 2007, citado en Cid, 2013)

Las melanoidinas son nitrógeno marrón, que contienen polímeros, producidos durante el tostado del café, la cantidad de melanoidinas del café representa hasta el 25% del café tostado y aumenta con la severidad del tostado, las melanoidinas del café están compuestas de diferentes compuestos químicos como, galactomananos, arabinogalactanos, proteínas, ácidos clorogénicos y productos de la reacción de Maillard. (Preedy, 2015)



## 2.11 ANTIOXIDANTES

Concepto.

Un antioxidante es un compuesto químico que inhibe, detiene o controla la oxidación de un sustrato, puede ser un compuesto orgánico o inorgánico, el sustrato es conocido como sustrato oxidable. (Zeb, 2021)

### 2.11.1 Método DPPH (Difenil Picril Hidrazilo)

Londoño (2012) el DPPH, es uno de los pocos radicales orgánicos estables, fue propuesto originalmente por Brand Williams, se basa en el análisis de la capacidad de un antioxidante para estabilizar el radical DPPH en un 50%, los resultados se expresan como (coeficiente de inhibición) IC<sub>50</sub>, presenta una fuerte coloración violeta, la medición se realiza espectrofotométricamente, con la decadencia de la absorbancia a 517 nm.

### 2.11.2 Método de Folin-Ciocalteu

El ensayo colorimétrico basado en el protocolo desarrollado por Folin y Ciocalteu (1927) se puede utilizar para determinar la concentración de compuestos fenólicos solubles, como antocianinas, así como compuestos fenólicos complejos, hidrolizados y taninos condensados. (Zeb, 2021)

El método se basa en la oxidación de componentes fenólicos, por la acción del polianión molibdotungstosfosfórico para crear un subproducto coloreado con una absorción de 765 nm como máximo. Posteriormente fue modificado por Singleton, con la adición del ácido gálico como compuesto fenólico de referencia, cuyos resultados se expresan en equivalentes de ácido gálico (EGA). (Londoño, 2012)

**Tabla 6.** Resultados etapa final Taza de Excelencia Perú 2020

N°	REGIÓN	PROVINCIA	DISTRITO	ORGANIZACIÓN/EMPR ESA	VARIEDAD	PROCESO	ALTITUD msnm	PUNTA JE FINAL
1	CUSCO	LA CONVENCIÓN	INCAWASI	COOPERATIVA VALLE DE INCAHUASI COOPERATIVA NORCAFE	SL 09/GEISHA CATURRA/CAT UAI	LAVADO	1848	90
2	CAJAMARCA	JAEN	JAEN		BOURBON/CATURRA	LAVADO	1750	89.58
3	CAJAMARCA	SAN IGNACIO	LA COIPA	ANDES AMAZONAS SAC	TURRA	LAVADO	1800	88.96
4	CAJAMARCA	SAN IGNACIO	CHIRINOS	FALCON COFFEES SRL	AMARILLO	LAVADO	1840	88.92
5	PUNO	SANDIA	ALTO INAMBARI	COMEXSUR SRL	BOURBON ROJO	LAVADO	1640	88.88
6	CAJAMARCA	JAEN	CHONTALI VILLA RICA	INDEPENDIENTE COOPERATIVA CEPRO YANESHA	CATUAI/CATURRA	LAVADO	2080	88.77
7	PASCO	OXAPAMPA			GEISHA CATURRA/BOURBON	LAVADO	1750	88.77
8	CAJAMARCA	SAN IGNACIO	CHIRINOS	FALCON COFFEES SRL COOPERATIVA VALLE	URBON	NATURAL	1845	88.73
9	CUSCO	CONVENCIÓN	INCAWASI	DE INCAHUASI COOPERATIVA	SL-09	LAVADO	1970	88.58
10	CUSCO	SANTA TERESA	SANTA TERESA	HUADQUIÑA	GEISHA	LAVADO	1880	88.58
11	CAJAMARCA	JAEN	SAN JOSE DEL ALTO RIO	ORIGIN COFFEE LAB SAC	BOURBON CATURRA/GEISHA	LAVADO	1750	88.54
12	JUNIN	SATIPO	TAMBO	COOPERATIVA KAFFEE SATIPO		LAVADO	1600	88.38
13	CUSCO	CONVENCIÓN	INCAWASI	COOPERATIVA VALLE DE INCAHUASI ASOCIACION	SL 09	LAVADO	2122	88.19
14	CUSCO	CALCA	YANATILE	VALLEINCA CUSCO COOPERATIVA SAN	BOURBON	LAVADO	2050	87.81
15	CUSCO	CONVENCIÓN	INKAWASI	FERNANDO LTDA COOPERATIVA VALLE	BOURBON BOURBON/TYTICA	LAVADO	2280	87.81
16	CUSCO	CONVENCIÓN	INKAWASI	DE INCAHUASI	CATURRA/BOURBON/TYPICA	LAVADO	2132	87.65
17	CAJAMARCA	JAEN	JAEN	ASOCIACION AROMAS DEL VALLE	BOURBON CATURRA/BOURBON	LAVADO	2000	87.54
18	CUSCO	CONVENCIÓN	SANTA TERESA	COOPERATIVA CCOCHAPAMAPA ASOCIACIÓN SUMAQ	CAFÉ ECOLÓGICO	LAVADO	2020	87.54
19	JUNIN	SATIPO	PANGOYA			LAVADO	1630	87.35
20	HUÁNUCO	DOS DE MAYO	MARIAS	INDEPENDIENTE ASOCIACIÓN	GEISHA	LAVADO	1459	87.27
21	CUSCO	CALCA	YANATILE	VALLEINCA CUSCO	BOURBON CATURRA/TYPICA	LAVADO	1880	87.23
22	JUNIN	CHANCHAMAYO	PERENE SAN JOSE	INDEPENDIENTE		LAVADO	1750	87.19
23	CAJAMARCA	SAN IGNACIO	LOURDES SAN LUIS	COOPERATIVA EL MILAGRO	CATURRA/COSTA RICA	LAVADO	1700	87.15
24	JUNIN	CHANCHAMAYO	DE SHUARO	COOPERATIVA CEPRO YANESHA	CATURRA/CAT UAI	NATURAL	1530	87

Fuente: Taza de Excelencia Perú (2020).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

El proyecto de investigación se ejecutó en el laboratorio de Cafés Especiales, certificado por la SCA, de la Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandia (CECOVASA Ltda.), Ubicado en la ciudad de Juliaca a 3826 m s.n.m. El análisis de capacidad antioxidante y fenoles totales se realizó en el laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de la Universidad Nacional San Antonio de Abad del Cusco.

#### 3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

Para la presente investigación se utilizó café Arábica, de la variedad Bourbon, proveniente de dos pisos altitudinales; 1000 a 1200 y 1800 a 2000 m s.n.m., del Distrito Alto Inambari, Sandia, Puno - Perú, de zonas de producción denominados; Santa Rosa, Belén, Quiquirá, Cruz Pata y Alto Azata, de socios cafetaleros, cuyas Cooperativas están asociadas a la Central CECOVASA Ltda.

##### 3.2.1 Características de las muestras de café

Tipo de beneficio; húmedo o lavado

**Tabla 7.** Características de la muestra de café

Codificación	Bourbon proveniente de altitud	Humedad (%)	Densidad aparente Kg./m <sup>3</sup>
A	1000 a 1200 m s.n.m.	11.8	712
B	1800 a 2000 m s.n.m.	10.5	730



### 3.3 MATERIALES Y EQUIPOS

#### 3.3.1 Materiales

- Agua de mesa (San Luis)
- Manual de defectos SCAA
- Tamiz N° 15 (Piñalense)
- Kit de discos Agron, sistema de clasificación de color del café tostado

#### SCAA

- Probeta de 500 ml
- Bandejas para café verde (Satake)
- Cronómetro (Kenko)
- Envase hermético para café verde y tostado (Zipp)
- Micropipetas 1 y 5 ml (Eppendorf)
- Micropipetas 100, 200 ul (Jencons)
- Tubos Falcon 15ml (IsoLab)
- Tubos de ensayo 10ml
- Vial transparente 20 ml

#### 3.3.2 Equipos

- Tostadora de muestra (marca PROBAT - WERKE, BRZ2 220/60, 46446, de 02 tambores horizontal, origen Alemania)
- Molino (marca PROBAT, EK43/1, 507445, origen Alemania)
- Trilladora (marca IMSA, Villa Rica, Cerro de Pasco - Perú)
- Medidor de humedad de granos digital (GEHAKA AGRI, G600)
- Balanza (CAMRY, EHA701)



- Espectrofotómetro (Génesis 20 Thermo Electrón)
- Balanza Analítica (Explorer Pro EP214C Ohaus)
- Baño ultrasónico (Branson 3510R-MTH)
- Centrifuga (GreedMed 4000 rpm)
- Homogenizador (VWR Fixed-Speed Mini Vortex Mixer 945302)

### 3.3.3 Reactivos

- Trolox Santa Cruz Biotechnology
- DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) Sigma Aldrich
- Etanol J.T. Baker
- Ácido Gálico (C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>5</sub>) Sigma Aldrich
- Folin Ciocalteu Merck
- Carbonato de Sodio (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) Merck
- Agua ultrapura Barnstead tipo I

### 3.3.4 Panel de jueces catadores

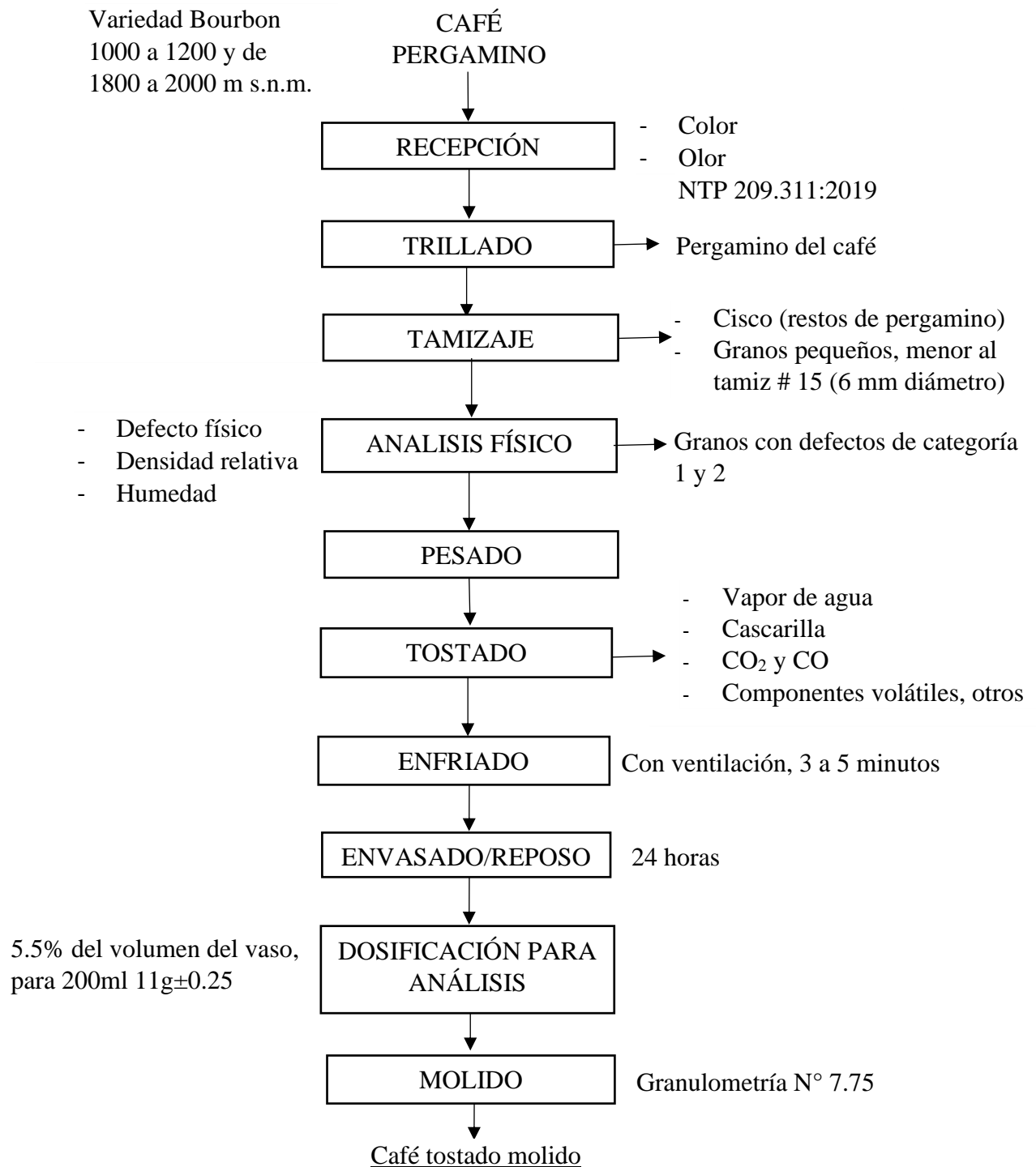
La evaluación de calidad sensorial se realizó con Catadores Lic. Q Grader Arábica, Certificados por el Coffee Quality Institute (CQI).

## 3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

### 3.4.1 Diagrama de flujo del proceso preparación y tostado de muestras

En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo de proceso de ejecución de la presente investigación.





**Figura 11.** Diagrama de flujo de ejecución

Fuente: elaboración propia con base al protocolo SCAA (2015) y NTP 209.311:2019



**RECEPCIÓN.-** En la recepción con la finalidad de hacer un control de calidad en físico del café se revisó el color, olor, apariencia general, de acuerdo a la NTP 209.311:2019 de Cafés especiales. Requisitos.

**TRILLADO.-** Se efectuó con el equipo trillador de laboratorio, cuya función es quitar el pergamino o la cascarilla para obtener el café verde.

**TAMIZAJE.-** Se utilizó el Tamiz de laboratorio de malla N°15 con diámetro 6 mm, conforme a NTP-ISO 4150, este procedimiento fue manual, primeramente, se vertió la muestra aproximadamente de 300 a 350g, se empezó haciendo movimientos en forma horizontal y vertical de ida y vuelta 20 veces por cada lado, posteriormente se presionó con la mano para facilitar el paso de algunos granos por los agujeros de la malla para lograr una mejor clasificación del tamaño de los granos con la finalidad de obtener un tueste homogéneo.

**ANÁLISIS FISICO.-**

**Análisis de defectos.-** De acuerdo al manual de defectos SCAA, quitamos todos los defectos de categoría 1 y 2 para así obtener una muestra de cero defectos para el análisis de calidad sensorial.

**Densidad aparente.-** Se determinó utilizando una probeta graduada de 500 ml y una balanza de precisión de 0,01 g, para el procedimiento se tomó como referencia a Atarés (s.f.), para la cual se hizo previamente el tarado de la balanza con la probeta, posteriormente el vertido de la muestra en la probeta dando pequeños golpes rítmicamente en la base, por 20 veces para conseguir la compactación de la muestra y así aminore la porosidad del grano, se anotó el peso de la muestra y se determinó la densidad aparente según ecuación (1), el procedimiento se hizo con tres repeticiones, para ambas muestras de café verde de altitud A y B, luego convertimos los valores a  $\text{Kg/m}^3$ .



**Humedad.**- Para determinar la humedad se procedió con la configuración del medidor de humedad de granos marca GEHACA AGRI, en café verde. Posteriormente se tomó la muestra para pesarla en la balanza eléctrica que tiene incorporada el medidor, la cantidad de 100 g, luego se introdujo la muestra para tomar la lectura del porcentaje de humedad.

**PESADO.**- Se procedió con el pesado de muestras en verde en la balanza de precisión de 0.01g la cantidad de 100 gr. para su posterior tostado.

**TOSTADO.**- La operación unitaria de tostado se realizó en una tostadora de marca PROBAT de laboratorio de dos tambores, con un ciclón de tueste y ventilador de enfriamiento separado, que permite una efectiva decantación de cascarilla y una rápida eliminación de esta junto con el humo, cada tambor con una capacidad máxima de 130g, con quemador localizado debajo de la cámara de tostado. Las muestras fueron tostadas de acuerdo a los niveles de factores tiempo y temperatura de la investigación.

**ENFRIADO.**- Después de culminar el proceso de tostado se vertió los granos en el sistema de enfriado con ventilación con la que cuenta la tostadora de laboratorio, a temperatura ambiental de 3 a 5 minutos, con la finalidad de evitar la continuidad del proceso de tueste, una vez fuera, debido a la temperatura de salida entre 175 a 200°C.

**ENVASADO/REPOSO.**- Para el envasado se utilizó bolsas de polietileno hermético para alimentos, el reposo de muestras fue de 24 horas, en todos los casos, a fin de obtener resultados homogéneos.

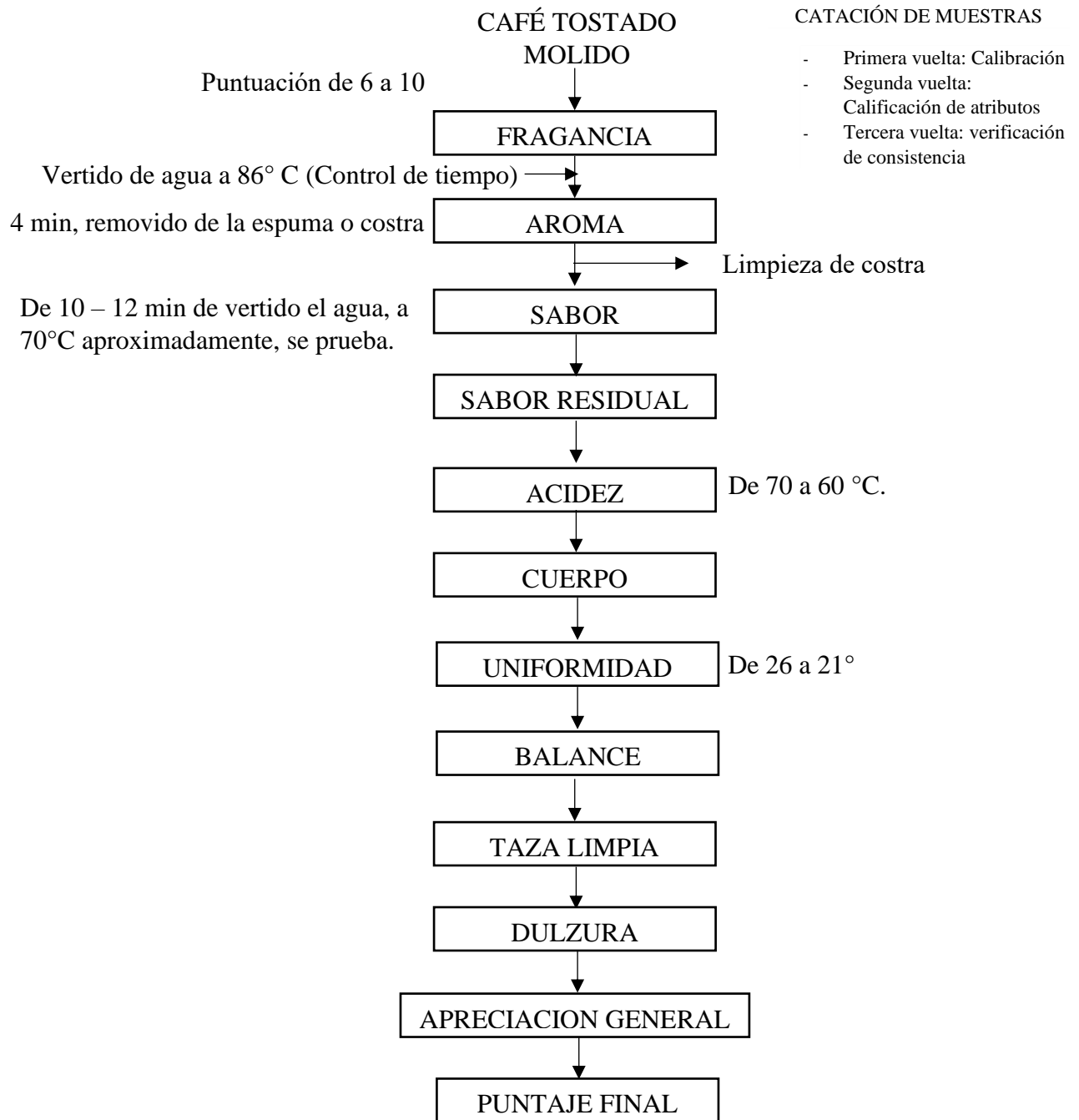
**DOSIFICACIÓN PARA ANÁLISIS.**- La cantidad de café tostado en grano, por vaso de catación, se pesó en relación a  $8,25 \pm 0.25$  gramos de café por cada 150 ml de agua, en este caso se pesó  $11g \pm 0.25$  para un vaso de porcelana de 200ml de volumen. Para el enjuague del molino, por muestra se consideró una cantidad aproximada de 5g de café.



MOLIDO.- El molido se hizo, en granulometría 7.75 en el molino de discos horizontal para café de la marca PROBAT. Primeramente, se procedió con el molido del enjuague y posterior a este el molido de las repeticiones por muestra debidamente codificadas.

### **3.4.2 Evaluación sensorial**

De acuerdo al protocolo de la SCAA (2015) se siguió el procedimiento de evaluación sensorial, respetando los estándares, como rangos de tiempos para cada etapa.



**Figura 12.** Diagrama del proceso de evaluación sensorial de cafés especiales

Fuente: elaboración propia con base al protocolo SCAA (2015).

### 3.4.2.1 Procedimiento de evaluación sensorial

Las muestras primero fueron examinadas visualmente para marcar el color del tostado en el formulario de catación.



### Paso N°1. Fragancia y Aroma

1. Dentro de 15 minutos después de que las muestras fueron molidas, se evaluó la fragancia con la acción de oler la muestra seca, sin acercarse demasiado, manteniendo una distancia prudencial entre la taza y el sentido del olfato. Luego se marcó la intensidad de fragancia percibida.
2. Después de haber vertido el agua, la espuma se dejó intacta hasta los 4 minutos, luego se procedió a romper la espuma removiendo 3 veces, en este paso se aprovechó para percibir el aroma. Posteriormente se marcó la intensidad de Aroma en el formulario.
3. La calificación de Fragancia y Aroma se marcó en base a la evaluación seca y mojada.

### Paso N° 2. Sabor, Sabor Residual, Acidez, Cuerpo, y Balance

4. Cuando la muestra se ha enfriado aproximadamente a 70°C, en un tiempo de 12 minutos de la infusión, se comenzó a probar con una cuchara de catación. El procedimiento consistió en aspirar el café de tal manera que cubra tanta área como sea posible, especialmente la lengua y el paladar superior, para luego registrar la puntuación del sabor y sabor residual en el formulario.
5. El café continuó enfriándose, luego se valoró la acidez, el cuerpo y el balance. El balance fue determinado de acuerdo a la combinación del sabor, sabor residual, acidez y cuerpo.
6. Las muestras se probaron tres a cuatro veces, para determinar las puntuaciones de los diferentes atributos; Primero para la calibración, segundo para evaluar los atributos y tercero para evaluar la consistencia de esta.



### Paso N° 3. Dulzura, Uniformidad, y Taza limpia

7. Cuando la muestra estuvo cerca a la temperatura ambiental se evaluó la dulzura, uniformidad, y taza limpia.
8. Se culminó con la evaluación del café cuando se llegó a una temperatura aproximada de 16°C

### Paso N° 4. Puntaje final

9. Después de la evaluación de las muestras, se sumaron todos los puntajes de los atributos. El resultado final se dio a conocer en la discusión entre catadores, donde además se dio a conocer la apreciación general y la descripción de atributos que se encontró en cada muestra.

### **3.4.3 Determinación de color del café tostado**

El color de café tostado se determinó con los discos de colores del sistema de clasificación del tostado en Agtron, de la SCAA. Los discos están numerados de la siguiente manera; 25, 35, 45, 55, 65, 75, 85 y 95 la numeración menor corresponde a un tueste más oscuro y la numeración mayor a un tueste claro.

#### Procedimiento

1. Para empezar, se tomó una parte de la muestra de café tostado y posteriormente se hizo el molido de grado muy fino de granulometría número 1 en el molino PROBAT. Se procedió a depositar la muestra dentro del pyrex circular y se hizo una compactación de la misma con la base del segundo pyrex de manera que la superficie quedó muy similar a la textura lisa de los discos de colores.



2. Se colocó la muestra preparada encima de la mesa con superficie de color negro, como también en el color blanco para un mejor fondo de contraste.
3. Luego se procedió a comparar con dos discos con numeración consecutiva o con los que más se asemeje la muestra.
4. Finalmente se asignó la correspondiente clasificación del tostado a la muestra evaluada.

#### **3.4.4 Determinación de pérdida de peso del café tostado**

Para la pérdida de peso del café tostado, se pesó 100g de muestra en verde, este procedimiento se realizó antes del proceso de tostado para cada tratamiento y sus repeticiones, luego al concluir el proceso, pesamos la muestra tostada, para luego calcular la pérdida de acuerdo a la Ecuación 2.

#### **3.4.5 Determinación de actividad antioxidante por DPPH**

##### Procedimiento

1. Se pesó aproximadamente 0.5 a 0.6 g de muestra de café, se extrajo con 50 ml de etanol al 70%
2. Se homogenizo por 5 minutos, luego se hizo el centrifugo a 4000 rpm durante 10 min, posteriormente se almaceno a 4°C hasta el análisis.
3. Se preparó una curva de calibración de 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, y 16.0 ug/ml de trolox en etanol y sus respectivos blancos con etanol, se mezclaron con 1.5ml de DPPH
4. Se dejó en reposo en la oscuridad durante 30 minutos, pasado el tiempo se leyó las absorbancias remanentes con un espectrofotómetro a 517nm.





5. Se tomó un volumen de las diluciones que tenga el 50% de la absorbancia del blanco, se mezclaron con 1.5ml de DPPH, se procedió a registrar las absorbancias al cabo de 30 minutos.
6. Se halló la inhibición al 50% y se expresó en (coeficiente de inhibición) CI50 en Equivalentes Trolox en función a la curva de calibración.

### **3.4.6 Determinación de compuestos fenólicos totales**

#### Procedimiento

1. Se pesó aproximadamente 0.5 a 1 gr de muestra de café, se extrajo con 50 ml de etanol al 70%
2. Se homogenizo por 5 minutos, se centrifugo a 4000 rpm durante 10 min, y se almaceno a 4°C hasta el análisis.
3. Se preparó curva de calibración de 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, y 16.0 ug/ml de ácido gálico en agua ultrapura, se tomó un volumen de cada concentración y se mezcló con agua manteniendo 1700 µL de volumen total
4. Se añadió 200µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 20% y 100 µL de Folin Ciocalteu 0.2N para cada uno, se homogenizo,
5. Luego de 30 minutos, se registró las absorbancias a 765 nm con un espectrofotómetro. Se utilizó el sobrenadante, se tomó 160 µL de la muestra preparada y se procedió a registrar las absorbancias de la misma forma que el estándar.

## **3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **3.5.1 Variables de estudio del primer y segundo objetivo específico**

#### VARIABLE INDEPENDIENTE



A. ALTITUD DE PROCEDENCIA

- Variedad Bourbon de 1000 a 1200 m s.n.m.
- Variedad Bourbon de 1800 a 2000 m s.n.m.

B. TIEMPO

- 6 minutos
- 6.5 minutos
- 7 minutos
- 7.5 minutos
- 8 minutos
- 8.5 minutos
- 9 minutos
- 9.5 minutos
- 10 minutos

C. TEMPERATURA

- 170 °C
- 180 °C
- 190 °C
- 200 °C

VARIABLE DEPENDIENTE

a. Calidad sensorial

- Puntaje final de acuerdo a la SCAA
- Desarrollo de tueste (%)
- Curva de perfil de tueste



- b. Color (N° Agtron)
- c. Pérdida de peso (%)

### 3.5.2 Variables de estudio del tercer objetivo **específico**

#### VARIABLE INDEPENDIENTE

- A. Café verde
- B. Café tostado

#### VARIABLE DEPENDIENTE

- a. Capacidad antioxidante (equivalente trolox  $\mu\text{mol/g}$  café)
- b. Fenoles totales (equivalente ácido gálico  $\text{g}/100\text{g}$  café)

### 3.5.3 Diseño de investigación

Para procesar los datos obtenidos durante la investigación en el primer y segundo objetivo se trabajó con el programa estadístico Minitab 19, se aplicó el análisis de varianza (ANVA), con un 95% de confianza, significancia ( $p < 0.05$ ), mediante el diseño estadístico completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de  $2 \times 9 \times 4$  con 3 repeticiones, el modelo lineal aditivo se observa en el Anexo G.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados y discusiones se presentan de acuerdo al orden de los objetivos específicos, de la siguiente manera:

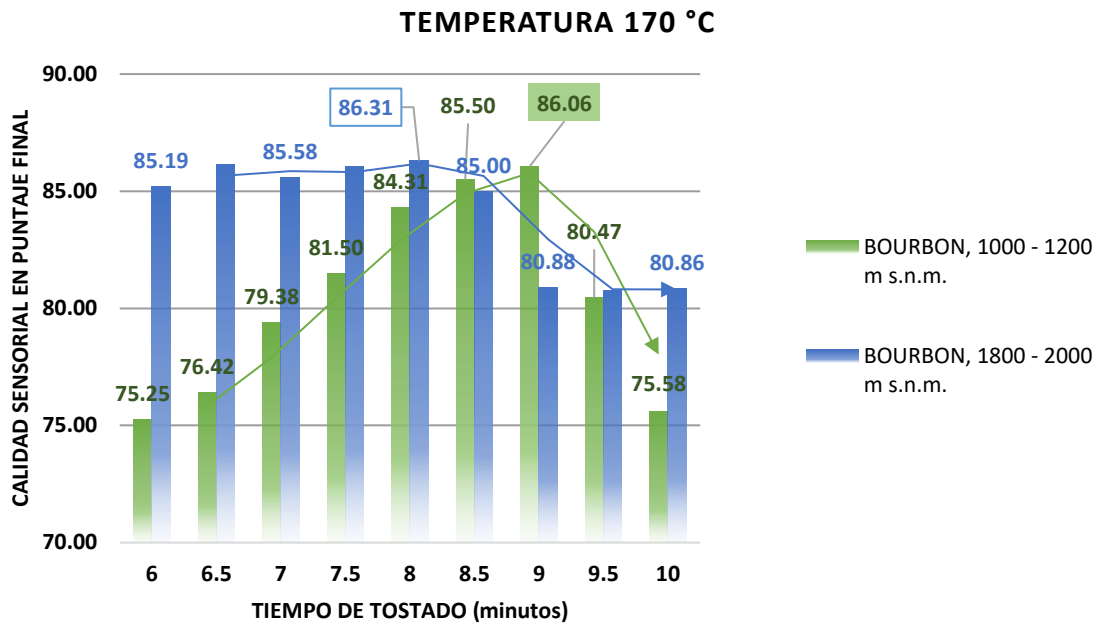
#### **4.1. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TIEMPO Y TEMPERATURA DEL TOSTADO DEL CAFÉ BOURBON PROVENIENTE DE DOS PISOS ALTITUDINALES EN CALIDAD SENSORIAL.**

En la Tabla A.1 Anexo A, se aprecia los resultados promedio de calidad sensorial en puntaje final, del café de la variedad Bourbon de dos pisos altitudinales, de acuerdo a niveles de tiempo y temperatura de tostado, comparando la calidad sensorial entre las altitudes del café Bourbon; altitud A (1000 a 1200 m.s.n.m.) y altitud B (1800 a 2000 m.s.n.m.), en un mismo tratamiento de tiempo y temperatura, obtuvieron diferentes puntajes finales, pese a ser de la misma variedad, el café Bourbon de altitud A es el menos favorecido por los tratamientos, presentando puntajes de grado especial excelente  $\geq 85$  puntos, según la clasificación de calidad de la (SCAA, 2015), Anexo I, (Tabla I.3), en la menor cantidad de tratamientos, mientras que el café Bourbon de altitud B, presenta puntajes de grado especial excelente de 86 y 87 en la mayoría de tratamientos. En las Figuras 13, 14, 15 y 16 se puede visualizar, los puntajes finales que más sobresalen en cada uno de los factores de temperatura, para cada altitud el tratamiento que favoreció dicho comportamiento es diferente, es así que a temperatura de 170°C; el más sobresaliente para el café Bourbon de altitud A, fue 9 minutos de tostado con 86.06 puntos, y el café Bourbon de altitud B, en 8 minutos con 86.31 puntos, a 180°C; para el café Bourbon de altitud A, en 8.5 minutos con 84.39 puntos y el café Bourbon de altitud B, en 7.5 minutos con 88 puntos, mientras que a 190°C; para el café Bourbon de altitud

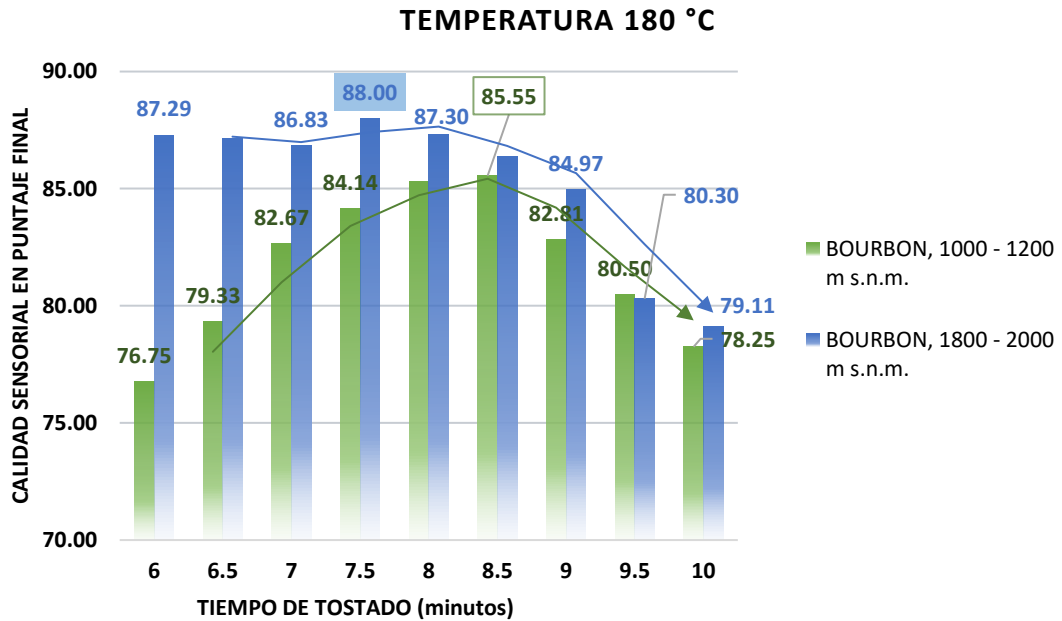


A, en 8 minutos con 84.97 puntos y el café Bourbon de altitud B en 6 minutos con 87.92, y por ultimo a 200°C; para el café Bourbon de altitud A, en 7.5 minutos con 85.72 puntos y el café Bourbon de altitud B, en 7 minutos con 87.11 puntos. EDUCAFÉS (2017) señala que, cada café según su origen, se comporta de manera diferente, a un tiempo diferente se producirá el máximo de componentes aromáticos y en tuestes de tiempo largo todas se traslapan. Contrastando los mejores resultados de puntaje final en calidad sensorial, con los resultados de la Taza de Excelencia Perú 2020, de la etapa final, con 24 finalistas (Tabla 6) donde se observa puntajes finales de la variedad Bourbon, el máximo puntaje es 88.88 (puesto 5), y el más bajo 87.23 (puesto 21), estos vienen a ser similares a los mejores resultados del café Bourbon de altitud B, mientras que el mejor resultado del café Bourbon de altitud A, es menor que el del concurso. Primero café (2021) enfatiza que la altura es uno de los muchos factores que influyen en el perfil de una taza de café, se considera un elemento que define la calidad, pues los granos que crecen a mayor altitud maduran más lento debido a que la temperatura es más fría, lo que le da más tiempo para desarrollar aromas y sabores complejos. La diferencia se debería a la altitud procedencia, las muestras de café Bourbon de la Taza de excelencia provienen de altitudes por encima de 1600 m s.n.m. Las calificaciones del puntaje final, se realizaron sobre 100 puntos de acuerdo al formulario (SCAA, 2015), Anexo I, Figura I.1, como también, en la Tabla I.3, se observa la clasificación de calidad del café, según el puntaje final en calidad sensorial, donde los cafés que tienen un puntaje menor a 80 puntos, no tienen el grado de especialidad, los cafés con esta puntuación, pueden no presentar defectos en la evaluación sensorial, pero no se distinguen por sus atributos sensoriales como los especiales, según la Norma Técnica Peruana 209.311 los cafés especiales, son aquellos cafés que, por su origen, variedad y consistencia en sus propiedades físicas, sensoriales y en sus prácticas culturales, se distinguen del común de los cafés y por los cuales son apreciados en el

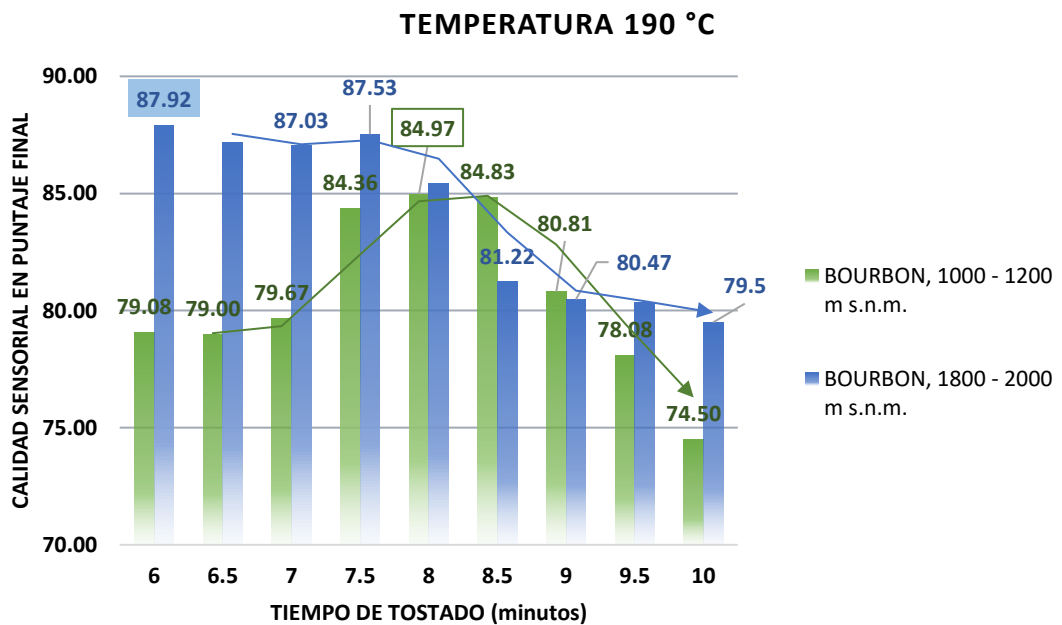
mercado (INACAL, 2021). Los mejores resultados en calidad sensorial de la presente investigación del café Bourbon de ambas altitudes A y B, se clasifican como grado especial (Excelente).



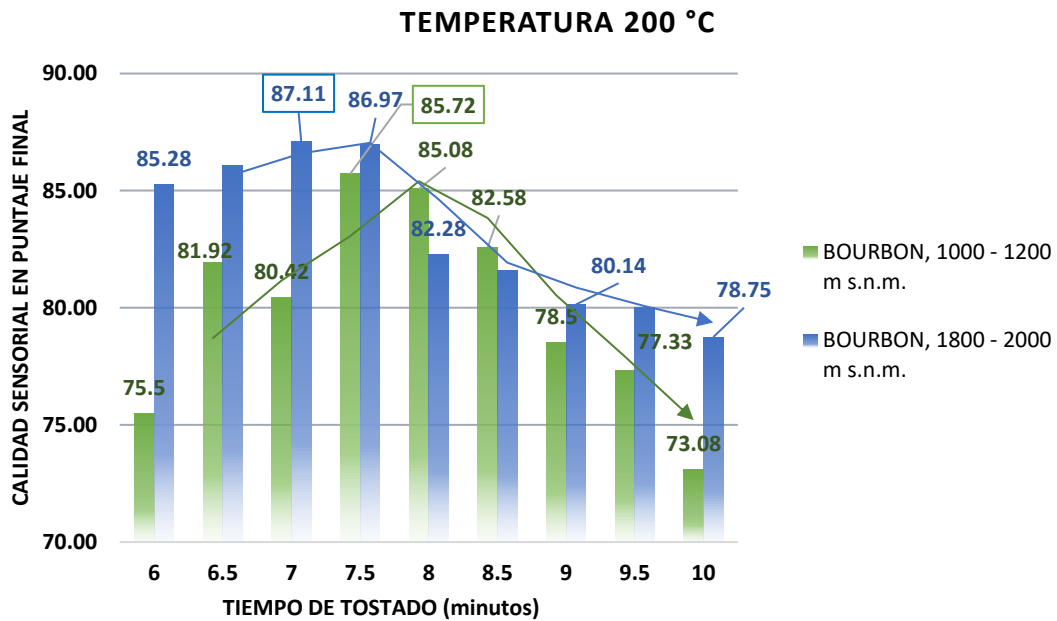
**Figura 13.** Calidad sensorial en relación al tiempo de tostado, a temperatura inicial de 170°C.



**Figura 14.** Calidad sensorial en relación al tiempo de tostado, a temperatura inicial de 180°C.



**Figura 15.** Calidad sensorial en relación al tiempo de tostado, a temperatura inicial de 190°C.



**Figura 16.** Calidad sensorial en relación al tiempo de tostado, a temperatura inicial de 200°C.

En el Anexo B, (Tabla B.1) del análisis de varianza (ANVA) con un nivel de confianza del 95,0%, indica que todos los factores son altamente significativos para calidad sensorial, es decir, los factores en estudio para calidad sensorial son dependientes uno del otro, con valores probabilísticos  $p(0.000) < 0.05$ , se concluye que el café Bourbon de altitud A, tiene distinto comportamiento en calidad sensorial, comparado al café Bourbon de altitud B, como también podemos afirmar que, en al menos en un nivel de los factores tiempo y temperatura de tostado, la media del puntaje final es diferente.

La prueba de comparación Tukey ( $p < 0.05$ ), para determinar si hay diferencia significativa entre las medias de altitud de procedencia, la Tabla 8 indica que es significativo, la media del café Bourbon de altitud B es mayor a la del café Bourbon de altitud A. Según Morris (2019) y Perfect Daily Grind Español (2021) indican que, cuanto mayor sea la altitud a la que se encuentra el café, mejor será la calidad del grano, a mayor altitud, las cerezas del café maduran más lentamente, por lo tanto los granos son más



densos, también contienen mayores niveles de azúcar, lo cual da lugar a perfiles de taza más complejos y dulces. La diferencia se debería a la altitud de procedencia. Capajaña (2011) hizo la comparación de tres pisos altitudinales en calidad sensorial (800-1200; 1200-1500; 1500-1800 m s.n.m.), los puntajes por cada rango de altitud fueron de (80.33, 83.22 y 83.80). Por otro lado, Jarata (2015) hizo comparaciones de la variedad Catimor de las siguientes altitudes de procedencia (800 - 1000; 1000-1400 y 1400-1600 m s.n.m.), cuyos puntajes fueron (80.92, 82.67 y 84.33) respectivamente. A partir de los resultados de los dos últimos y los resultados de la presente investigación, podemos concluir que, de acuerdo a las condiciones geográficas en el departamento de Puno, en algunas zonas de producción de café, Tambopata, Ayapata y Alto Inambari, la altitud influye en la calidad sensorial del café de la especie arábica independientemente de la variedad.

**Tabla 8.** Prueba de Tukey para altitud de procedencia

Variable dependiente; Calidad sensorial			
Altitud	N	Media	Agrupación
B	108	84.135	a
A	108	80.701	b

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes,

N=Número de observaciones.

