



# IV CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS



## EFECTO DE DIFERENTES MÉTODOS DE SECADO SOBRE PROPIEDADES ESTRUCTURALES Y COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE UN SNACK BASADO EN COCHAYUYO IMPRESO 3D.

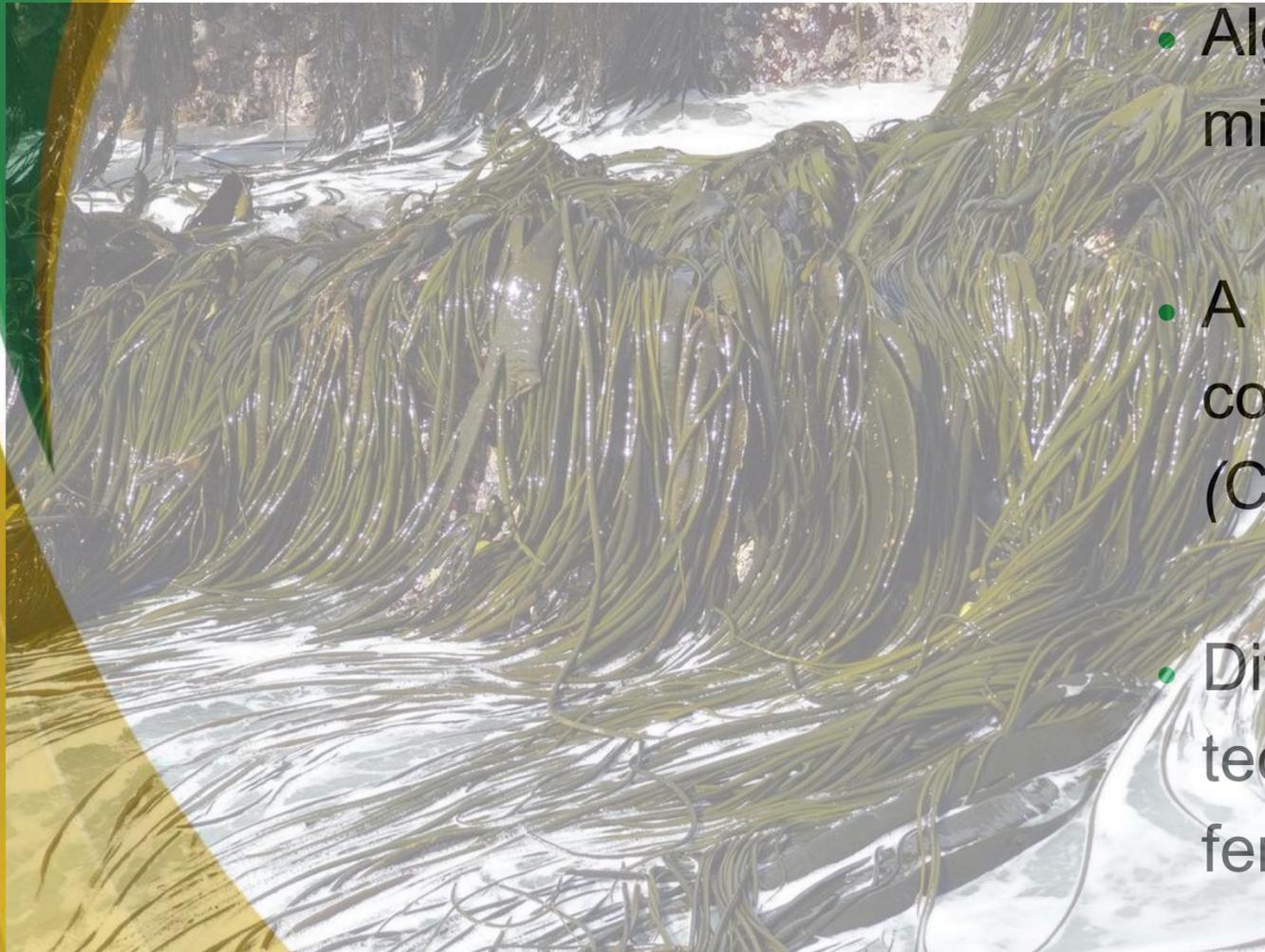
FERNANDA CHANDÍA-VÁSQUEZ/ DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA, ESCUELA DE CIENCIAS DE LA SALUD, FACULTAD DE MEDICINA, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE.

ROBERTO LEMUS-MONDACA/ FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS, UNIVERSIDAD DE CHILE.

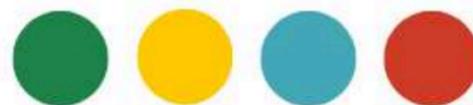
Organiza:



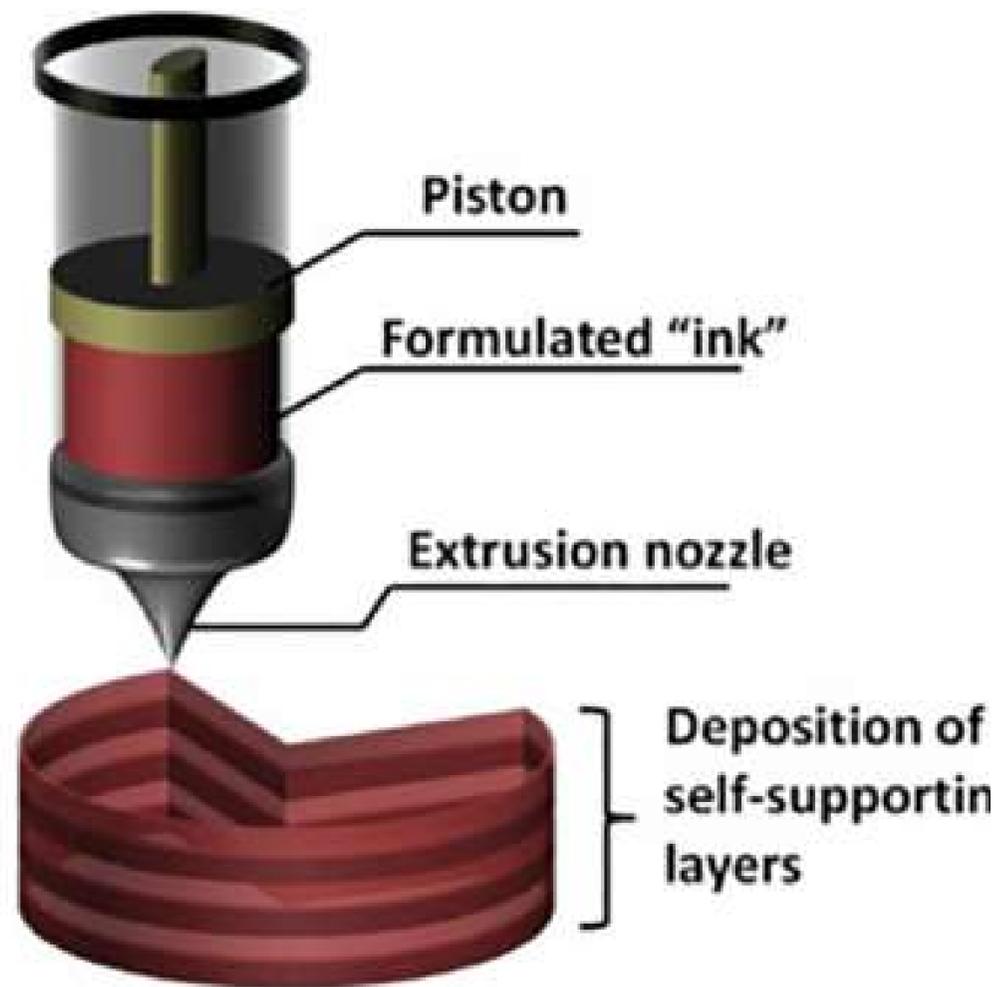
# INTRODUCCIÓN



- Algas conocidas y descritas en el mundo entre 30.000 y 1 millón (Ścieszka et al., 2018).
- A nivel nacional, solo el 1% de las especies son mayormente consumidas, dentro de ellas la especie *Durvillaea antarctica* (Cochayuyo) (Quitral et al., 2019).
- Diferentes usos, dentro de los cuales se encuentran fines tecnológicos, consumo humano, consumo animal, fertilizante, entre otros.
- Destacan por: su aporte de proteínas, vitaminas, minerales y fibra dietética, permiten que sean un alimento versátil.