La prueba de comparación Tukey ( $p < 0.05$ ), para tiempo de tostado en la Tabla 9 indica que la media en calidad sensorial de los niveles de tiempo 7.5 y 8 minutos son similares, mientras que la media de 10 minutos de tostado es significativamente diferente, cuya característica fue un nivel de tueste oscuro en todos los tratamientos, con puntajes finales en su mayoría, inferiores a 80, los tostados en 9 y 9.5min también presentan estas características, incluso desde 8.5min en adelante para el café Bourbon de altitud B. Según EDUCAFÉS (2017) y Rao (2014) las características relacionadas con el olor y sabor van



cambiando a medida que la intensidad del tueste es mayor y el color es más oscuro, los tostados oscuros desarrollan sabores ahumados, picantes, amargos y carbonizados, a medida que se va tostando el café pierde la acidez y la dulzura, a tal punto que desaparecen o quedan enmascarados; motivo por el cual se le asignaron puntaje menor, normalmente estas muestras con tueste oscuro, se vuelven a tostar para una evaluación objetiva, debido a que no son adecuadas para la evaluación sensorial. Según el protocolo SCAA (2015) y la INACAL (2021) el tostado de muestras de café para evaluación sensorial, se debe realizar de 8 a 12 minutos. En la presente investigación, se encontró los mejores resultados en calidad sensorial en los siguientes tiempos; para el café Bourbon de altitud A, en 9 minutos y el café Bourbon de altitud B, en 6 y 7.5 minutos. Perfect Daily Grind Español (2022), explica que el tueste del café es un proceso que involucra múltiples variables externas, según el lugar donde se realiza el tostado, como la altitud, la presión atmosférica y la temperatura ambiental. En las condiciones ambientales de la ciudad de Juliaca – Puno, sea observado que, los tratamientos de tiempo de 9 minutos en adelante, para el café Bourbon de altitud B, no son los más favorables. Benítez y Campo (2018) determinaron mejores resultados en calidad sensorial en dos perfiles de tueste del café Bourbon de Cauca, Colombia, en condiciones de tostado; temperatura inicial de 180°C ambos perfiles y temperaturas finales de 185°C y 195°C, en tiempos de 8 y 9 minutos, con puntaje final de (78.5 y 80.5) respectivamente, siendo uno de los valores, similar a los resultados de la investigación.

**Tabla 9.** Prueba de Tukey para tiempo de tostado

Variable dependiente; Calidad sensorial			
Tiempo	N	Media	Agrupación
7.5	24	85.535	a
8.0	24	85.125	a
8.5	24	84.080	a b
7.0	24	83.585	a b
6.5	24	82.898	a b
9.0	24	81.829	b c
6.0	24	81.53	b c
9.5	24	79.722	c d
10.0	24	77.455	d

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes,

N=Número de observaciones.

La prueba de comparación Tukey ( $p < 0.05$ ), para el factor temperatura, Tabla 10 indica que, la media de los niveles de temperatura 180 y 200 °C es significativamente diferente, la media de 180 °C es la mayor, y la de 200 °C es la menor entre todas. El INACAL (2021) sobre la preparación de las muestras para el análisis sensorial del café indica que, se debe realizar a temperatura de 200 °C y 240°C, como también aclara que, se puede utilizar niveles de temperatura particular como rangos más pequeños. En la presente investigación los tratamientos de temperatura que mejor resaltaron la calidad sensorial del café Bourbon de altitud A, fue 170°C, y en el café Bourbon de altitud B, 180 y 190°C. De acuerdo a Cañas (2008) cuando se tuesta café procedente de alturas por encima de 1200 metros se puede observar que poseen un tamaño compacto con una textura corrugada y al tostarlos muestran bastante resistencia al calor lo que puede retrasar los eventos de desarrollo del tueste, esto indica mayor densidad en comparación con un café procedente de alturas entre 600 y 1000 metros cuya apariencia es más lisa y que no

presenta mayor resistencia al calor, deben ser tostados con temperaturas bajas durante todo el proceso. Efectivamente la densidad del café Bourbon de altitud B es mayor a la del café Bourbon de altitud A y el comportamiento en el tostado fue como describe el último autor. Vera y Chacón (2018) determinaron calidad sensorial en café Arábico, variedad Catuai, con beneficio Honey rojo, a temperatura de tostado de 180°C en 7:04, 6:58 y 8:18 minutos, cuyos puntajes fueron 84.33, 81.42 y 86.80 respectivamente, dichos resultados son cercanos a los obtenidos en la presente investigación. Oviedo (2017) determinó el nivel óptimo de temperatura y tiempo de tostado del café Arábica para la variedad Catimor de 1750 m s.n.m., a 180°C en 11 minutos, a partir de este, la que le antecede y el resultado de la presente investigación, específicamente del café Bourbon de altitud B, coinciden, en que la mejor temperatura inicial de tostado sería 180°C, independientemente de las demás variables.

**Tabla 10.** Prueba de Tukey para temperatura de tostado

Variable dependiente; Calidad sensorial

<b>Temperatura</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
180	54	83.479	a
190	54	82.329	a b
170	54	82.289	a b
200	54	81.574	b

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes N=Número de observaciones.



#### 4.1.1 Desarrollo del tostado (DT)

Por otro lado, En la Tabla A.1 Anexo A, también se aprecia el promedio DT (Desarrollo del tostado) en porcentaje, de los 72 tratamientos del café Bourbon de altitud A y B, en relación al puntaje final de calidad sensorial, se observa que; los porcentajes que favorecen un buen desempeño en calidad sensorial por cada tratamiento de tiempo y temperatura, son valores relativamente similares para ambas altitudes. A continuación se hará mención a los tres primeros por cada altitud de procedencia, según orden de mérito en calidad sensorial, los valores promedio por tratamiento son: café Bourbon de altitud A; 170°C/9min con DT=10.19%, 200°C/7.5min con DT=10.74% y 170°C/8.5min con DT=9.48 % y en el café Bourbon de altitud B; 180°C/7.5min con DT=11.48%, 190°C/6min con DT=9.81% y 190°C/7.5min con DT=15.63%. EDUCAFÉS (2017) sostiene que el DT juega un papel muy importante en el tostado y la determinación de calidad sensorial de muestras de cafés especiales, agrega que la mayoría de los componentes aromáticos de interés sensorial se forman durante el crujido o primer crack del café. Como también (Perfect Daily Grind Español, 2020b) hace énfasis sobre la fase de desarrollo del tostado, aduciendo que tiene una influencia notable en la caramelización, la acidez, el dulzor y los sabores en general, concluyendo que, cuanto más corto sea el tiempo, más brillantes y menos caramelizados pueden ser los sabores, a mayor tiempo los sabores pueden parecer más desarrollados o marrones, caramelizados y menos brillantes. Los mejores resultados en la presente investigación, se deberían al menor porcentaje de la fase del desarrollo de tostado es decir a un corto tiempo de duración de dicha fase. Según Rao (2014) el primer crack comenzará entre el 75% y 78% del tiempo total de tostado, indica, que si el DT es mayor de 20% a 25% del tiempo total de tostado, el café desarrollará un gusto plano, es decir sin sabor, y si el DT es menor a estos valores, el desarrollo sería insuficiente. En la presente investigación se encontró mejores resultados



en calidad sensorial en DT menores al que menciona el último autor, con respecto a este punto, Perfect Daily Grind Español (2020) menciona, que el DT ayuda a los tostadores a comprender el tiempo de tueste en relación con su propia tostadora, cada tostadora tiene diferentes tamaños de lote, mecanismos y condiciones térmicas que darán lugar a diferentes temperaturas y lecturas. La diferencia encontrada del DT en la presente investigación se debería al tamaño o capacidad de la máquina tostadora y al nivel de tueste, ya que el autor Rao (2014) hace referencia a tostadoras industriales, donde el nivel de tueste comercial o para consumo es normalmente más oscuro que el de catación, esto implica mayor DT que las muestras que se tuesta en el laboratorio para evaluación sensorial. Vera y Chacón (2018) en su mejor resultado de calidad sensorial determinaron un DT de 12%, en la cual trabajaron con una tostadora de laboratorio de capacidad aproximada de 100g, cuyo parámetro de tostado fue 180°C/8.18 minutos de tiempo, en café Arábica, variedad Catuai, con beneficio Honey rojo. Los valores DT en relación a los mejores resultados de calidad sensorial de la presente investigación son cercanos al porcentaje obtenido por el último.

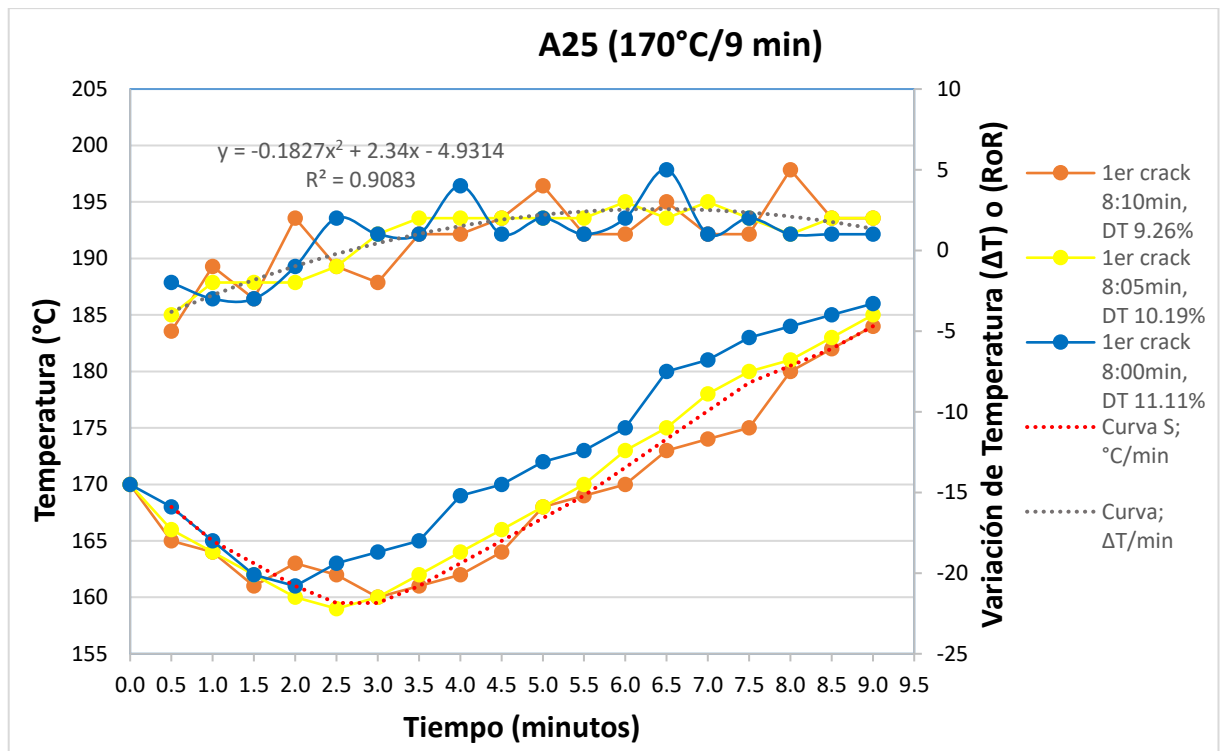
#### **4.1.2 Curvas de perfil de tueste del café Bourbon**

En el Anexo F, se puede observar las curvas de perfil de tostado, de los 72 tratamientos de la investigación con sus respectivas repeticiones, con mayor detalle presentamos las curvas de perfil de tostado de los mejores resultados según la prueba Tukey ( $p < 0.05$ ), Anexo E, Tabla E.2 y E.4, de los tratamientos del café Bourbon de altitud A y B en las Figuras (17, 18 y 19), donde se observa la curva S y la curva de variación de temperatura ( $\Delta T$ ) o RoR. Para determinar ambas curvas, se utilizó el formato del Anexo H, Tabla H.1 en donde se registró la variación de temperatura cada 30 segundos durante el proceso de tostado. Se observa que el comportamiento de las curvas mencionadas es diferente a las curvas de referencia de la Competencia RoastID del 2020 en Perfect Daily



Grind Español (2020b) y al de Rao (2014), Figuras (8, 9 y 10) la curva de variación temperatura o (curva RoR), es mayor por tratarse de tostadoras de nivel industrial, en la presente investigación se trabajó con una tostadora de muestras de laboratorio, de dos tambores con capacidad de 130 g cada una.

Figura 17, curva de perfil de tueste del tratamiento A25, café Bourbon de altitud A (1000 a 1200 m s.n.m.) a temperatura inicial de 170°C por 9 minutos de tostado. Donde la curva S, presenta la progresión de temperatura con respecto al tiempo de tostado, con las siguientes características; el punto de equilibrio o inflexión de las tres repeticiones fue en 3, 2.5 y 2 minutos a 160°C ±3, 159°C ±3 y 163°C±3, el cambio de coloración a amarillo ocurrió en 3:50min, el primer crack empezó a 8:10, 8:05 y 8:00 minutos a temperatura de 180°C±3, 181°C±3, y 184°C±3 respectivamente, haciendo un promedio DT de 10.18% del tiempo total de tostado. La curva ( $\Delta T$ ), indica la variación de temperatura con respecto al tiempo cada 30 segundos, la mayor variación antes del punto de inflexión fue -5, -4 y -3, después de este punto, la mayor variación es de +5 en las tres repeticiones, culminando el proceso de tostado con temperaturas finales de 184°C±3, 185°C±3 y 186°C±3 respectivamente. Dicho comportamiento de la curva S y la curva de la Variación de Temperatura, es el más indicado para resaltar la calidad sensorial del café Bourbon de altitud A en la presente investigación.

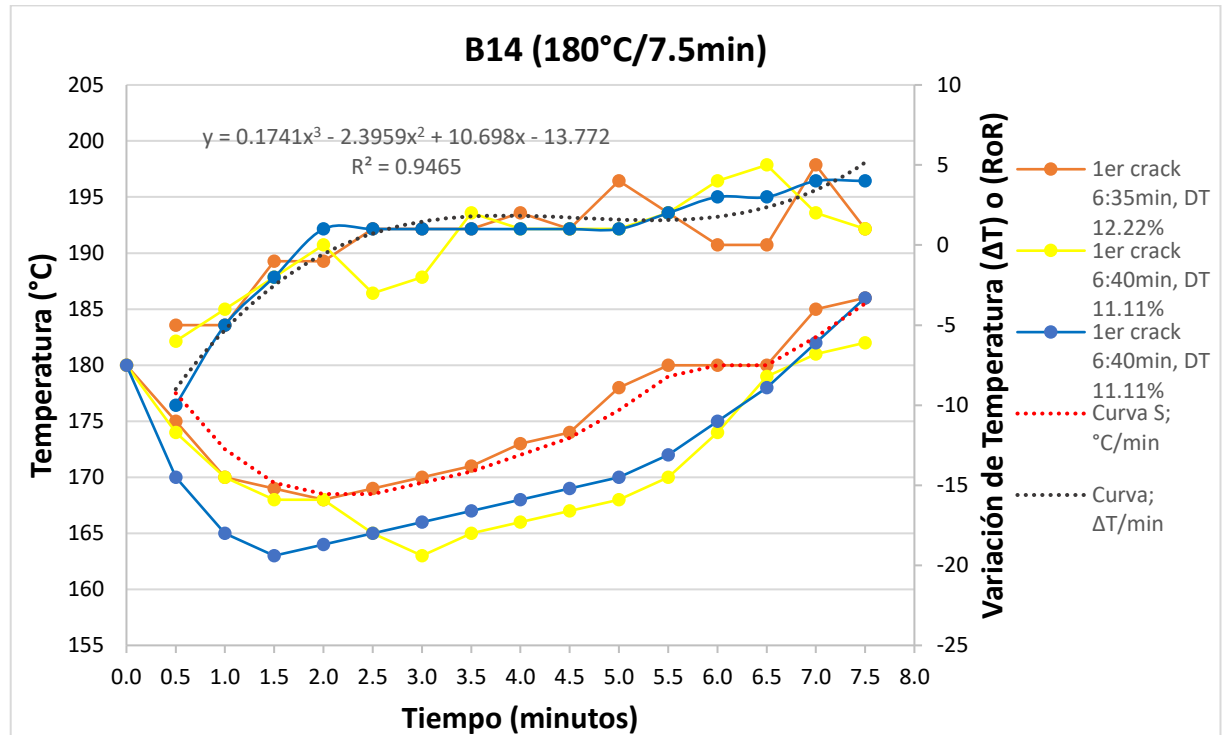


**Figura 17.** Curvas de tostado del tratamiento A25

Figura 18, curva de perfil de tueste del tratamiento B14, café Bourbon de altitud B (1800 a 2000 m s.n.m.) a temperatura inicial de 180°C por 7.5 minutos de tostado. Donde la curva S, muestra el comportamiento de temperatura con respecto al tiempo, el cual presenta las siguientes características en cada una de las repeticiones; el punto de inflexión se llevó a 2.5, 3.5 y 2 minutos a temperaturas de 169°C ±3, 164°C ±3 y 165°C ±3 respectivamente, el cambio de coloración a amarillo ocurrió en 3:32min, el primer crack empezó a 6:35, 6:40 y 6:40 minutos en temperaturas de 183°C±3, 180°C±3 y 179°C±3 respectivamente, haciendo un promedio DT de 11.48% del tiempo total de tostado. La curva ΔT/min, indica la variación de temperatura con respecto al tiempo cada 30 segundos, la mayor variación de temperatura, antes de llegar al punto de equilibrio fue de -5, -6 y -10, después del punto de equilibrio la mayor variación fue de +5, +5 y +4, el proceso de tostado culminó a temperatura de 186°C ±3, 182°C ±3 y 186°C ±3 respectivamente. Dicho comportamiento de las curvas dio lugar a uno de los mejores,



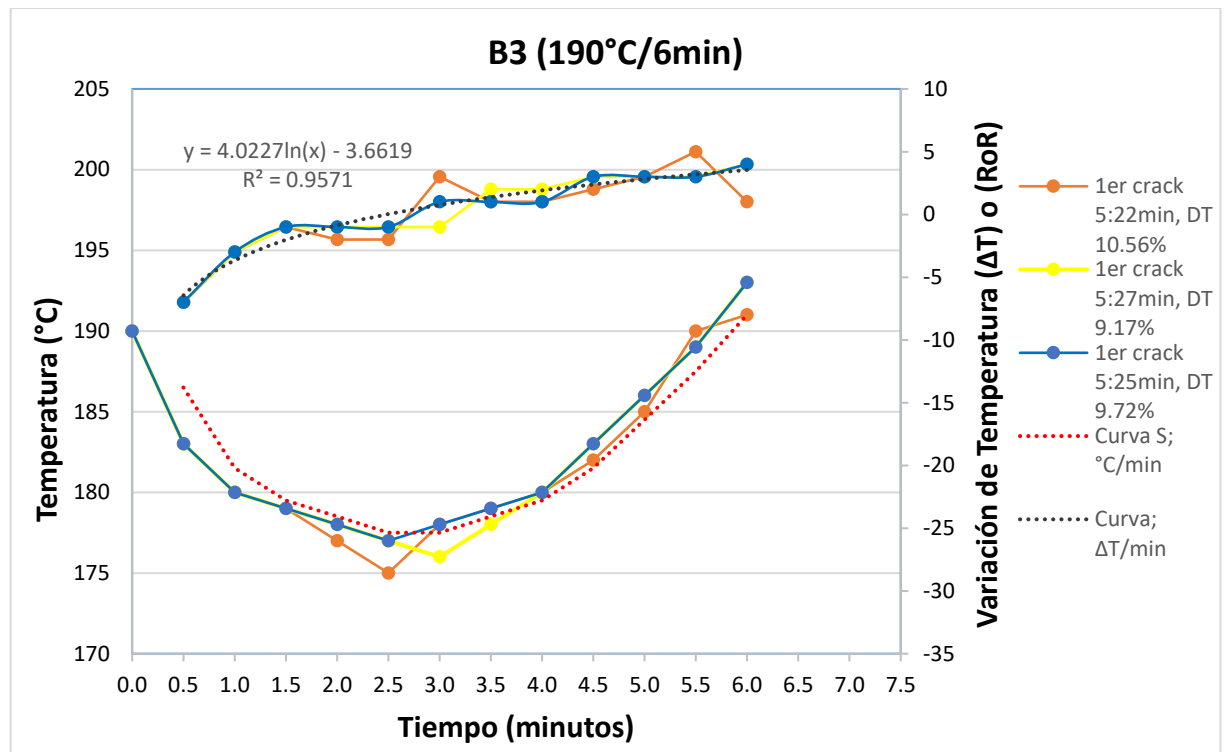
obteniendo uno de los mayores puntajes en calidad sensorial del café Bourbon de altitud B, en la presente investigación.



**Figura 18.** Curvas de tostado del tratamiento B14.

Figura 19, curva de perfil de tueste del tratamiento B3, café Bourbon de altitud B (1800 a 2000 m s.n.m.) con temperatura inicial de 190°C en 6 minutos de tostado. Donde se observa en la curva S, la progresión de temperatura con respecto al tiempo, cuyas características de cada repetición es la siguiente; el punto de inflexión se dio lugar en 3, 3.5 y 3 minutos, a temperatura de 178°C ±3 en las tres repeticiones, el cambio de coloración a amarillo ocurrió en 3min, el primer crack comenzó a 5:22, 5:27 y 5:25 minutos, a 189°C ±3, 188°C ±3 y 188°C ±3 respectivamente, con un promedio DT de 9.81% del tiempo total de tostado. La curva ΔT/min, indica la variación de temperatura con respecto al tiempo cada 30 segundos, la mayor variación antes del punto de equilibrio fue -7 en las tres repeticiones, la mayor variación después del punto de equilibrio fue de

+5, +4 y +4 respectivamente, el proceso de tostado culminó a temperatura de  $191^{\circ}\text{C} \pm 3$ ,  $193^{\circ}\text{C} \pm 3$  y  $193^{\circ}\text{C} \pm 3$  respectivamente. Dicho comportamiento de curvas dio lugar a uno de los mejores en calidad sensorial para el tratamiento del café Bourbon B.



**Figura 19.** Curvas de tostado del tratamiento B3.

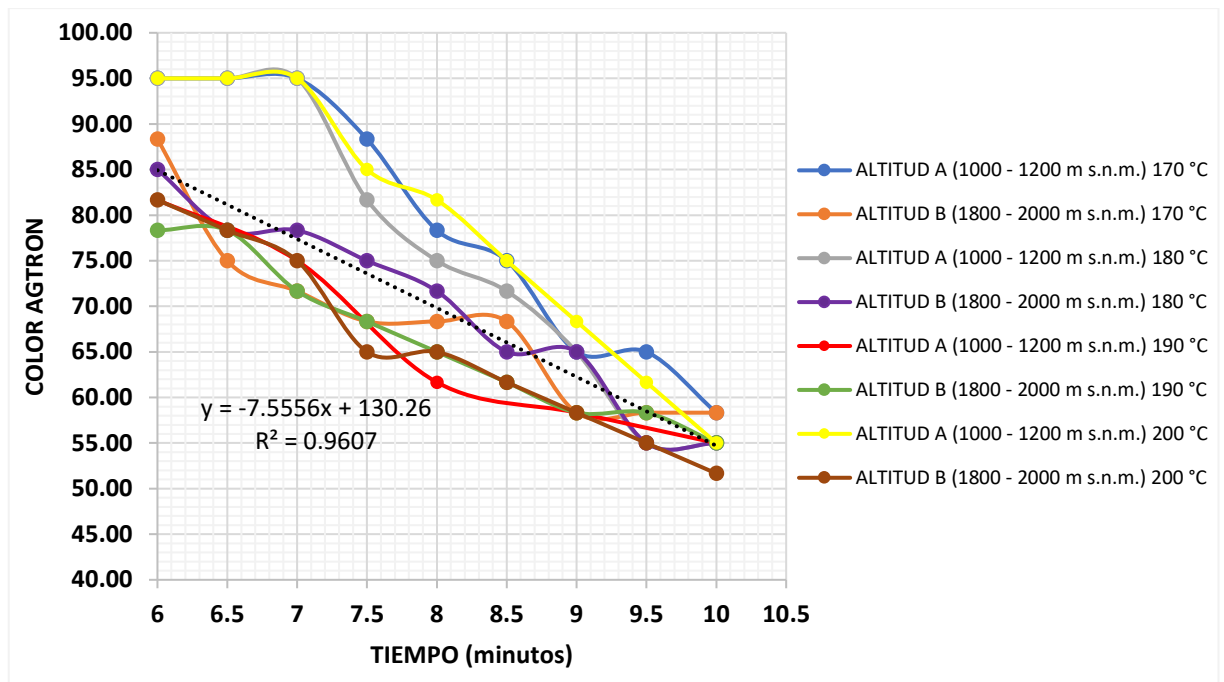
#### 4.2. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TIEMPO Y TEMPERATURA DEL TOSTADO DEL CAFÉ BOURBON PROVENIENTE DE DOS PISOS ALTITUDINALES EN EL COLOR Y PÉRDIDA DE PESO.

Los resultados del segundo objetivo específico de la investigación, se desglosa en dos partes; color y rendimiento, para una mayor ampliación y entendimiento de resultados.



#### 4.2.1. Color en el café Bourbon tostado

En la Tabla A.2 Anexo A, se presenta los resultados promedio del color del café Bourbon de altitudes A y B de acuerdo a tratamientos de tiempo y temperatura de tostado, en donde ambas altitudes muestran un comportamiento diferente, como se puede observar en la Figura 20 la pendiente de las curvas de color en Agtron en general es negativa a medida que pasa el tiempo de tostado, las curvas del café Bourbon de altitud A en su mayoría tienden a una coloración más clara (mayores valores en Agtron) que el café Bourbon de altitud B, en un mismo tratamiento de tiempo y temperatura de tostado. Louzada y Rizzo (2021) indica que uno de los parámetros utilizados para identificar cuándo detener el proceso de tueste es el color del grano, por lo que la SCAA y Agtron han desarrollado un estándar para controlar el grado de tueste. En la Tabla 5 se detalla la denominación de cada número Agtron, de acuerdo al nivel de tueste. Jansen (2006) hace referencia sobre la variación del color de café tostado, estos estarían influidos por el método y el tiempo de tostado, la humedad inicial y la tasa de transferencia, afirma que el calor tiene un papel importante en los cambios de color que ocurren en los granos, también hace mención a otros factores como tipo y variedad de café utilizado, altitud donde ha sido cultivado y el tipo de procesamiento que también influirían en estos intercambios. Según el último autor en el color de café tostado son muchos los factores que influyen, en el caso de los resultados de la presente investigación la diferencia estaría dada por la altitud de procedencia. Por otro lado, Lik y Meira (2019), afirman que el color del café tostado es un indicador del grado de tostado y puede ayudar al operador en la dirección y control del proceso, al respecto hace una aclaración, de que el color de la superficie del grano solo es útil como una magnitud comparativa para tostar, mas no es un factor determinante.



**Figura 20.** Color en el café Bourbon tostado

En el Anexo B (Tabla B.1), del análisis de varianza (ANVA) con un nivel de confianza del 95,0%, indica que, en el color, el factor temperatura no es significativo, con un valor probabilístico de  $p (0.164) > 0.050$ , es decir el comportamiento del color de tueste en los cuatro niveles de temperatura son similares. Los factores altitud de procedencia y tiempo de tostado son altamente significativos ambos con un  $p (0.000) < 0.05$ . Por lo que se puede afirmar que, el comportamiento del color de tueste entre ambos cafés Bourbon de altitudes A y B es diferente y que al menos una de las medias de los niveles del factor tiempo de tostado en color es diferente.

La prueba de comparación múltiple Tukey ( $p < 0.05$ ), para altitudes de procedencia de color de tostado, Tabla 11 indica que son significativamente diferentes, siendo mayor la media del café Bourbon de altitud A, a la del café Bourbon de altitud B, este último con tuestes de colores más oscuros que el primero en la mayoría de tratamientos. Jansen (2006) hace referencia sobre la variación del color de café tostado, estos estarían influidos por el método de tostado, tiempo y temperatura o tipo de tostadora, características propias

del grano, como especie y variedad de café utilizado, altitud donde ha sido cultivado, indica que los cafés de áreas más altas tienden a un color marrón más oscuro, mientras que los cafés de zonas de menor altitud tienden al color marrón claro. La SCAA (2015) establece el color para café tostado Gourmet  $63,0 \pm 1$  Agtron, la media del Bourbon de altitud B es más cercano a este valor, mientras que la media del café Bourbon A, indica colores más claros. Jansen (2006) los cafés cultivados en áreas más altas presentan la siguiente secuencia de cambio de color: de verde a amarillo, de amarillo a marrón, marrón claro a marrón oscuro y de marrón oscuro a marrón negro, los cafés cultivados en zonas de menor altitud presentan una secuencia diferente, pasando de color verde a pálido, pálido a incoloro, incoloro a amarillo, amarillo a marrón claro, marrón, marrón oscuro y negro. La tendencia al color claro del café Bourbon de altitud A, se debería a lo que indica el último autor, a la altitud de procedencia y el tiempo de tostado.

**Tabla 11.** Prueba de Tukey para Altitud de procedencia

Variable dependiente; color

Altitud	N	Media	Agrupación
A	108	78.33	a
B	108	67.593	b

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes,

N=Número de observaciones.

La prueba de comparación múltiple Tukey ( $p < 0.05$ ) para el tiempo de tostado Tabla 12 nos indica que en color de tostado 6, 6.5 y 7 minutos no son significativos, tienen un comportamiento similar, mientras que los niveles 7.5 y 10 minutos son significativamente diferentes, este último se caracteriza por el color de tueste medio 55



Agtron, siendo el menor valor en la investigación, producto de un nivel de tueste ligeramente oscuro para evaluación sensorial, mientras que a 7.5 minutos encontramos valores del café Bourbon de altitud A, entre (75 y 85 Agtron) y del café Bourbon de altitud B entre (65 y 75 Agtron). Los resultados son similares a los de Benítez y Campo (2018) donde, determinaron perfiles de tueste de café Bourbon, cuyos resultados fueron; tueste medio (50 a 55 Agtron) y medio alto (45 a 50 Agtron), a temperatura inicial de 180°C ambos y final de 195°C y 185°C, en tiempos de 8 y 9 minutos respectivamente. Vera y Chacón (2018) determinaron el color en café Arábico, variedad Catuai, con beneficio Honey rojo, a temperatura de tostado de 180°C en tiempos de 7:04, 6:58 y 8:18 minutos, los resultados para color son; 58.60, 62.80 y 64.07 Agtron respectivamente. En la presente investigación en condiciones similares de 180°C en tiempos de 7 y 8 minutos el color para el café Bourbon de altitud A es (75 y 95 Agtron) y el café Bourbon de altitud B (72 y 78 Agtron), estos resultados de color son más claros, esto se debería a la variación de temperatura o perfil de tueste de los tratamientos en el proceso de tostado, Puerta (2020) indica, que, a mayor temperatura final del proceso de tueste, aumenta el tiempo de proceso, favorece la pérdida de sustancias volátiles y de masa, la cual se ve disminuida la humedad del grano, color más oscuro (menor valor Agtron). Dado que, en las curvas de perfil de tueste de Vera y Chacón (2018) se observó variaciones aproximadas de temperatura entre 11 y 24 con una temperatura final de 222°C a 226°C, mientras que las variaciones después del punto de equilibrio de la curva S, en la presente investigación a los parámetros mencionados son entre 3 y 5 con temperaturas finales de 176 a 188°C, Anexo F (Curvas de perfil de tueste), como también se debería a lo que indica Jansen (2006) a la variedad y el tipo de beneficio ya que en la presente investigación se trabajó con café de beneficio húmedo o lavado.

**Tabla 12.** Prueba de Tukey para tiempo de tostado

Variable dependiente; color

<b>Tiempo</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
6.0	24	89.17	a
6.5	24	86.25	a
7.0	24	85.00	a
7.5	24	77.50	b
8.0	24	73.33	b c
8.5	24	69.17	c d
9.0	24	62.50	d e
9.5	24	58.333	e f
10.0	24	55.417	f

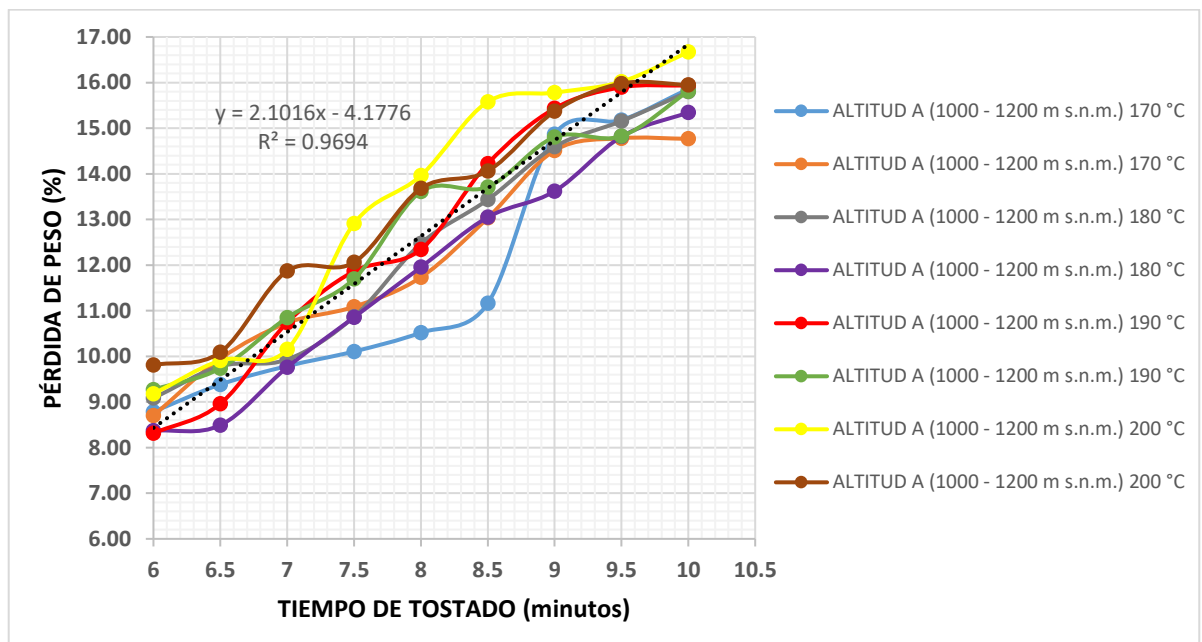
**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes,

N=Número de observaciones.

#### 4.2.2. Pérdida de peso del café Bourbon en el tostado

En la Tabla A.3 Anexo A, se observa el promedio de pérdida de peso de cada tratamiento de tiempo y temperatura de tostado, de dos pisos altitudinales del café Bourbon, donde se aprecia que, en cada nivel de temperatura y tiempo de tostado, la pérdida de peso es progresiva a medida que aumenta el tiempo de tostado, como se observa en la Figura 21, donde la pendiente de las curvas de pérdida de peso es positiva, y el comportamiento es similar en todo los tratamientos, la menor pérdida se halló en 6 minutos de tostado, en el café Bourbon de altitud A, con un 8.31% a 190°C y el café Bourbon de altitud B con un 8.37% a 180°C, mientras que, la mayor pérdida de peso en ambas altitudes, se encontró a temperatura de 200 °C en 10 minutos de tostado, con un 16.67% para el café Bourbon de altitud A y un 15.95% para el café Bourbon de altitud B. Rao (2014) afirma que, en un tueste ligero, el agua representa hasta el 90% del peso

perdido, el resto es materia orgánica, principalmente CO<sub>2</sub>, así como pequeñas cantidades de cascarilla, CO, nitrógeno, compuestos aromáticos volátiles y ácidos volátiles, las pérdidas orgánicas aumentan significativamente con un tostado más oscuro, la pérdida de materia orgánica es 5% - 8% en tuestes medios y hasta 12% en tuestes muy oscuros.



**Figura 21.** Pérdida de peso del café Bourbon en el tostado

El Análisis de Varianza (ANVA) con un nivel de confianza del 95,0%, de la pérdida de peso del café Bourbon en el proceso de tostado Anexo C, (Tabla C.1) indica que, el factor altitud no es significativo, con un valor probabilístico de  $p(0.684) > 0.050$ , es decir la pérdida de peso en ambas altitudes del café Bourbon A y B son similares, mientras que los factores tiempo y temperatura de tostado son altamente significativos ambos con un  $p(0.000) < 0.05$ , esto quiere decir que, al menos una de las medias de niveles, de los factores tiempo y temperatura es diferente, con respecto a la pérdida de peso en el proceso de tostado.





La prueba de comparación Tukey ( $p < 0.05$ ), para el factor tiempo, según Tabla 13 nos indica que las medias de los tiempos 6 y 6.5 minutos son similares, los valores de pérdida de peso de ambos son menores en comparación a los demás niveles de tiempo. Los niveles 7, 7.5, 8, 8.5, 9 y 10 minutos son significativamente diferentes, con medias que van en forma creciente, a mayor tiempo de tostado, mayor pérdida de peso. En conclusión, la pérdida de peso aumenta a medida que pasa el tiempo de tostado, es así que en 10 minutos de tostado se tiene las mayores pérdidas de peso en el tostado. Robson (2008) trabajó con café de variedad Catuai, producido en la región sur de Minas Gerais, Brasil, a partir de dos tipos de procesamiento; cereza descascarillado y natural, el tostado se llevó a temperaturas de  $150^{\circ}\text{C}$  y  $230^{\circ}\text{C}$ , en 6 y 10 minutos respectivamente, utilizó una tostadora Probat de 1200g de capacidad, con tostado de tonalidades claro y medio, cuyos porcentajes de pérdidas de peso fueron; en 6 minutos de tostado, en el café natural (13.71 y 15.13 %) y cereza descascarillado (13.36 y 14.25%), los resultados en 10 minutos fueron; en el café natural (13.7 y 15.02%) y cereza descascarillado (13.38 y 15.25%) respectivamente, comparando con estos resultados, la pérdida de peso en la presente investigación es considerablemente menor en 6 minutos de tostado, mientras que en 10 minutos, es similar al tueste medio de Robson (2008). Puerta (2020) indica que, a mayor temperatura final del proceso de tueste, favorece la pérdida de sustancias volátiles y de masa. La diferencia en 6 minutos de tostado se debería a la variación de temperatura en el proceso de tostado y la temperatura final. Rao (2014) afirma que, el café pierde entre un 12% y un 24% de su peso durante el tostado, según el contenido de humedad inicial, el grado de tostado y el desarrollo del grano interno durante el tostado, indica que los tuestes más ligeros son probablemente los que se dejan caer durante las últimas etapas del primer crack, por lo general tienen pérdida de peso o encogimiento de 11% -13%. En los

resultados a partir de 7.5 minutos en adelante se acoge al último autor, mientras que las pérdidas de peso de 6 a 7 minutos son menores debido a la duración del tiempo de tostado.

**Tabla 13.** Prueba de Tukey para tiempo de tostado

Variable dependiente; Pérdida de peso

Tiempo	N	Media	Agrupación
10.0	24	15.767	a
9.5	24	15.332	a b
9.0	24	14.874	b
8.5	24	13.532	c
8.0	24	12.534	d
7.5	24	11.432	e
7.0	24	10.477	f
6.5	24	9.538	g
6.0	24	8.939	g

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes,

N=Número de observaciones.

La prueba de comparación Tukey ( $p < 0.05$ ), para el factor temperatura, Tabla 14 indica que, las medias de los niveles de temperatura 170 y 200 °C son significativamente diferentes, 200 °C es la temperatura con mayores pérdidas en el proceso de tostado y 170 °C con la menor entre todas. Los valores son similares a los hallados por Shan *et al.* (2015) que determinaron pérdida de peso en café Arabica, para lo cual utilizaron una tostadora doméstica Genesis, en diferentes temperaturas de 60 a 250 °C en intervalos de 5 °C durante 10 min. Y similares a los de Romani *et al.* (2012) en una tostadora STA Impianti, cuya pérdida de peso se experimentó durante 6, 8, 10, 14 y 19 min, con temperatura inicial de  $200 \pm 5$  °C y temperatura final de 191 a 200 °C. Vera y Chacón

(2018) determinaron pérdida de peso, en café Arábico, variedad Catuai, con beneficio Honey rojo, a 180 °C en 7:04, 6:58 y 8:18 minutos y temperatura final de 222 a 226 °C, con variaciones de temperatura de 11 a 24, la pérdida de peso fue; 13.53, 12.03 y 12.90% respectivamente, estos resultados son relativamente mayores a los hallados, así también los reportados por Perrone *et al.* (2010) resultaron superiores a los de la investigación, en café Arábica a temperaturas de 170, 180, 190 y 200 °C, de 4 a 9 minutos de tostado, con temperaturas finales de 200 a 218°C. Según Román (2020) con un tueste de café oscuro se perderá más humedad y, por lo tanto, el grano perderá más peso, un tueste claro significará menos pérdida de humedad y, por consiguiente, una menor pérdida de peso, los tuestes más claros pueden ayudar a aumentar los márgenes de ganancias. La diferencia se debería al nivel de tostado y a la variación de temperatura, en la presente investigación fue de 3 a 5 después del punto de equilibrio de la curva S, con temperaturas finales de 176 a 200°C. De acuerdo a estos resultados, se puede afirmar que la temperatura alta o muy alta, durante el proceso de tostado afecta considerablemente el rendimiento ocasionando una mayor pérdida de peso en el grano.

**Tabla 14.** Prueba Tukey para temperatura de tostado

Variable dependiente; Pérdida de peso

Temperatura	N	Media	Agrupación
200	54	13.280	a
190	54	12.669	a b
180	54	12.077	a b
170	54	11.941	b

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes,

N=Número de observaciones.

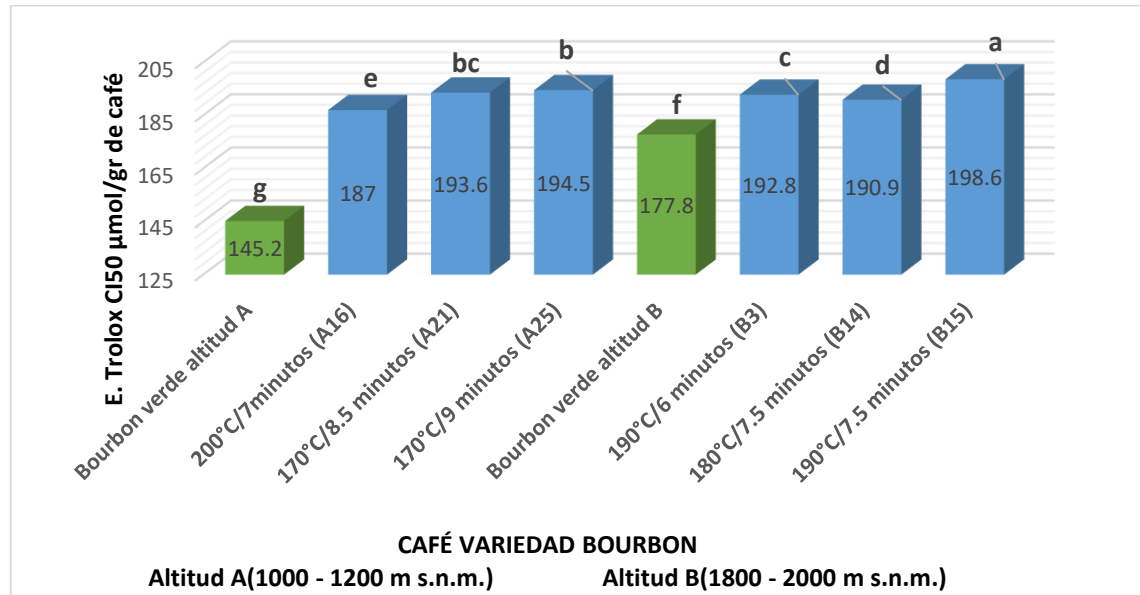


### **4.3. EVALUACIÓN DE CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO DE FENOLES TOTALES DEL CAFÉ BOURBON VERDE Y TOSTADO DE MEJORES RESULTADOS EN CALIDAD SENSORIAL.**

#### **4.3.1 Evaluación de la capacidad antioxidante por DPPH**

La evaluación de capacidad antioxidante se hizo del café Bourbon de altitudes A y B, en muestras de grano verde y tostado, en el caso de las muestras tostadas, se tomó de ambas altitudes, de los primeros tres mejores, en puntaje final de calidad sensorial, según la prueba Tukey, Anexo E, Tabla E.2 y E.4. El resultado de análisis se presenta en el Anexo K, Figura K.1. Para explicar los resultados, se hizo la comparación de medias Tukey ( $p < 0.05$ ), como se observa en la Figura 22, donde la media del tratamiento del café Bourbon de altitud A, A21(170°C/8.5min) no presenta diferencia significativa, mientras que, todos los demás son significativamente diferentes entre sí, el café Bourbon verde de altitud A, es el que presenta mayor capacidad antioxidante, con 145.244 equivalente trolox  $\mu\text{mol/g}$  café, seguido del café Bourbon verde de altitud B, con 177.8 Equivalente trolox  $\mu\text{mol/g}$  café, entre los tratamientos de café tostado, con mayor capacidad antioxidante, es el tratamiento del café Bourbon de altitud A, A16(200°/7min) con 187.033 equivalente trolox  $\mu\text{mol/g}$  café, seguido de los tratamientos B14, B3, A21, A25 y B15. Zudaire (2010) menciona que, en el café los compuestos fenólicos, como los polifenoles (ácido clorogénico, ácido cafeico, ferúlico, cumárico) son un grupo variado y complejo de antioxidantes naturales. Odžaković *et al.* (2016) determinaron capacidad antioxidante en café Arábica de Brasil, verde y tostado de dos clases de calidad, el tostado se realizó a temperaturas de 167, 171 y 175°C (Tueste claro medio y oscuro), entre 25 y 26 minutos en una tostadora industrial de 150Kg/lote, los resultados por DPPH fueron similares a los hallados en la presente. Comparando los resultados obtenidos, con otros

productos, se encontró que tienen menor capacidad antioxidante que el aguaymanto por (Tapia, 2018) y al arándano por (Pesantes, 2021).



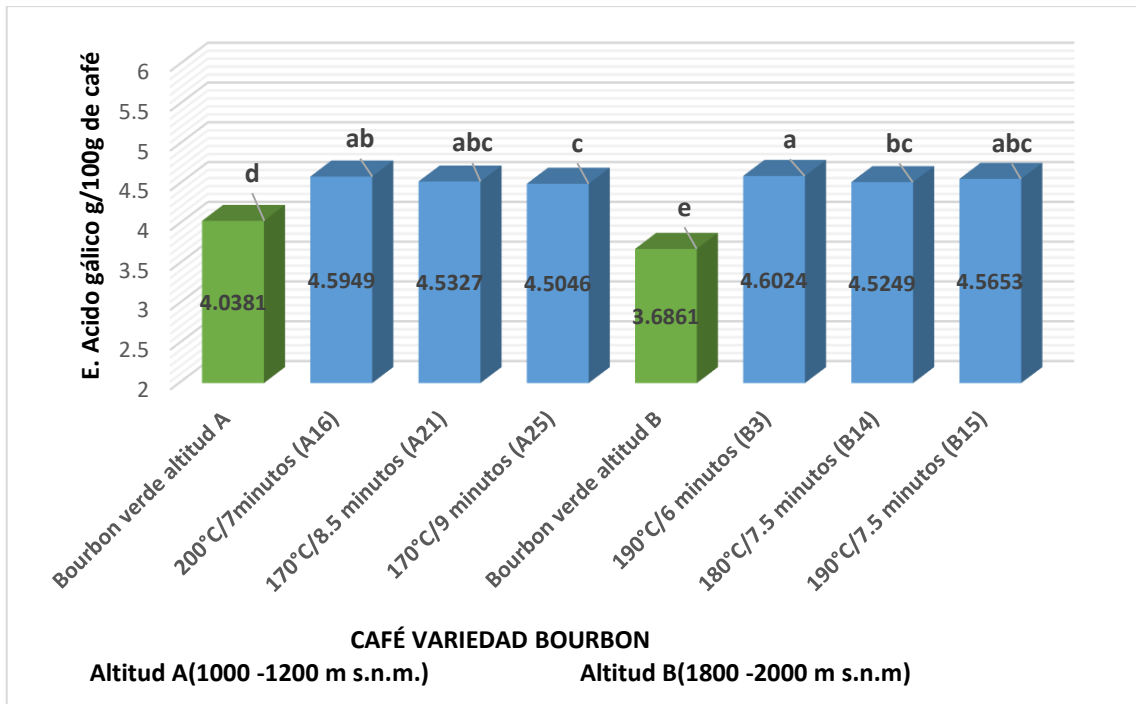
**Figura 22.** Capacidad antioxidante con el radical DPPH del café Bourbon

#### 4.3.2 Evaluación de fenoles totales

La evaluación de fenoles totales, se hizo del café Bourbon de altitudes A y B, en muestras de grano verde y tostado, en el caso de las muestras tostadas, se tomó de los primeros tres mejores resultados en calidad sensorial de ambas altitudes, según la prueba Tukey en el Anexo E, Tabla E.2 y E.4. Los resultados de análisis de fenoles totales o polifenoles se encuentran en el Anexo K, Figura K.2. Para explicar los resultados, se hizo la comparación de medias Tukey ( $p < 0.05$ ), como se observa en la Figura 23, donde las medias de los tratamientos del café Bourbon de altitudes, A y B; A16(200°C/7min), A21(170°C/8.5min), B14(180°C/7.5min) y B15(190°C/7.5min) no son significativos, mientras que, la composición de fenoles en el café Bourbon verde de ambas altitudes A y B, son significativamente diferentes y representan los menores valores en comparación a los tratamientos analizados de café tostado. Entre las muestras de café tostado, el más sobresaliente es el tratamiento del café Bourbon de altitud B, B3 (190°C/6min) con



4.6024 equivalente ácido gálico g/100g café. Morais *et al.* (2008), citado en Louzada y Rizzo (2021) analizó la composición química del café Robusta sometido a tres tipos de tueste: claro, medio y oscuro, el contenido total de fenol disminuyó significativamente con el grado de tostado. El valor relativamente mayor en la presente investigación, a los demás tratamientos, se debería al menor tiempo de exposición al calor del tostado, debido a que los cafés con tiempos de tostado más prolongado, presentan mayor pérdida de componentes fenólicos. Quispe (2017) determinó fenoles totales en café verde, según zonas y altitudes de producción en el departamento de Huánuco, también determino en muestras (blend) o mezclas en verde y tostado, cuyos resultados en café verde son similares, mientras que en tostado son menores a la investigación. La diferencia en café tostado estaría influenciado por el grado de tueste, probablemente fueron oscuras con mayor tiempo de tostado, ya que se trata de cafés para venta nacional. López y Galilea (2006, citado en Lazcano *et al.*, 2015) reportan que, con el tratamiento térmico del tostado existe una pérdida de compuestos fenólicos, ya que en el caso del ácido clorogénico durante el tostado este se desdobra como ácidos cafeico y quínico, y este proceso se da más rápido a una alta temperatura y mayor tiempo, es decir en un grado de tostado severo. En la Figura 23 se muestra un ligero aumento en la concentración de compuestos fenólicos de café verde a tostado, esto indica que, en los parámetros analizados de tostado en la presente investigación no hubo tal degradación de compuestos fenólicos por el contrario podrían estar sintetizando nuevos componentes lo cual aumenta su potencial antioxidante.



**Figura 23.** Fenoles totales del café Bourbon



## V. CONCLUSIONES

- La calidad sensorial del café Bourbon en la investigación, es afectada por la altitud de procedencia, la relación tiempo y temperatura de tostado, los resultados en general tienen una clasificación en calidad, que lo ubica en los grados: sin especialidad, especial muy bueno y especial excelente. El café Bourbon B (1800 a 2000 m s.n.m.), de mayor altitud obtuvo puntajes más altos, por lo que se concluye que tienen mayor calidad sensorial comparada al café Bourbon A (1000 a 1200 m s.n.m.), de menor altitud.
- El color del café Bourbon tostado, evaluado en dos pisos altitudinales es diferente, ambos fueron afectados por el factor tiempo de tostado, la relación del tiempo y el color, es proporcional, a medida que pasa el tiempo, el color se torna más oscuro. Con respecto a la pérdida de peso, en el proceso de tostado del café, no presentó diferencia significativa entre ambas altitudes, mientras que los factores tiempo y temperatura de tostado si tuvieron influencia, los mayores se hallaron en 10 min de tostado y los menores en 6 min.
- La capacidad antioxidante del café Bourbon verde de ambos pisos altitudinales, es mayor que el café tostado, el tratamiento con mayor capacidad antioxidante hallado, es del café Bourbon de altitud A, 200°C/7min. En fenoles totales, el café Bourbon verde de ambos pisos altitudinales tiene menor cantidad en comparación al café tostado, el más sobresaliente fue el tratamiento del café Bourbon de altitud B, (190°C/6min), se concluye que, a los parámetros de tostado analizados, ocurre un ligero aumento de la cantidad de fenoles, mientras que, en tuestes agresivos de tiempos prolongados y temperaturas muy altas, la pérdida de fenoles por el tueste es inevitable.





## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar la investigación del perfil de tueste en diferentes variedades, altitudes y vías de beneficio.
- Determinar el color en diferentes niveles de tueste por variedad, altitud de procedencia y vías de beneficio.
- Evaluar el efecto de los tipos de preparación/extracción de la bebida de café en capacidad antioxidante.
- El proceso de tostado se recomienda realizar en temperaturas ambientales por encima de 15°C, dado los factores ambientales en las Regiones Alto Andinas del Perú.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ambrosio, C. E., Conrado, J. y los miembros Star Cuppers de Centroamérica. (2005). Normas y Estándares de Catación para la Región de Centroamérica. *USAID Central América*, 1-38.
- Atarés, L. (s.f.). *Determinación de la porosidad*. <https://riunet.upv.es>
- Benítez, O. J. y Campo, D. A. (2018, 13 de noviembre). Evaluación de la calidad del café tostado utilizando herramientas de procesamiento digital de imágenes. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, (30), 32-43. <https://revistaaccb.org>
- Bisetti, L. D. (2018, 05 de marzo). *Tostado de cafés especiales* [Ponencia]. Curso de tostado nivel intermedio, Juliaca, Puno, Perú.
- Caballero, L. B. (2021). *Café en grano verde a Suiza: Programa de especialización en inteligencia comercial y análisis de mercados internacionales*. Ministerio de Relaciones Exteriores (MRE), Asociación de Exportadores (ADEX). <https://www.cien.adexperu.org.pe>
- Cámara Peruana del Café y Cacao. (2021). *Aspectos generales*. <https://camcafeperu.com.pe>
- Cañas, R. (2008). *Manual del catador de cafés especiales*. Programa de especialización de catadores de cafés especiales, con certificación Q-Grader en Perú. Café Perú.
- Capajaña, M. (2011). *Determinación comparativa de perfiles de taza en tres pisos altitudinales de café arábigo (coffea arábigo) en la cuenca del río Tambopata-Sandia*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNA. <http://repositorio.unap.edu.pe>



- Cid, M. C. (2013). *El café como fuente de antioxidantes y compuestos bioactivos*.  
Academia de farmacia de Galicia. <https://academiadefarmaciadegalicia.ga>
- Coffee Quality Institute. (2014). *¿Qué es un Q Grader?*. <https://www.coffeeinstitute.org>
- Donangelo, C. M. (2011, 11 de octubre). *Propiedades funcionales y biodisponibilidad de componentes bioactivos del café* [Ponencia]. Quinto Simposio Internacional de Innovación y desarrollo de alimentos, Escuela de Nutrición y Dietética Universidad de la República, Uruguay. <https://azslide.com>
- Educación Cafetera Especializada. (2017). *Manual del tostador de café* (1.<sup>a</sup> ed.). Colombia. <https://pdfcoffee.com>
- Figuroa, E., Pérez, F. y Godínez, L. (2014). *La producción y el consumo del café*. <http://www.ecorfan.org/spain>
- Folmer, B. (Ed.). (2017). *The craft and science of coffee*. Elsevier Inc.
- Ibañez, V. (2009). *Análisis y diseño de experimentos* (1.<sup>a</sup> ed.). Puno, Perú: Editorial Universidad Nacional del Altiplano.
- Illy, A. & Viani, R. (2005). *Expresso coffee the science of quality* (2.<sup>a</sup> ed.). San Diego, California, USA: Elsevier Academic Press.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2019). *Manual de producción sostenible de café en la República Dominicana*. <http://www.iica.int>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2010). *Protocolos de Análisis de calidad de café Guatemala*. <http://www.iica.int>
- Instituto Nacional de Calidad. (2021, 13 de junio). *Guía de Implementación de la Norma Técnica Peruana NTP 209.311:2019 CAFÉS ESPECIALES. Requisitos*. <http://www.inacal.gob.pe>



- Jansen, G. A. (2006). *Coffee roast magic-art-science physical changes and chemical reactions* (1.<sup>a</sup> ed.). Munich, Alemania: Corporate media GmbH.
- Jarata, E. (2015). *Evaluación de perfiles de taza en tres zonas productoras de café (Coffea Arábica) variedad catimor en el valle del distrito de Ayapata-Carabaya*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNA. <http://repositorio.unap.edu.pe>
- Lawless, H. T. & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food* (Heldman, D. R. Ed.) (2nd ed.). Springer Science+Business Media, LLC.
- Lazcano, E., Trejo, A., Vargas, G., y Pascual, S. (2015). Contenido de fenoles, cafeína y capacidad antioxidante de granos de café verdes y tostados de diferentes estados de México. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, volumen (16), 293-298. <http://www.redalyc.org>
- León, J. C. (26/01/2021). USDA: *Producción Mundial de café alcanzaría los 175.4 millones de sacos en la campaña 2020/2021*. Agencia agraria de noticias. <https://agraria.pe>
- Lik, C. & Meira, F. (Eds.). (2019). *Drying and Roasting of Cocoa and Coffee*. Taylor & Francis Group, LLC. <https://3lib.net/book/6026811/6bd2e4>
- Londoño J. (2012). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. En *Desarrollo y Transversalidad serie Lasallista de Investigación y Ciencia* (J.E. Murillo, Ed.). Editorial Assistance, Itagúí, Colombia. (pp. 129-163). <http://hdl.handle.net/10567/133>
- Louzada, L. & Rizzo, T. (Eds.). (2021). *Quality Determinants In Coffee Production*. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-54437-9>



Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2015). *Preguntas Frecuentes*.

<https://www.midagri.gob.pe>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022, 26 de agosto). *Perú es el primer productor y exportador mundial de café orgánico junto con Etiopía*. Plataforma digital única del Estado Peruano.

<https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias>

Morris, J. (2019). *Coffee a Global History*. 1010 Printing International Ltd. [www.reaktionbooks.co.uk](http://www.reaktionbooks.co.uk)

Odžaković, B., Džinić, N., Kukrić, Z. & Grujić, S. (31/08/2016). Effect of roasting degree on the antioxidant activity of different arabica coffee quality classes. *Scientiarum polonorum*, 15(4), 409–417. DOI: 10.17306/J.AFS.2016.4.39

Organización Internacional del Café. (s.f.). *Aspectos botánicos*. <https://www.ico.org>

Orrego, C. E. (2003). *Procesamiento de Alimentos* (1ª. ed.). Colombia: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. <https://repositorio.unal.edu.co>

Ortiz, A. L. (2007). *Café* (J. S. Ramirez, ed.). Manejo de sólidos y fluidos.

Oviedo, A. (2017). *Determinación del nivel óptimo de temperatura y tiempo de tostado del café verde (Coffea arabica L.) variedad Catimor, en relación a la calidad del café tostado, de Quillabamba – Cusco* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional UNJBG. <http://repositorio.unjbg.edu.pe>

Perfect Daily Grind Español. (2022, 14 de enero). *El Clima y su Efecto en el Tueste del Café*. <https://perfectdailygrind.com>.

Perfect Daily Grind Español. (2021, 17 de agosto). *¿Qué tan Importante es la Altura para la Calidad del Café?*. <https://perfectdailygrind.com>.



- Perfect Daily Grind Español. (2020a, 19 de junio). *¿Qué es el Desarrollo del Grano en el Tueste y cómo Controlarlo?*. <https://perfectdailygrind.com>.
- Perfect Daily Grind Español. (2020b, 08 de julio). *Cómo guiar la Tostión del Café Usando las Curvas de Tueste*. <https://perfectdailygrind.com>
- Perfect Daily Grind Español. (2019, 25 de marzo). *¿Qué Ocurre Durante el Tueste del Café? los Cambios Físicos*. <https://perfectdailygrind.com>.
- Perrone, D., Donangelo, R., Donangelo, C. M. & Farah, A. (2010). Modeling Weight Loss and Chlorogenic Acids Content in Coffee during Roasting. *J. Agric. Food Chem.* 58(23), 12238–12243. DOI:10.1021/jf102110u
- Pesantes, G. Ch. (2021). *Capacidad antioxidante y compuestos bioactivos en el proceso de elaboración de zumo de Arándanos (Vaccinium corymbosum.)*”. [tesis de maestría, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional UNAC. <http://repositorio.unac.edu.pe>
- Preedy, V. R. (Eds.). (2015). *Coffee in health and disease prevention*. Elsevier Inc. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00001-2>
- Primero Café. (2021). *Cómo influye la altura en el sabor del café*. <https://primerocafe.com.mx>.
- Puerta, G. I. (2020, setiembre). *Relación entre las temperaturas de tueste y los compuestos químicos del café tostado*. <http://forumdelcafe.com>
- Puerta, G.I. (2000, julio). *Beneficie correctamente su café y conserve la calidad de la bebida*. <http://cenicafedecolombia.com>
- Quispe, P. (2017). *Variación de la composición bioactiva, capacidad antioxidante, en café oro por zona geográfica y piso ecológico y en mezclas tostadas-molidas*



- [tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe>
- Rafael, A. y Velásquez, O. (2019). *Guía de variedades de café* (2.<sup>a</sup> ed.). Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ). <https://www.anacafe.org>
- Rao, S. (2014). *The coffee roaster's companion* (1<sup>a</sup>. ed.). China.
- Riaño, E. (2017). *Tecnología del café*. Universidad Nacional abierta y a distancia, Facultad de ingeniería de alimentos. <http://infocafes.com>
- Robson, J. (2008). *Optimización del proceso de tostado del café por el medio monitoreo de parámetros y propiedades físicas y sensoriales* [tesis de Maestría no publicada]. Universidad Federal de Lavras. Minas Gerais, Brasil.
- Román, A. (2020). *Cómo Manejar la Pérdida de Peso Del Café Durante el Tueste*. Perfect Daily Grind Español. <https://perfectdailygrind.com>.
- Romani, S., Cevoli, Ch., Fabbri, A., Alessandrini, L. & Dalla, M. (2012). Evaluation of Coffee Roasting Degree by Using Electronic Nose and Artificial Neural Network for Off-line Quality Control. *Institute of Food Technologists*. 77(9). DOI: 10.1111/j.1750-3841.2012.02851.x
- Shan, J., Suzuki, T., Ogawa, Y. & Kondo, N. (2015). Coffee roasting degrees prediction in terms of weight loss with selected wavebands based on near-infrared spectroscopy. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 8(2015), 195-199. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eaef.2015.10.003>
- Specialty Coffee Association of America (2011). Manual de defectos, de café verde arábica. Estados Unidos de América.
- Specialty Coffee Association of America (2015). *SCAA Protocols - Cupping Specialty Coffee*. <http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>



- Swisscontact y Ministerio de Industrias y Productividad. (2016). *Manual básico de buenas prácticas para el tostado del café*. <http://infocafes.com>
- Tapia, Th. D. (2018). *Evaluación del perfil de color, características fisicoquímicas y capacidad antioxidante de tres estados de madurez comercial del Aguaymanto (Physalis peruviana L.)*. [tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNA. <http://repositorio.unap.edu.pe>
- Taza de Excelencia Perú. (2020, 8 de noviembre). *Ganadores de la Competencia Taza de Excelencia Perú 2020*. [página de Facebook]. Facebook. <https://web.facebook.com/TazaDeExcelenciaPeru>
- Vera, V. E. y Chacón, Y. O. (2018) *Evaluación del proceso de tostado en granos de café (Coffea Arabica L.) variedad Catuai con el beneficio "Honey Rojo" de la empresa Café Trinidad C.A.* [tesis de pregrado, Universidad Central de Venezuela]. Repositorio Institucional Saber UCV. <http://hdl.handle.net/10872/19460>
- World Coffee Research. (2018). *Las variedades del Café Arábica*. <http://varieties.worldcoffeeresearch.org>
- Zeb, A. (2021). *Phenolic Antioxidants in Foods: Chemistry, Biochemistry and Analysis* (Springer Nature Suiza AG, Ed.). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-74768-8>
- Zudaire, M. (2010, 25 de marzo). *El café, una discutida fuente de antioxidantes*. Eroski Consumer. <https://www.consumer.es>





## ANEXOS

## ANEXO A.

**Tabla A.1 Resultados de calidad sensorial (Puntaje final) y desarrollo de tostado (DT) del café Bourbon**

Parámetros de tostado		A (1000 a 1200 m s.n.m.)		B (1800 a 2000 m s.n.m.)	
Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)	Puntaje final	Desarrollo de tostado DT %	Puntaje final	Desarrollo de tostado DT %
6	170	75.25	0.00	85.19	1.57
6.5	170	76.42	0.00	86.13	8.72
7	170	79.38	0.00	85.58	9.37
7.5	170	81.50	0.30	86.06	13.78
8	170	84.31	2.15	86.31	16.53
8.5	170	85.50	9.48	85.00	17.91
<b>9</b>	<b>170</b>	<b>86.06*</b>	<b>10.19*</b>	80.88	22.72
9.5	170	80.47	14.62	80.75	23.98
10	170	75.58	26.83	80.86	26.28
6	180	76.75	0.00	87.29	10.00
6.5	180	79.33	0.00	87.14	9.06
7	180	82.67	0.00	86.83	9.37
<b>7.5</b>	<b>180</b>	84.14	0.34	<b>88.00*</b>	<b>11.48*</b>
8	180	85.30	1.81	87.30	16.04
8.5	180	85.55	6.73	86.36	18.24
9	180	82.81	10.80	84.97	21.91
9.5	180	80.50	15.09	80.30	22.34
10	180	78.25	19.33	79.11	29.56
<b>6</b>	<b>190</b>	79.08	0.00	<b>87.92*</b>	<b>9.81*</b>
6.5	190	79.00	0.00	87.17	10.00
7	190	79.67	0.00	87.03	10.87
7.5	190	84.36	0.44	87.53	15.63
8	190	84.97	5.76	85.44	16.53
8.5	190	84.83	10.00	81.22	22.88
9	190	80.81	14.88	80.47	25.19
9.5	190	78.08	22.11	80.33	27.95
10	190	74.50	23.17	79.50	32.61
6	200	75.50	0.00	85.28	5.93
6.5	200	81.92	0.00	86.08	15.73
7	200	80.42	3.17	87.11	18.89
7.5	200	85.72	10.74	86.97	21.41
8	200	85.08	13.75	82.28	23.26
8.5	200	82.58	15.10	81.58	27.39
9	200	78.50	18.89	80.14	29.75
9.5	200	77.33	22.75	80.00	32.05
10	200	73.08	26.56	78.75	35.33

**Nota:** \* Mejores resultados en calidad sensorial, Tukey ( $p < 0.05$ )



**Tabla A.2 Resultados de color en Agtron, del café Bourbon**

Parámetros de tostado		A (1000 a 1200 m s.n.m.)	B (1800 a 2000 m s.n.m.)
Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)	Color Agtron	Color Agtron
6	170	95	88
6.5	170	95	75
7	170	95	72
7.5	170	88	68
8	170	78	68
8.5	170	75	68
9	170	65	58
9.5	170	65	58
10	170	58	58
6	180	95	85
6.5	180	95	78
7	180	95	78
7.5	180	82	75
8	180	75	72
8.5	180	72	65
9	180	65	65
9.5	180	55	55
10	180	55	55
6	190	95	78
6.5	190	95	78
7	190	95	75
7.5	190	88	68
8	190	82	65
8.5	190	75	62
9	190	62	58
9.5	190	58	58
10	190	55	55
6	200	95	82
6.5	200	95	78
7	200	95	75
7.5	200	85	65
8	200	82	65
8.5	200	75	62
9	200	68	58
9.5	200	62	55
10	200	55	52



**Tabla A.3 Resultados de pérdida de peso en el tostado del café Bourbon.**

Parámetros de tostado		A (1000 a 1200 m s.n.m.)	B (1800 a 2000 m s.n.m.)
Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)	% Pérdida de peso	% Pérdida de peso
6	170	8.79	8.70
6.5	170	9.38	9.95
7	170	9.79	10.73
7.5	170	10.11	11.09
8	170	10.52	11.73
8.5	170	11.16	13.03
9	170	14.87	14.51
9.5	170	15.18	14.78
10	170	15.86	14.77
6	180	9.08	8.37
6.5	180	9.78	8.49
7	180	9.93	9.76
7.5	180	10.87	10.86
8	180	12.47	11.95
8.5	180	13.43	13.05
9	180	14.59	13.62
9.5	180	15.16	14.82
10	180	15.80	15.35
6	190	8.31	9.27
6.5	190	8.96	9.74
7	190	10.74	10.85
7.5	190	11.87	11.70
8	190	12.34	13.61
8.5	190	14.22	13.71
9	190	15.43	14.81
9.5	190	15.90	14.83
10	190	15.94	15.81
6	200	9.18	9.81
6.5	200	9.91	10.09
7	200	10.15	11.87
7.5	200	12.91	12.06
8	200	13.96	13.68
8.5	200	15.58	14.06
9	200	15.78	15.37
9.5	200	16.02	15.98
10	200	16.67	15.95

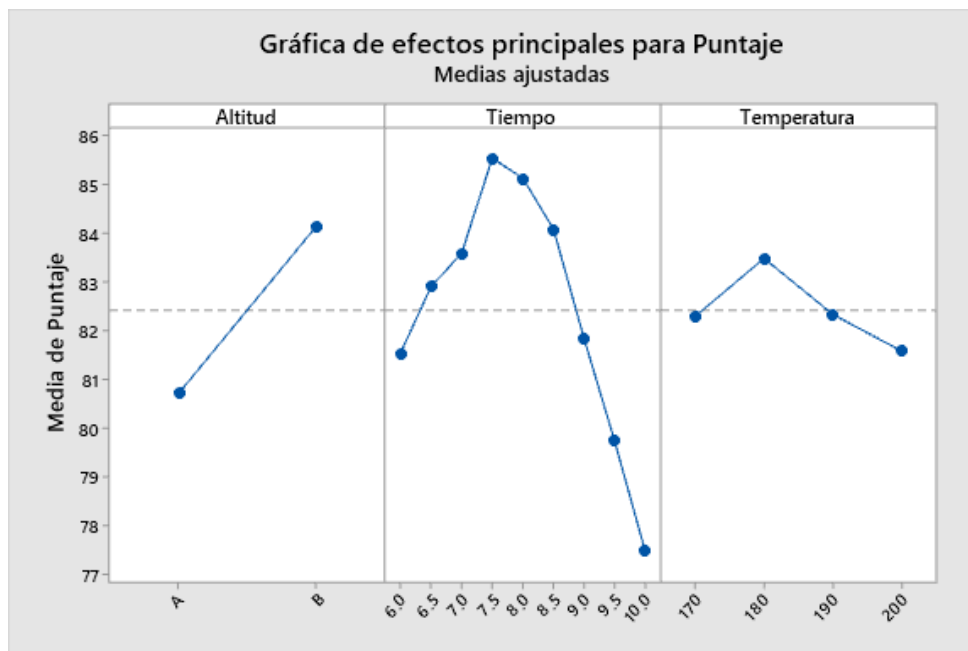
## ANEXO B.

### ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA) PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE CALIDAD SENSORIAL

**Tabla B.1 Análisis de Varianza para Calidad Sensorial en Puntaje Final**

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Altitud	1	637.01	637.012	1907.89	0.000
Tiempo	8	1306.43	163.303	489.10	0.000
Temperatura	3	100.62	33.540	100.45	0.000
Altitud*Tiempo	8	679.97	84.996	254.57	0.000
Altitud*Temperatura	3	1.90	0.633	1.90	0.133
Tiempo*Temperatura	24	220.21	9.175	27.48	0.000
Altitud*Tiempo*Temperatura	24	163.45	6.811	20.40	0.000
Error	144	48.08	0.334		
Total	215	3157.67			

**Nota:** R al cuadrado = 0.9848, GL = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrado medio.



**Figura B.1 Gráfica de efectos principales para calidad Sensorial en Puntaje final**

**Tabla B.2 Prueba de Tukey para altitud de procedencia**

Variable dependiente; Calidad sensorial

Altitud	N	Media	Agrupación
B	108	84.135	a
A	108	80.701	b

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, N=Número de observaciones.

**Tabla B.3 Prueba de Tukey para tiempo de tostado**

Variable dependiente; Calidad sensorial

Tiempo	N	Media	Agrupación
7.5	24	85.535	a
8.0	24	85.125	a
8.5	24	84.080	a b
7.0	24	83.585	a b
6.5	24	82.898	a b
9.0	24	81.829	b c
6.0	24	81.53	b c
9.5	24	79.722	c d
10.0	24	77.455	d

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, N=Número de observaciones.

**Tabla B.4 Prueba de Tukey para temperatura de tostado**

Variable dependiente; Calidad sensorial

Temperatura	N	Media	Agrupación
180	54	83.479	a
190	54	82.329	a b
170	54	82.289	a b
200	54	81.574	b

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes N=Número de observaciones.

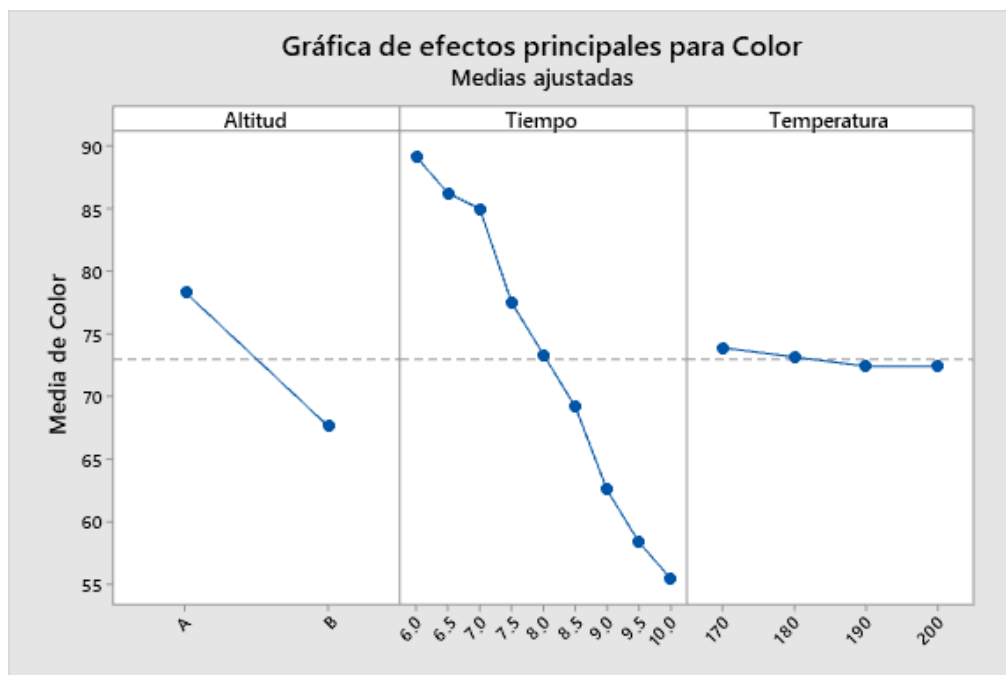
## ANEXO C.

### ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA) PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE COLOR

**Tabla C.1 Análisis de Varianza para color de café tostado en Agron**

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Altitud	1	6229.6	6229.63	395.76	0.000
Tiempo	8	30012.0	3751.50	238.33	0.000
Temperatura	3	81.5	27.16	1.73	0.164
Altitud*Tiempo	8	2128.7	266.09	16.90	0.000
Altitud*Temperatura	3	333.3	111.11	7.06	0.000
Tiempo* Temperatura	24	443.5	18.48	1.17	0.275
Altitud*Tiempo*Temperatura	24	408.3	17.01	1.08	0.373
Error	144	2266.7	15.74		
Total	215	41903.7			

**Nota:** R al cuadrado = 0.9459, GL = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrado medio



**Figura C.1 Gráfica de efectos principales para color en Agron**

**Tabla C.2 Prueba de Tukey para Altitud de procedencia**

Variable dependiente; color

Altitud	N	Media	Agrupación
A	108	78.33	a
B	108	67.593	b

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, N=Número de observaciones.

**Tabla C.3 Prueba de Tukey para tiempo de tostado**

Variable dependiente; color

Tiempo	N	Media	Agrupación
6.0	24	89.17	a
6.5	24	86.25	a
7.0	24	85.00	a
7.5	24	77.50	b
8.0	24	73.33	b c
8.5	24	69.17	c d
9.0	24	62.50	d e
9.5	24	58.333	e f
10.0	24	55.417	f

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, N=Número de observaciones.

**Tabla C.4 Prueba de Tukey para temperatura de tostado**

Variable dependiente; color

Temperatura	N	Media	Agrupación
170	54	73.89	a
180	54	73.15	a
200	54	72.41	a
190	54	72.41	a

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, N=Número de observaciones.



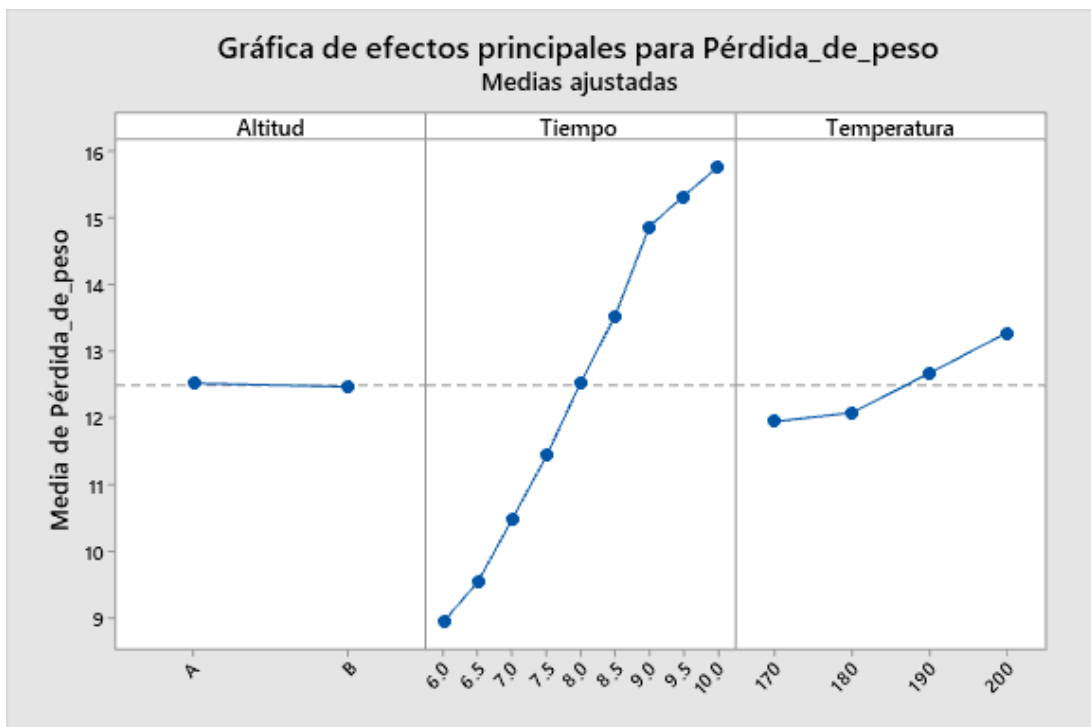
## ANEXO D.

### ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA) PARA LA VARIABLE DEPENDIENTE PÉRDIDA DE PESO

**Tabla D.1** Análisis de varianza para pérdida de peso en el tostado

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Altitud	1	0.15	0.149	0.79	0.375
Tiempo	8	1249.99	156.249	830.02	0.000
Temperatura	3	60.91	20.304	107.86	0.000
Altitud*Tiempo	8	9.36	1.170	6.22	0.000
Altitud*Temperatura	3	6.34	2.114	11.23	0.000
Tiempo*Temperatura	24	24.78	1.032	5.48	0.000
Altitud*Tiempo*Temperatura	24	21.21	0.884	4.70	0.000
Error	144	27.11	0.188		
Total	215	1399.85			

**Nota:** R al cuadrado = 0.9806, GL = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrado medio



**Figura D.1** Gráfica de efectos principales para pérdida de peso del café tostado

**Tabla D.2 Prueba de Tukey para Altitud de procedencia**

Variable dependiente; Pérdida de peso

Altitud	N	Media	Agrupación
A	108	12.518	a
B	108	12.465	a

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, N=Número de observaciones.

**Tabla D.3 Prueba de Tukey para Tiempo de tostado**

Variable dependiente; Pérdida de peso

Tiempo	N	Media	Agrupación
10.0	24	15.767	a
9.5	24	15.332	a b
9.0	24	14.874	b
8.5	24	13.532	c
8.0	24	12.534	d
7.5	24	11.432	e
7.0	24	10.477	f
6.5	24	9.538	g
6.0	24	8.939	g

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, N=Número de observaciones.

**Tabla D.4 Prueba de Tukey para Temperatura de tostado**

Variable dependiente; Pérdida de peso

Temperatura	N	Media	Agrupación
200	54	13.280	a
190	54	12.669	a b
180	54	12.077	a b
170	54	11.941	b

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes  
N=Número de observaciones.



## ANEXO E.

### ANÁLISIS DE VARIANZA (ANVA) PARA CALIDAD SENSORIAL POR ALTITUD DE PROCEDENCIA

**Tabla E.1 Análisis de varianza (ANVA) de puntaje final en calidad sensorial del  
café Bourbon de 1000 a 1200 m s.n.m.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamientos Café Bourbon de Altitud A	35	1443.88	41.2537	130.92	0.000
Error	72	22.69	0.3151		
Total	107	1466.57			

**Nota:** R al cuadrado = 0.9845, GL = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrado medio

**Tabla E.2 Prueba de Tukey para Puntaje final de calidad sensorial del café**

**Bourbon de 1000 a 1200 m s.n.m.**

Variable dependiente; Puntaje final			
Tratamiento			
Altitud A	N	Media	Agrupación
A25	3	86.0567	a
A16	3	85.723	a b
A22	3	85.5567	a b
A21	3	85.500	a b
A18	3	85.3067	a b
A20	3	85.083	a b
A19	3	84.973	a b
A23	3	84.833	a b
A15	3	84.3633	a b c
A17	3	84.307	a b c
A14	3	84.1400	b c
A26	3	82.8067	c d
A10	3	82.667	c d
A24	3	82.583	c d e
A8	3	81.917	d e f
A13	3	81.500	d e f g
A27	3	80.807	e f g h
A30	3	80.500	f g h
A29	3	80.473	f g h
A12	3	80.417	f g h
A11	3	79.667	g h i
A9	3	79.377	h i
A6	3	79.333	h i
A3	3	79.0833	h i j
A7	3	79.000	h i j
A28	3	78.500	i j k
A34	3	78.250	i j k l
A31	3	78.083	i j k l
A32	3	77.333	j k l m
A2	3	76.750	k l m n
A5	3	76.417	l m n
A33	3	75.583	m n o
A4	3	75.500	m n o
A1	3	75.250	n o
A35	3	74.500	o p
A36	3	73.083	p

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes  
N=Número de observaciones.