# INTRODUCCIÓN



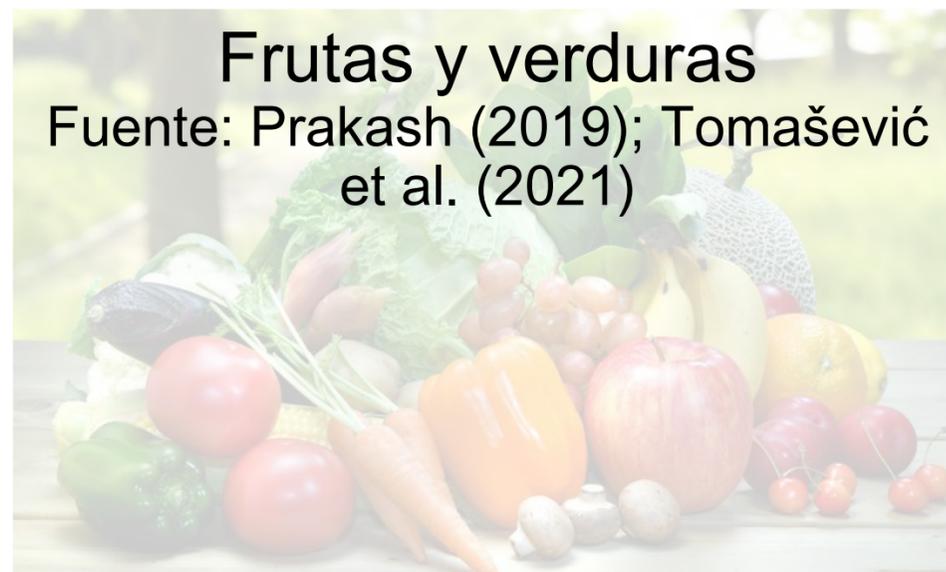
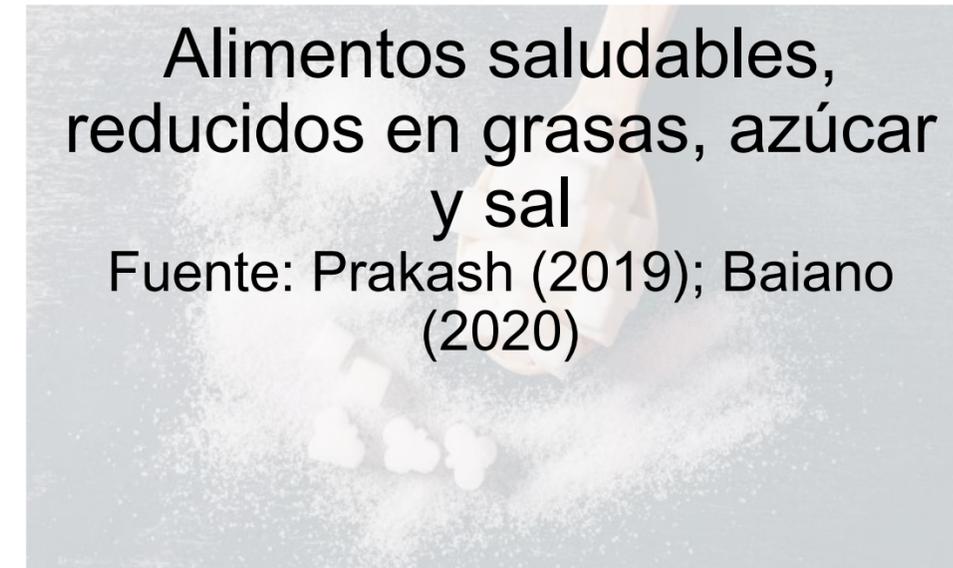
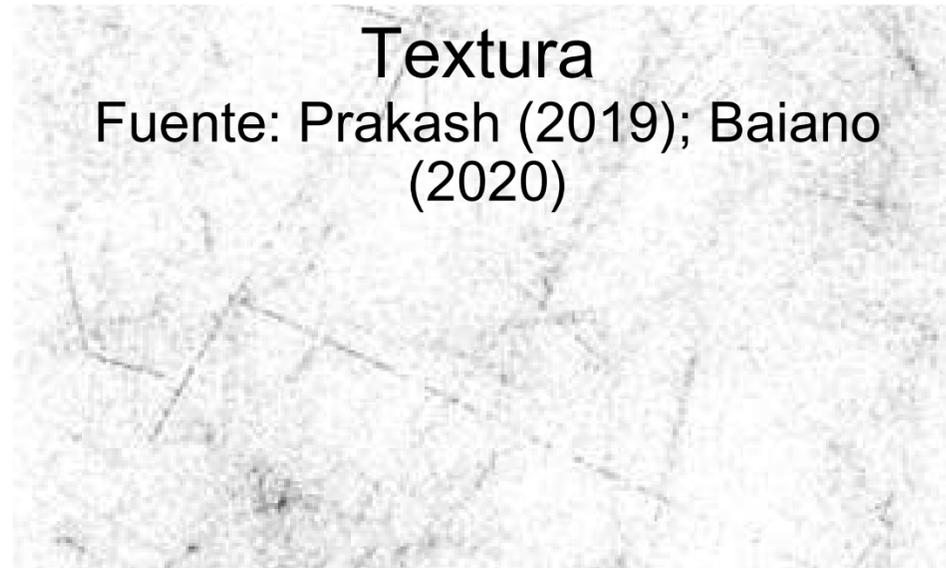
Alternativa de imprimir productos alimenticios en 3D, en base a *Durvillaea antarctica* (Cochayuyo), puede fomentar el consumo de algas.

## Objetivo general

Comparar los efectos de los diferentes métodos de secado sobre las propiedades estructurales y compuestos bioactivos de un snack obtenido mediante impresión 3D en base al alga Cochayuyo (*Durvillaea Antarctica*) y harina de arroz.