**Tabla E.3 Análisis de varianza (ANVA) de puntaje final de calidad sensorial del café Bourbon de 1800 a 2000 m s.n.m.**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamientos Café	35	1004.38	28.6966	78.12	0.000
Bourbon de Altitud B					
Error	72	26.45	0.3673		
Total	107	1030.83			

**Nota:** R al cuadrado = 0.9759, GL = Grados de libertad; SC = Suma de cuadrados; CM = Cuadrado medio



**Tabla E.4 Prueba de Tukey para Puntaje final de calidad sensorial del café**

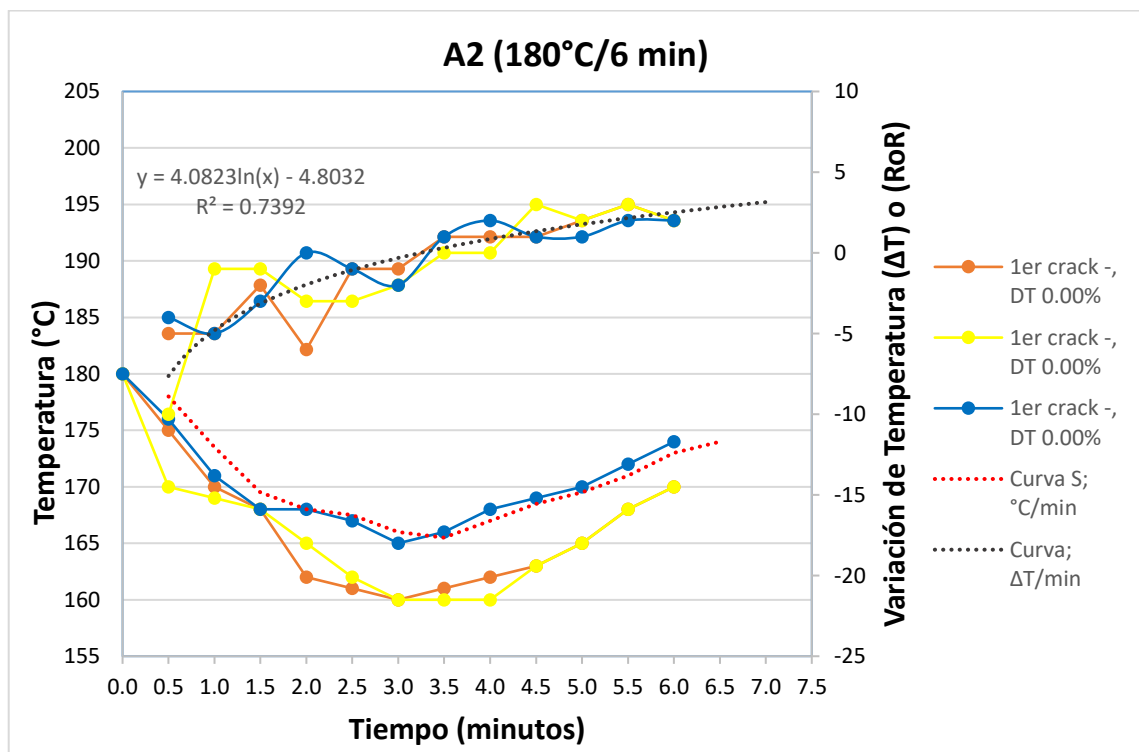
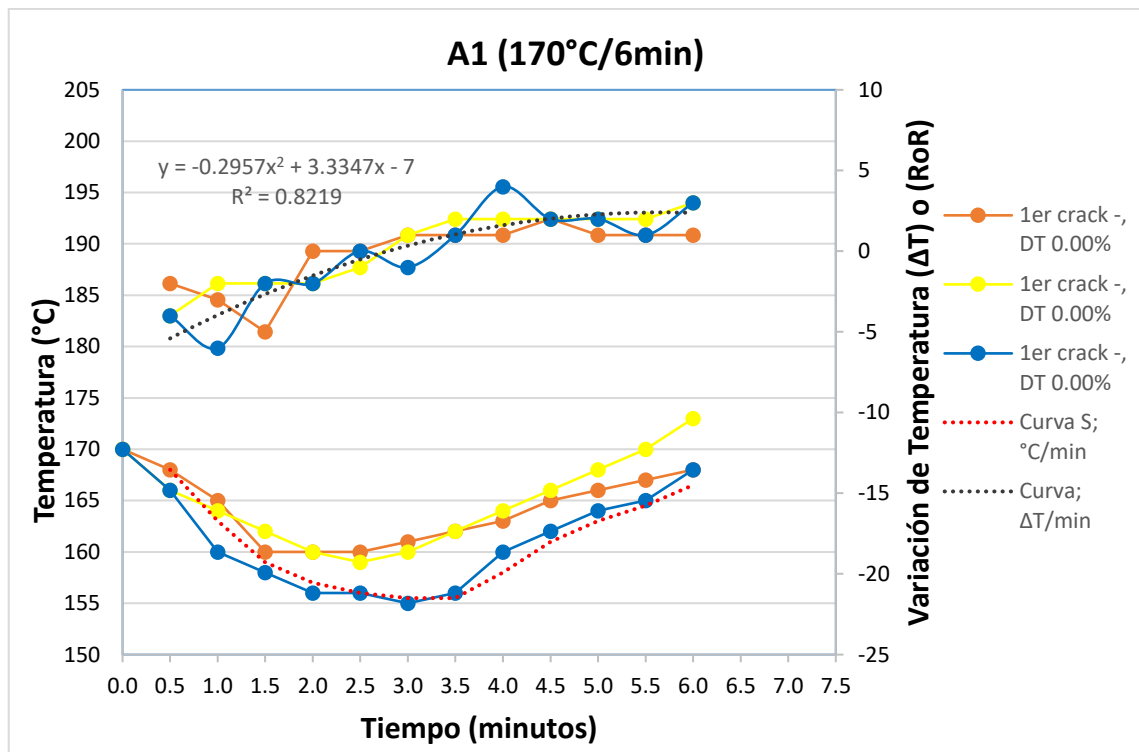
**Bourbon de 1800 a 2000 m s.n.m.**

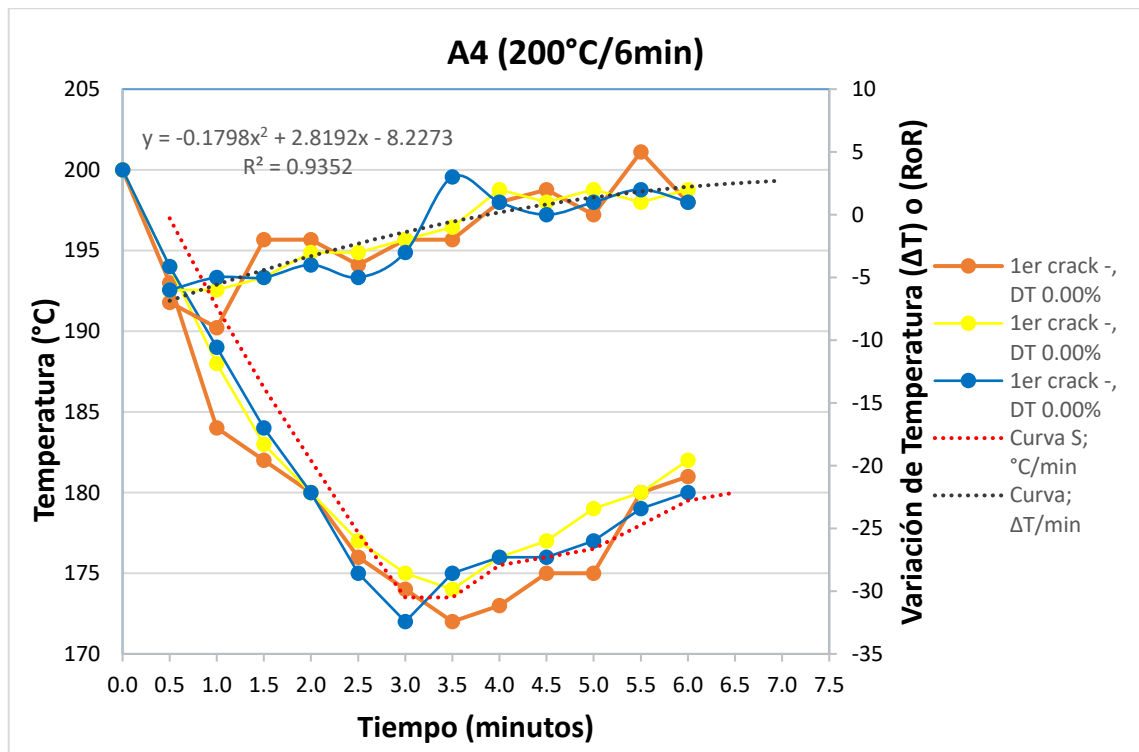
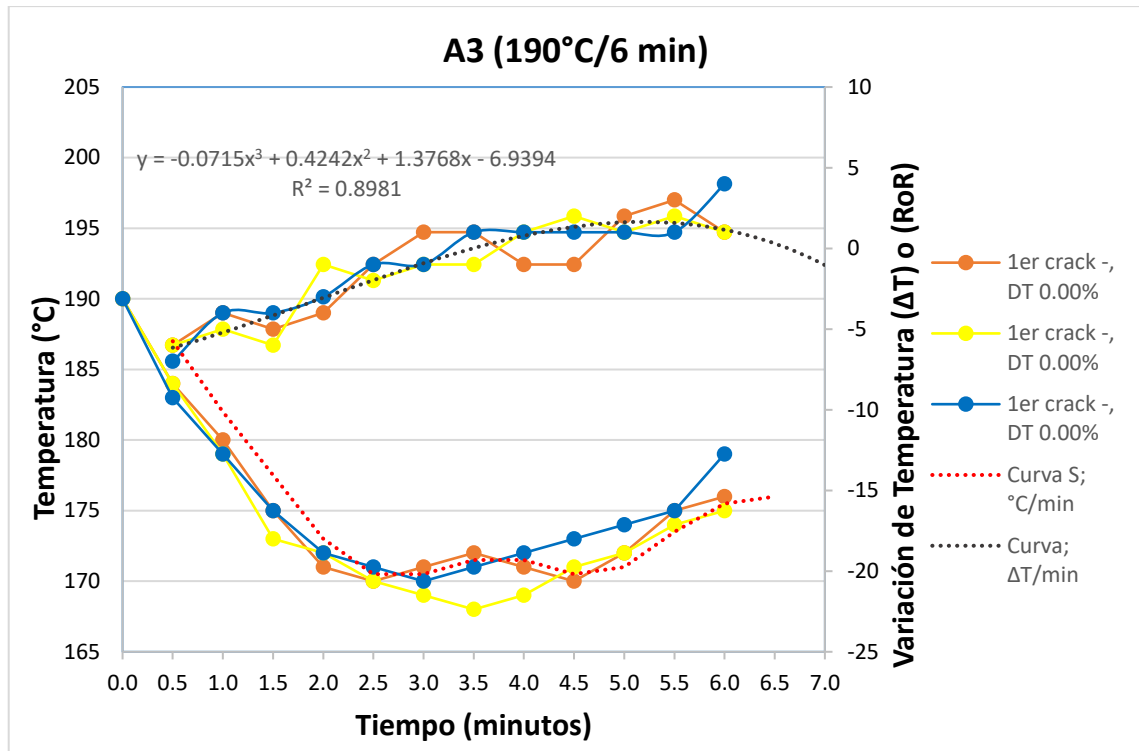
Variable dependiente; Puntaje final			
Tratamiento			
Altitud B	N	Media	Agrupación
B14	3	88.000	a
B3	3	87.917	a
B15	3	87.528	a b
B18	3	87.306	a b c
B2	3	87.292	a b c
B7	3	87.167	a b c d
B6	3	87.1400	a b c d
B12	3	87.1111	a b c d e
B11	3	87.027	a b c d e
B16	3	86.972	a b c d e
B10	3	86.833	a b c d e f
B22	3	86.361	a b c d e f
B17	3	86.306	a b c d e f
B5	3	86.1250	a b c d e f
B8	3	86.083	a b c d e f
B13	3	86.057	b c d e f
B9	3	85.583	c d e f
B19	3	85.444	c d e f
B4	3	85.278	d e f
B1	3	85.188	e f
B21	3	85.000	f
B26	3	84.972	f
B20	3	82.278	g
B24	3	81.583	g h
B23	3	81.222	g h i
B25	3	80.875	g h i j
B33	3	80.861	g h i j
B29	3	80.750	g h i j
B27	3	80.472	g h i j k
B31	3	80.333	h i j k
B30	3	80.306	h i j k
B28	3	80.1389	h i j k
B32	3	80.000	h i j k
B35	3	79.500	i j k
B34	3	79.111	j k
B36	3	78.750	k

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes  
N=Número de observaciones.

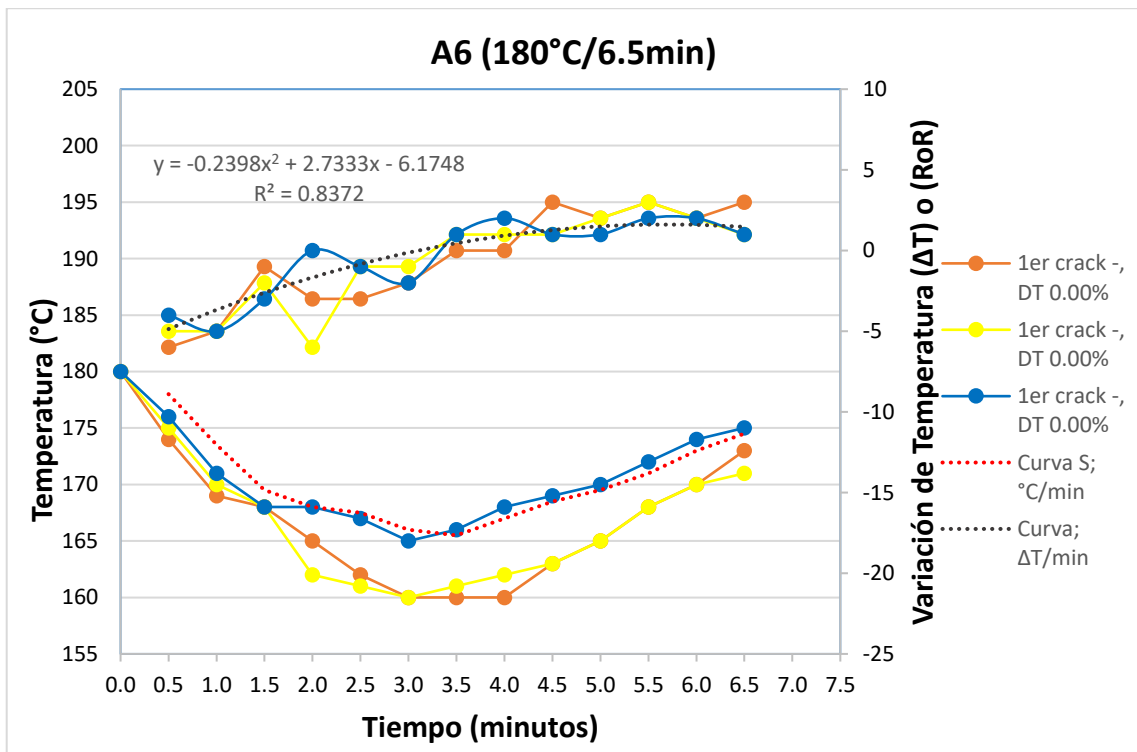
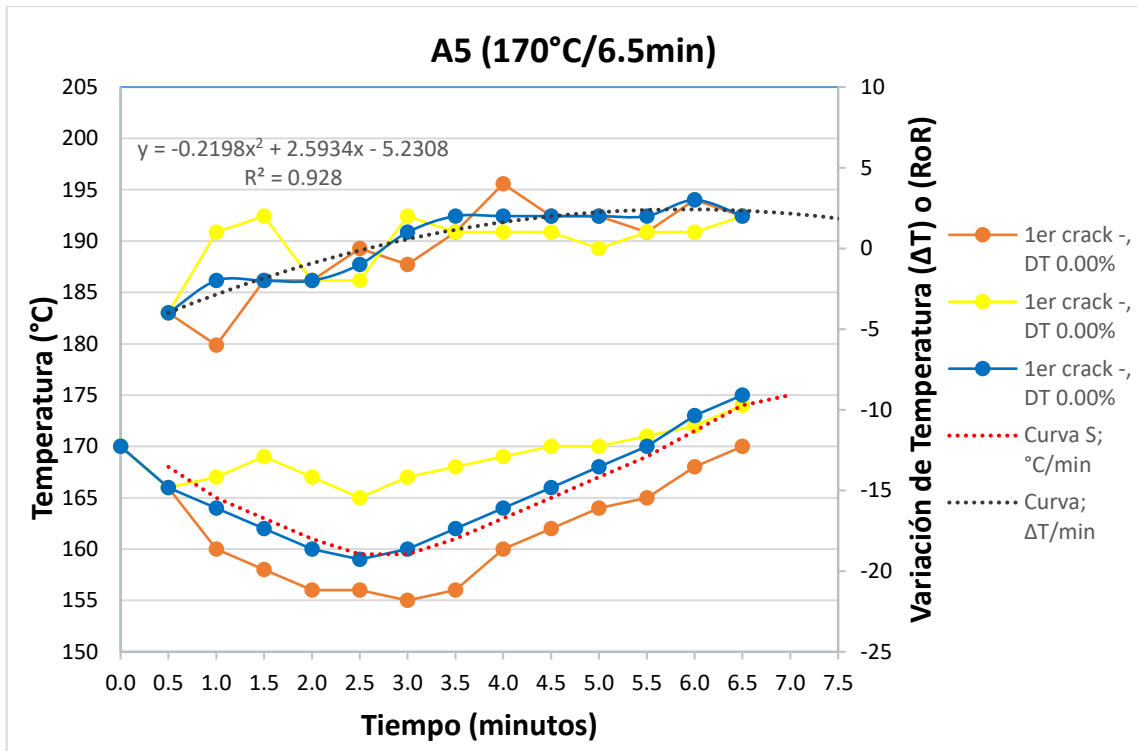
## ANEXO F.

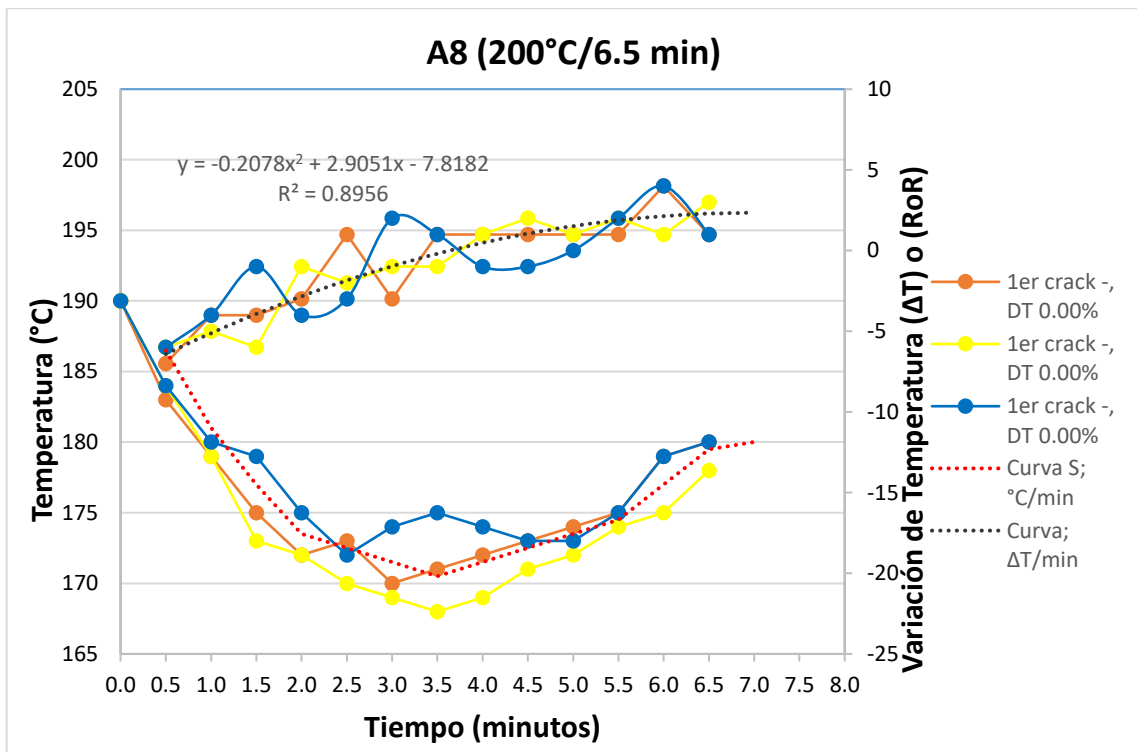
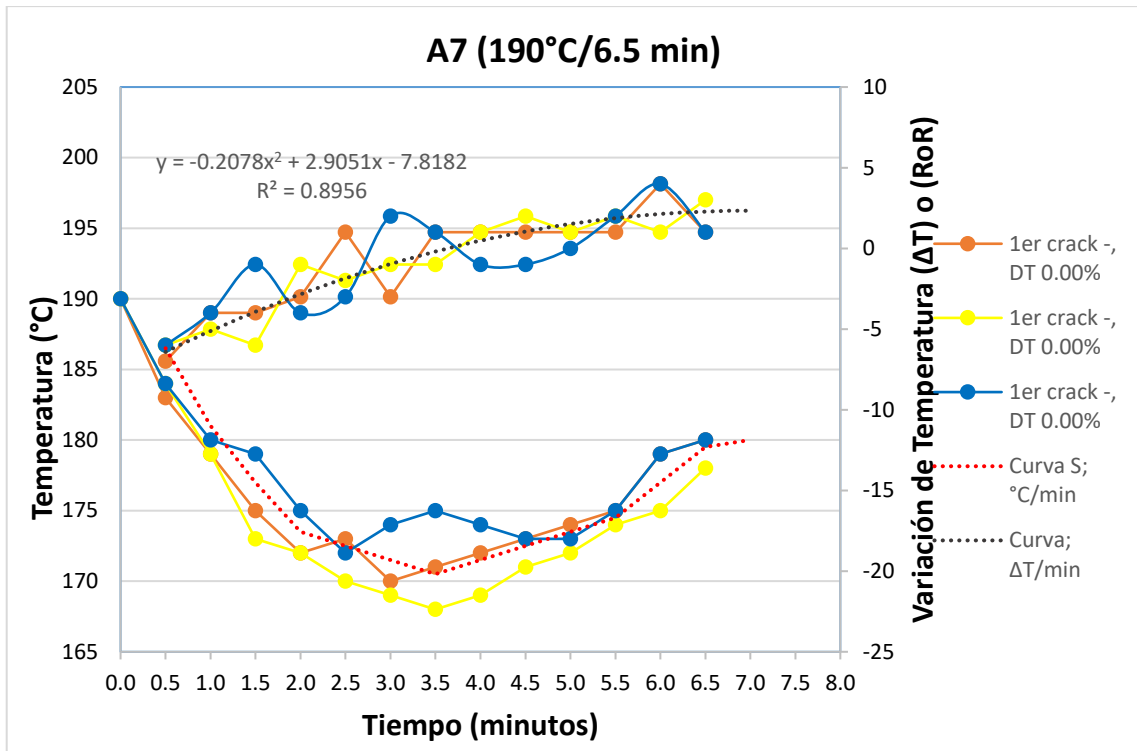
### CURVAS DE PERFIL DE TUESTE

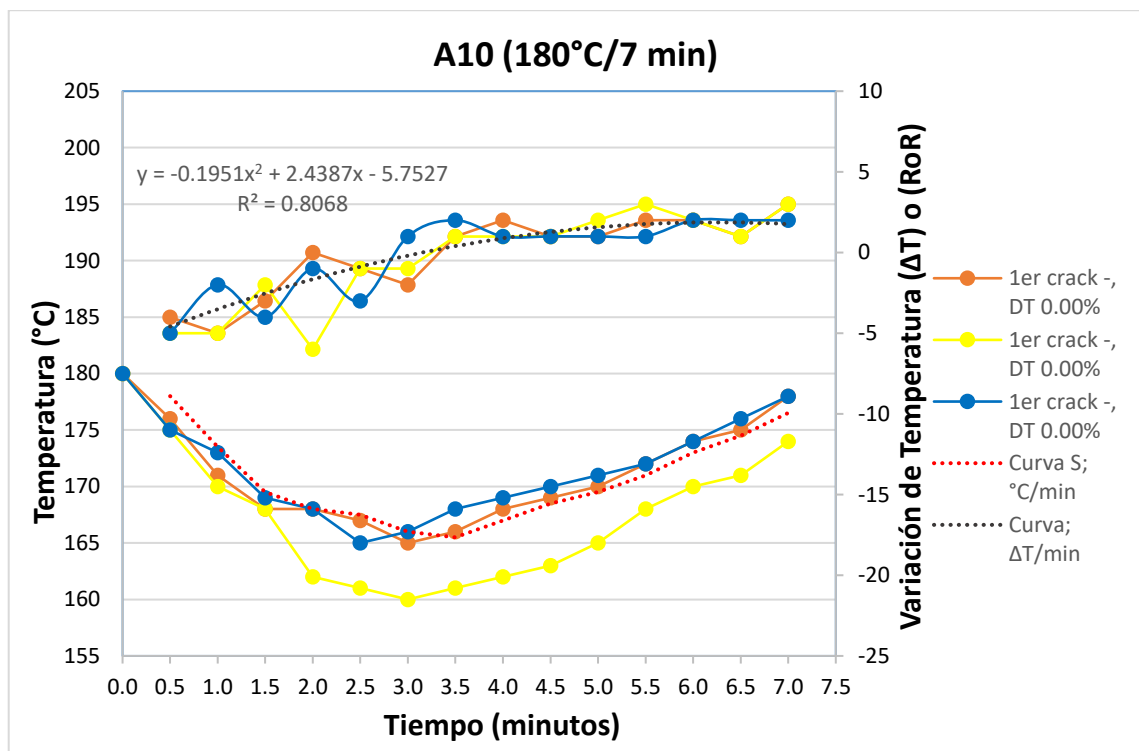
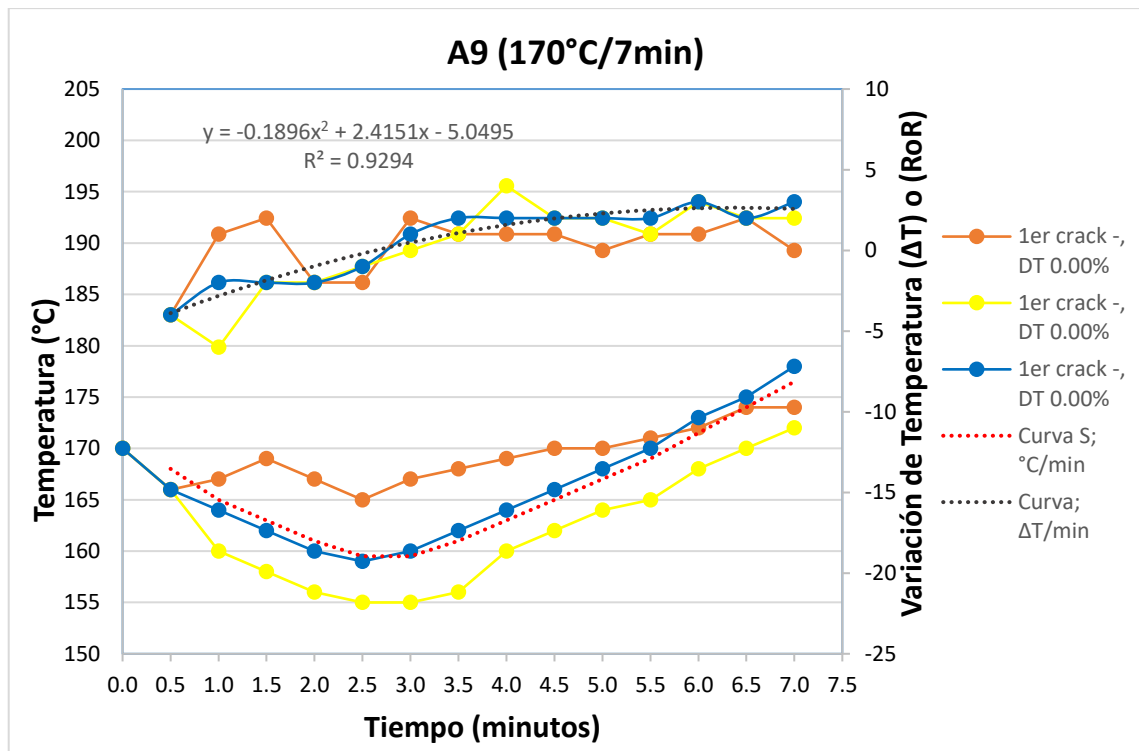


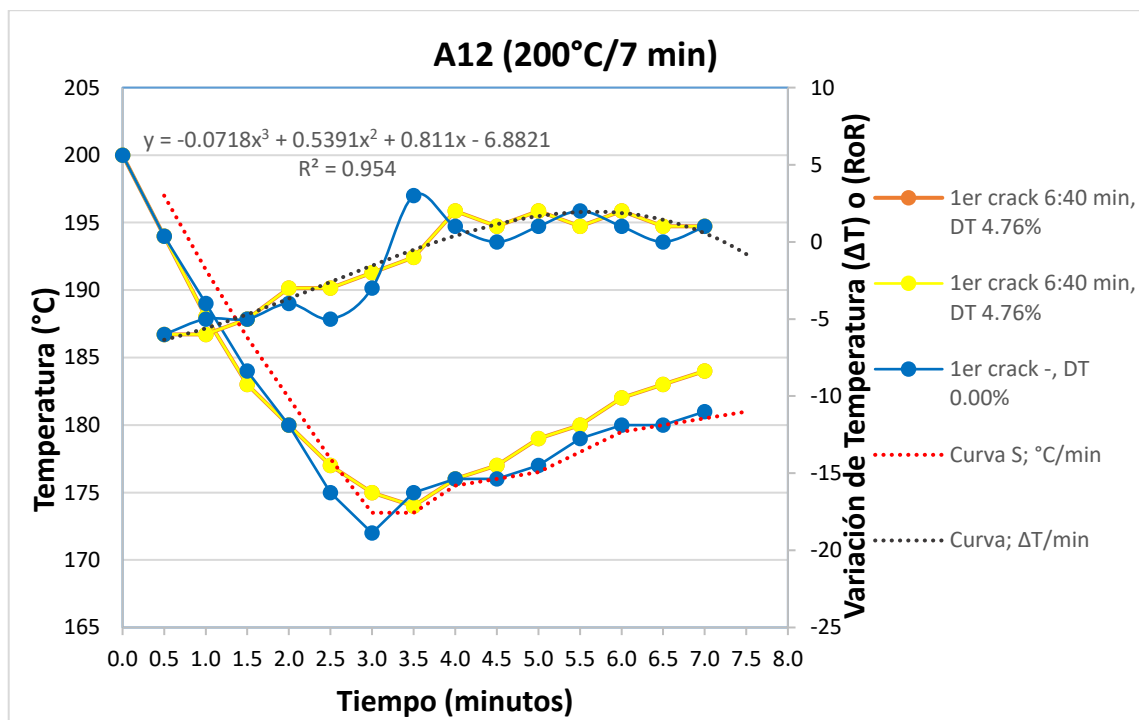
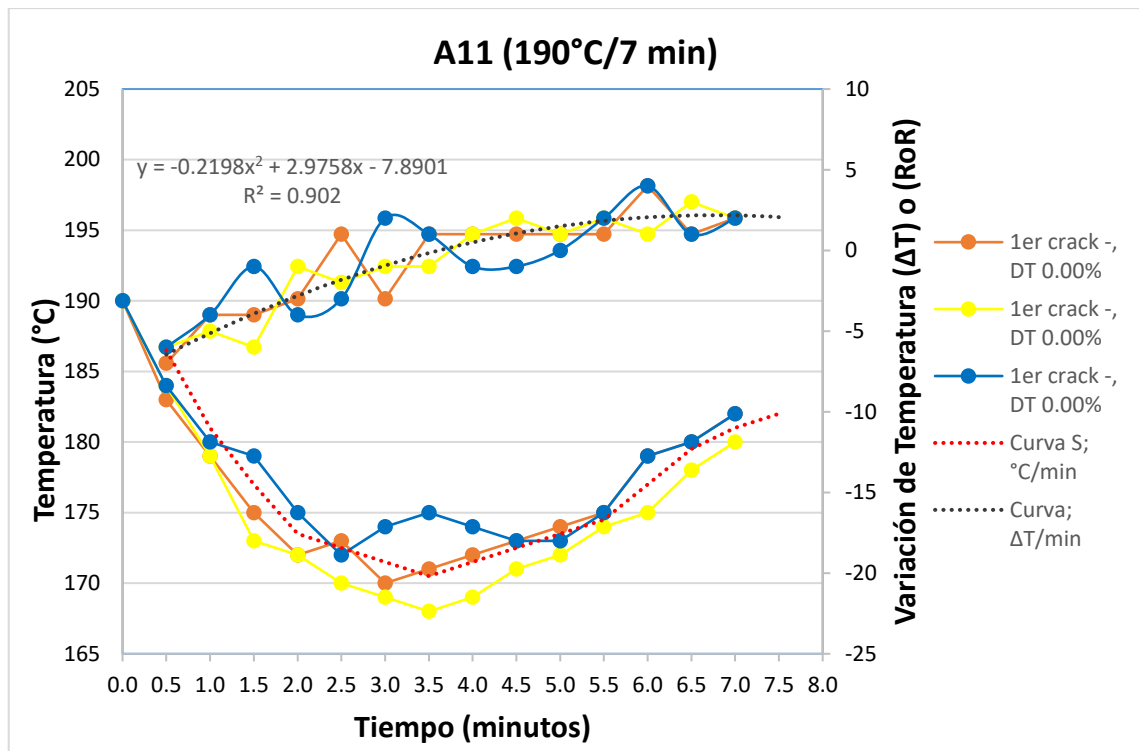


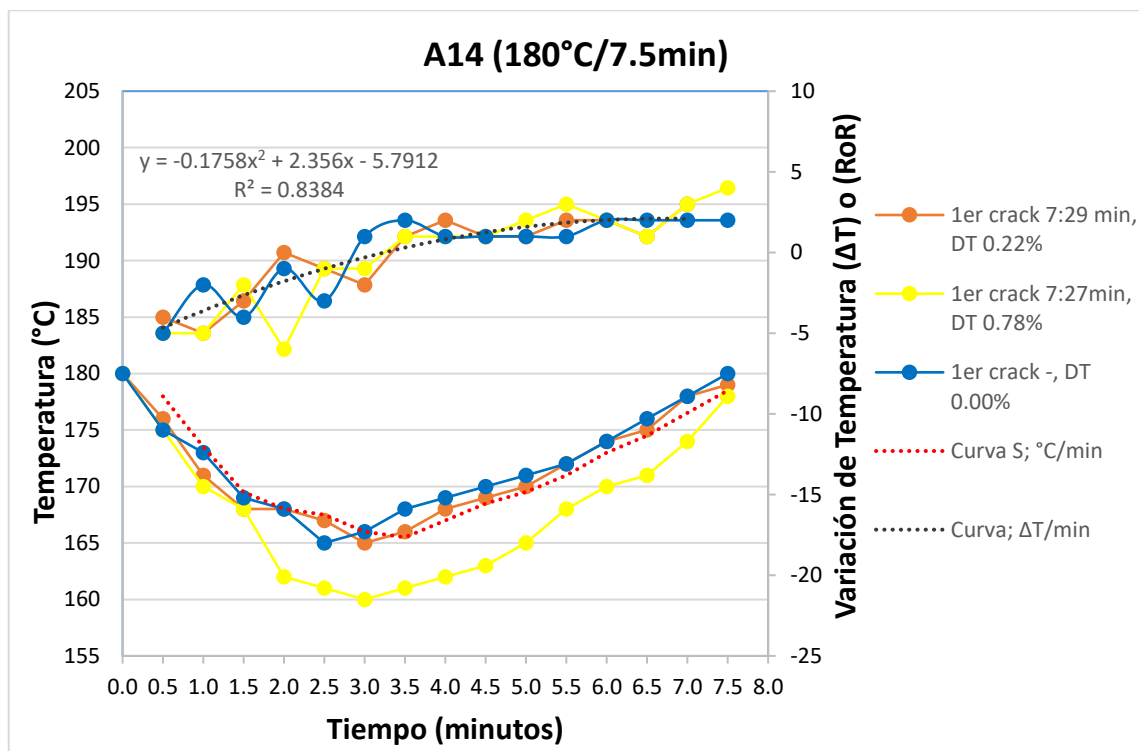
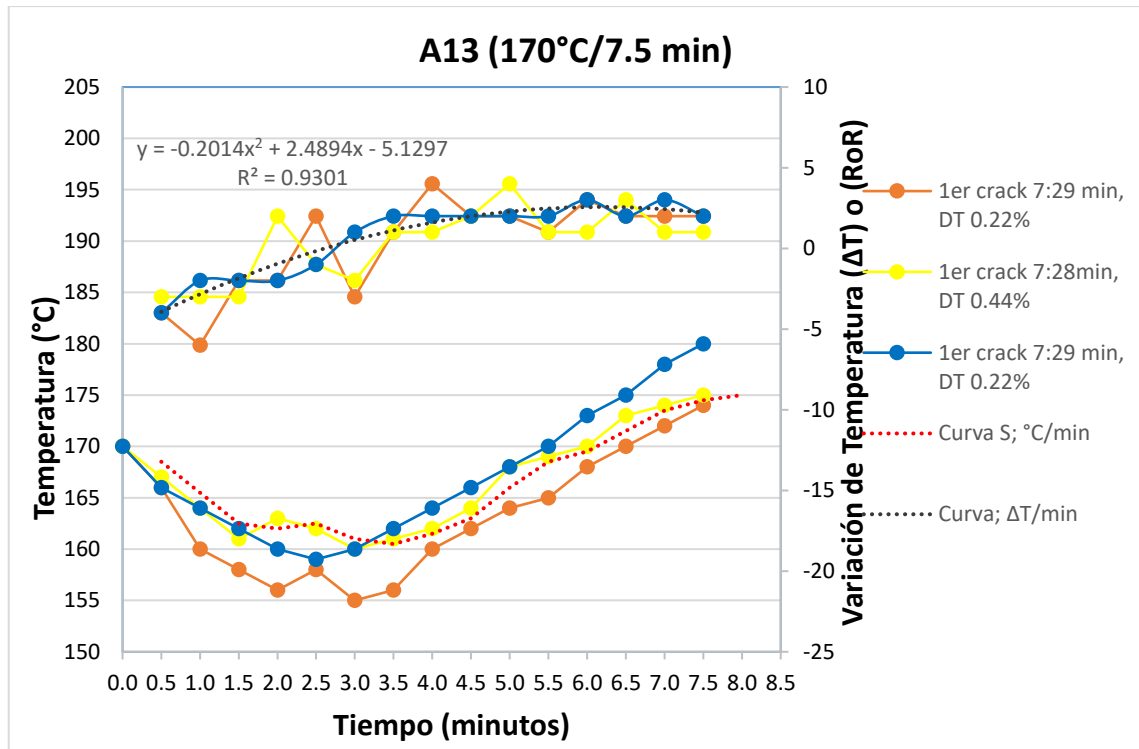


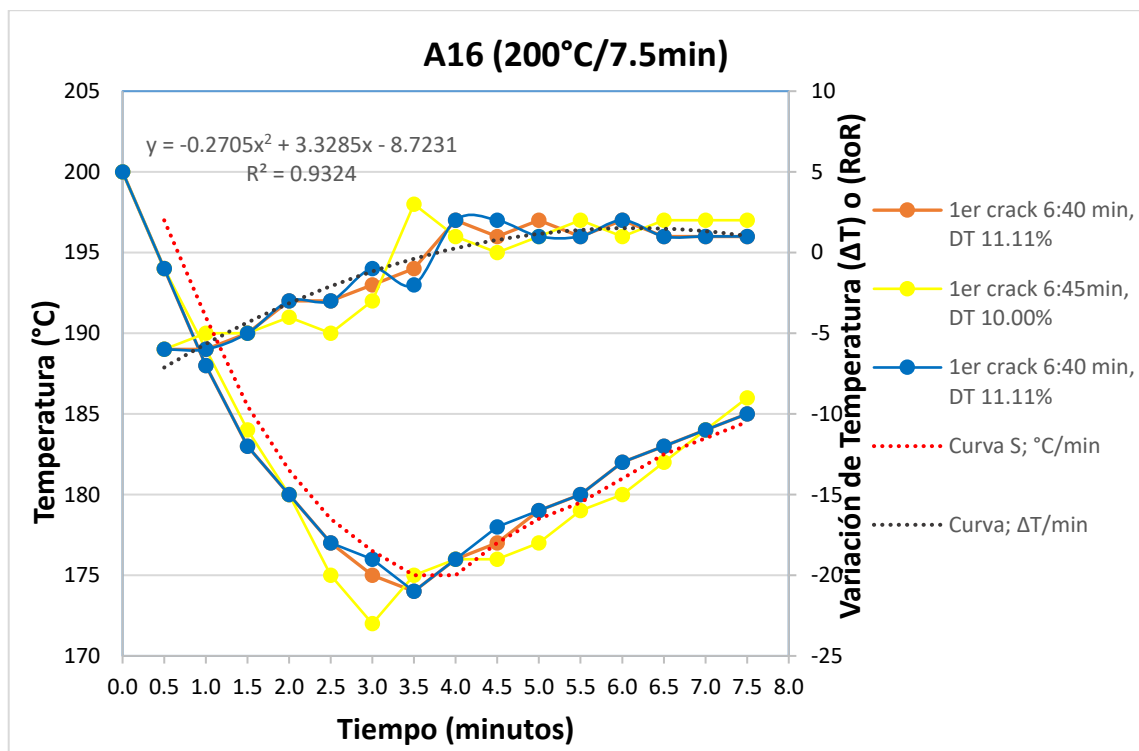
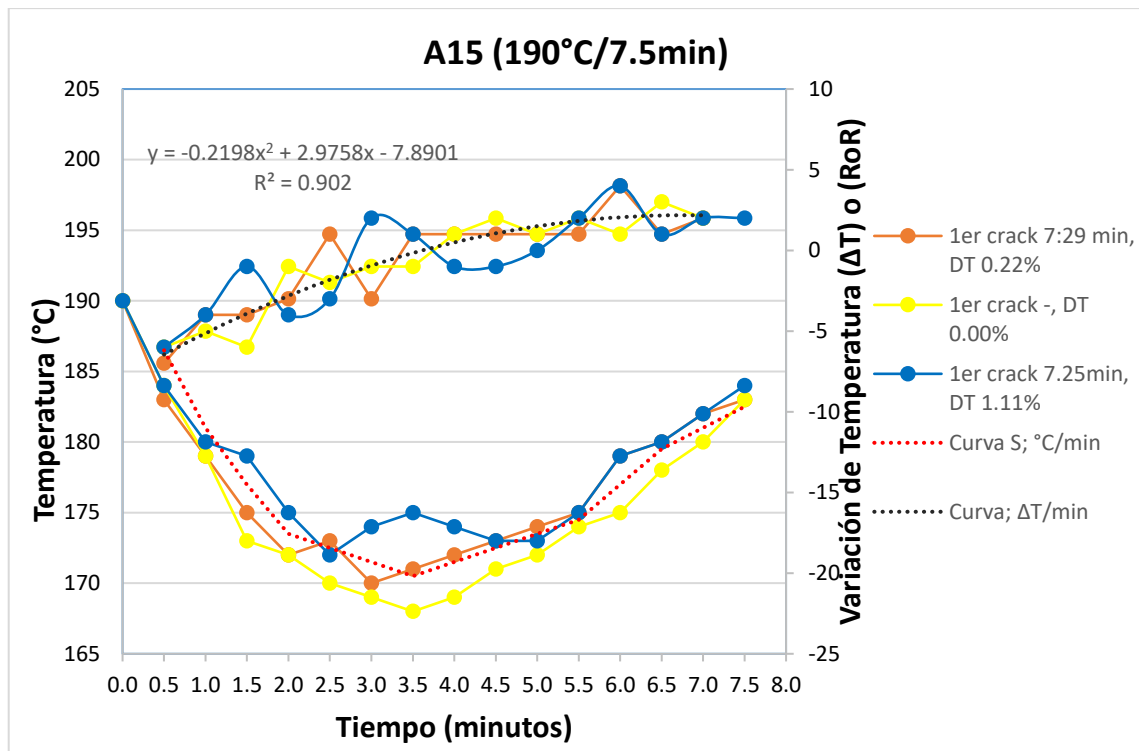


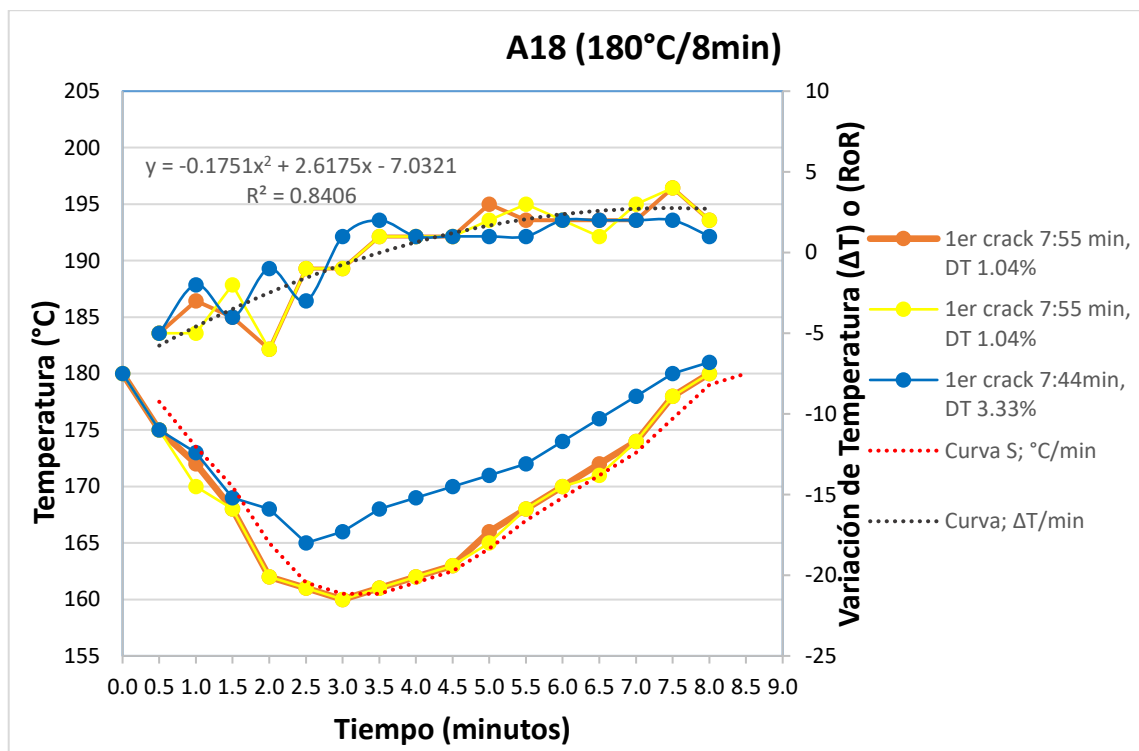
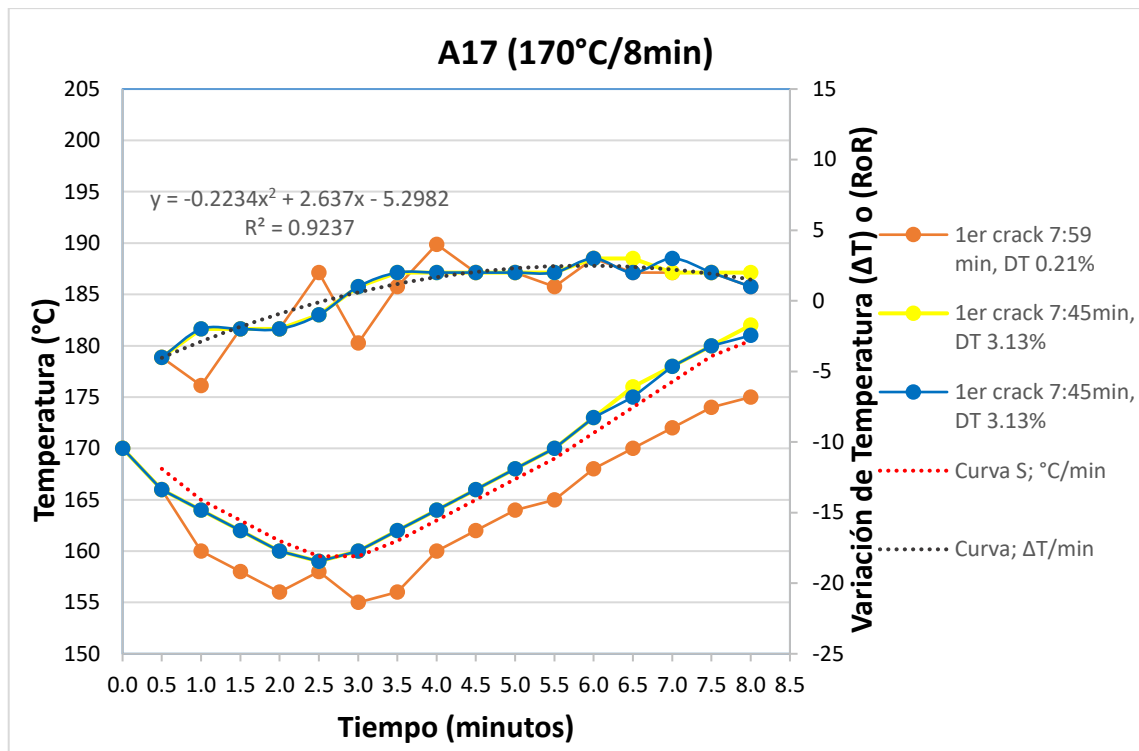


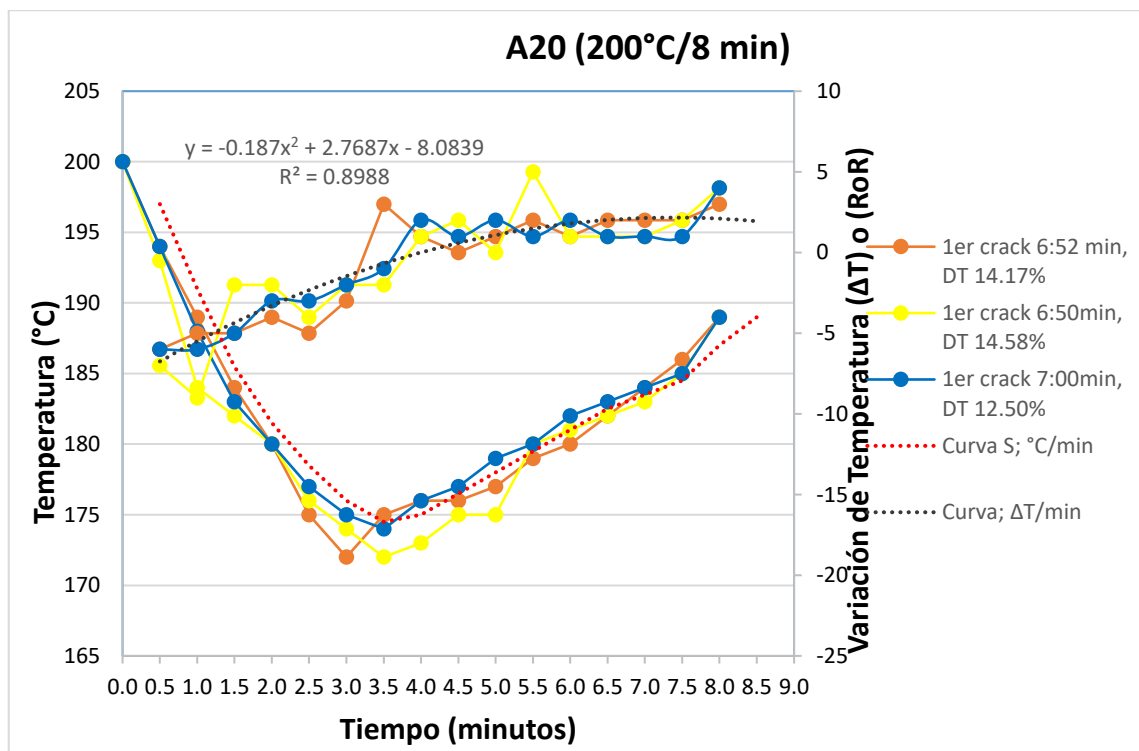
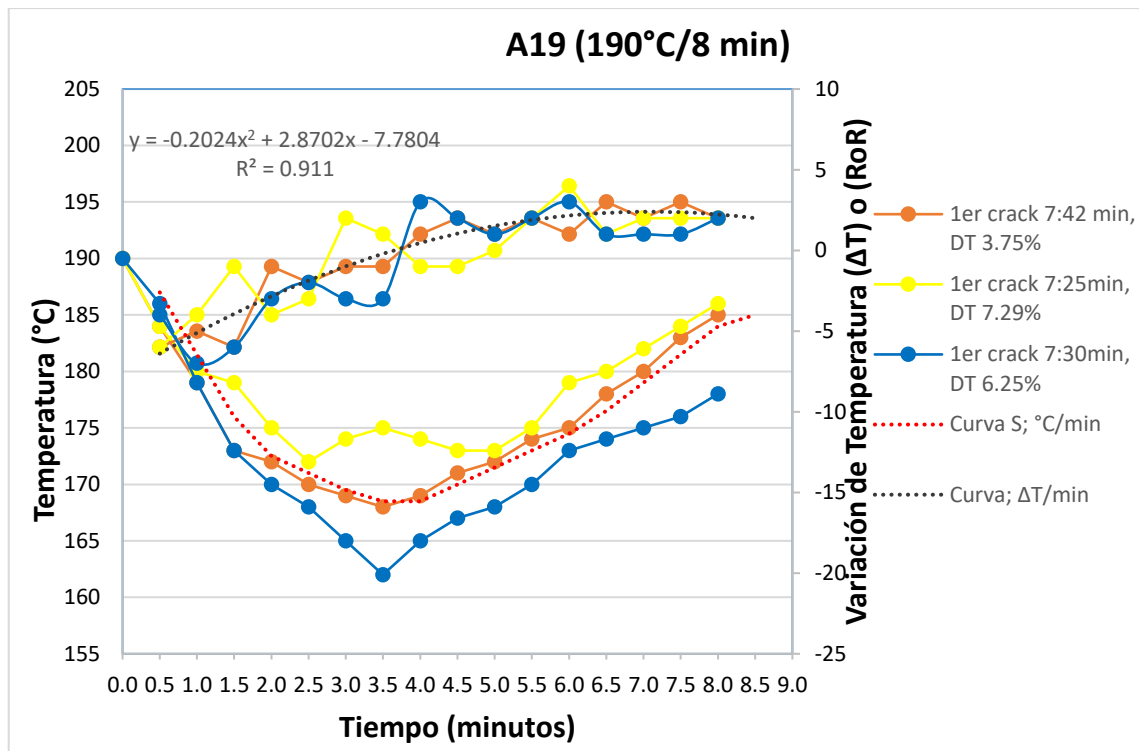




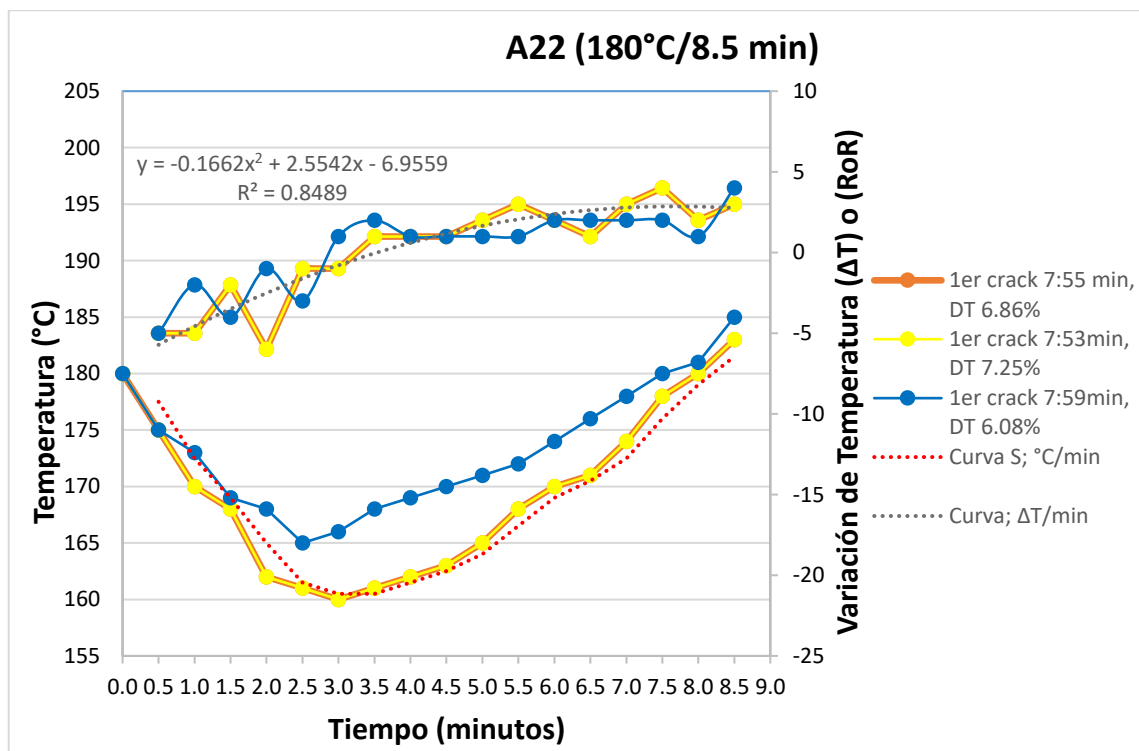
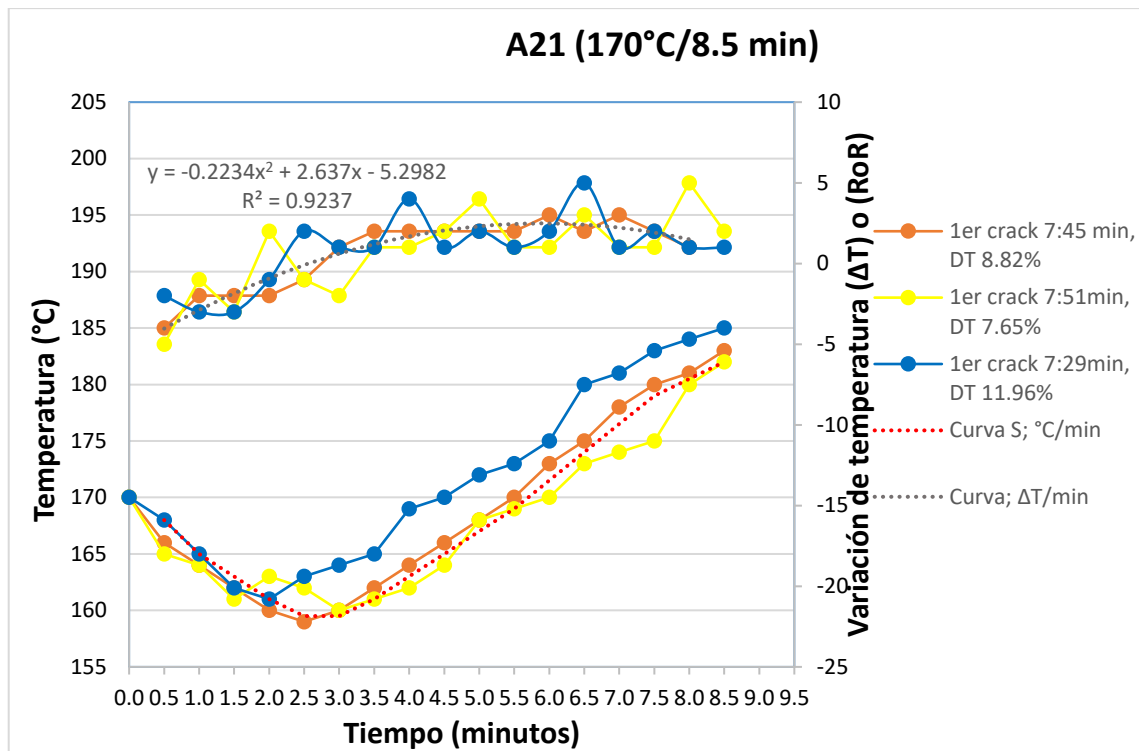


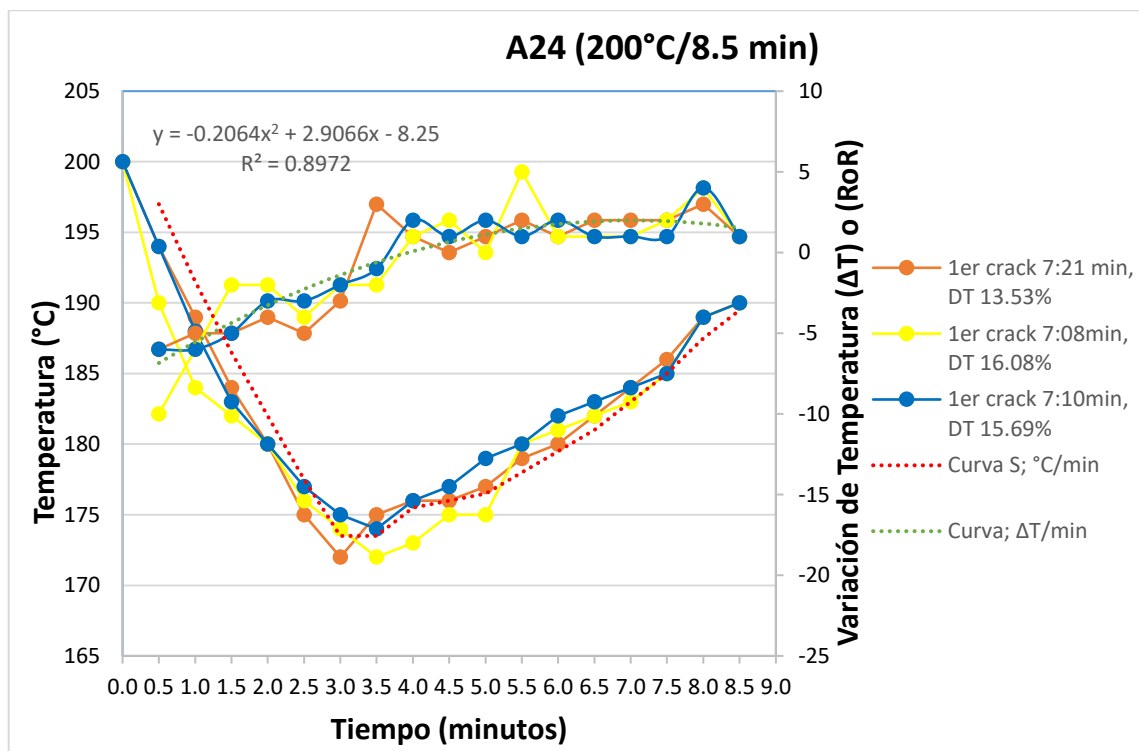
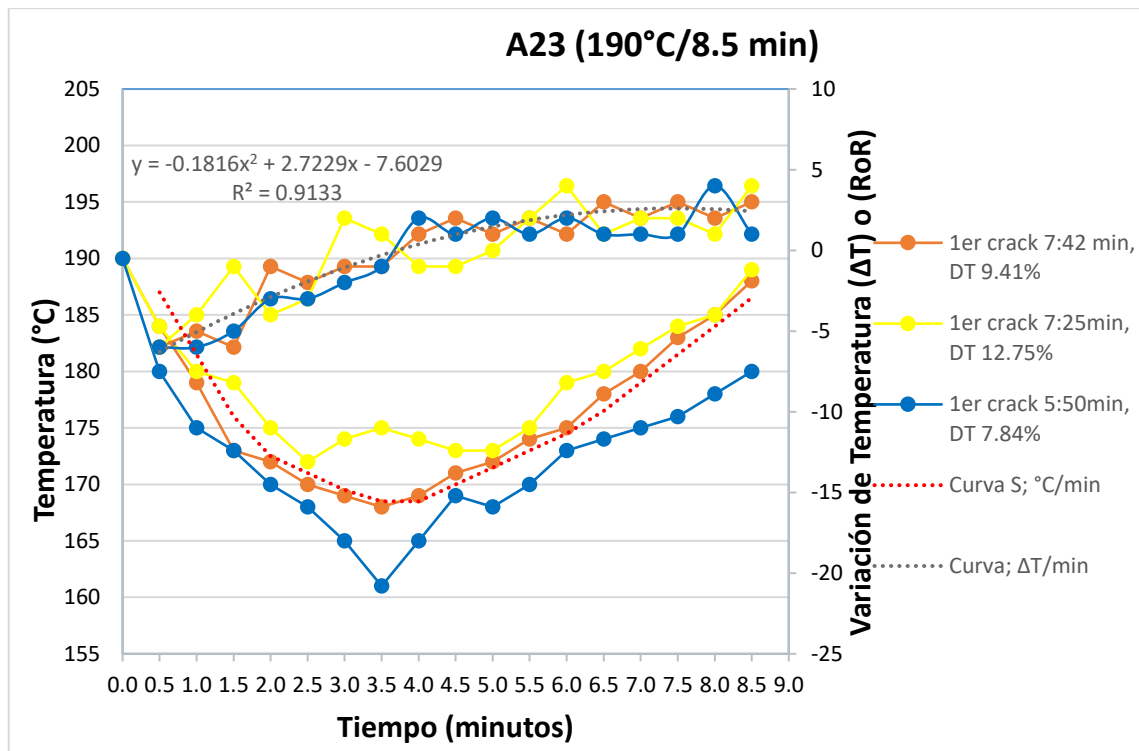


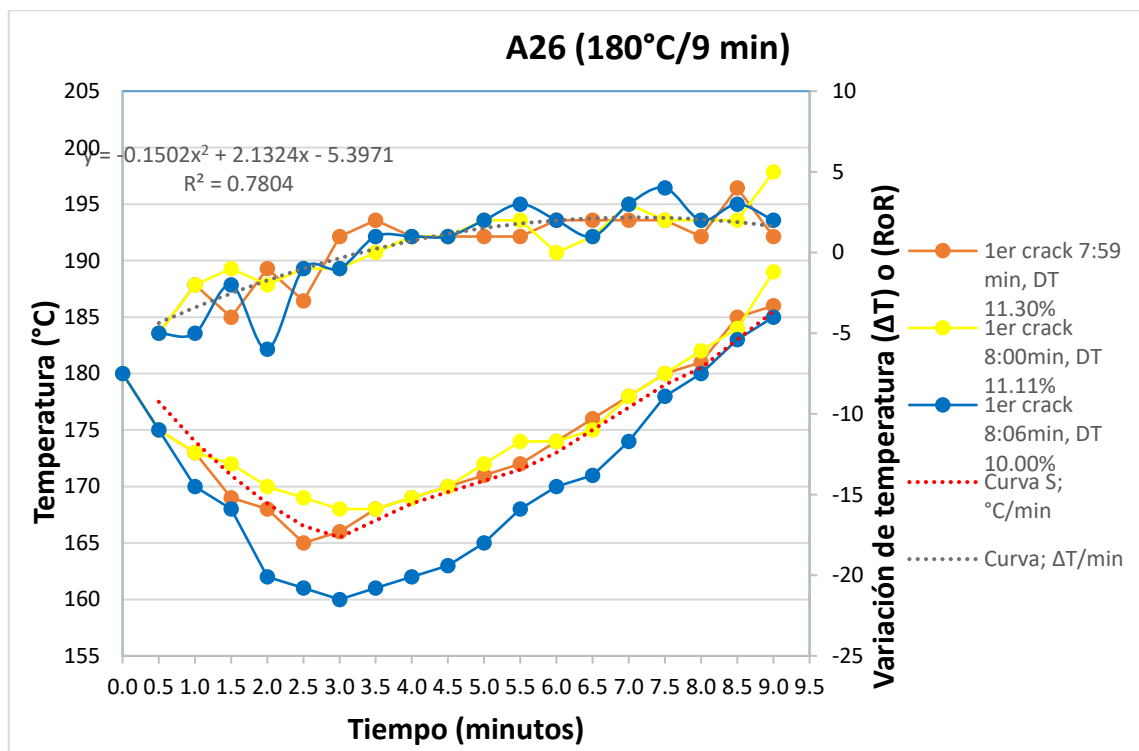
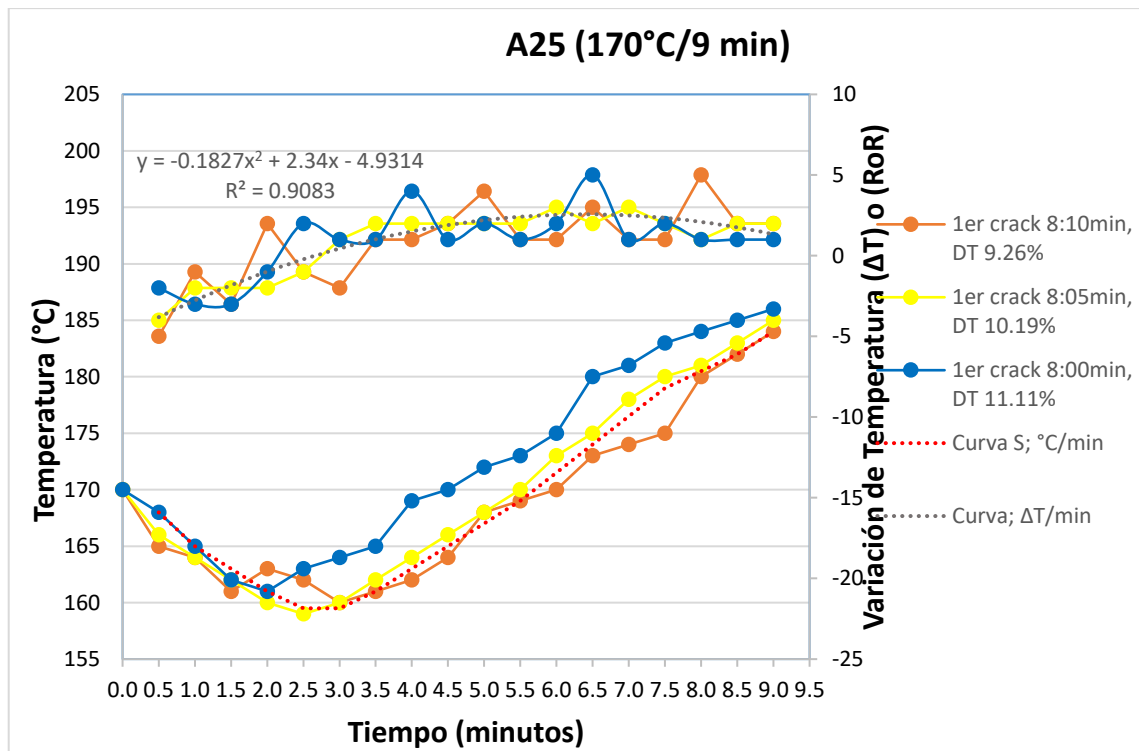


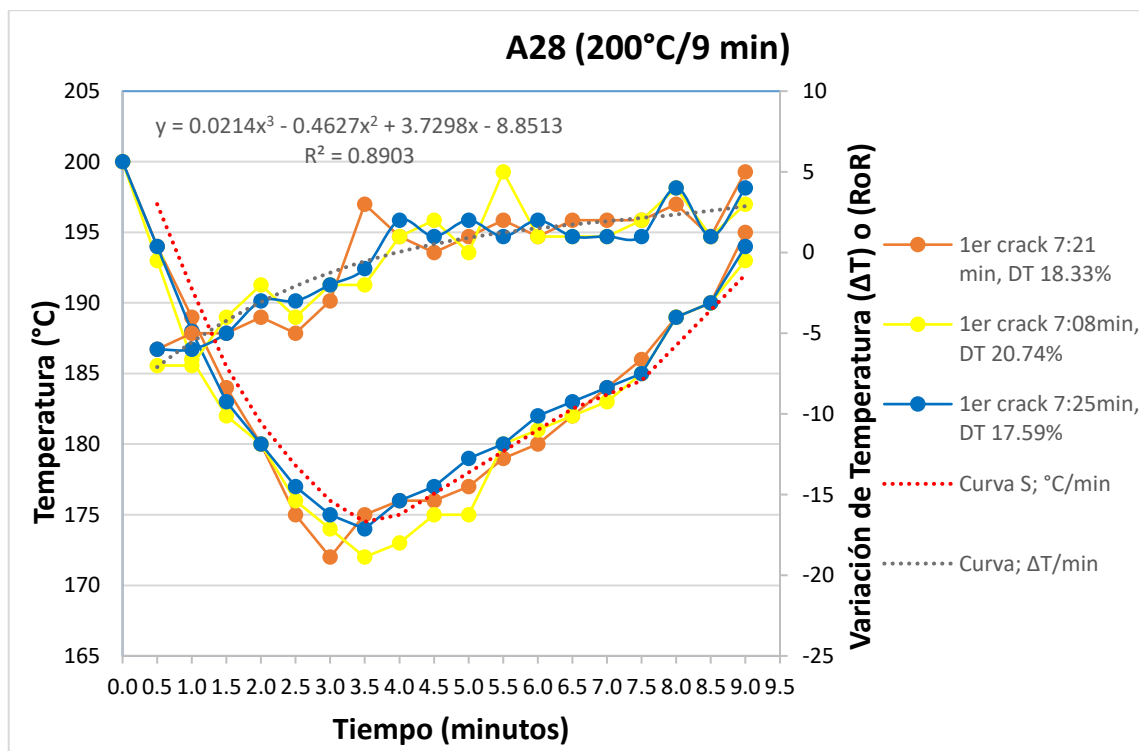
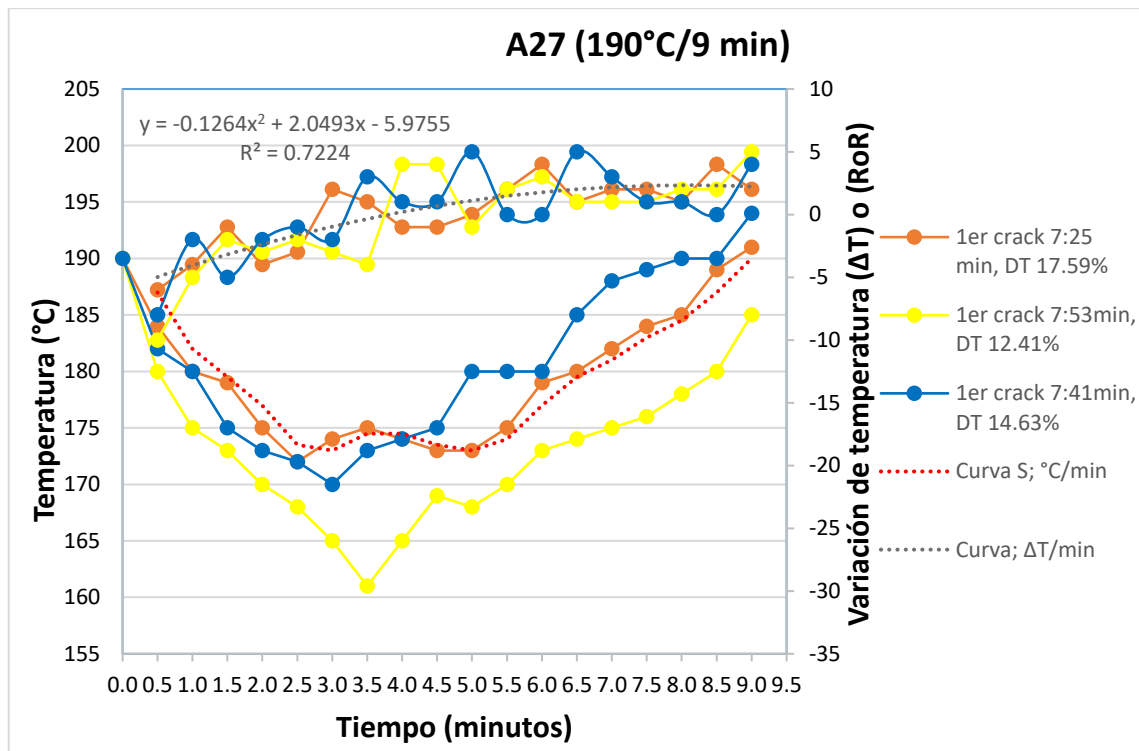


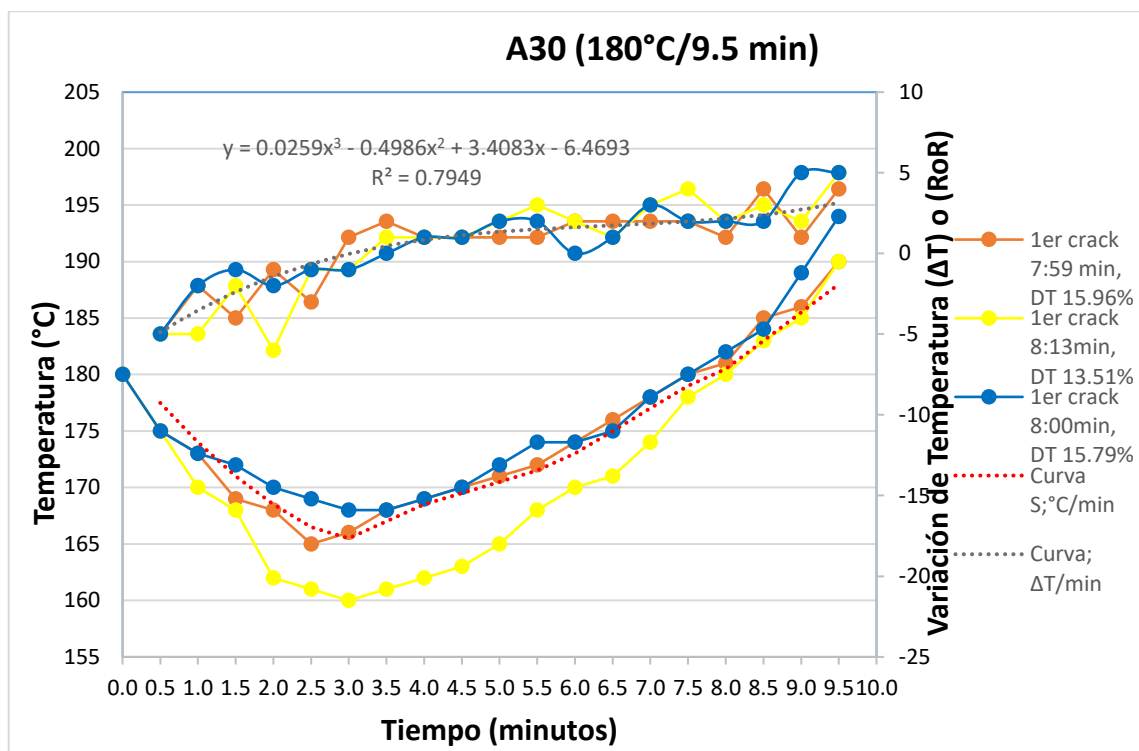
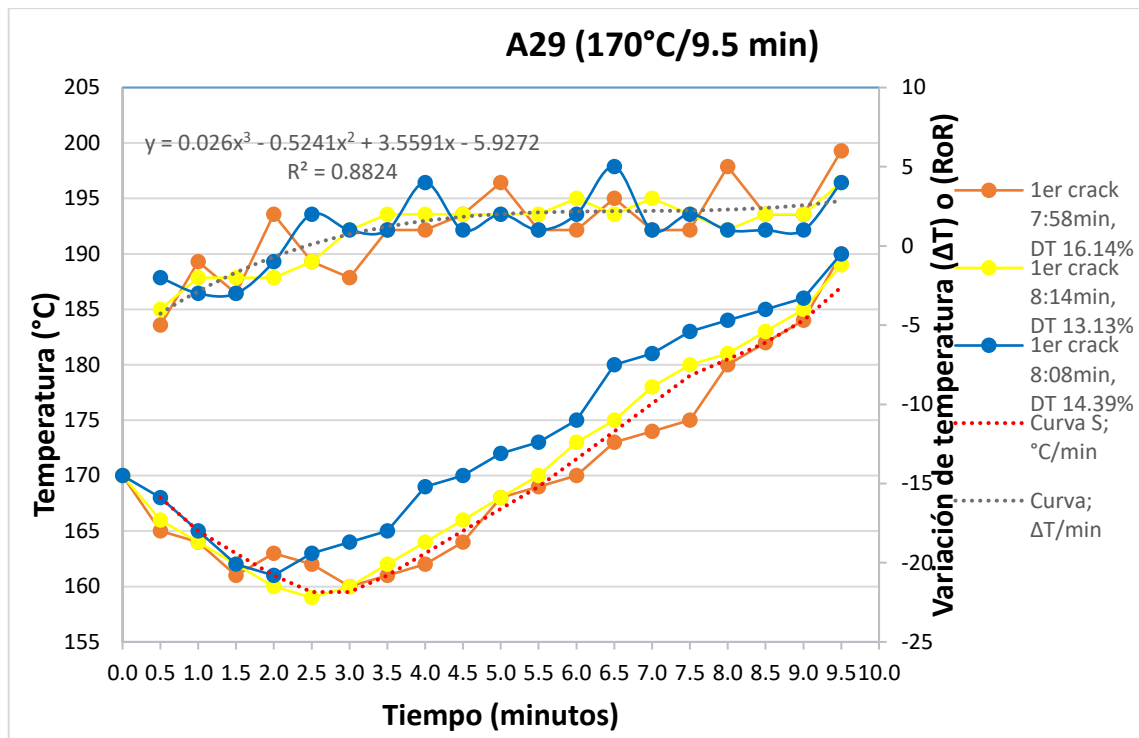


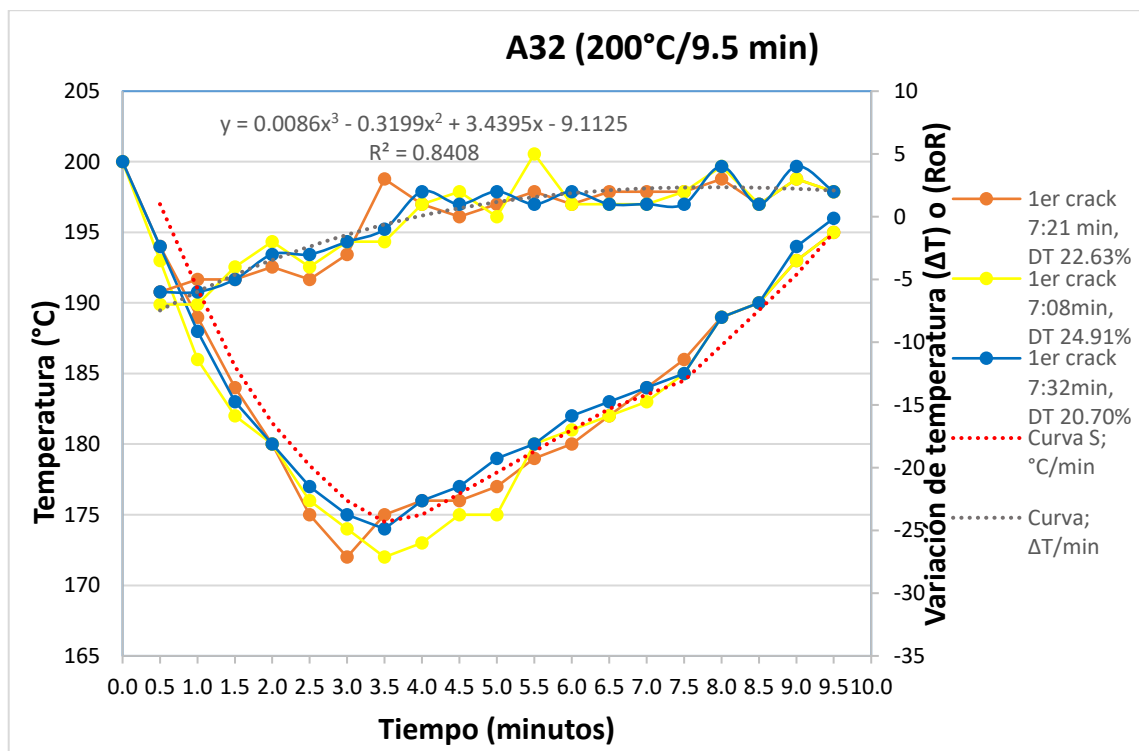
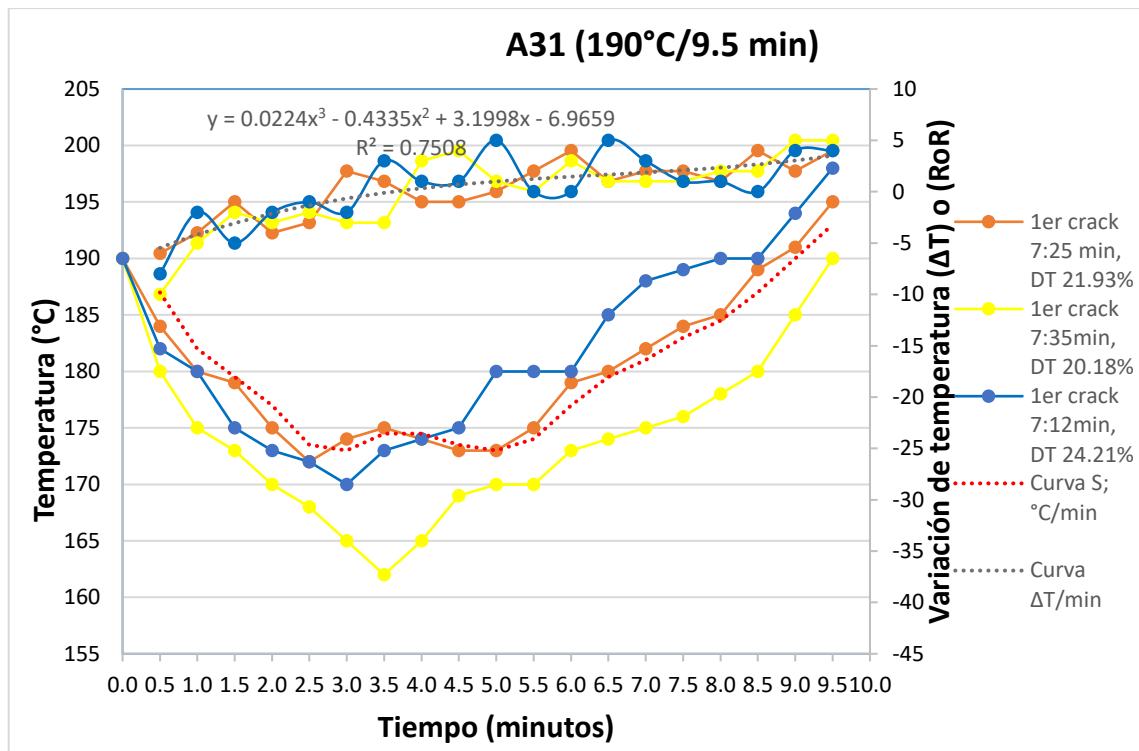


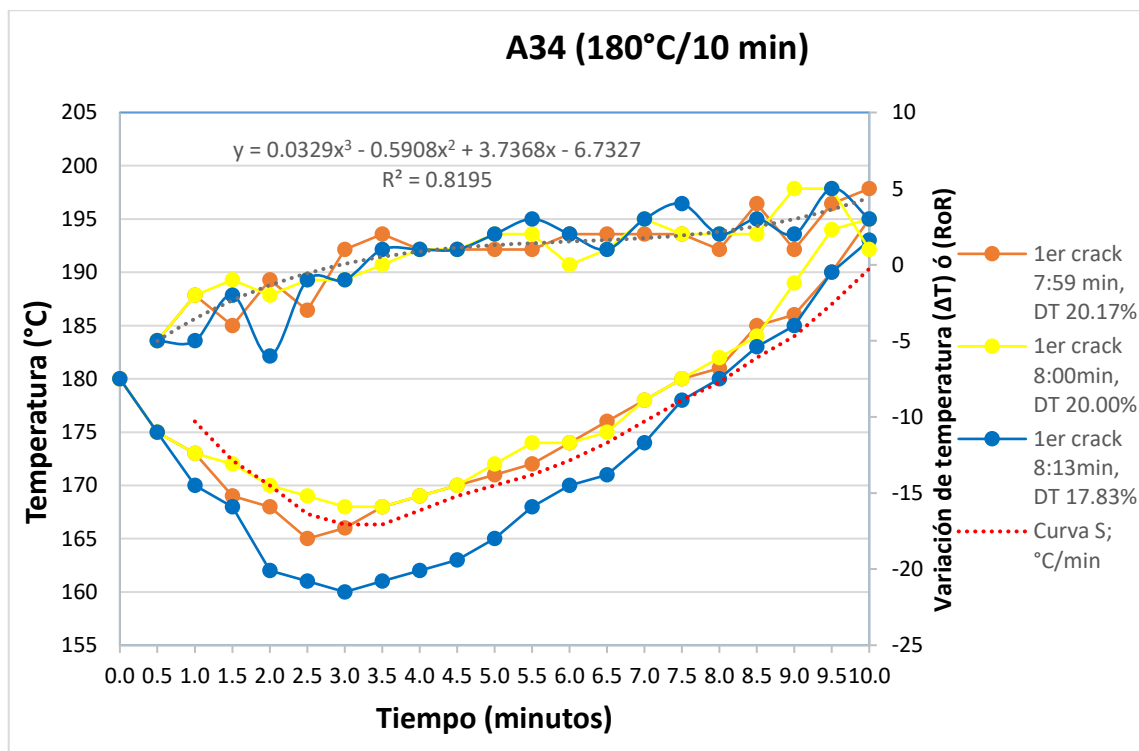
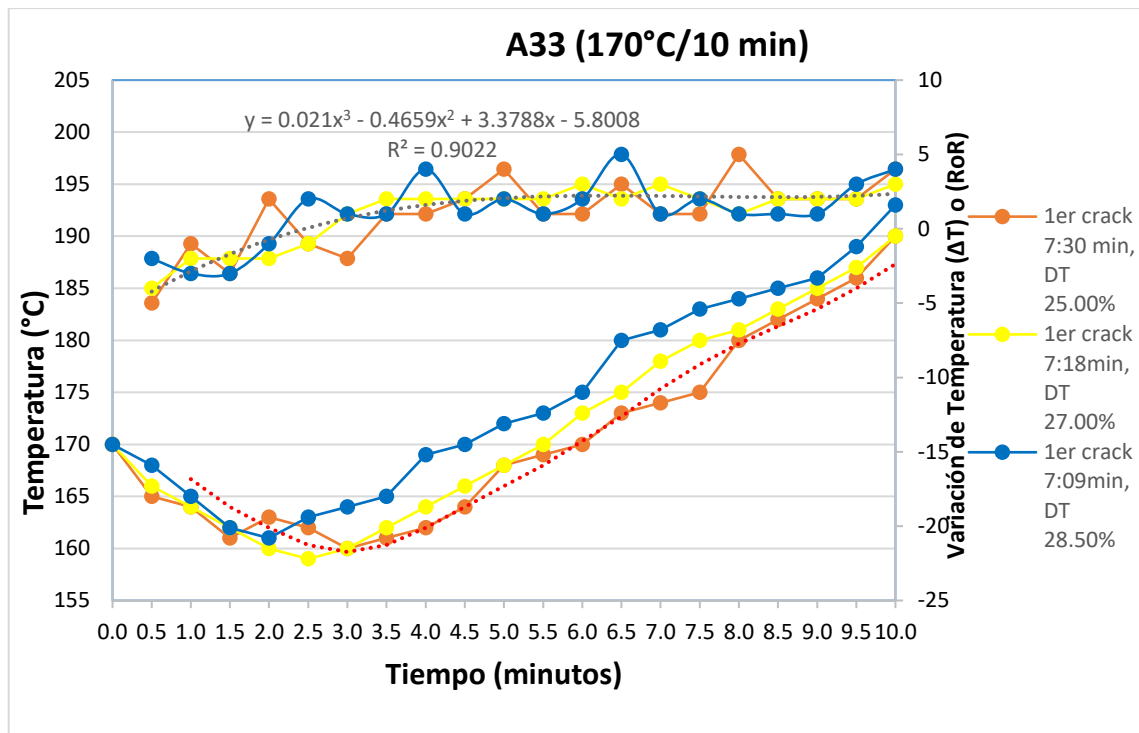