# MARCO TEÓRICO: IMPRESIÓN 3D Y APLICACIONES EN ALIMENTOS



# MARCO TEÓRICO: ALGA *DURVILLAEA ANTARCTICA*

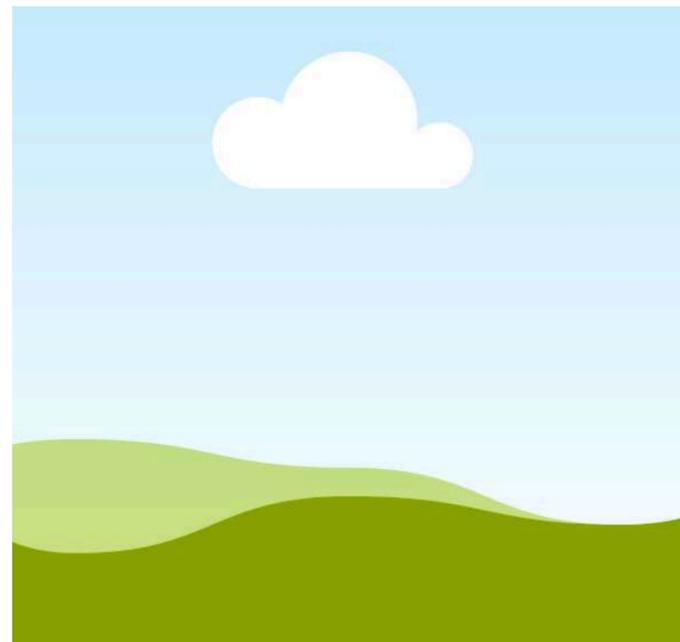


Figura 1. *Durvillaea antarctica* en estado fresco

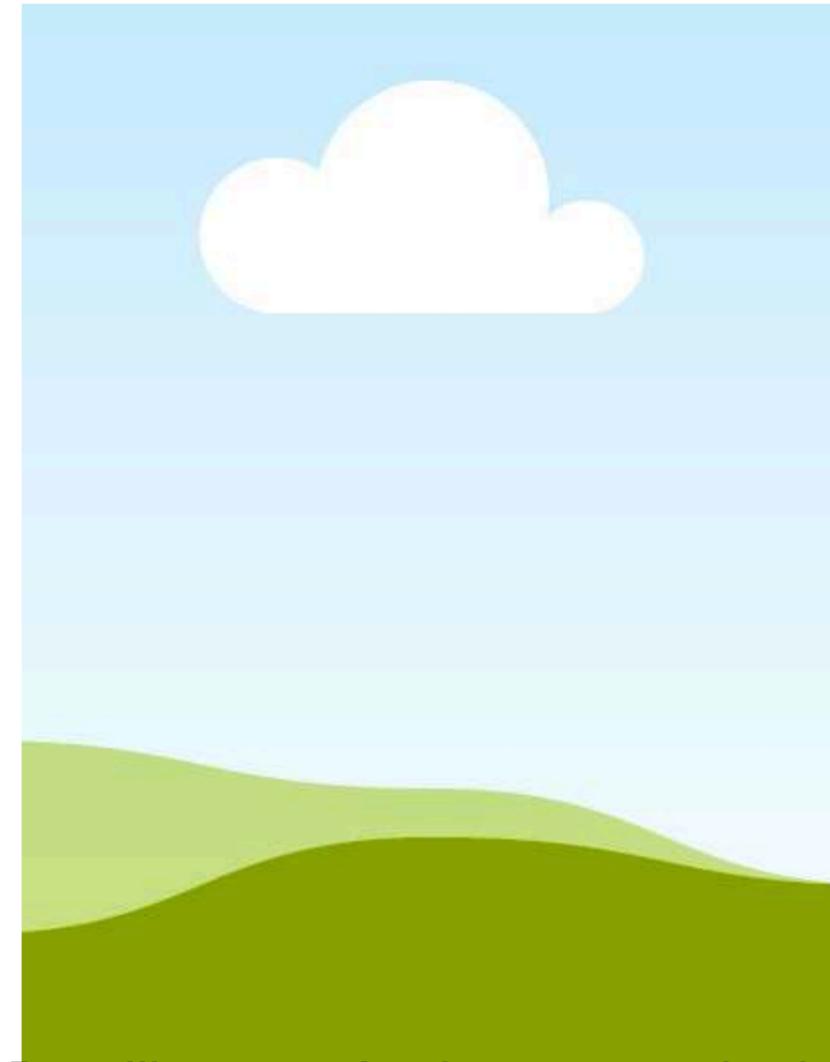
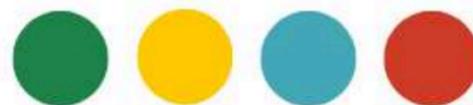


Figura 2. *Durvillaea antarctica* en estado deshidratado



# MARCO TEÓRICO: COMPUESTOS BIOACTIVOS



Tabla 1. Concentración de polifenoles totales en *Durvillaea antarctica*

Alga	Concentración de ácido gálico mg/100 g alga fresca	Concentración de ácido gálico mg/100 g alga deshidratada
<i>Durvillaea antarctica</i> (hojas)	55,00	198,57
<i>Durvillaea antarctica</i> (tallo)	48,72	273,68

Fuente: Ortiz (2011)

Tabla 2. Contenido total de polifenoles y capacidad antioxidante en extracto de algas

Especie de alga	Tipo	Polifenoles totales mg GAE/g alga deshidratada		DPPH $\mu\text{mol ET/g}$ alga deshidratada		ORAC $\mu\text{mol ET/g}$ alga deshidratada	
		Etanol	Acetona	Etanol	Acetona	Etanol	Acetona
<i>Durvillaea antarctica</i>	Parda	7,4 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	6,7 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	48,5 $\pm$ 4,2 <sup>a</sup>	27,8 $\pm$ 2,2 <sup>a</sup>	680,1 $\pm$ 11,6 <sup>a</sup>	64,7 $\pm$ 0,0 <sup>a</sup>
<i>Gelidium sp.</i>	Roja	3,2 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	3,4 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	4,8 $\pm$ 0,4 <sup>b</sup>	4,7 $\pm$ 0,2 <sup>c</sup>	277,8 $\pm$ 15,5 <sup>bc</sup>	6,9 $\pm$ 0,5 <sup>c</sup>
<i>Lessonia spicata</i>	Parda	3,3 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	3,8 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	6,6 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	10,7 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	448,3 $\pm$ 33,4 <sup>a</sup>	21,3 $\pm$ 1,3 <sup>b</sup>
<i>Nothogenia sp.</i>	Roja	4,8 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>	6,0 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	5,4 $\pm$ 0,3 <sup>ab</sup>	6,9 $\pm$ 0,1 <sup>bc</sup>	371,6 $\pm$ 12,3 <sup>ab</sup>	18,1 $\pm$ 0,9 <sup>b</sup>
<i>Mazzaella laminarioides</i>	Roja	1,9 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	3,1 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	2,2 $\pm$ 0,1 <sup>c</sup>	7,05 $\pm$ 0,8 <sup>b</sup>	208,1 $\pm$ 10,4 <sup>c</sup>	8,7 $\pm$ 0,6 <sup>c</sup>
<i>Pyropia sp.</i>	Roja	2,2 $\pm$ 0,0 <sup>b</sup>	3,1 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	6,5 $\pm$ 0,4 <sup>ab</sup>	10,6 $\pm$ 0,9 <sup>a</sup>	455,3 $\pm$ 3,4 <sup>a</sup>	30,7 $\pm$ 2,9 <sup>a</sup>

Diferentes letras indican las diferencias estadísticamente significativas para la prueba de rango múltiple de Tukey con un 95% de confianza, en cada columna.

Fuente: Pacheco et al. (2020)

# MARCO TEÓRICO: COMPUESTOS BIOACTIVOS



Tabla 3. Clases florotaninos

<b>Clase Florotanino</b>	<b>Enlace</b>
<b>Fucoles</b>	Arilo-arilo
<b>Floretoles</b>	Arilo-éter;
<b>Fucofloretoles</b>	Aril-arilo y aril-éter;
<b>Fuhaloles</b>	Éter dispuesto en orto y para con grupos OH adicionales;
<b>Carmaloles</b>	Derivados de floretoles con un resto de dibenzodioxina;
<b>Eckols</b>	Elementos de dibenzodioxina sustituidos por un grupo fenoxilo en C-4

Fuente: Erpel et al. (2023)



# METODOLOGÍA: FORMULACIÓN A IMPRIMIR



Figura 3. Formulación óptima mezcla impresión 3D



Figura 4. Impresora 3D de alimentos Food Bot S2  
Fuente: Extraído de sitio web empresa 3D Printers  
Online Store (2022)

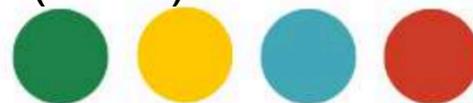


Figura 5. Impresión 3D- Fase final

# MARCO TEÓRICO: POST PROCESAMIENTO

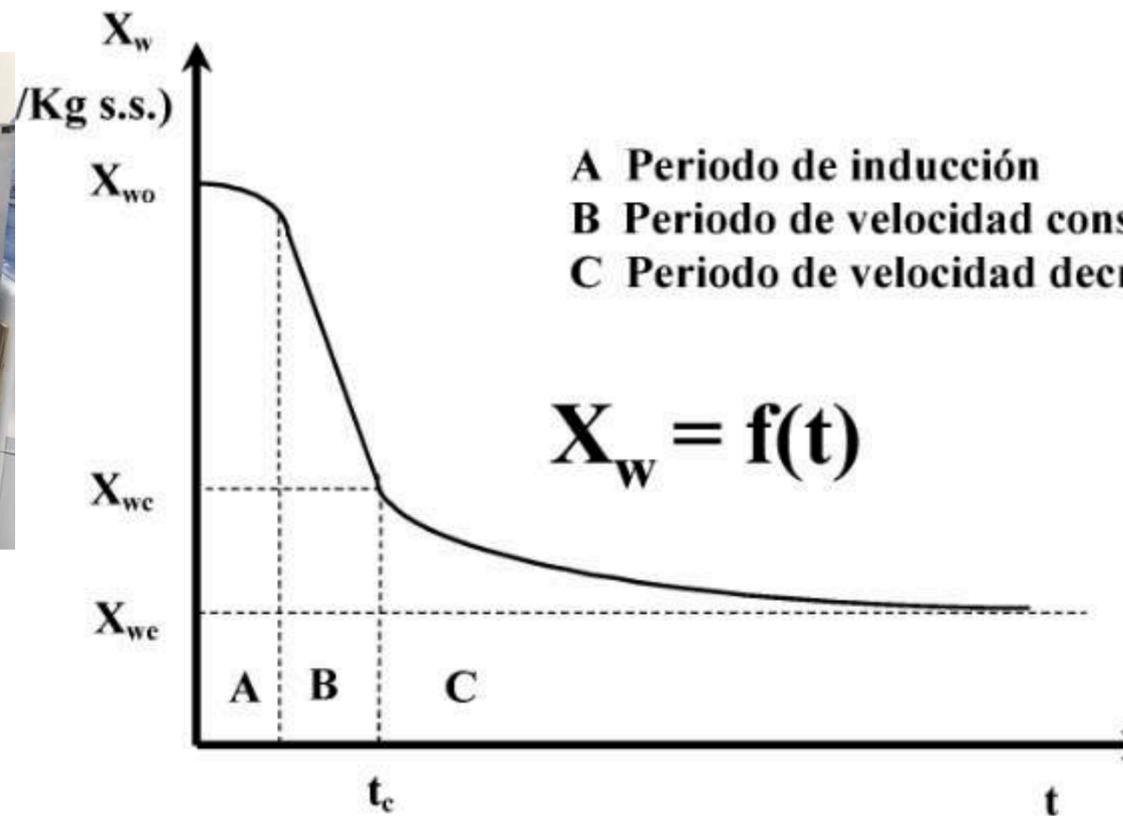


Gráfico 1. Curva de secado típica de materiales húmedos  
 Fuente: Maupoey et al. (2020)