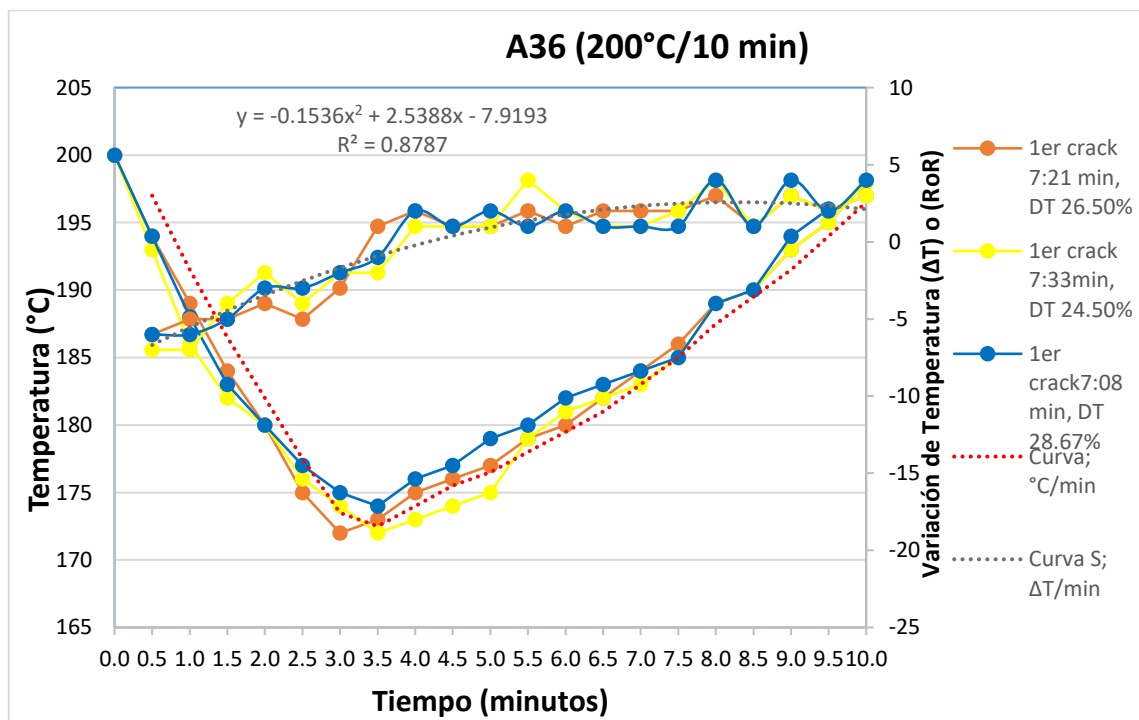
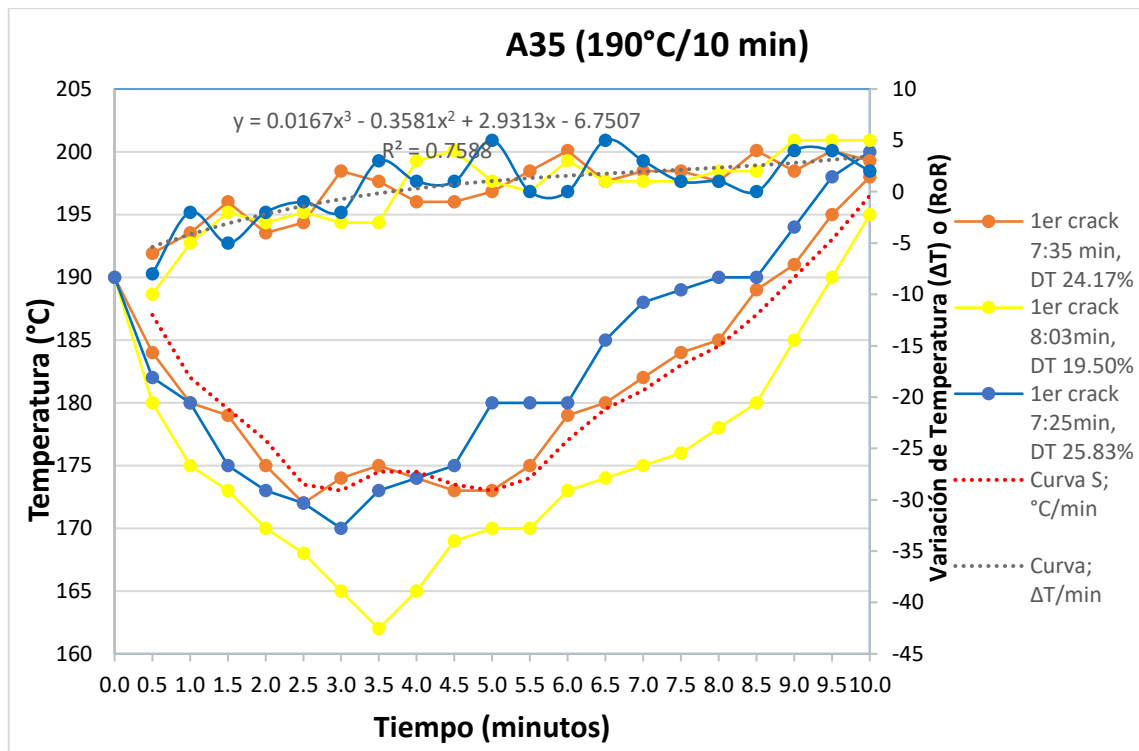




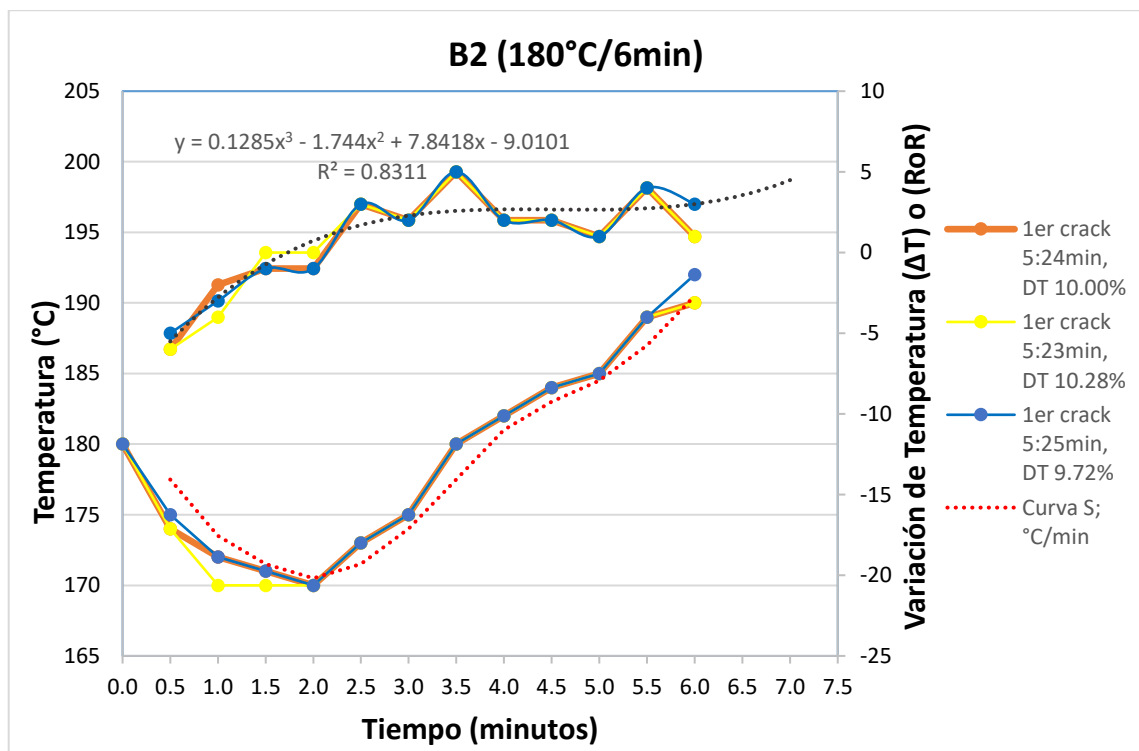
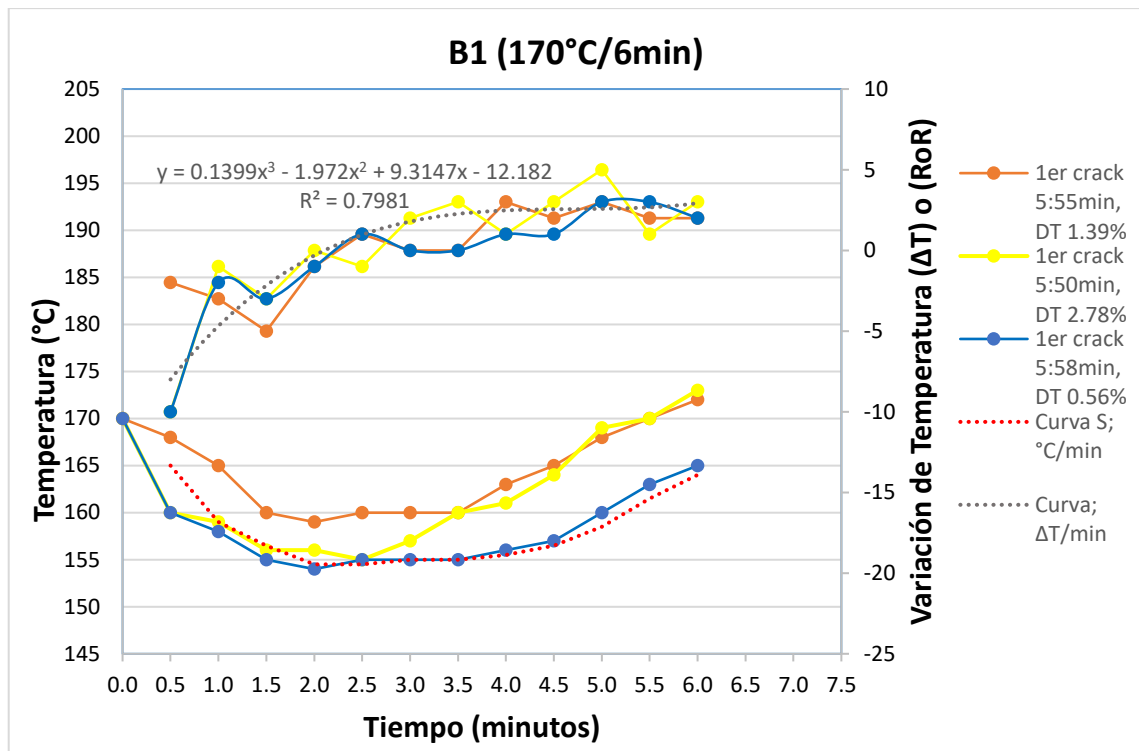


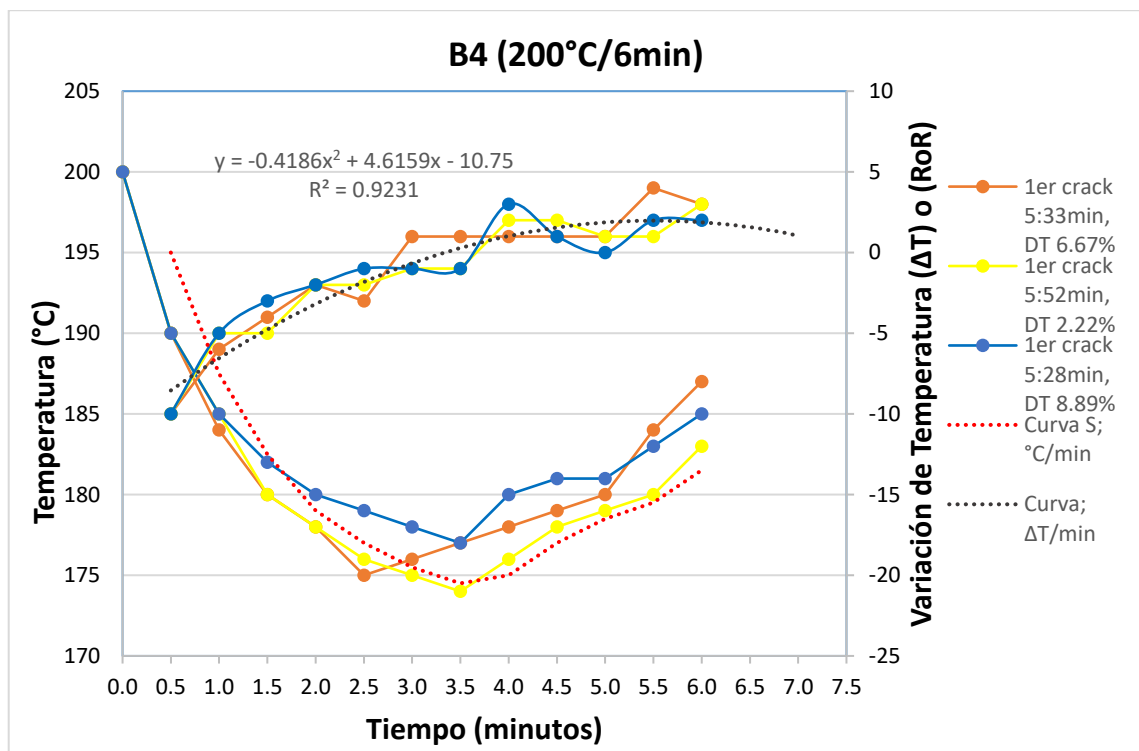
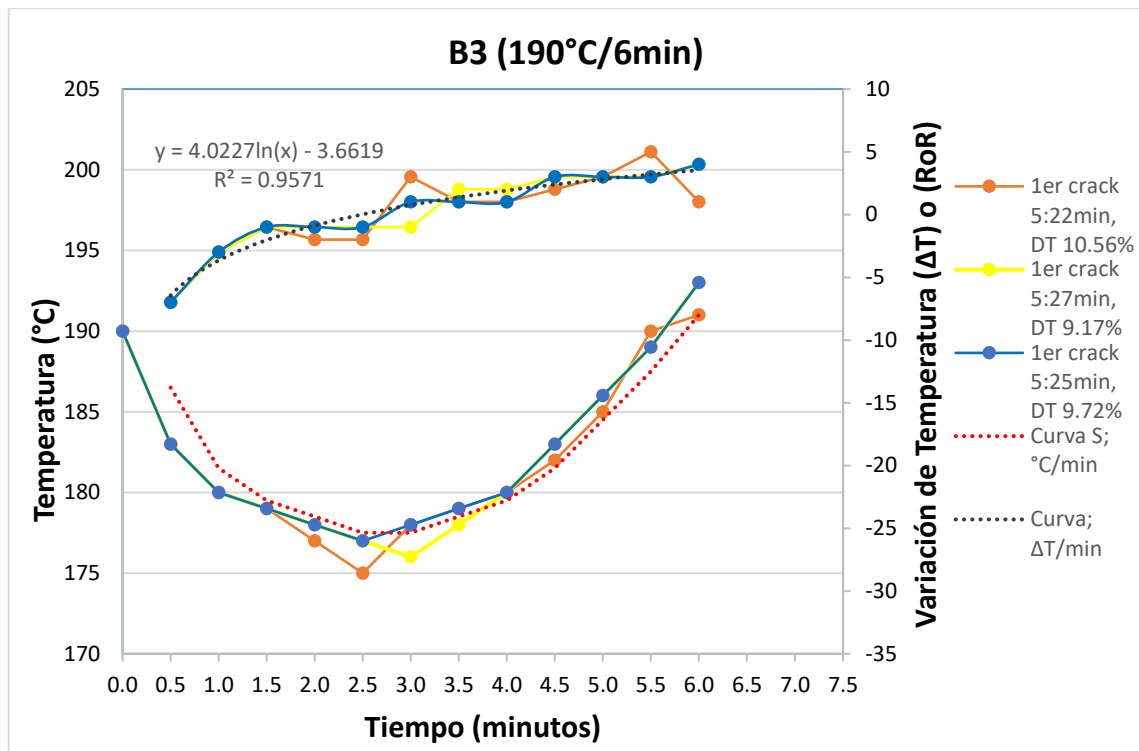


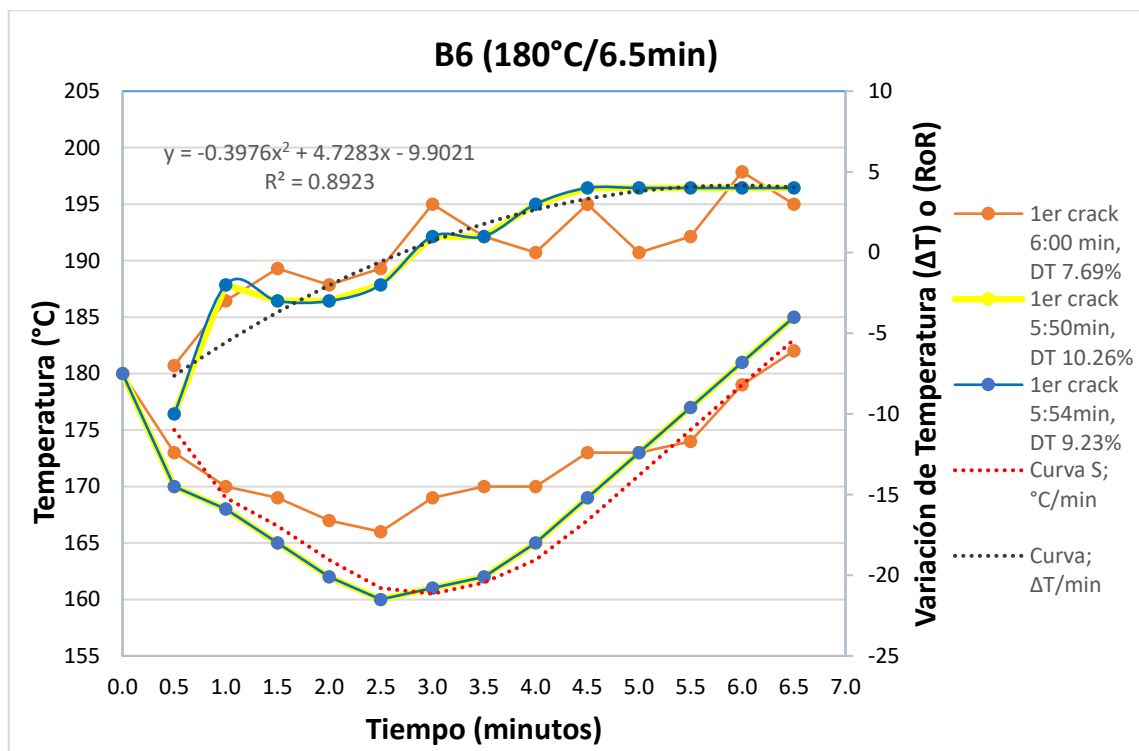
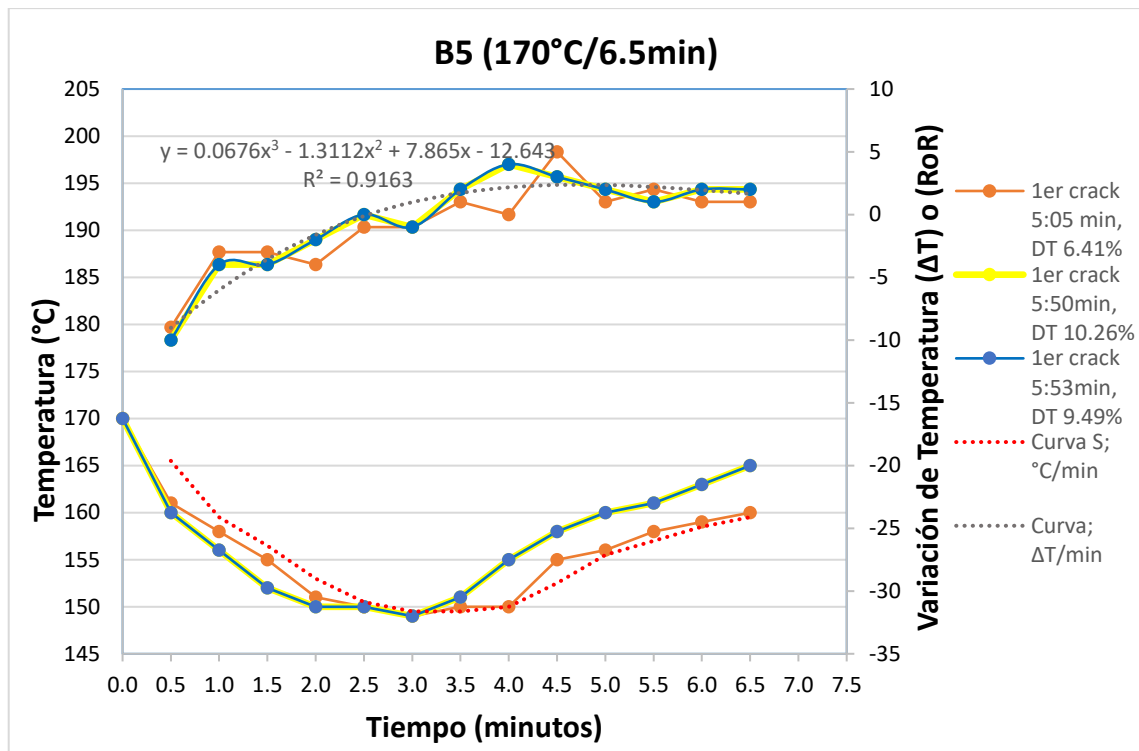


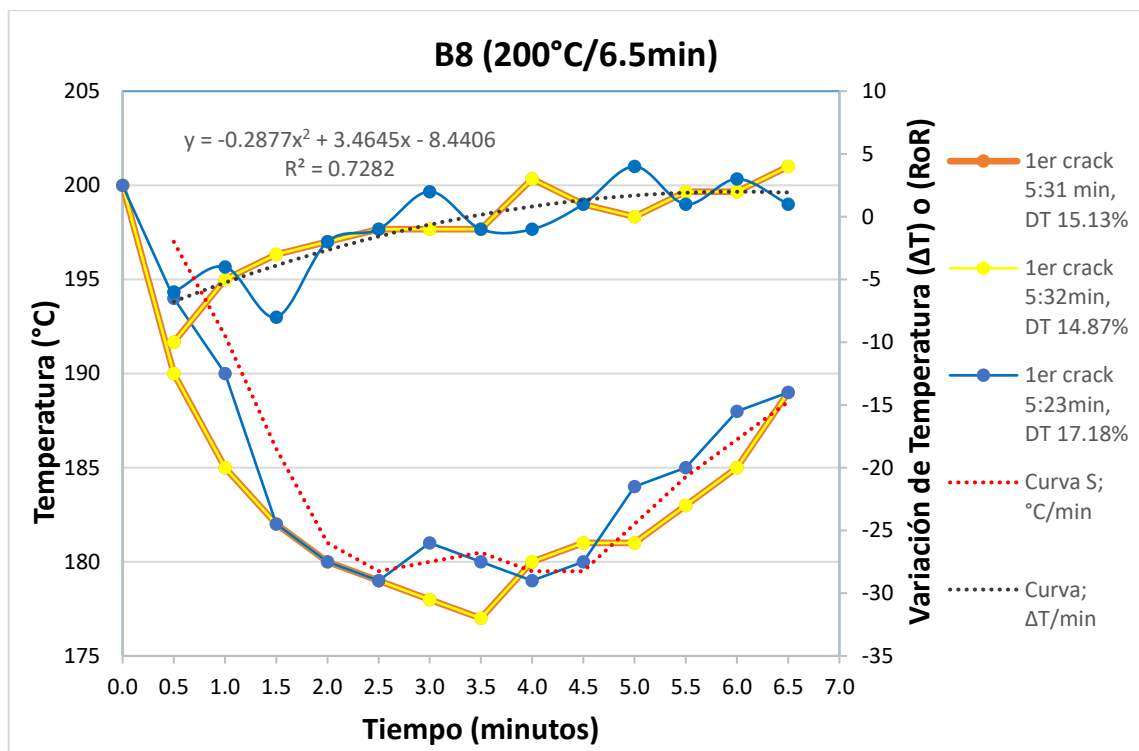
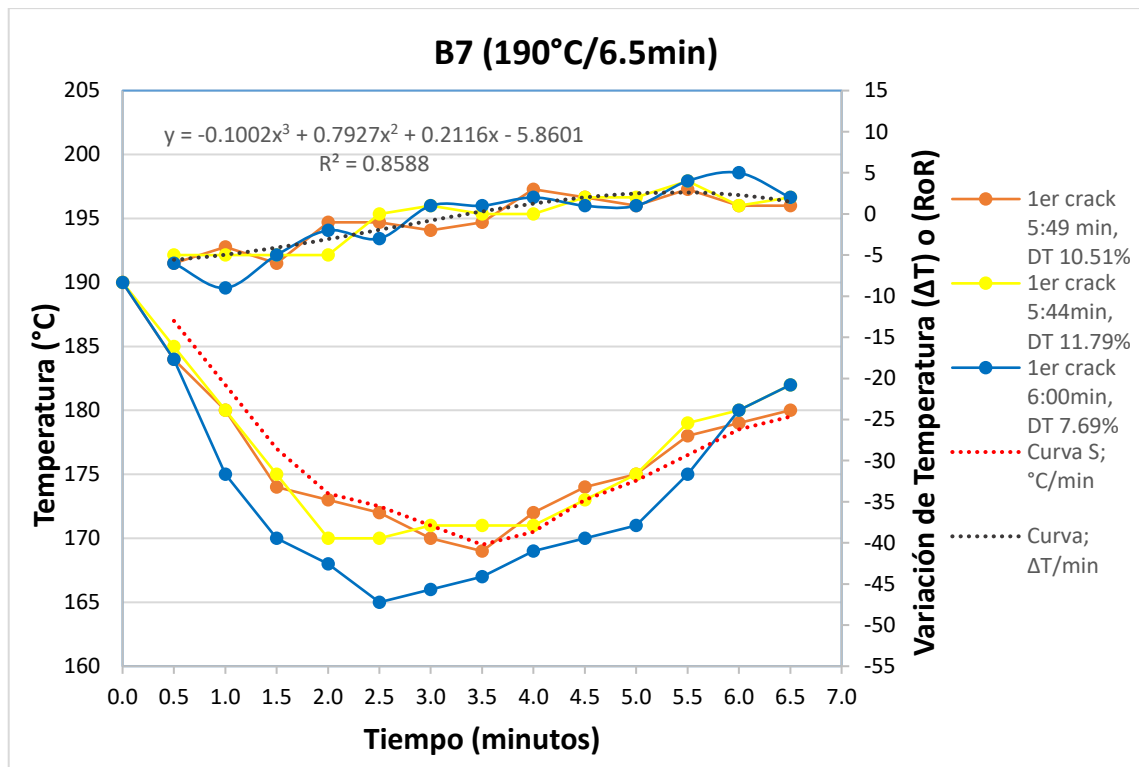


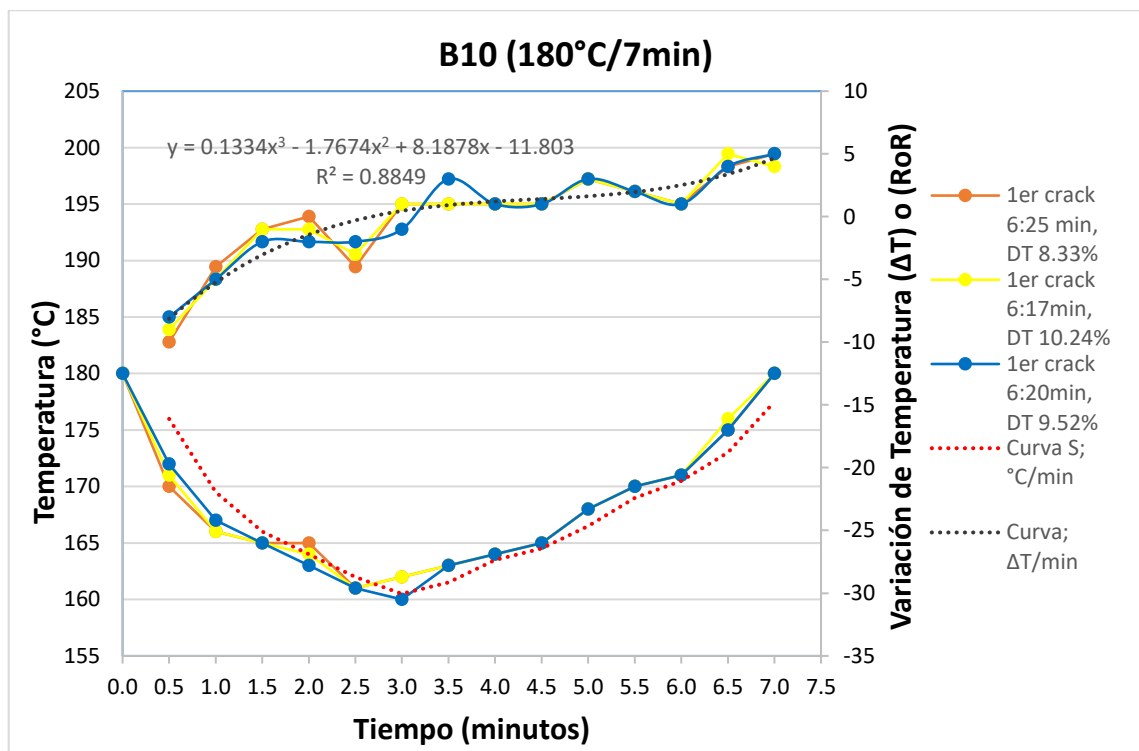
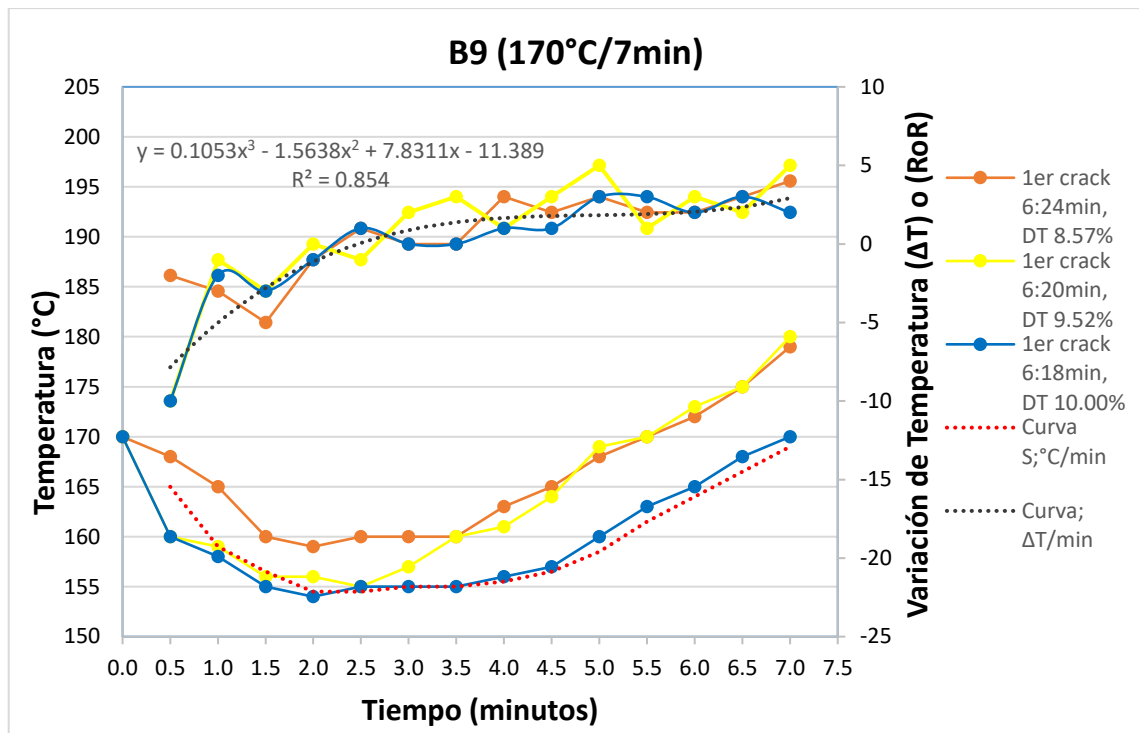


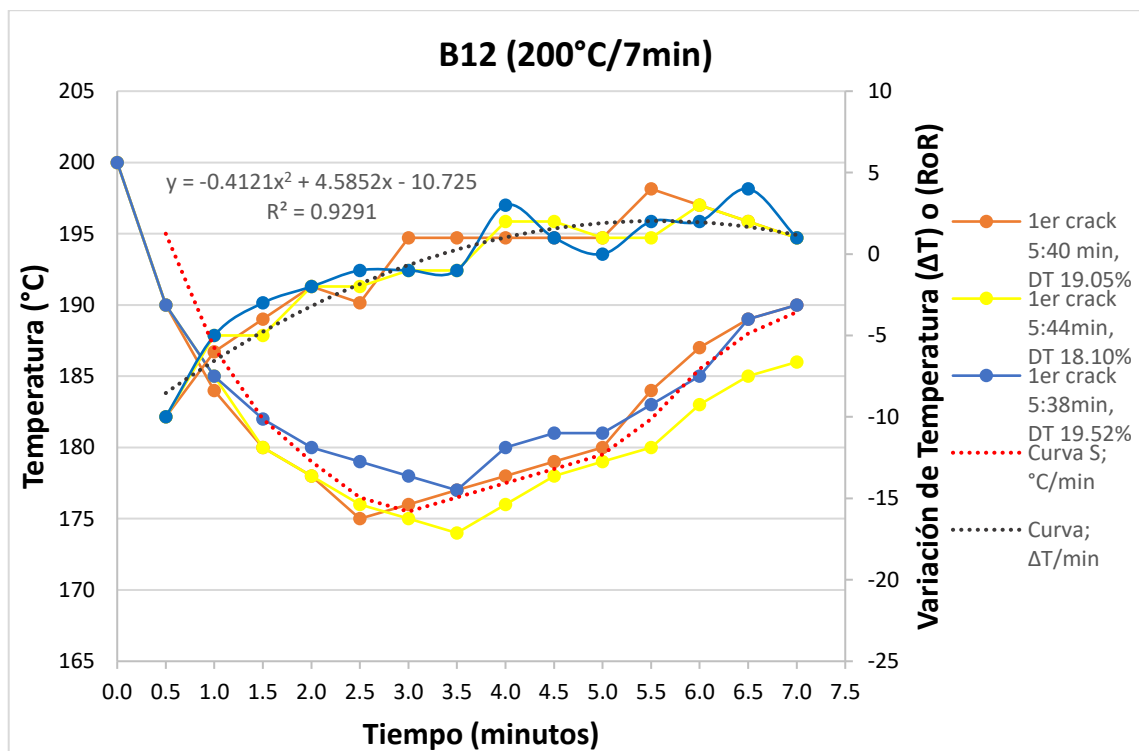
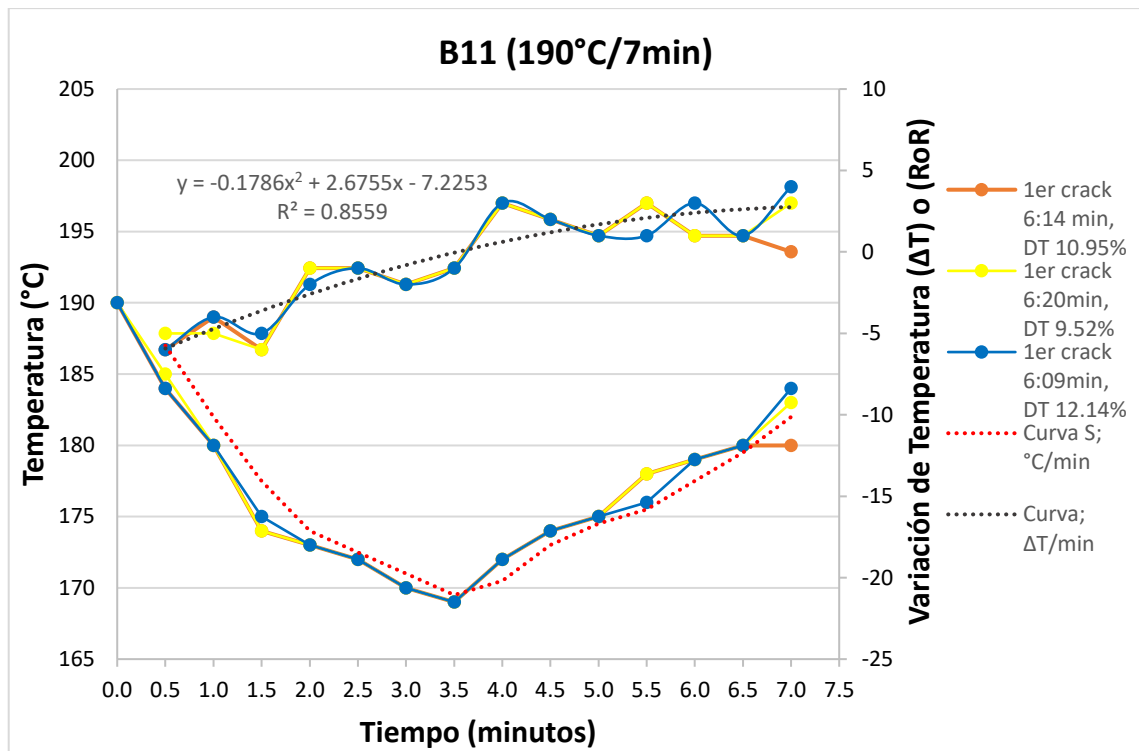


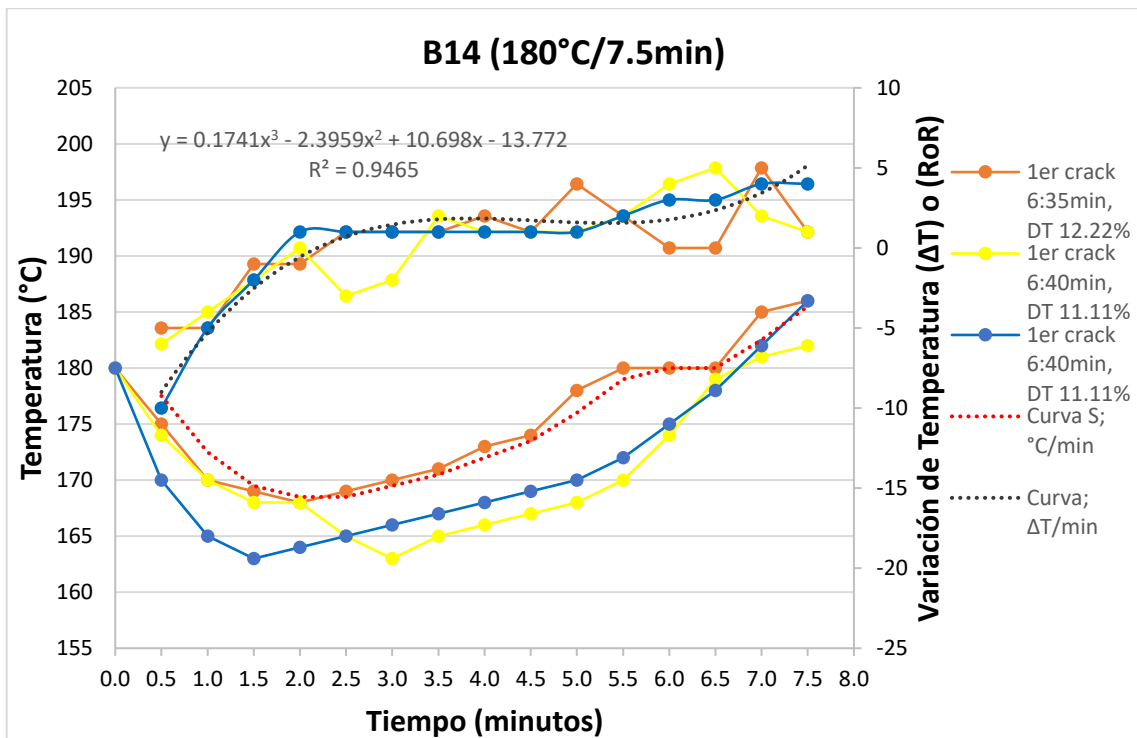
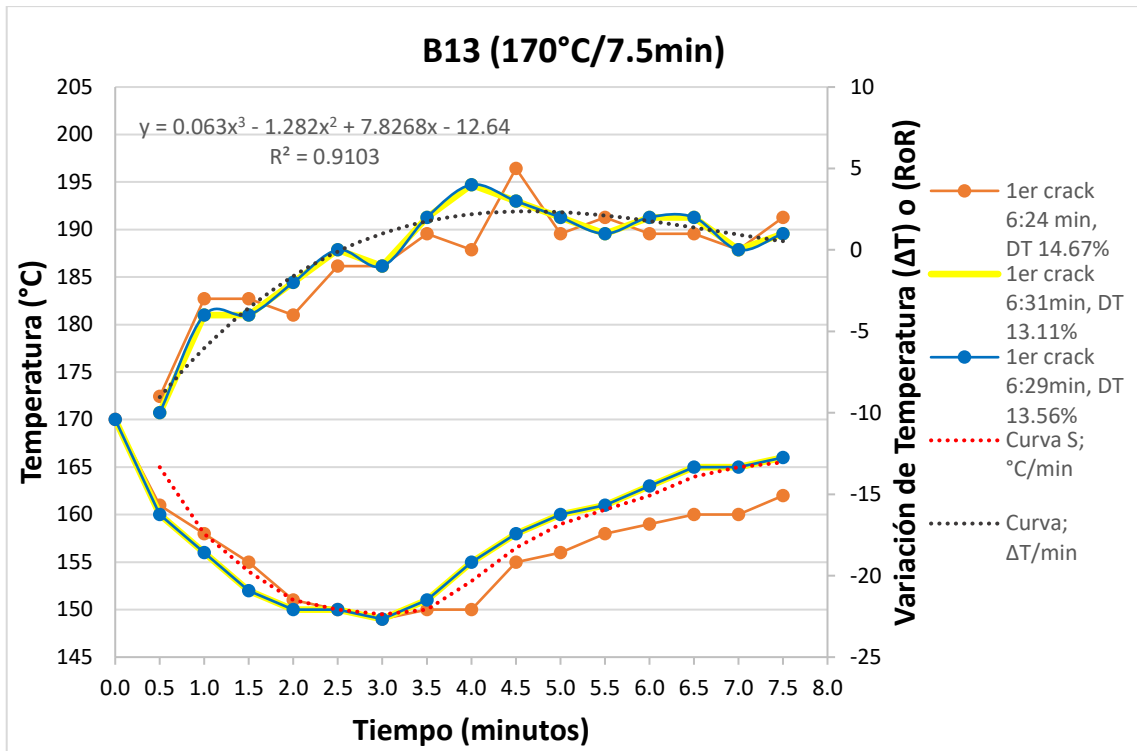