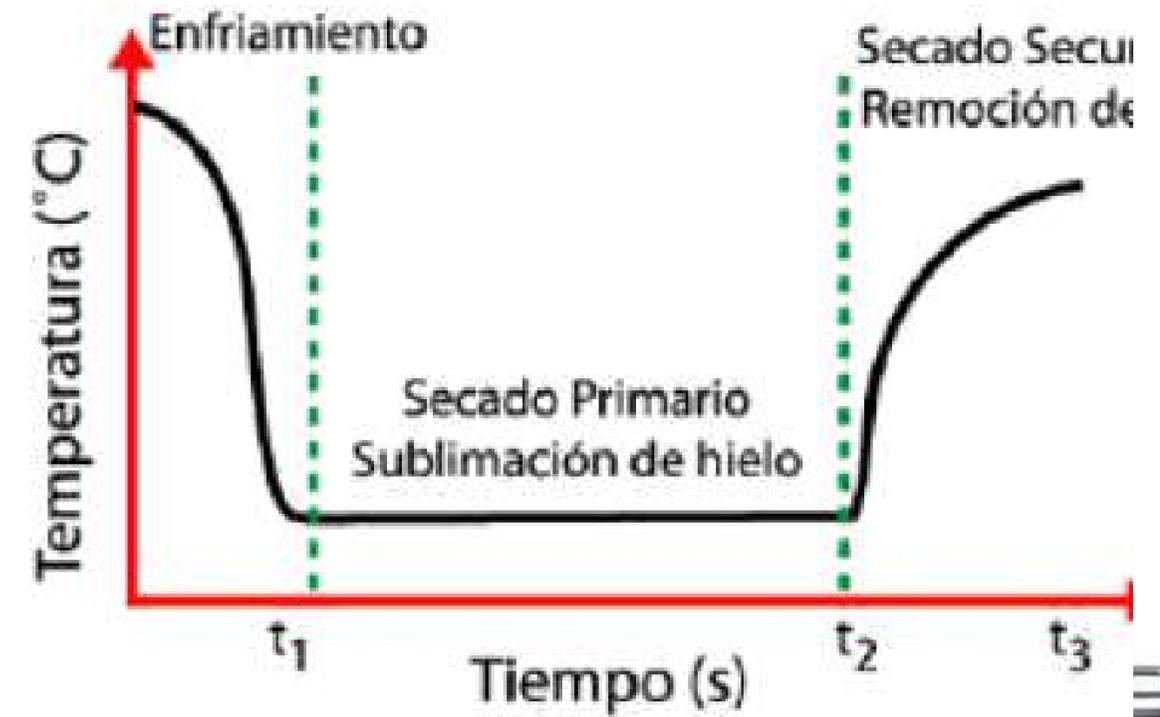
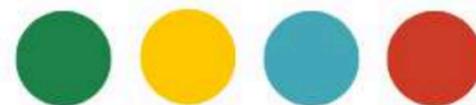


Gráfico 2. Etapas proceso liofilización  
 Fuente: Ramírez (2006)



# METODOLOGÍA: ANÁLISIS MUESTRAS

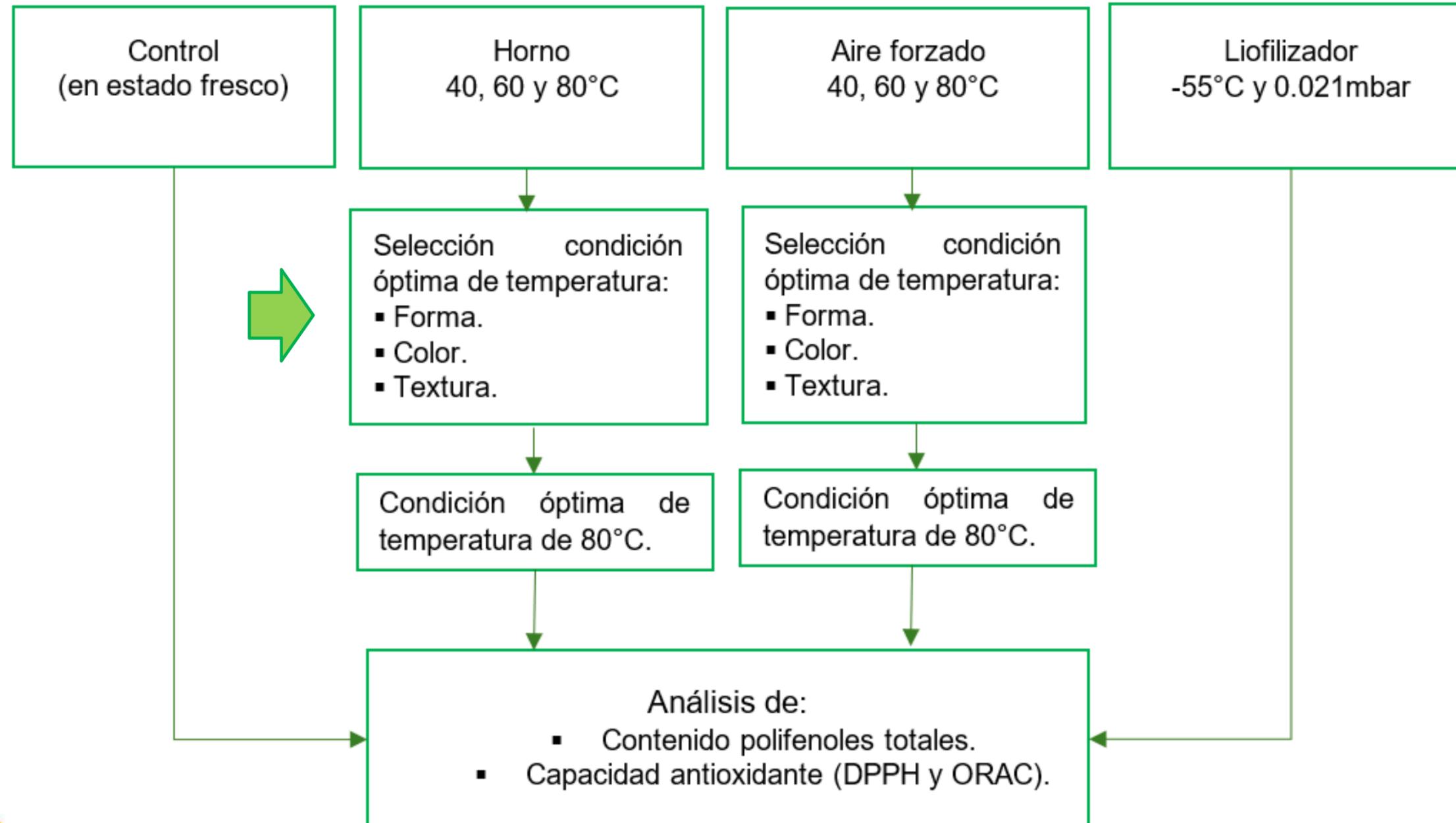


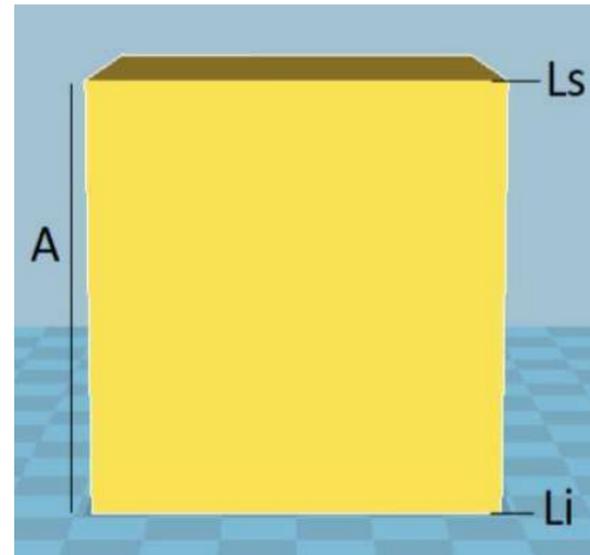
Figura 6. Esquema análisis muestras



# METODOLOGÍA: PROPIEDADES ESTRUCTURALES



## FORMA



$$\Delta A (\%) = \frac{A_0 - A}{A_0} * 100$$

$$\Delta Ls (\%) = \frac{Ls_0 - Ls}{Ls_0} * 100$$

$$\Delta Li (\%) = \frac{Li_0 - Li}{Li_0} * 100$$

Figura 7. Características dimensionales a utilizar

Fuente: Vásquez (2023)

Figura 8. Fórmulas para determinar cambios de forma



# METODOLOGÍA: PROPIEDADES ESTRUCTURALES



## COLOR

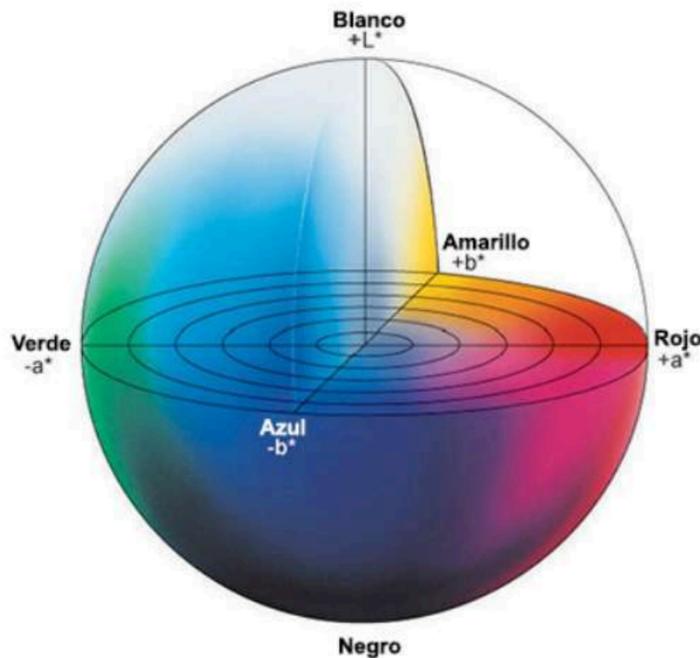


Figura 9. Espacio de color CIE Lab  
Fuente: Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) (2023)

$$\Delta E = \sqrt{(a^* - a_0)^2 + (b^* - b_0)^2 + (L^* - L_0)^2}$$

Figura 10. Ecuación para determinar cambio de color  
Fuente: Trello- Ireland (2011)

### Clasificación:

- a. Muy diferente ( $\Delta E > 3$ ).
- b. Diferente ( $1.5 < \Delta E < 3$ ).
- c. Mínima diferencia ( $\Delta E < 1.5$ ).

Fuente: Adekunte et al. (2010)



# METODOLOGÍA: PROPIEDADES ESTRUCTURALES



## TEXTURA



Figura 11. Análisis textura





# RESULTADOS: PROPIEDADES ESTRUCTURALES

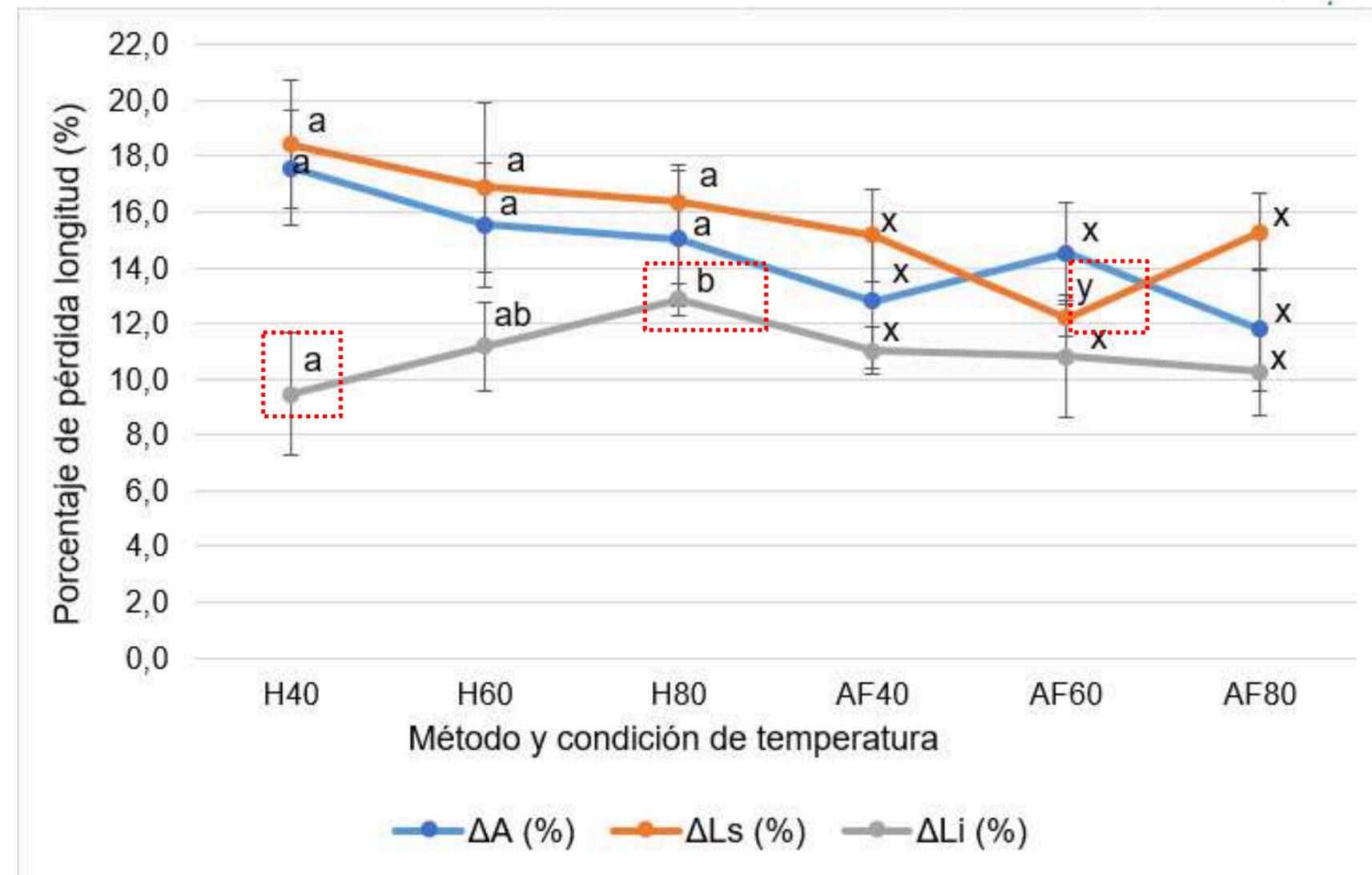


Gráfico 3. Porcentaje de pérdida de longitud de altura, lado superior e inferior según método y condición de temperatura de secado.





# RESULTADOS: PROPIEDADES ESTRUCTURALES

Tabla 4. Coordenadas colorimétricas y cambios en el color final de superficie según método y condición de temperatura de secado

Método de secado	Temperatura	L*	a*	b*	$\Delta E$
Control (fresco)	-	$38,87 \pm 3,16^{ax}$	$-1,00 \pm 0,26^{ax}$	$25,63 \pm 1,62^{ax}$	-
Horno	40°C	$22,83 \pm 1,01^b$	$-0,10 \pm 0,30^b$	$12,90 \pm 1,13^b$	$20,49 \pm 0,49^a$
	60°C	$28,07 \pm 1,02^c$	$-0,77 \pm 0,12^a$	$10,50 \pm 0,79^c$	$18,59 \pm 1,11^a$
	80°C	$27,83 \pm 2,63^c$	$0,07 \pm 0,06^b$	$17,53 \pm 0,95^d$	$13,73 \pm 3,15^b$
Aire forzado	40°C	$29,53 \pm 0,93^y$	$-0,10 \pm 0,26^y$	$17,40 \pm 1,54^y$	$12,48 \pm 0,47^x$
	60°C	$26,67 \pm 1,15^{yz}$	$-0,27 \pm 0,15^y$	$13,13 \pm 0,65^z$	$17,48 \pm 1,09^y$
	80°C	$25,00 \pm 2,95^z$	$0,10 \pm 0,26^y$	$17,37 \pm 1,25^y$	$16,18 \pm 3,24^{xy}$

a, b, c, d Para método de secado horno.

x, y, z Para método de secado aire forzado.