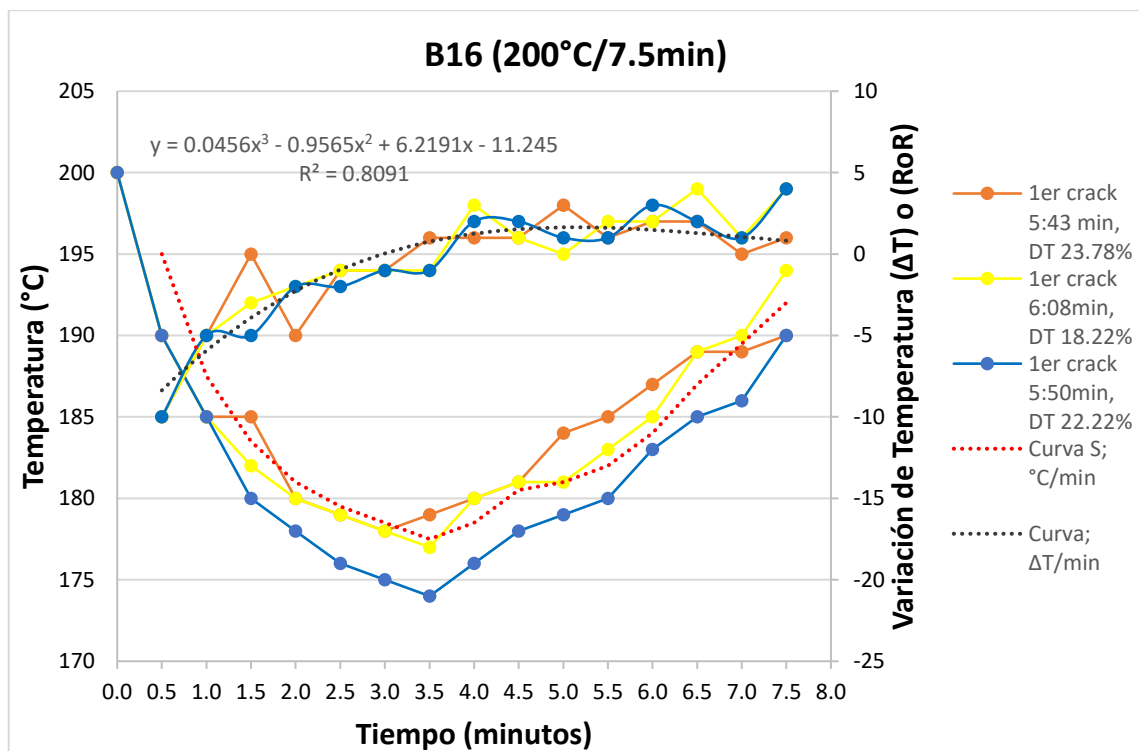
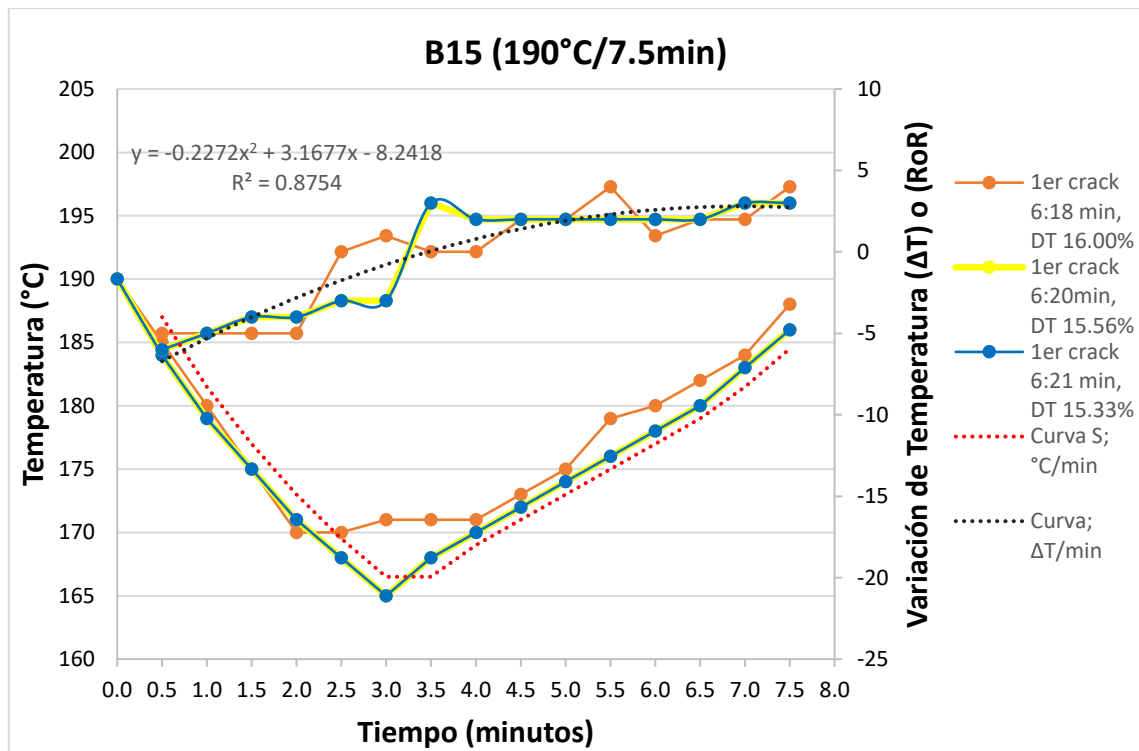




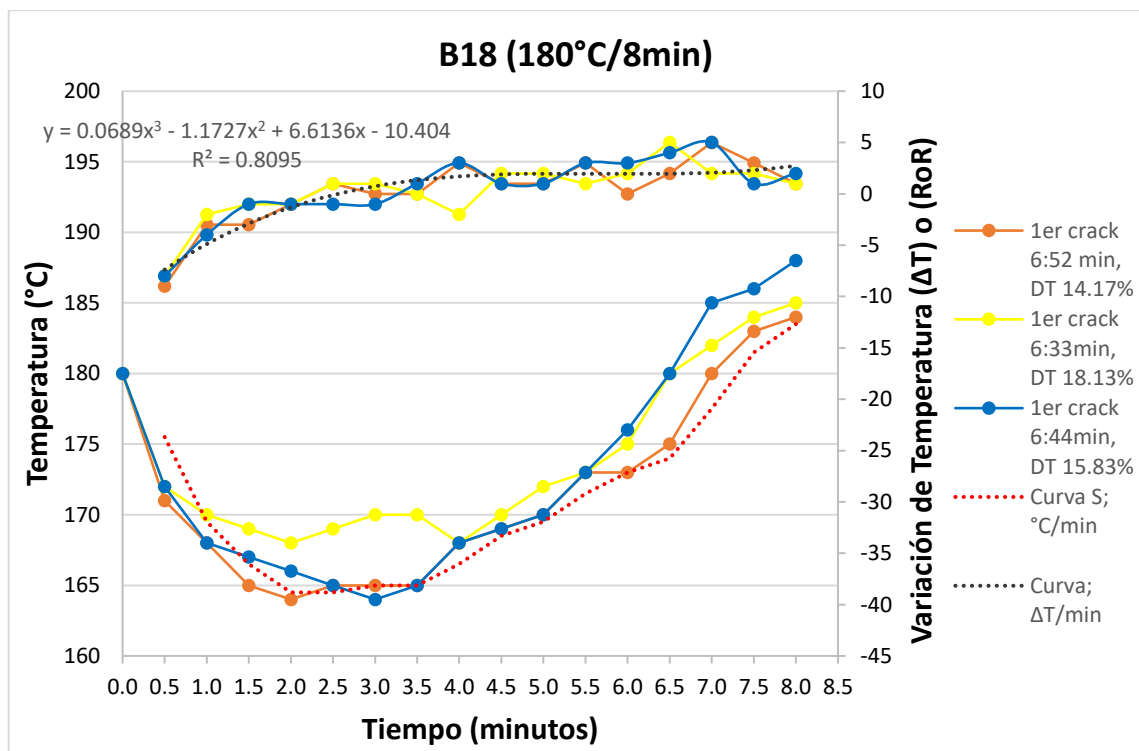
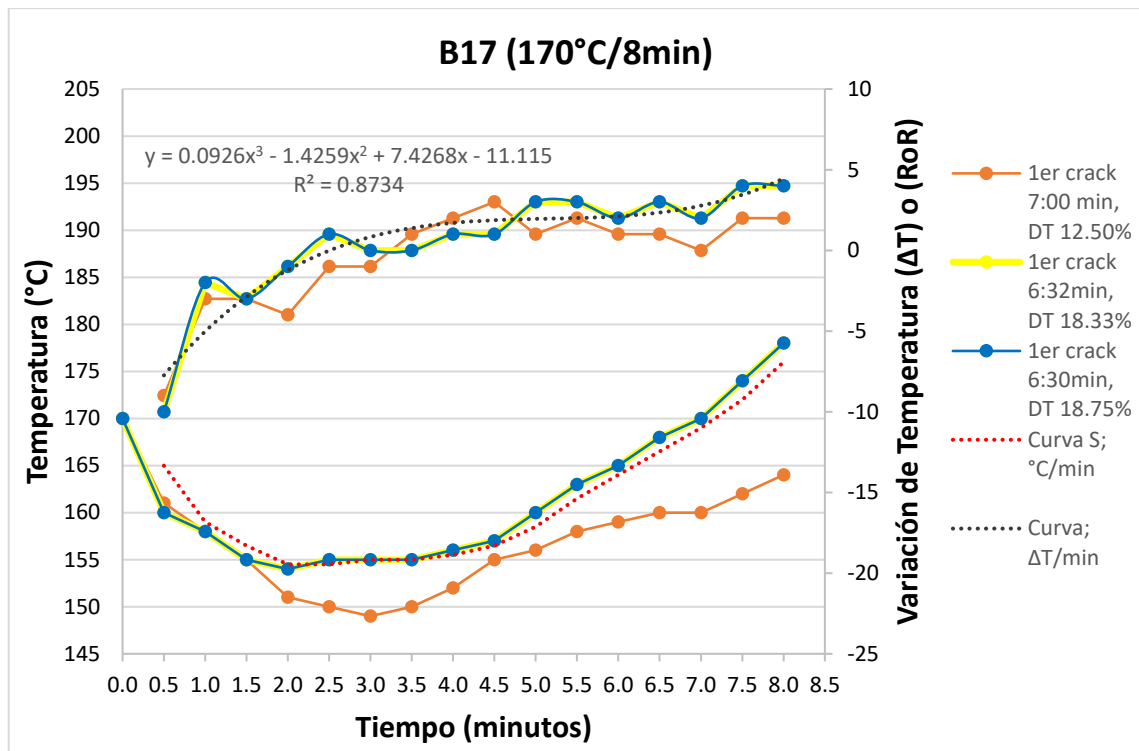


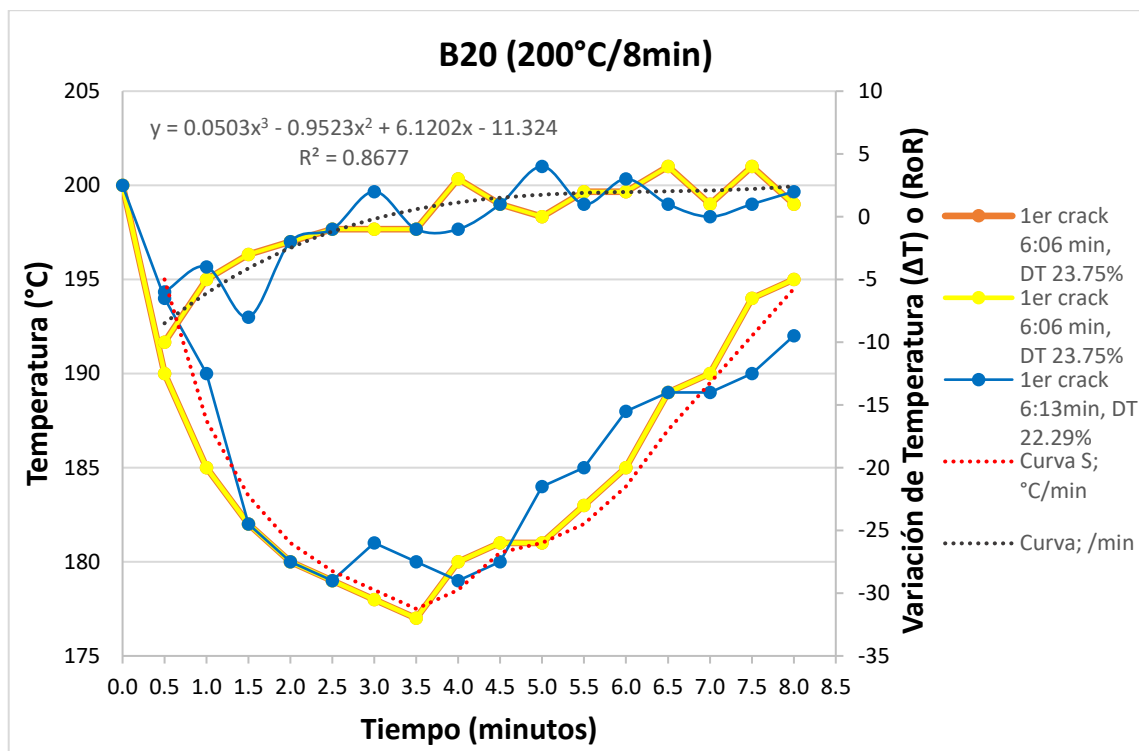
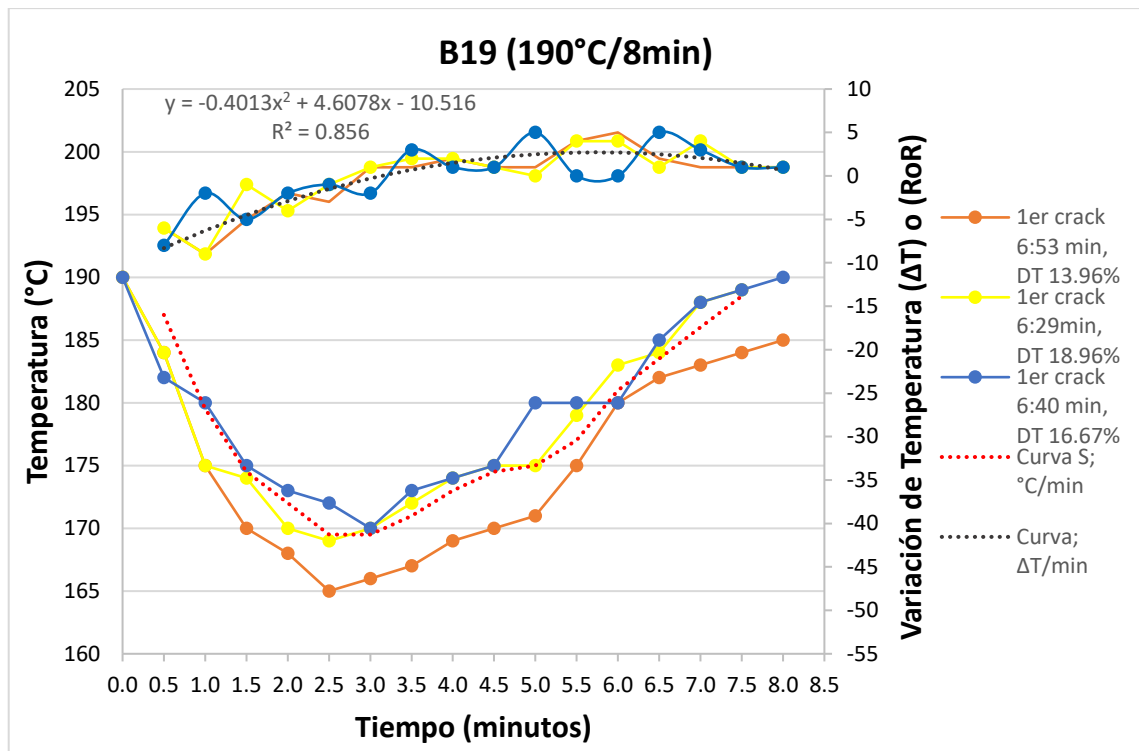


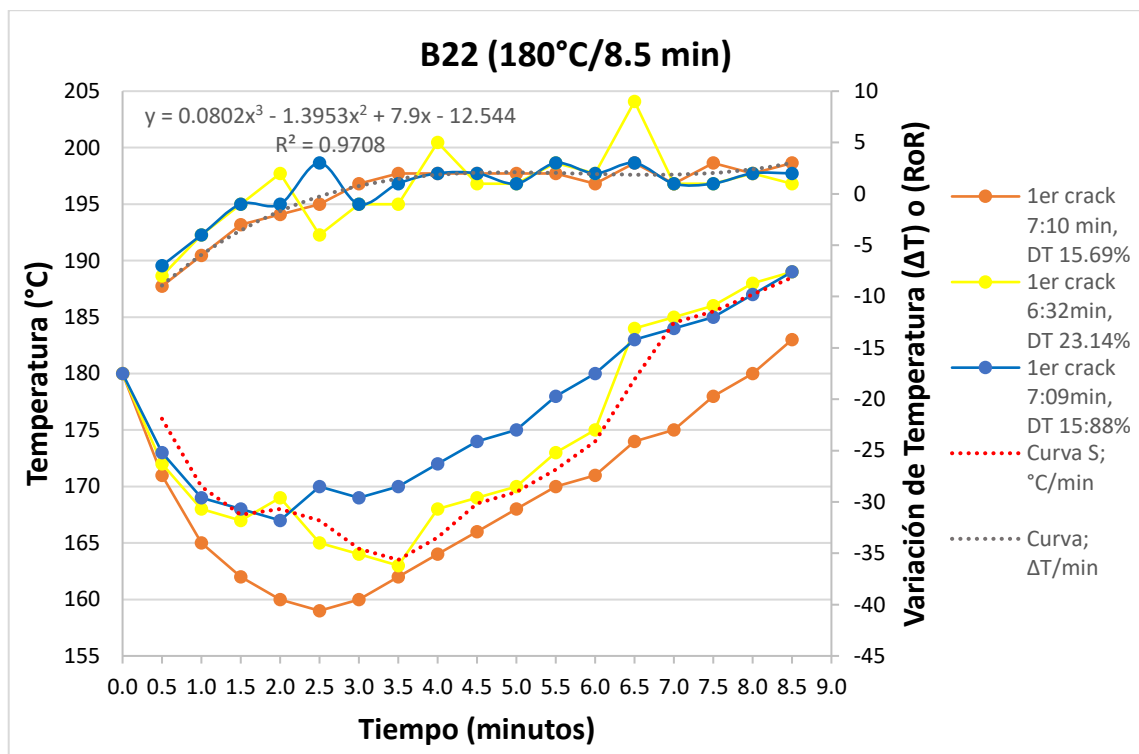
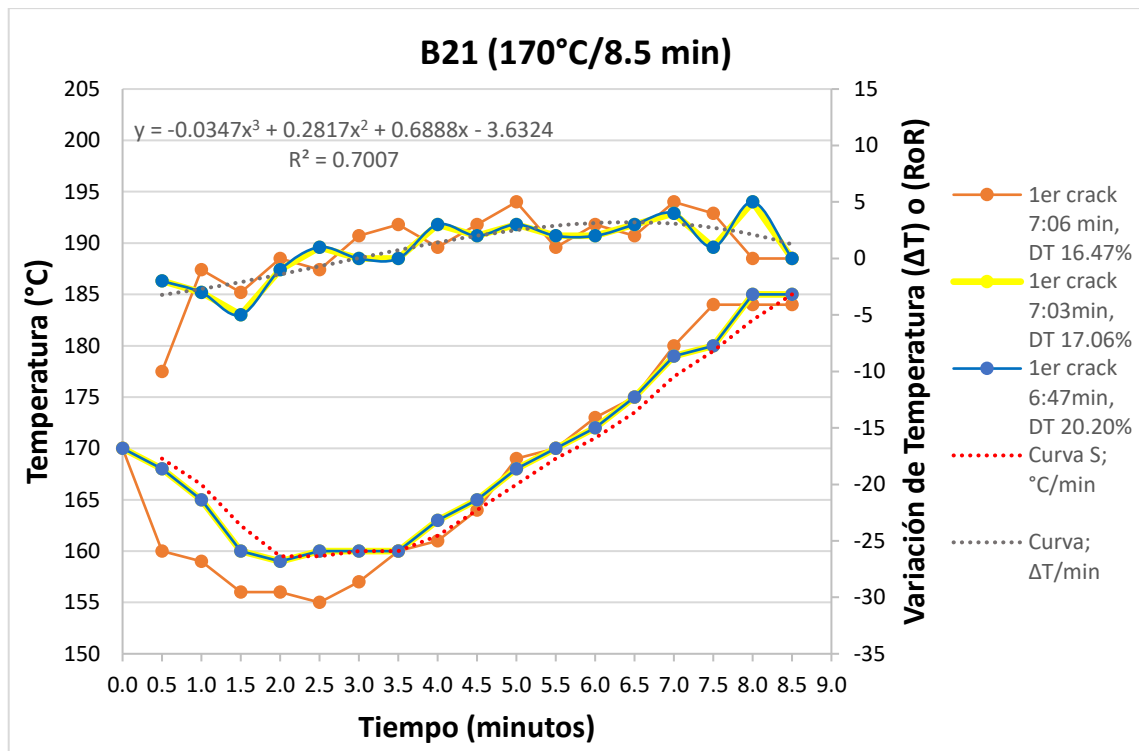


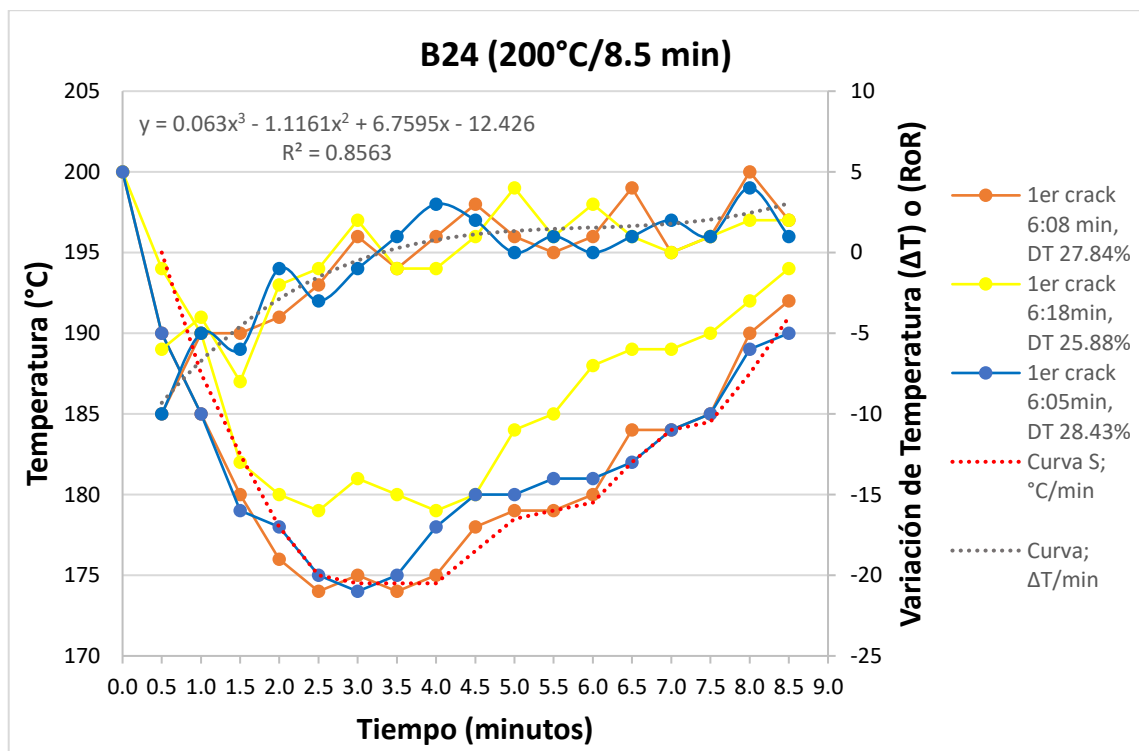
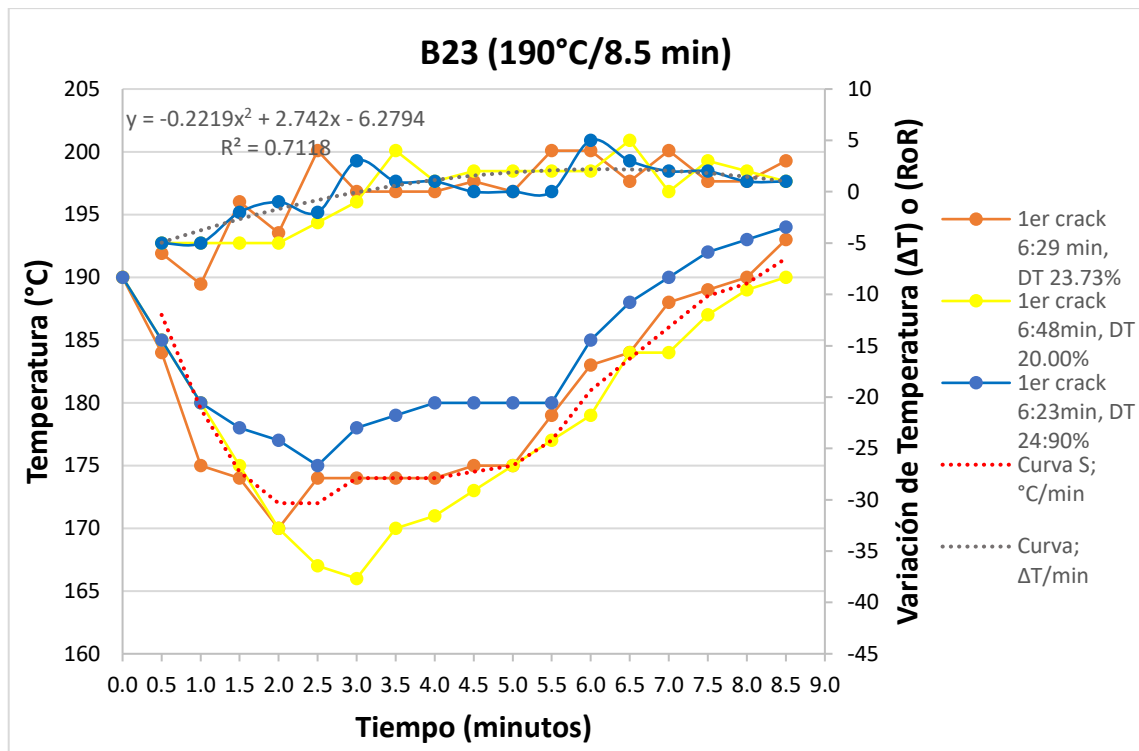


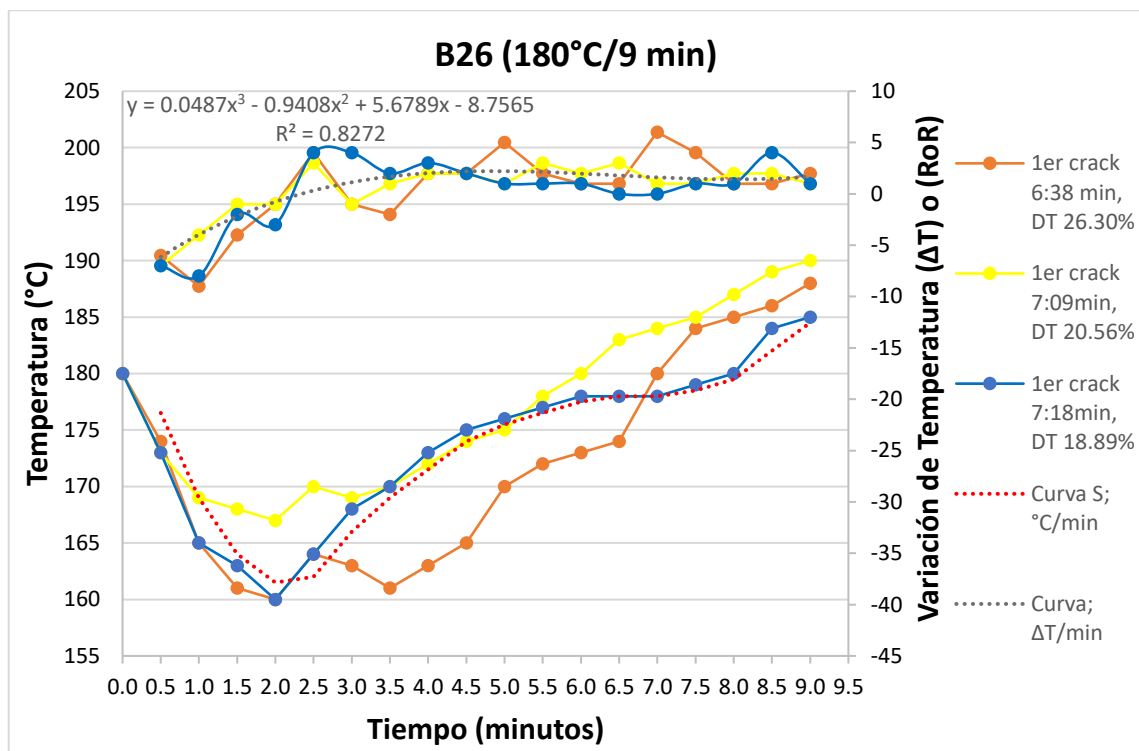
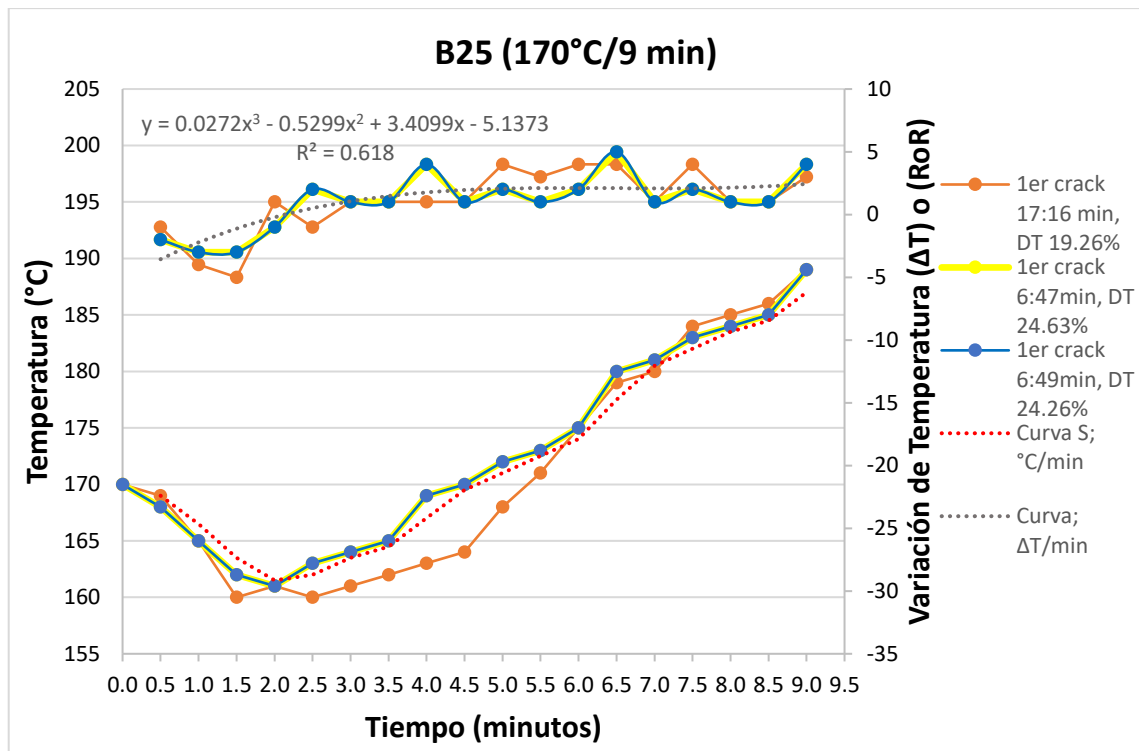


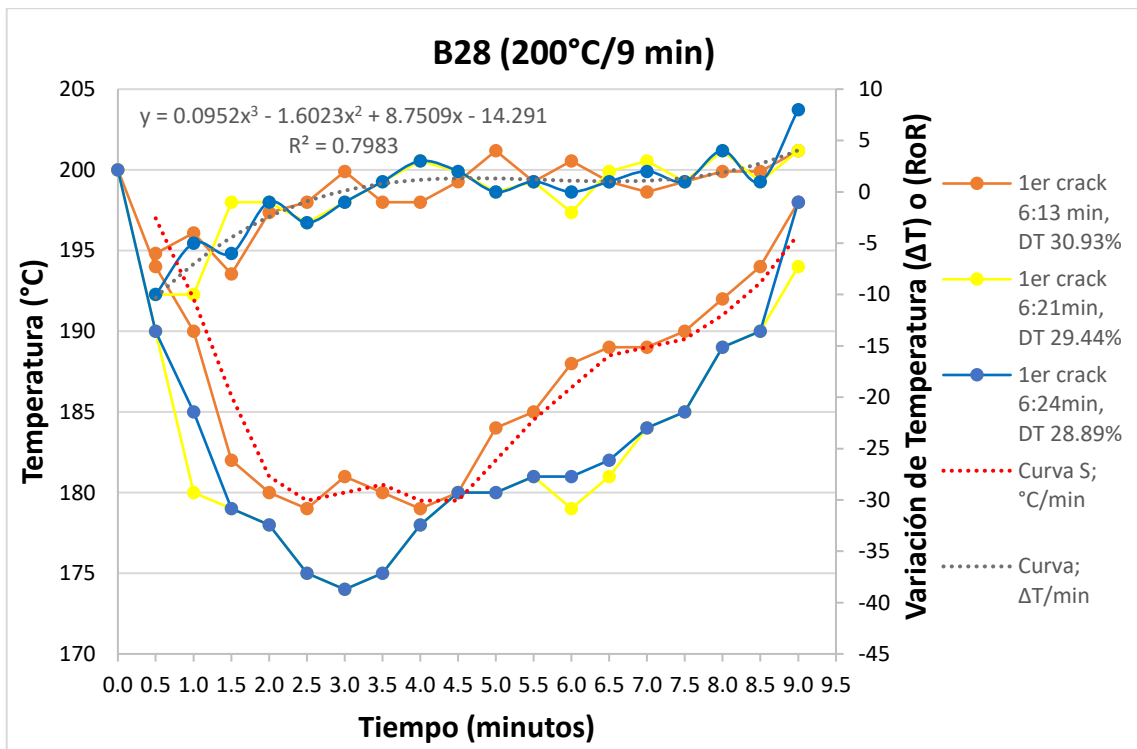
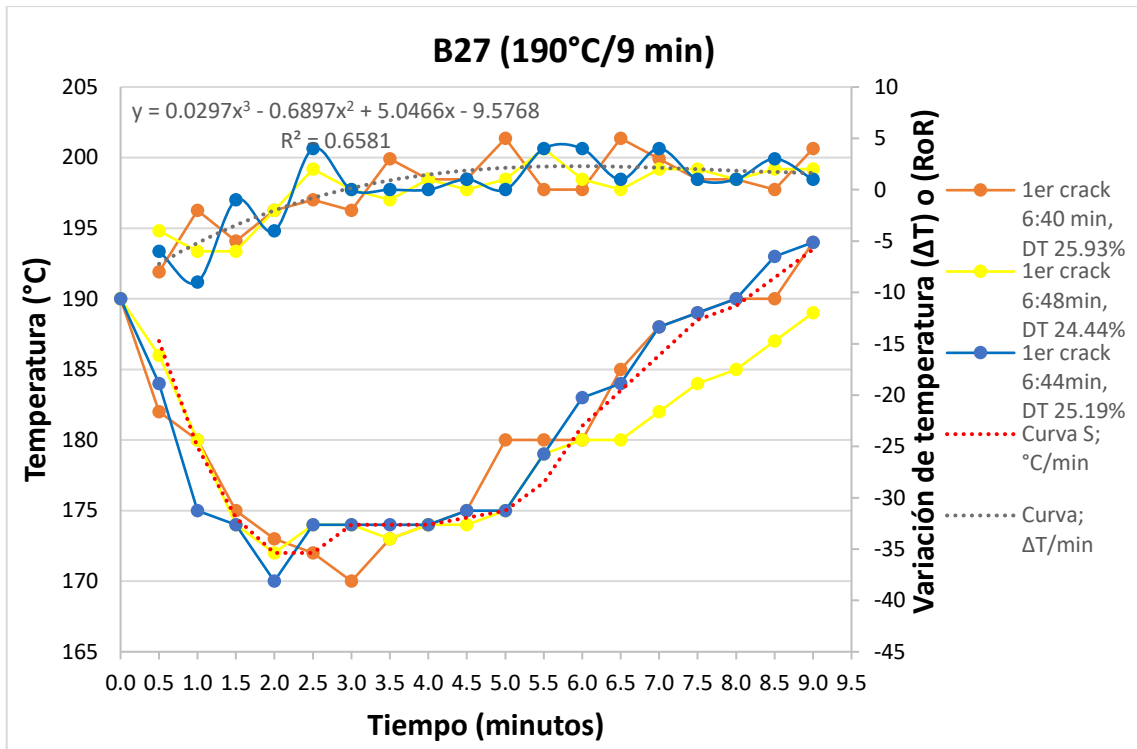


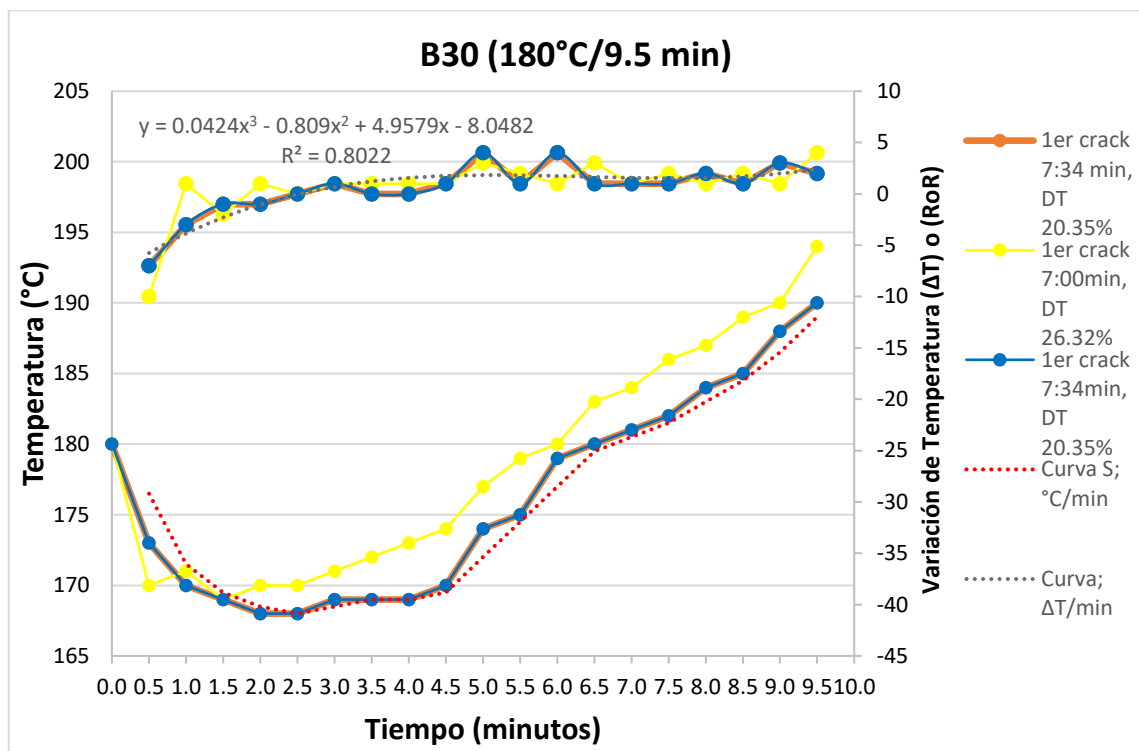
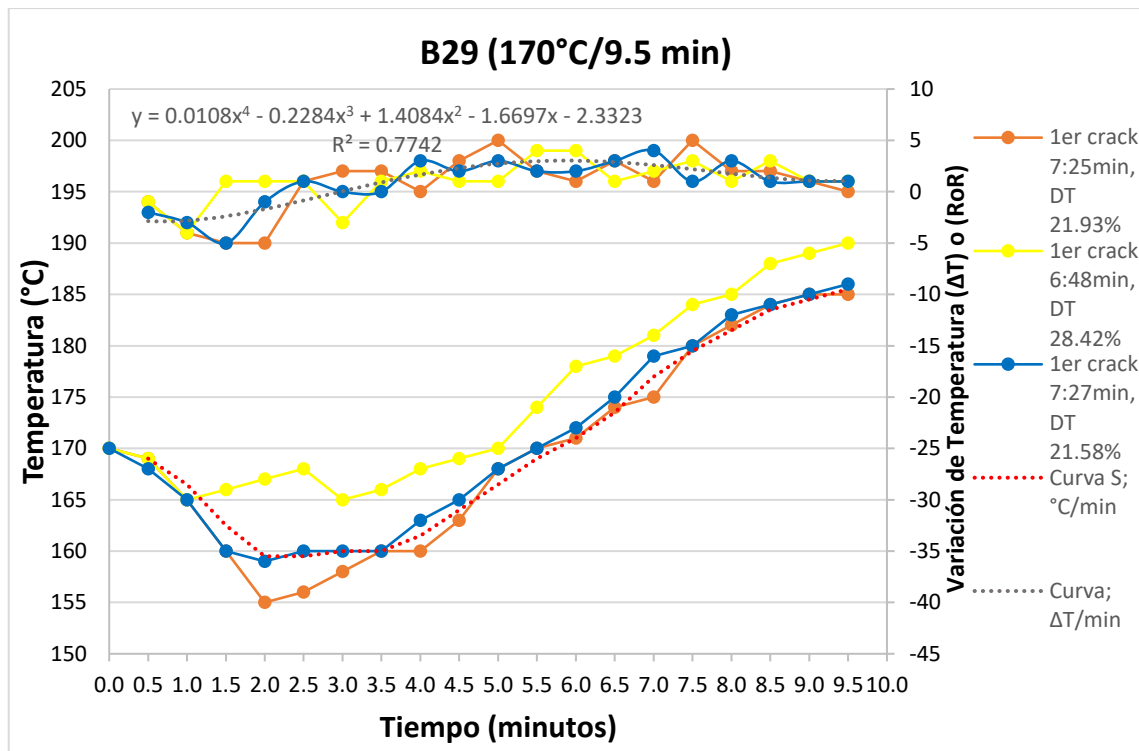


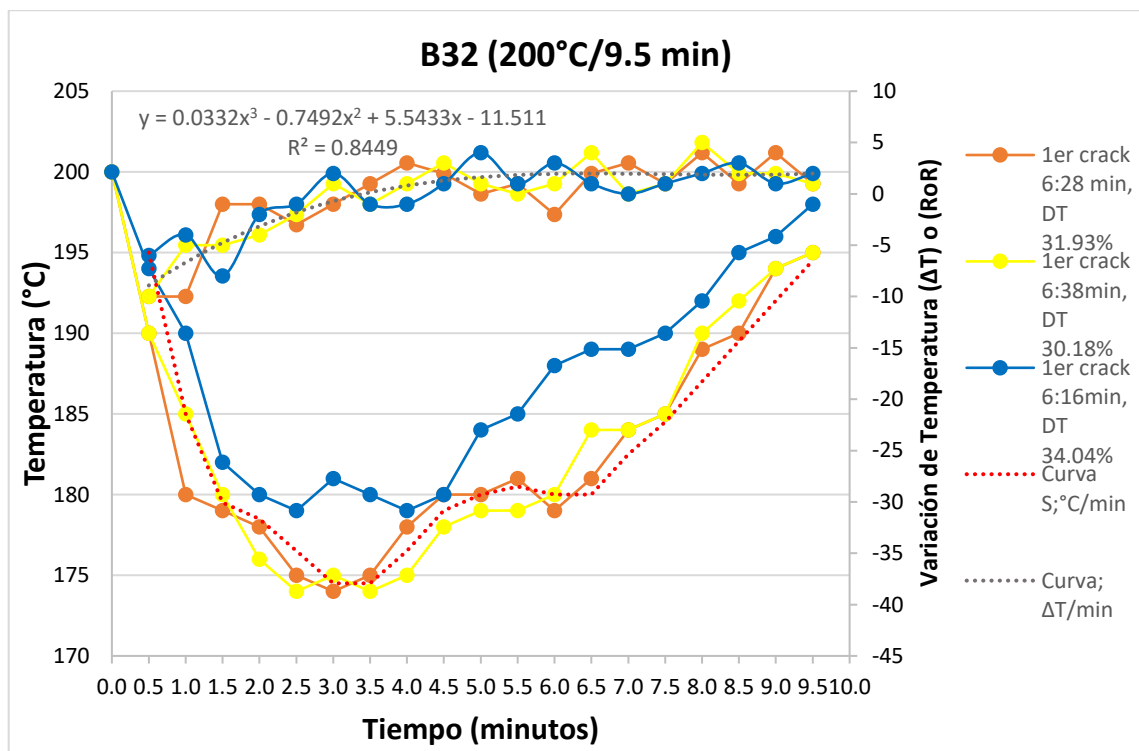
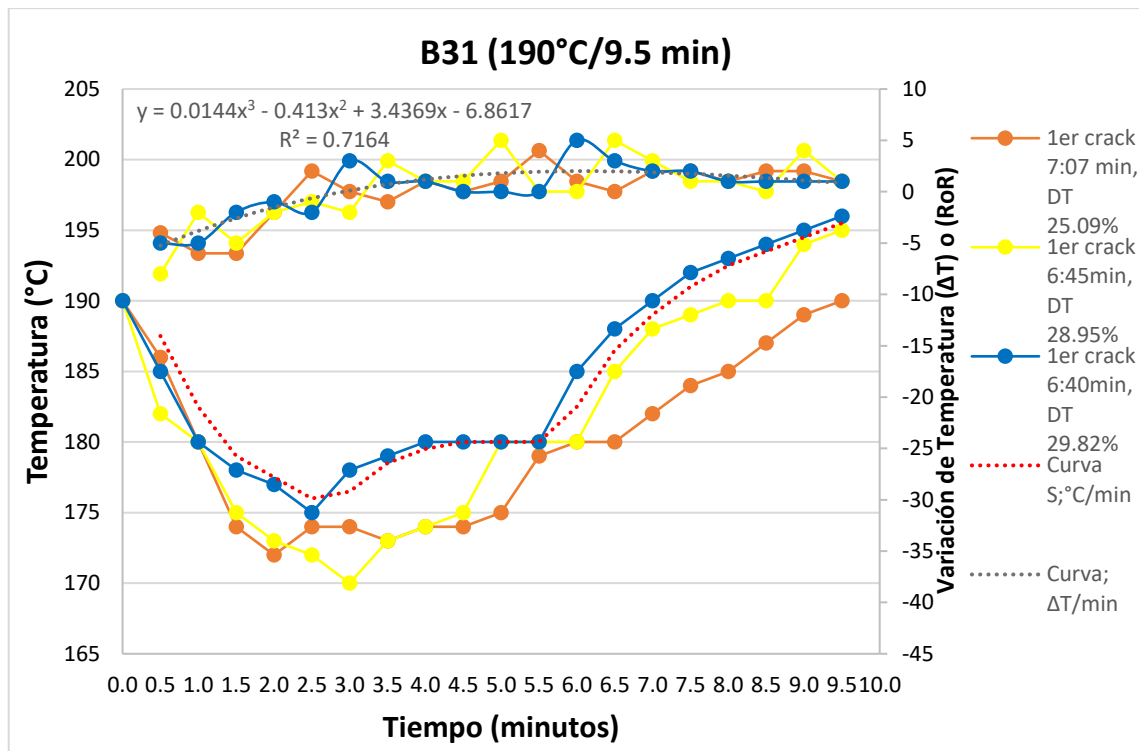