Las letras diferentes en la misma columna para el mismo método de secado significan diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).





# RESULTADOS: PROPIEDADES ESTRUCTURALES

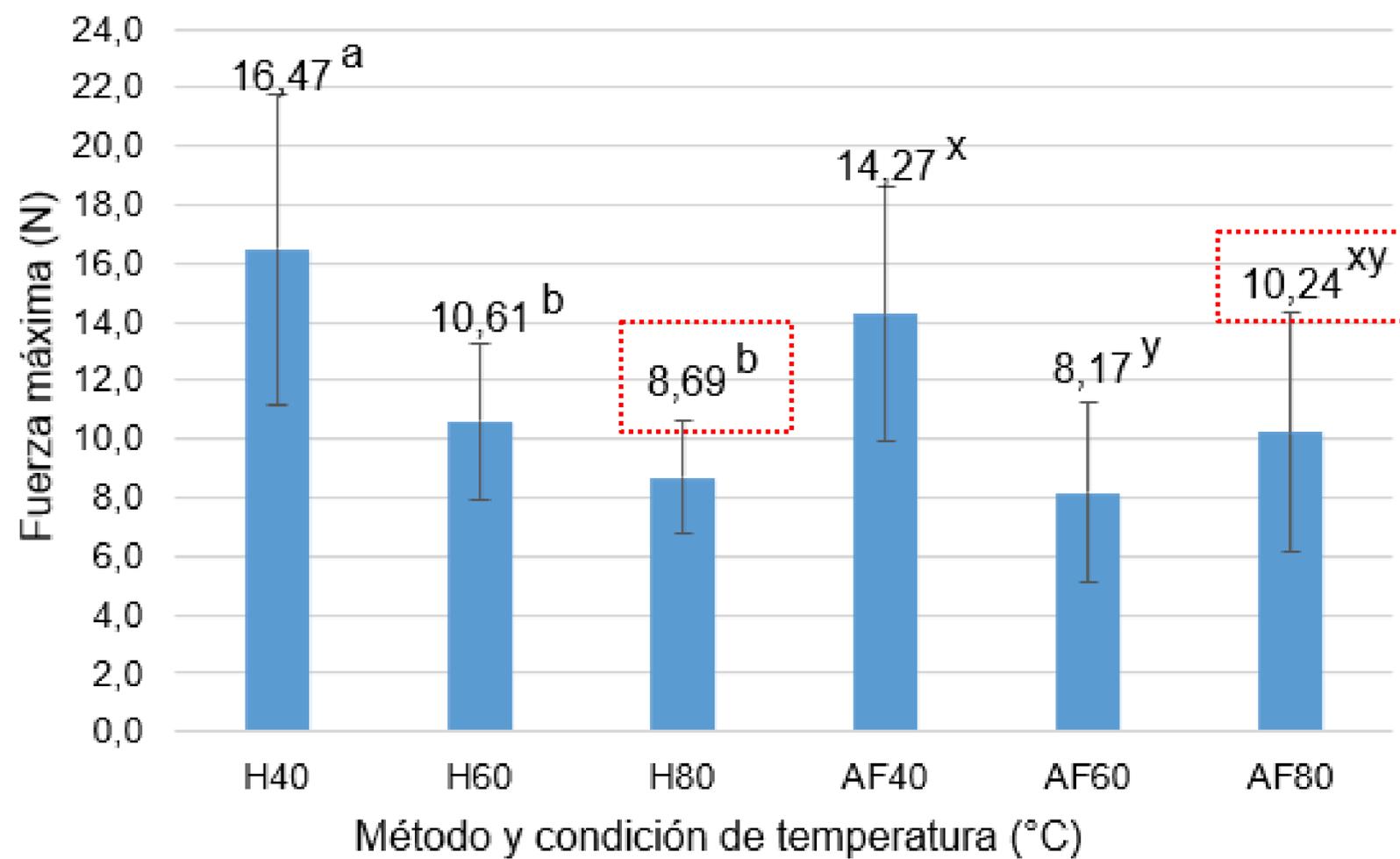
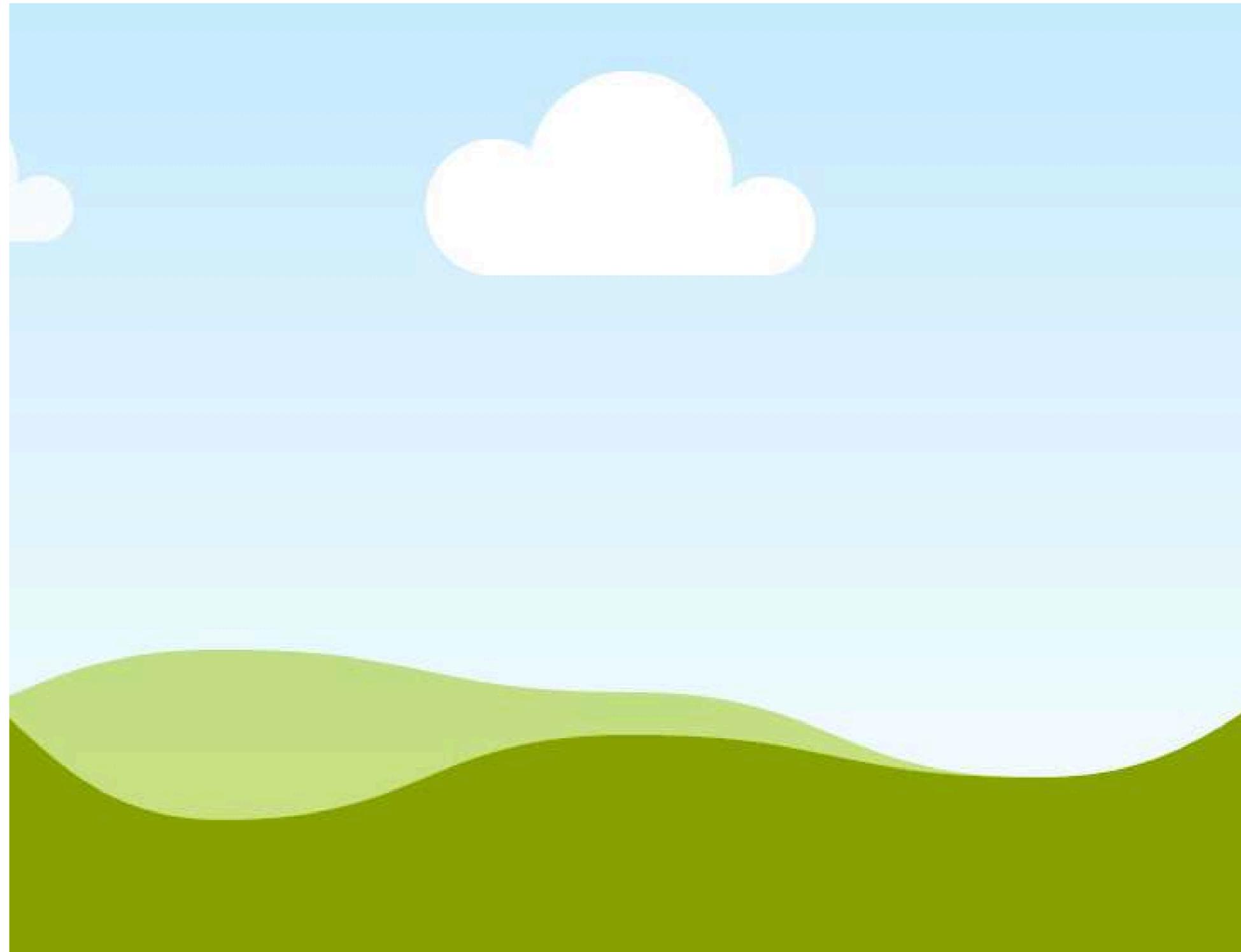


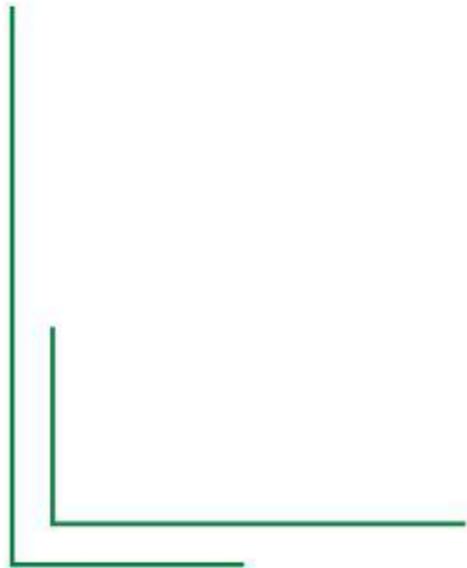
Gráfico 4. Fuerza máxima según método y condición de temperatura de secado



# RESULTADOS: PROPIEDADES ESTRUCTURALES



secado y condición de temperatura



# RESULTADOS: ANÁLISIS MUESTRAS

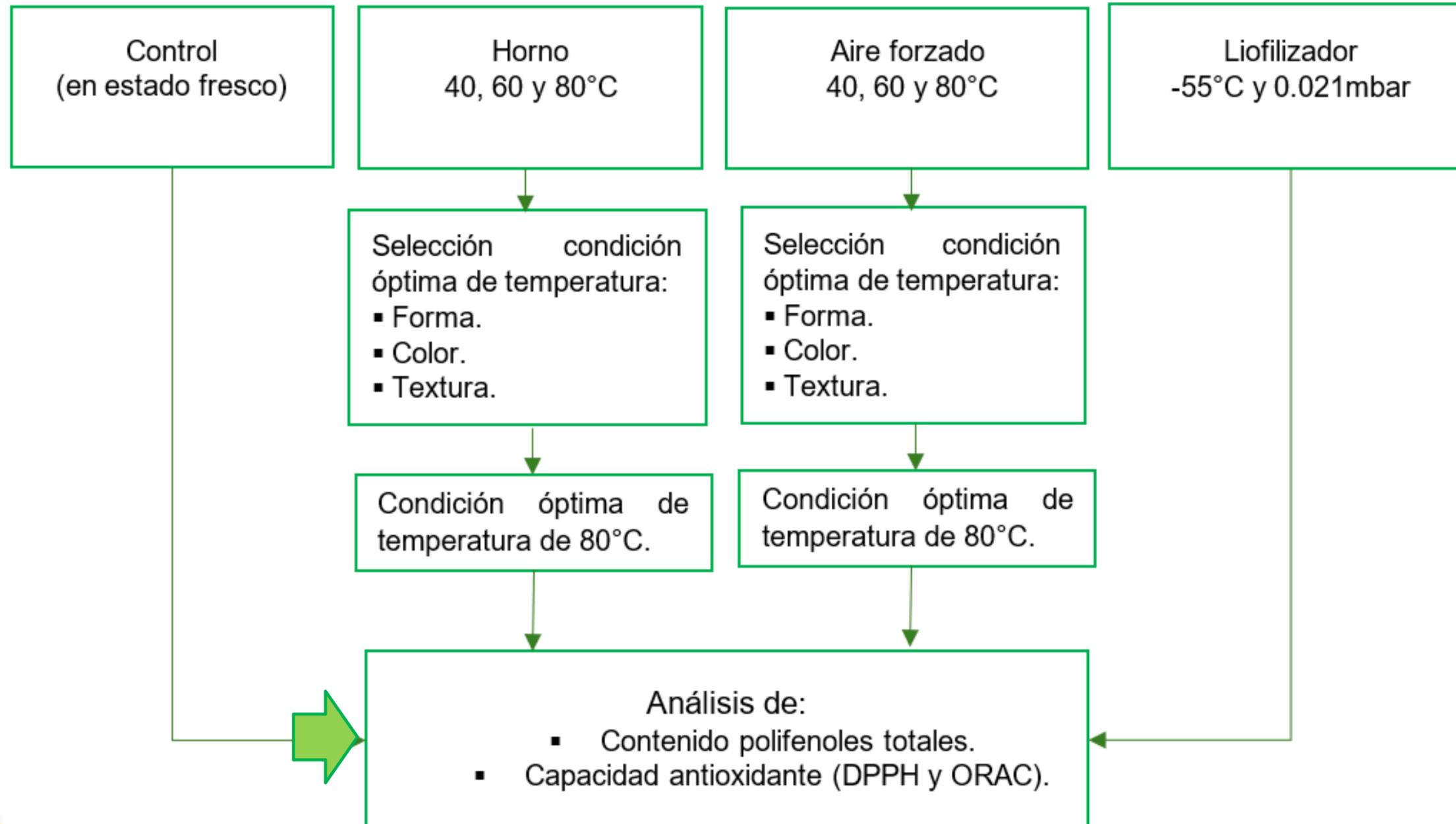
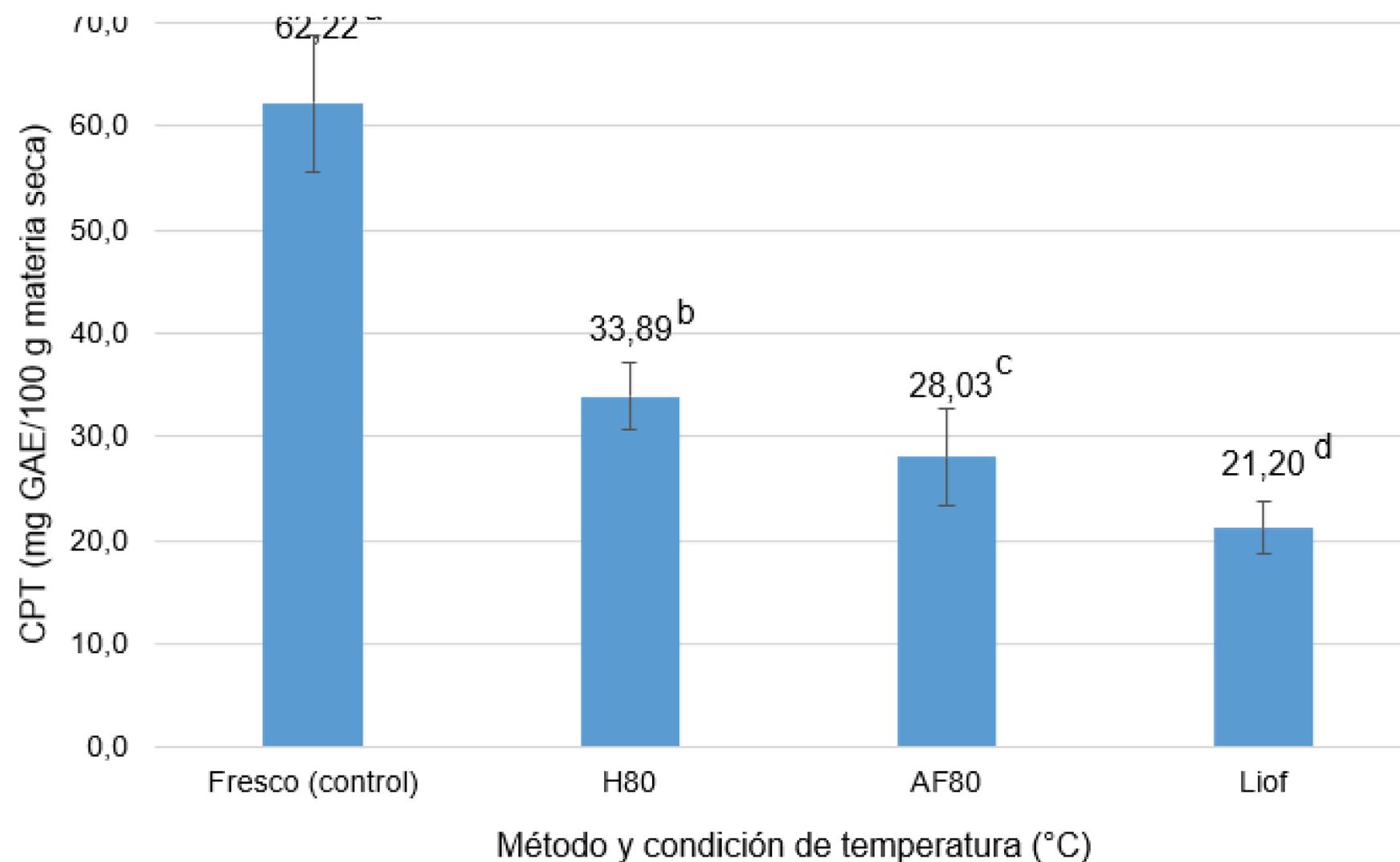


Figura 6. Esquema análisis muestras





## RESULTADOS: CONTENIDO POLIFENOLES TOTALES



Las letras diferentes significan diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

Gráfico 5. Contenido de polifenoles totales según método y condición de temperatura