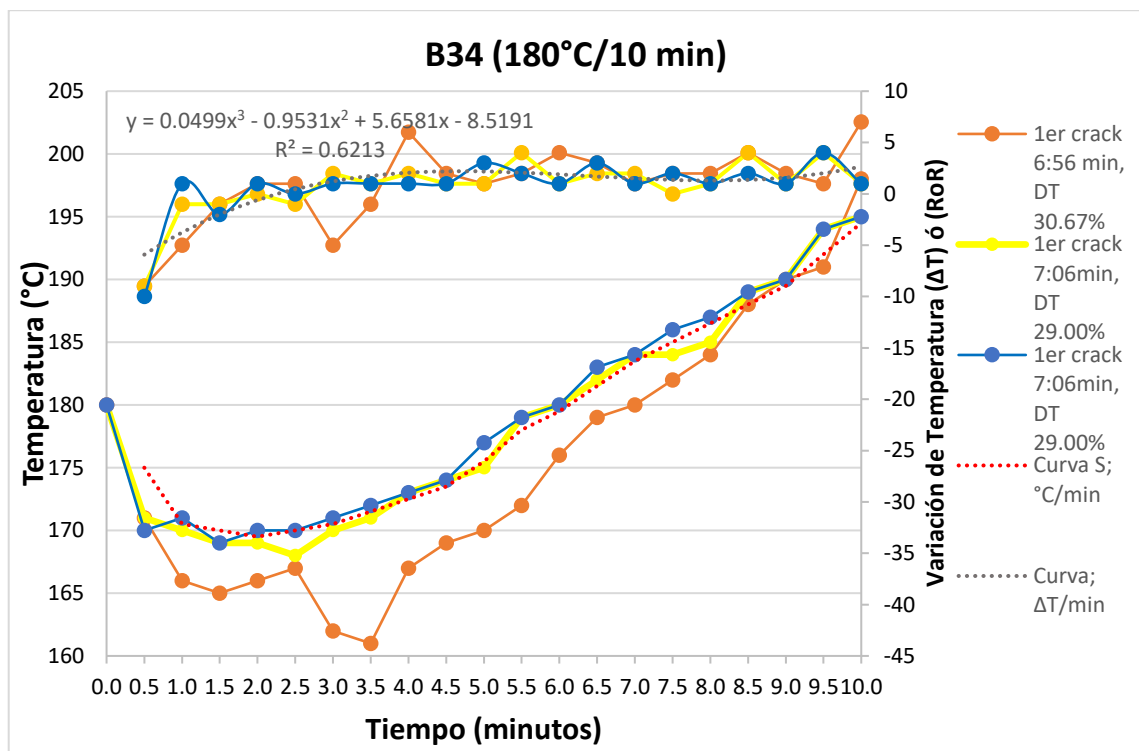
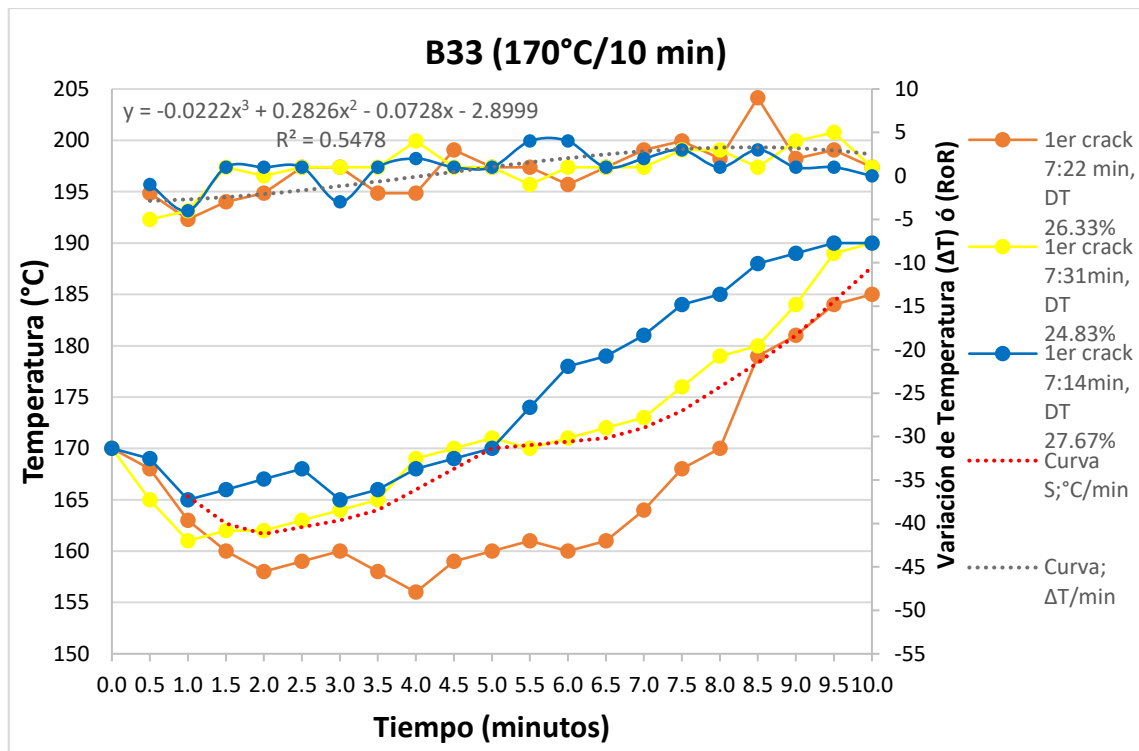


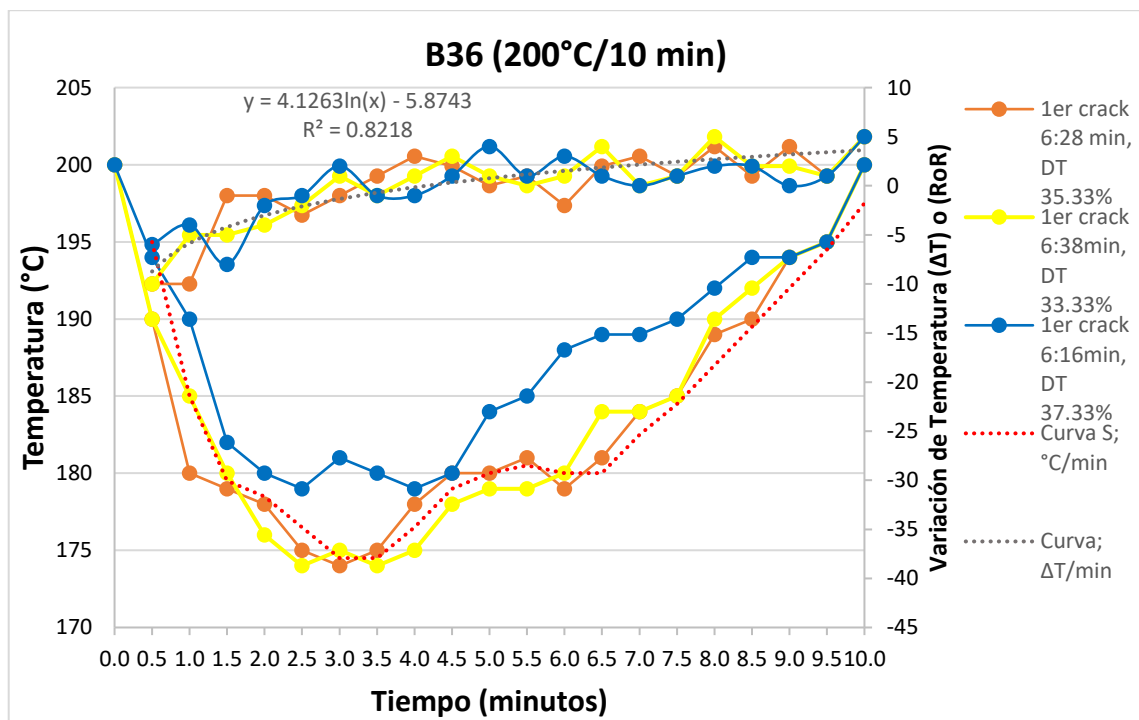
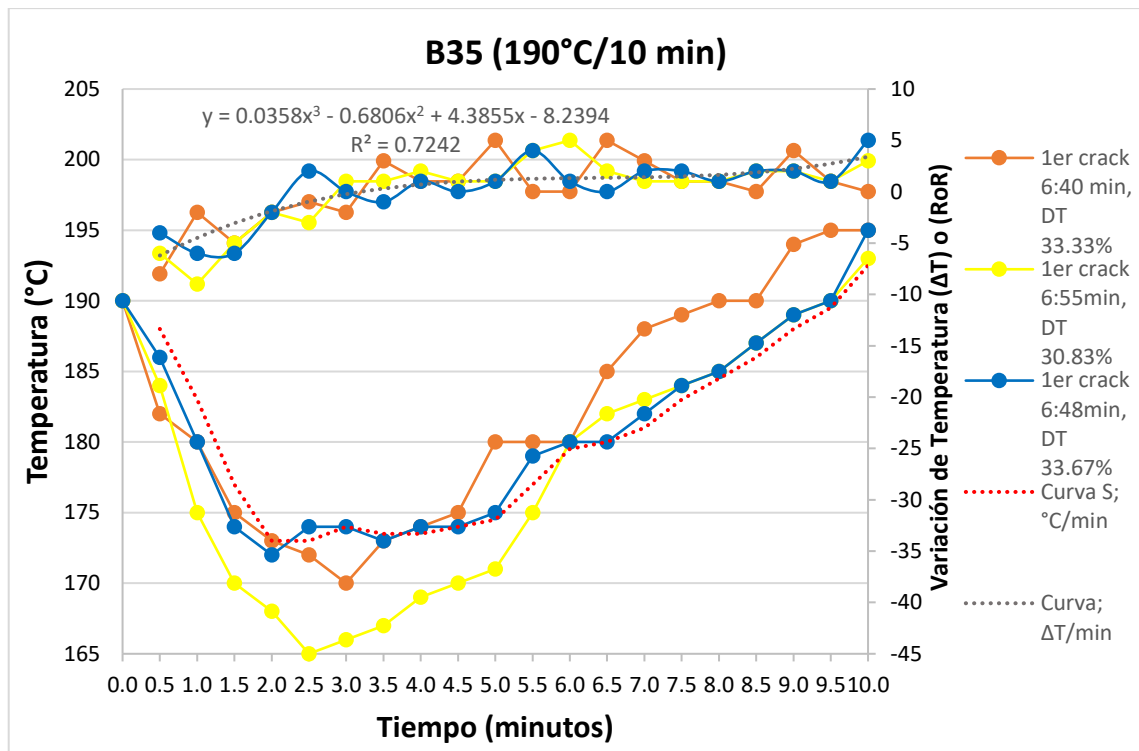














## ANEXO G

### DISEÑO ESTADÍSTICO

Para procesar los datos obtenidos durante la investigación en el primer y segundo objetivo se trabajó con el programa estadístico Minitab 19, se aplicó el análisis de varianza (ANVA), con un 95% de confianza, significancia ( $p < 0.05$ ), mediante el diseño estadístico completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de  $2 \times 9 \times 4$  con 3 repeticiones, ajustado al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{(ijkl)} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$$i = 1, 2 \text{ (Altitud)}$$

$$j = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \text{ (Tiempo)}$$

$$k = 1, 2, 3, 4 \text{ (Temperatura)}$$

$$l = 1, 2, 3 \text{ (Repeticiones)}$$

Donde:

$Y_{(ijkl)}$  = Es la variable de respuesta de la  $l$ -ésima observación bajo el  $k$ -ésimo tiempo, el  $j$ -ésimo temperatura, sujeto al  $i$ -ésimo altitud de procedencia.

$\mu$  = Constante, media de la población a la cual pertenecen las observaciones

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo altitud de procedencia



$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo tiempo de tostado

$\gamma_k$  = Efecto del k-ésimo temperatura de tostado

$(\alpha\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo altitud, con el j-ésimo tiempo.

$(\alpha\gamma)_{ik}$  = Efecto de la interacción del i-ésimo altitud, con el k-ésimo temperatura.

$(\beta\gamma)_{jk}$  = Efecto de la interacción del j-ésimo tiempo, con el k-ésimo temperatura.

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$  = Efecto de la interacción de la l-ésima observación bajo el k-ésimo temperatura, el j-ésimo tiempo, sujeto al i-ésimo altitud de procedencia.

$\varepsilon_{ijkl}$  = Efecto del error experimental.

Fuente: adaptado de Ibañez (2009).

**Tabla G.1. Formato utilizado para recolección de datos del primer y segundo objetivo**

TEMPERATURA (°C)	170						180						190						200					
	A 1000-1200			B 1800-2000			A 1000-1200			B 1800-2000			A 1000-1200			B 1800-2000			A 1000-1200			B 1800-2000		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
6	A1	A1.1	A1.2	B1	B1.1	B1.2	A2	A2.1	A2.2	B2	B2.1	B2.2	A3	A3.1	A3.2	B3	B3.1	B3.2	A4	A4.1	A4.2	B4	B4.1	B4.2
6.5	A5	A5.1	A5.2	B5	B5.1	B5.2	A6	A6.1	A6.2	B6	B6.1	B6.2	A7	A7.1	A7.2	B7	B7.1	B7.2	A8	A8.1	A8.2	B8	B8.1	B8.2
7	A9	A9.1	A9.2	B9	B9.1	B9.2	A10	A10.1	A10.2	B10	B10.1	B10.2	A11	A11.1	A11.2	B11	B11.1	B11.2	A12	A12.1	A12.2	B12	B12.1	B12.2
7.5	A13	A13.1	A13.2	B13	B13.1	B13.2	A14	A14.1	A14.2	B14	B14.1	B14.2	A15	A15.1	A15.2	B15	B15.1	B15.2	A16	A16.1	A16.2	B16	B16.1	B16.2
8	A17	A17.1	A17.2	B17	B17.1	B17.2	A18	A18.1	A18.2	B18	B18.1	B18.2	A19	A19.1	A19.2	B19	B19.1	B19.2	A20	A20.1	A20.2	B20	B20.1	B20.2
8.5	A21	A21.1	A21.2	B21	B21.1	B21.2	A22	A22.1	A22.2	B22	B22.1	B22.2	A23	A23.1	A23.2	B23	B23.1	B23.2	A24	A24.1	A24.2	B24	B24.1	B24.2
9	A25	A25.1	A25.2	B25	B25.1	B25.2	A26	A26.1	A26.2	B26	B26.1	B26.2	A27	A27.1	A27.2	B27	B27.1	B27.2	A28	A28.1	A28.2	B28	B28.1	B28.2
9.5	A29	A29.1	A29.2	B29	B29.1	B29.2	A30	A30.1	A30.2	B30	B30.1	B30.2	A31	A31.1	A31.2	B31	B31.1	B31.2	A32	A32.1	A32.2	B32	B32.1	B32.2
10	A33	A33.1	A33.2	B33	B33.1	B33.2	A34	A34.1	A34.2	B34	B34.1	B34.2	A35	A35.1	A35.2	B35	B35.1	B35.2	A36	A36.1	A36.2	B36	B36.1	B36.2

## ANEXO H

**Tabla H.1. Formato para el registro de datos de la investigación en el tostado**

TRATAMIENTO/CÓDIGO						
Repeticiones	R1		R2		R3	
Fecha:						
Tostador:						
Tambor						
Peso gr.						
Humedad %						
Densidad						
Tiempo	T°	$\Delta T^\circ/\text{RoR}$	T°	$\Delta T^\circ/\text{RoR}$	T°	$\Delta T^\circ/\text{RoR}$
Carga:						
0:30						
1:00						
1:30						
2:00						
2:30						
3:00						
3:30						
4:00						
4:30						
5:00						
5:30						
6:00						
6:30						
7:00						
7:30						
8:00						
8:30						
9:00						
9:30						
10:00						
1er Crack	T°=	t=	T°=	t=	T°=	t=
Salida	T°=	t=	T°=	t=	T°=	t=
Peso gr.						
Color /Agtron N°						
% Desarrollo del tostado						
Puntaje en tasa						

**Nota:** T°; Temperatura en °C, t; tiempo de tostado,  $\Delta T^\circ/\text{RoR}$ ; Variación de temperatura/RoR (Rate of Rise en inglés).

Fuente: adaptado de Bisetti (2018).



## ANEXO I

### PROTOCOLO PARA EVALUCION SENSORIAL SCAA

El comité de Normas Técnicas de la Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA) recomienda estos estándares para catar café. Estas directrices garantizarán la capacidad de evaluar con mayor precisión la calidad del café.

#### Equipo necesario

**Tabla I.1** Equipo necesario para catación

<b>Preparación para tostado</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Preparación de ventosas</b>
Tostador de muestra	Bien iluminado	Balanza
Agtron u otro dispositivo de lectura de color	Limpio, sin aromas que interfieran	Vasos de catación con tapas
Molino	Mesas de cata Tranquilo Temperatura comfortable	Cucharas para catación Equipo de agua caliente Formulario y otros documentos

#### Vasos para catación

Los vasos de catación deben ser de vidrio templado o material cerámico. Deberán tener entre 7 y 9 onzas líquidas (207 ml a 266 ml), con un diámetro superior de entre 3 y 3,5 pulgadas (76 a 89 mm). Todos los vasos utilizados deberán ser de idéntico volumen, dimensiones y material de fabricación, y tendrán tapas.



## Preparación de la muestra

### Tostado

- La muestra debe tostarse dentro de las 24 horas posteriores a la cata y dejarse reposar durante al menos 8 horas.
- El nivel de tueste para catación debe medirse entre 30 minutos y 4 horas después de tostar usando café molido según el molido estándar para catación de SCAA y medirse en café a temperatura ambiente. El café deberá cumplir con las siguientes medidas con una tolerancia de  $\pm 1.0$  unidades:
  - Agtron "Gourmet": 63,0
  - Agtron "Comercial": 48,0
  - Pista de colores: 62.0
  - Probat Colorete 3b: 96.0
  - Javalitics: igual que la medición de Agtron utilizando escalas "Gourmet" o "Comercial"
  - Lightells: igual que las mediciones de Agtron usando la escala "Gourmet"
  - Roast Rite: igual que las mediciones de Agtron utilizando la escala "Gourmet"
- El tostado debe completarse en no menos de 8 minutos y no más de 12 minutos. Quemaduras o vuelcos no deben ser aparentes.
- La muestra debe enfriarse inmediatamente con aire (sin enfriamiento rápido con agua).





- Cuando alcanzan la temperatura ambiente (aprox. 75 °F o 20 °C), las muestras completas deben almacenarse en recipientes herméticos o bolsas no permeables para minimizar la exposición al aire y evitar la contaminación.
- Las muestras deben almacenarse en un lugar fresco y oscuro, pero no refrigeradas ni congeladas.

### **Determinación de medidas**

- La proporción óptima es de 8,25 gramos de café por cada 150 ml de agua, ya que se ajusta al punto medio de las recetas de equilibrio óptimo para la Copa Dorada.
- Determine el volumen de agua en la ventosa seleccionada y ajuste el peso del café a esta proporción dentro de +/- 0,25 gramos.

### **Preparación de muestras para catación**

- La muestra se debe moler inmediatamente antes de la catación, no más de 15 minutos antes de la infusión con agua. Si esto no es posible, las muestras deben cubrirse e infundirse no más de 30 minutos después de la molienda.
- Las muestras deben pesarse como granos enteros en la proporción predeterminada (consulte la proporción anterior) para el volumen de líquido de la taza adecuada.
- El tamaño de las partículas de la molienda debe ser un poco más grueso que el que se usa normalmente para la preparación por goteo con filtro de papel, con un 70 % a un 75 % de las partículas que pasan a través de un tamiz de malla 20 de tamaño estándar de EE. UU. Se deben preparar al menos 5 tazas de cada muestra para evaluar la uniformidad de la muestra.
- Cada muestra debe molerse pasando una cantidad de limpieza de la muestra por el molinillo y luego moliendo el lote de cada taza individualmente en las ventosas,



asegurándose de que la cantidad total y constante de muestra se deposite en cada taza. Se debe colocar una tapa en cada vaso inmediatamente después de moler.

### **Agua para catación**

- El agua utilizada para catación debe estar limpia y sin olor, pero no destilada ni ablandada. Los sólidos disueltos totales ideales son 125-175 ppm, pero no deben ser menos de 100 ppm ni más de 250 ppm.
- El agua debe estar recién extraída y llevada a aproximadamente 93 °C (200 °F) en el momento en que se vierte sobre el café molido. La temperatura debe ajustarse a la elevación.
- El agua caliente debe verterse directamente hasta el borde de la taza, asegurándose de mojar toda la muestra. Las muestras en infusión deben permanecer intactos durante un período de 3 a 5 minutos antes de la evaluación.

### **Evaluación de muestra**

Las pruebas sensoriales se realizan por tres razones:

- Para determinar las diferencias sensoriales reales entre las muestras
- Para describir el sabor de las muestras.
- Para determinar la preferencia de los productos.

Ninguna prueba puede abordar todos estos aspectos de manera efectiva, pero tienen aspectos comunes. Es importante que el evaluador conozca el propósito de la prueba y cómo se utilizarán los resultados. El propósito de este protocolo de cata es la determinación de la percepción de calidad del catador. Se analiza la calidad de los atributos de sabor específicos y luego, basándose en la experiencia previa del catador, las muestras se clasifican en una escala numérica. A continuación, se pueden comparar las

puntuaciones entre las muestras. Los cafés que reciben puntajes más altos deberían ser notablemente mejores que los cafés que reciben puntajes más bajos.

El formulario de cata proporciona un medio para registrar atributos de sabor importantes para el café: fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, equilibrio, uniformidad, taza limpia, dulzura, defectos y general. Los atributos de sabor específicos son puntajes positivos de calidad que reflejan una calificación de juicio por parte del catador; Los defectos son puntuaciones negativas que denotan sensaciones de sabor desagradables; el puntaje general se basa en la experiencia de sabor del catador individual como una evaluación personal. Estos se clasifican en una escala de 16 puntos que representa los niveles de calidad en incrementos de un cuarto de punto entre valores numéricos del 6 al 9. Estos niveles son:

**Tabla I.2** Escala de calidad

<b>Bueno</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Excelente</b>	<b>Extraordinario</b>
6.00	7.00	8.00	9.00
6.25	7.25	8.25	9.25
6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75

Teóricamente, la escala anterior va desde un valor mínimo de 0 hasta un valor máximo de 10 puntos. El extremo inferior de la escala está por debajo del grado de especialidad.

Procedimiento de evaluación Las muestras primero deben inspeccionarse visualmente para determinar el color tostado. Esto está marcado en la hoja y puede usarse como referencia durante la calificación de atributos de sabor específicos. La secuencia de



calificación de cada atributo se basa en los cambios de percepción del sabor causados por la disminución de la temperatura del café a medida que se enfría:

### ***Fragancia/Aroma***

Los aspectos aromáticos incluyen Fragancia (definida como el olor del café molido cuando aún está seco) y Aroma (el olor del café cuando se infunde con agua caliente). Uno puede evaluar esto en tres pasos distintos en el proceso de cata: (1) oler el café molido colocado en la taza antes de verter agua en el café; (2) oler los aromas liberados al romper la corteza; y (3) oler los aromas liberados a medida que el café se empapa. Los aromas específicos se pueden anotar en "cualidades" y la intensidad de los aspectos del aroma seco, seco y húmedo se anotan en las escalas verticales de 5 puntos. La puntuación finalmente otorgada debe reflejar la preferencia de los tres aspectos de la fragancia/aroma de una muestra.

### ***Sabor***

El sabor representa el carácter principal del café, las notas de "gama media", entre las primeras impresiones que da el primer aroma y la acidez del café hasta su regusto final. Es una impresión combinada de todas las sensaciones gustativas (papilas gustativas) y aromas retronasales que van de la boca a la nariz. La puntuación otorgada al sabor debe tener en cuenta la intensidad, la calidad y la complejidad de su sabor y aroma combinados, que se experimentan cuando el café se sorbe vigorosamente en la boca para involucrar a todo el paladar en la evaluación.

### ***Post gusto***

El post gusto se define como la duración de las cualidades positivas de sabor (sabor y aroma) que emanan de la parte posterior del paladar y permanecen después de



que el café es expectorado o tragado. Si el regusto fuera corto o desagradable, se le daría una puntuación más baja.

### *Acidez*

La acidez a menudo se describe como "brillo" cuando es favorable o "agria" cuando es desfavorable. En el mejor de los casos, la acidez contribuye a la vivacidad, dulzura y carácter de fruta fresca de un café y se experimenta y evalúa casi de inmediato cuando el café se sorbe por primera vez en la boca. Sin embargo, una acidez demasiado intensa o dominante puede ser desagradable y una acidez excesiva puede no ser apropiada para el perfil de sabor de la muestra. La puntuación final marcada en la escala de marcas horizontales debe reflejar la calidad percibida por el panelista para la acidez en relación con el perfil de sabor esperado en función de las características de origen y/u otros factores (grado de tueste, uso previsto, etc.). Cafés que se espera que tengan una acidez alta, como el café de Kenia, o cafés que se espera que tengan una acidez baja.

### *Cuerpo*

La cualidad de cuerpo se basa en la sensación táctil del líquido en la boca, especialmente cuando se percibe entre la lengua y el paladar. La mayoría de las muestras con cuerpo pesado también pueden recibir una puntuación alta en términos de calidad debido a la presencia de coloides y sacarosa. Sin embargo, algunas muestras con un cuerpo más ligero también pueden tener una sensación agradable en la boca. Los cafés que se espera que tengan un cuerpo alto, como el café de Sumatra, o los cafés que se espera que tengan un cuerpo bajo, como el café mexicano, pueden recibir puntajes de preferencia igualmente altos, aunque sus clasificaciones de intensidad serán bastante diferentes.



### ***Balance***

La forma en que todos los diversos aspectos del Sabor, el Retrogusto, la Acidez y el Cuerpo de la muestra trabajan juntos y se complementan o contrastan entre sí es Equilibrio. Si a la muestra le faltan ciertos atributos de aroma o sabor, o si algunos atributos son abrumadores, la puntuación de Equilibrio se reduciría.

### ***Dulzura***

La dulzura se refiere a una plenitud agradable de sabor, así como a cualquier dulzura obvia, y su percepción es el resultado de la presencia de ciertos carbohidratos. Lo contrario de dulzura en este contexto es sabor agrio, astringente o "verde". Es posible que esta calidad no se perciba directamente como en los productos cargados de sacarosa, como los refrescos, pero afectará a otros atributos de sabor. Se otorgan 2 puntos por cada taza que muestre este atributo para una puntuación máxima de 10 puntos.

### ***Taza limpia***

Taza limpia se refiere a la ausencia de impresiones negativas que interfieren desde la primera ingestión hasta el regusto final, una "transparencia" de la taza. Al evaluar este atributo, observe la experiencia de sabor total desde el momento de la ingestión inicial hasta la deglución o expectoración final. Cualquier sabor o aroma que no sea café descalificará una taza individual. Se otorgan 2 puntos por cada copa que muestre el atributo de Copa Limpia.



### ***Uniformidad***

La uniformidad se refiere a la consistencia del sabor de las diferentes tazas de la muestra probada. Si las tazas saben diferentes, la calificación de este aspecto no sería tan alta. Se otorgan 2 puntos por cada copa que muestre este atributo, con un máximo de 10 puntos si las 5 copas son iguales.

### ***Puntaje total***

El aspecto de puntuación "general" pretende reflejar la puntuación holísticamente integrada de la muestra tal como la percibe el panelista individual. Una muestra con muchos aspectos muy agradables, pero no del todo "a la altura" recibiría una calificación más baja. Un café que cumpliera con las expectativas en cuanto a su carácter y reflejara cualidades de sabor de origen particulares recibiría una puntuación alta. Un ejemplo de características preferidas que no se reflejen completamente en la puntuación individual de los atributos individuales podría recibir una puntuación aún mayor. Este es el paso donde los panelistas hacen su valoración personal.

### ***Defectos***

Los defectos son sabores negativos o deficientes que restan valor a la calidad del café. Estos se clasifican de 2 maneras. Una mancha es un sabor desagradable que es perceptible, pero no abrumador, y generalmente se encuentra en los aspectos aromáticos. A una "mancha" se le asigna un "2" en intensidad. Una falla es un sabor desagradable, que generalmente se encuentra en los aspectos del sabor, que es abrumador o hace que la muestra sea desagradable y se le otorga una calificación de intensidad de "4". Primero se debe clasificar el defecto (como una mancha o un defecto), luego describirlo ("agrio", "gomoso", "fermentado", "fenólico", por ejemplo) y escribir la descripción. Luego se



anota el número de tazas en las que se encontró el defecto, y la intensidad del defecto se registra como 2 o 4.

### ***Puntaje Final***

La puntuación final se calcula sumando primero las puntuaciones individuales dadas para cada uno de los atributos principales en el cuadro marcado como "Puntuación total". Luego, los defectos se restan de la "Puntuación total" para llegar a una "Puntuación final". La siguiente clave de puntuación ha demostrado ser una forma significativa de describir el rango de calidad del café para la puntuación final.

**Tabla I.3** Clasificación de calidad del café según el puntaje final

<b>Puntaje final</b>	<b>Descripción de la Especialidad</b>	<b>Clasificación</b>
90-100	Excepcional	
85-89.99	Excelente	Especial
80-84.99	Muy bueno	
<80	Por debajo de calidad especial	No especial

Fuente: SCAA (2015).





## ANEXO J

### NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 209.311:2019 CAFÉS ESPECIALES.

#### Requisitos

#### REQUISITOS GENERALES DEL CAFÉ ESPECIAL

Los cafés especiales deberán cumplir con los siguientes requisitos de calidad, según el capítulo 4 de la NTP 209.311:2019 CAFÉS ESPECIALES. Requisitos.

**Tabla J.1** Requisitos de calidad según NTP 209.311:2019 CAFÉS ESPECIALES.

Requisitos.

Cafés Especiales			
Requisitos físicos	Requisitos sensoriales	Requisitos fitosanitarios	Requisitos químicos
Color uniforme	Aroma: intenso, bueno y típico	Libres de todo Insecto vivo y/o muerto	Son opcionales Ejemplo: Determinación contenido Ocratoxina A,
Olor: intensamente fresco	Sabor: con atributos distintivos		Determinación de residuos de plaguicidas
Humedad: 10,0 % a 12,0 %	Acidez: buena		
Actividad de agua (Aw): <0.7	Cuerpo: bueno		
Conteo de defectos:		Granulometría	
Defectos primarios: 0		Retenido de malla 15 (6,0 mm): Mínimo: 50%	
Defectos secundarios: <b>Máximo 5</b>		Pasante de malla 14 (5,60): Máximo: 5%	

#### Requisitos físicos

##### Color:

Se valora de acuerdo a la tonalidad que presenta la muestra. Este color está relacionado al tipo de proceso (lavado, semilavado o natural), al método de secado, altura, nivel de humedad, condiciones y tiempo de almacenamiento.



**Figura J.1** Escala de colores café verde

El requisito para el color según la NTP 209.027:2018 CAFÉ. Café verde.

Requisitos. Es presentar color uniforme.

**Olor intensamente fresco**

**Olor limpio:**

Se espera que el café en verde presente olor fresco, propio de un café bien procesado y secado; libre de olores extraños proveniente de proceso, almacenamiento inadecuado o contaminación.

**Humedad:**

Deberá tener un contenido de entre 10,0 % a 12,0 %, según el subcapítulo 4.1 de la NTP 209.311.

La medición de humedad debe ser exacta, ya que el contenido de humedad de los granos es muy importante para mantener la calidad del producto.

**Peso de la muestra café verde: 350 g.**



### **Procedimiento conforme la NTP-ISO 4149**

Se extiende la muestra sobre una superficie lisa, plana y limpia, de color sólido, preferentemente negro o azul oscuro:

- Se separan todos los granos defectuosos
- luego se agrupan por tipo de defecto de acuerdo a la tabla de equivalencias que se utilice.
- se anotan en el formato de análisis de acuerdo al tipo de defecto y a la cantidad de granos encontrados.

Conteo de defectos: Se emplean muestras de café verde representativas, previamente homogeneizadas para el análisis.

- El requisito establecido en el subcapítulo 4.3.1 de la NTP  
209.311:2019

**CAFÉS ESPECIALES.** Requisitos es:

**Defectos primarios: 0**

**Defectos secundarios: Máximo 5**

**Granulometría (tamaño del grano)**

Conforme la NTP-ISO 4150, otra de las variables críticas a considerar es el tamaño del grano. El café bien clasificado, con tamaño uniforme producirá mejor desarrollo del tueste.

**Tabla J.2** Clasificación de tamices por tamaño y diámetro

Clasificación de tamices por tamaño y diámetro	
Tamaño de tamiz	Diámetro (mm)
20	8,0
19	7,5
18	7,1
17	6,7
16	6,3
15	6,0
14	5,6



**Figura J.2** Juego de mallas, tamices

El requisito establecido en el subcapítulo 4.3.2 de la NTP 209.311:2019 CAFÉS

ESPECIALES. Requisitos es:

- Retenido en malla 15 (6,0 mm): Mínimo: 50 %
- Pasante de malla 14 (5,60 mm): Máximo: 5 %

### Procedimiento



## **Tostado**

Tamaño de muestra: 100 g a 300 g tostado en una tostadora de 500 g de capacidad.

- Color: Marrón claro a marrón intermedio.
- Tiempo de tostado: Entre 8 min a 12 min.
- Temperatura: entre 200 °C y 240 °C. Pero se puede utilizar niveles de temperatura particular (por ejemplo, un rango más pequeño) por acuerdo entre el comprador y el proveedor.

## **Molienda**

Purgar el molino. Moler aproximadamente 50 g de los granos tostados enfriados en el molino de laboratorio. Descartar la molienda.

Colocar el resto de los granos tostados en el molino de laboratorio y moler. Preparar la bebida lo más pronto posible para evitar la pérdida de las características volátiles del café.

Fuente: INACAL (2021).

## ANEXO K



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE CIENCIAS

LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRIA – Pabellón de Control de Calidad  
AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Contacto 973566055

### RESULTADOS

Cusco, 23 de Agosto del 2021

Solicitante : Lucila Gregoria Cáceres Soncco  
Tipo de Análisis : Actividad Antioxidante  
Método : DPPH, Espectrofotómetro  
Tipo de Muestras : Café: grano verde y tostado molido  
Cantidad de Muestra : 6  
Almacenamiento : 4 °C.

#### Condiciones de Análisis por Espectrofotómetro

Equipo : Espectrofotómetro Génesis 20 Thermo Electrón  
Longitud de Onda : 517 nm  
Celda de Lectura : Cubetas de Vidrio de 1cm.  
Ecuacion de la curva patrón :  $y = 0.0876x - 0.0055$ ,  $R^2 = 0.9967$   
Lecturas por Muestra : 3

Código	CAFÉ	Repeticiones			Promedio
		1	2	3	Equivalente Trolox CI50 $\mu\text{mol}/\text{gr}$
1	Grano verde A	144.940	145.548	145.244	145.2
2	Grano verde B	177.772	177.504	178.040	177.8
3	A16	187.155	187.518	186.427	187.0
4	A21	194.090	193.003	193.728	193.6
5	A25	194.361	194.724	194.361	194.5
6	B3	192.679	192.679	193.041	192.8
7	B14	190.978	190.978	190.615	190.9
8	B15	199.077	198.354	198.354	198.6

Nota: Los resultados obtenidos en la determinación de actividad antioxidante expresa el Coeficiente de Inhibición al 50% ( $CI_{50}$  o  $IC_{50}$ ) en miligramos equivalentes Trolox que están presente en 1 gramo de muestra. Los valores bajos poseen mayor actividad antioxidante<sup>2,8</sup>

#### Referencias

1. Brand-Williams W., M. Cuvelier and C. Berset; (1997) Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity, *Lebensm. Wiss. U. Technol.* 28, 25-30.
2. Matuszewska, A., Jaszek, M., Stefanluk, D., Ciszewski, T., & Matuszewski, Ł. (2018). Anticancer, antioxidant, and antibacterial activities of low molecular weight bioactive subfractions isolated from cultures of wood degrading fungus *Cerrena unicolor*. *PLOS ONE*, 13(6), e0197044. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0197044>
3. Norul Liza A-Rahaman, Lee Suan Chua, Mohamad Roji Sarmidi, Ramlan Aziz (2013) Physicochemical and radical scavenging activities of honey samples from Malaysia *Agricultural Sciences* Vol.4, No.38, 40-51.
4. Philip Molyneux 2004, The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 26(2) : 211-219.
5. Pugliese A.G, Francisco A. Tomas-Barberan, Pilar Truchado, Maria I. Genovese, Flavonoids, Proanthocyanidins, Vitamin C, and Antioxidant Activity of *Theobroma grandiflorum* (Cupuassu) Pulp and Seeds *J Agric Food Chem.* 2013 Mar 20;61(11):2720-8. doi: 10.1021/jf304349u. Epub 2013 Mar 6.
6. Zhang, X., Yu, Y., Cen, Y., Yang, D., Qi, Z., Hou, Z., Han, S., Cai, Z., & Liu, K. (2018). Bivariate Correlation Analysis of the Chemometric Profiles of Chinese Wild *Salvia miltiorrhiza* Based on UPLC-Qq-MS and Antioxidant Activities. *Molecules*, 23(3), 538. <https://doi.org/10.3390/molecules23030538>



Quim. Jorge Choquenaira Pari  
Analista del Laboratorio de Cromatografía y  
Espectrometría - UNSAAC.  
CQP - 914

Figura K.1 Resultados Análisis de Actividad Antioxidante



### RESULTADOS

Cusco, 30 de Agosto del 2021

Solicitante : Lucila Gregoria Cáceres Soncco  
Tipo de Análisis : Determinación de compuestos Fenolicos Totales  
Método : Folin Ciocalteu.  
Tipo de Muestras : Café: grano verde y tostado molido  
Cantidad de Muestra : 8  
Almacenamiento : 4 °C.

#### Condiciones de Análisis por Espectrofotómetro

Equipo : Espectrofotómetro Génesis 20 Thermo Electrón  
Longitud de Onda : 765 nm  
Celda de Lectura : Cubetas de Vidrio de 1cm  
Ecuación de la curva patrón :  $y=0.0362x + 0.0228$ ,  $R^2 = 0.990$

Código	Muestra Café	Repeticiones			Promedio
		1	2	3	Equivalentes Acido. Galico g/100g de Cafe
1	Grano verde A	4.0333	4.0333	4.0476	4.0381
2	Grano verde B	3.7051	3.6861	3.6671	3.6861
3	Tostado molido A16	4.5777	4.5777	4.6293	4.5949
4	Tostado molido A21	4.5614	4.5270	4.5098	4.5327
5	Tostado molido A25	4.5505	4.4989	4.4644	4.5046
6	Tostado molido B3	4.6139	4.6139	4.5795	4.6024
7	Tostado molido B14	4.5478	4.5134	4.5134	4.5249
8	Tostado molido B15	4.5596	4.5424	4.5940	4.5653

Nota: La cuantificación se basó utilizando el estándar Acido Galico, expresa los miligramos en equivalentes de Acido galico que están presente en 100 g de muestra

#### Referencia

1. Vernon L.Singleton, Rudolf Orthofer, Rosa M. Lamuela-Raventós 1999 Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent Methods in Enzymology Volume 299, 1999, Pages 152-176
2. Pugliese A.G, Francisco A. Tomas-Barberan, Pilar Truchado, Maria I. Genovese, Flavonoids, Proanthocyanidins, Vitamin C, and Antioxidant Activity of Theobroma grandiflorum (Cupuassu) Pulp and Seeds J Agric Food Chem. 2013 Mar 20;61(11):2720-5. doi: 10.1021/jf304349u. Epub 2013 Mar 6.
3. Huang, R. T., Lu, Y. F., Inbaraj, B. S., & Chen, B. H. (2015). Determination of phenolic acids and flavonoids in *Rhinacanthus nasutus* (L.) kurz by high-performance-liquid-chromatography with photodiode-array detection and tandem mass spectrometry. Journal of Functional Foods, 12, 495-506. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.002>



Quim. Jorge Choquenaira Pari  
Analista del Laboratorio de Cromatografía y  
Espectrometría - UNSAAC.  
CQP - 914

Figura K.2 Resultados Análisis de Fenoles Totales



## ANEXO L

### PANEL FOTOGRAFICO



Tamizaje, malla N°15



Análisis defecto físico en verde según manual de defectos SCAA.



Medición de porcentaje humedad



Determinación densidad aparente



Registro de variación de temperatura en el proceso de tostado



Proceso de tostado de muestras



Muestras tostadas según niveles de factor temperatura y tiempo



Muestras pesadas/dosificadas al 0.05% del volumen de los vasos de catación.



Proceso de molido, granulometría N° 7.75



Vertido de agua/proceso de infusión



## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Lucila Gregoria Cáceres Soncco  
, identificado con DNI 44508675 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agroindustrial

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado  
 Título Profesional denominado:

“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TIEMPO Y TEMPERATURA EN EL TOSTADO DE CAFÉ  
BOURBON (Coffea arabica L.) PROVENIENTE DE DOS PISOS ALTITUDINALES EN LA  
CALIDAD SENSORIAL, PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

” Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 24 de abril del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Lucila Gregoria Cáceres Soncco  
, identificado con DNI 44508675 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Ingeniería Agroindustrial

, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación para la obtención de  Grado

Título Profesional denominado:

„EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TIEMPO Y TEMPERATURA EN EL TOSTADO DE CAFÉ BOURBON (Coffea arabica L.)

PROVENIENTE DE DOS PISOS ALTITUDINALES EN LA CALIDAD SENSORIAL, PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

” Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 24 de abril del 2023

FIRMA (obligatoria)



Huella