# RESULTADOS: CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

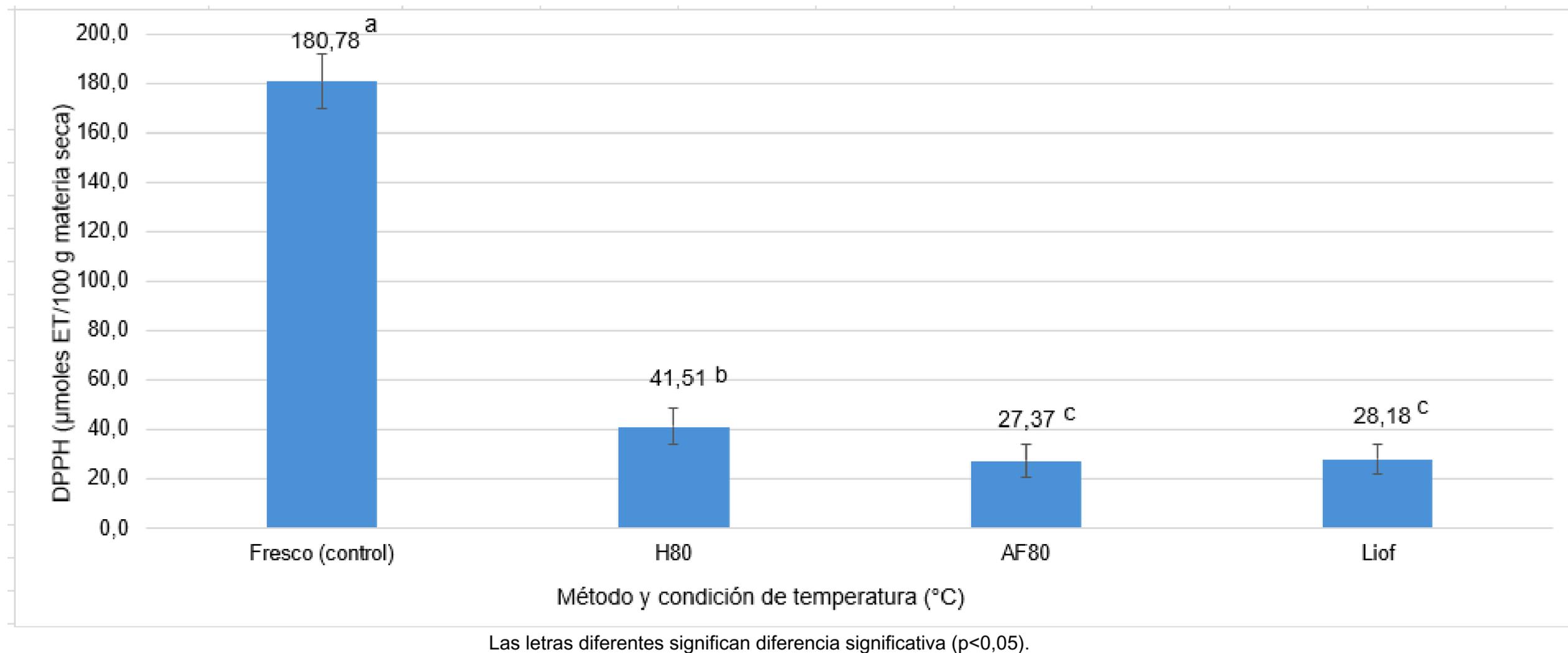


Gráfico 6. Capacidad antioxidante por DPPH según método y condición de temperatura





# RESULTADOS: CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

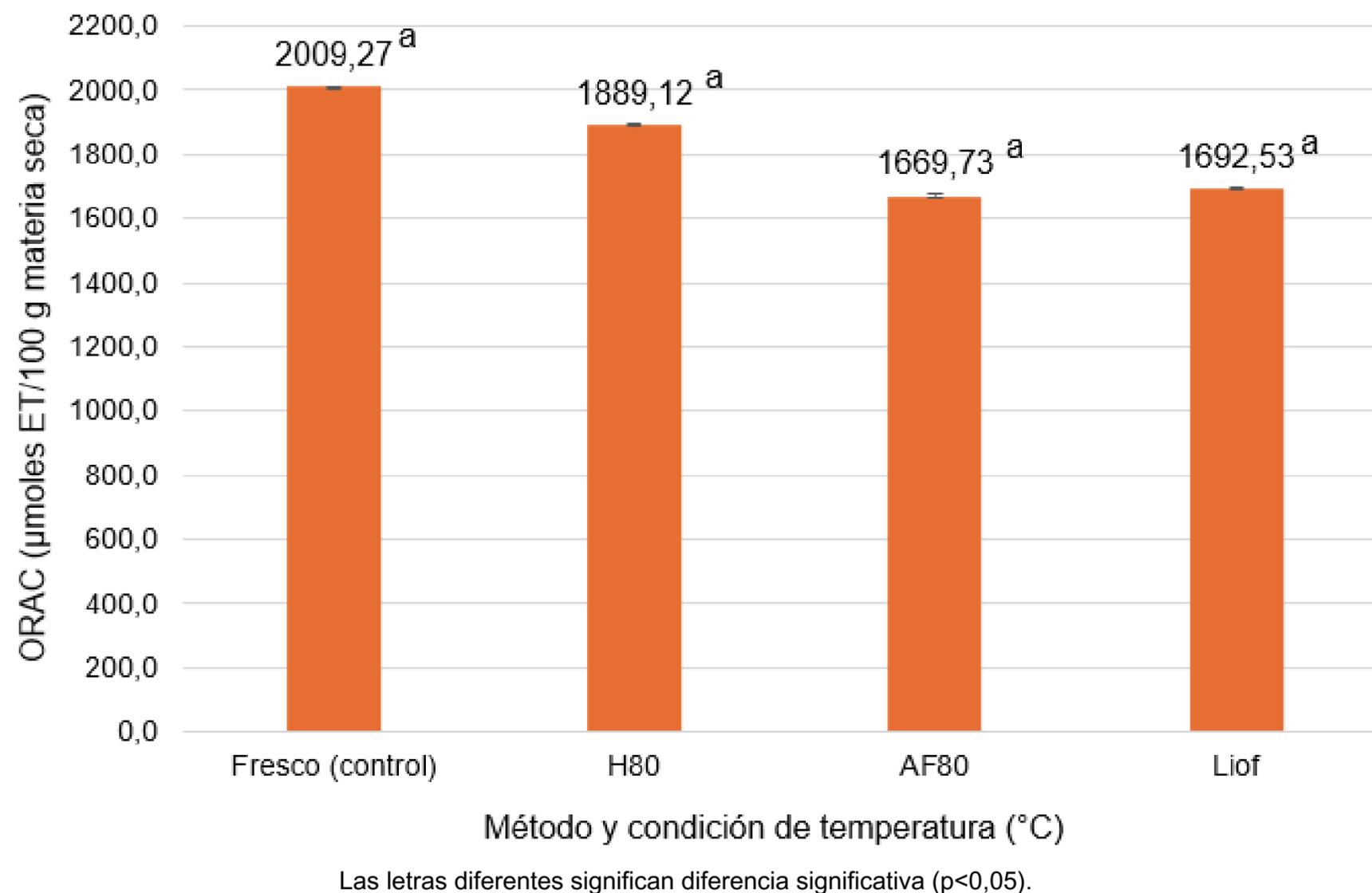


Gráfico 7. Capacidad antioxidante por ORAC según método y condición de temperatura





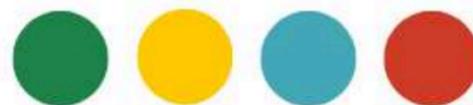
# RESULTADOS: CAPACIDAD ANTIOXIDANTE



# CONCLUSIONES



- Búsqueda de un snack en base a harina de Cochayuyo y arroz mediante la impresión 3D, es una propuesta atractiva.
- El post procesamiento es relevante para prolongar la vida útil.
- La temperatura de secado de 80°C por horno y aire forzado, preservó de mejor forma las propiedades estructurales de forma, color y textura.
- El contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante por DPPH fue mayor en las muestras control.
- En base a los presentes resultados, se podrían iniciar futuros estudios que consideren otros métodos de determinación de capacidad antioxidante, así como el análisis sensorial y aceptabilidad del producto.





# IV CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS

**MUCHAS GRACIAS**

Organiza:



# AGRADECIMIENTOS



- ANID, Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, Chile.
- Departamento de Nutrición y Dietética, Escuela de Ciencias de la Salud, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Dr. Roberto Lemus-Mondaca, Director de tesis, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile.
- Dr. Jaime Ortiz-Viedma, Co-Director de tesis, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile.
- Dra. Loreto Contador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

