



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**EFECTO DE LOS PARÁMETROS DE EXTRUSIÓN SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL Y TEXTURA EN LA MEZCLA DE MAÍZ**  
*Zea mays*, **CHOCHO** *Lupinus mutabilis Sweet* Y **PAPA** *Solanum tuberosum* **EN EL SNACK**

**Autor**

Richard Mauricio Taimal Quelal

Ibarra, 2019



**UTN**  
IBARRA - ECUADOR

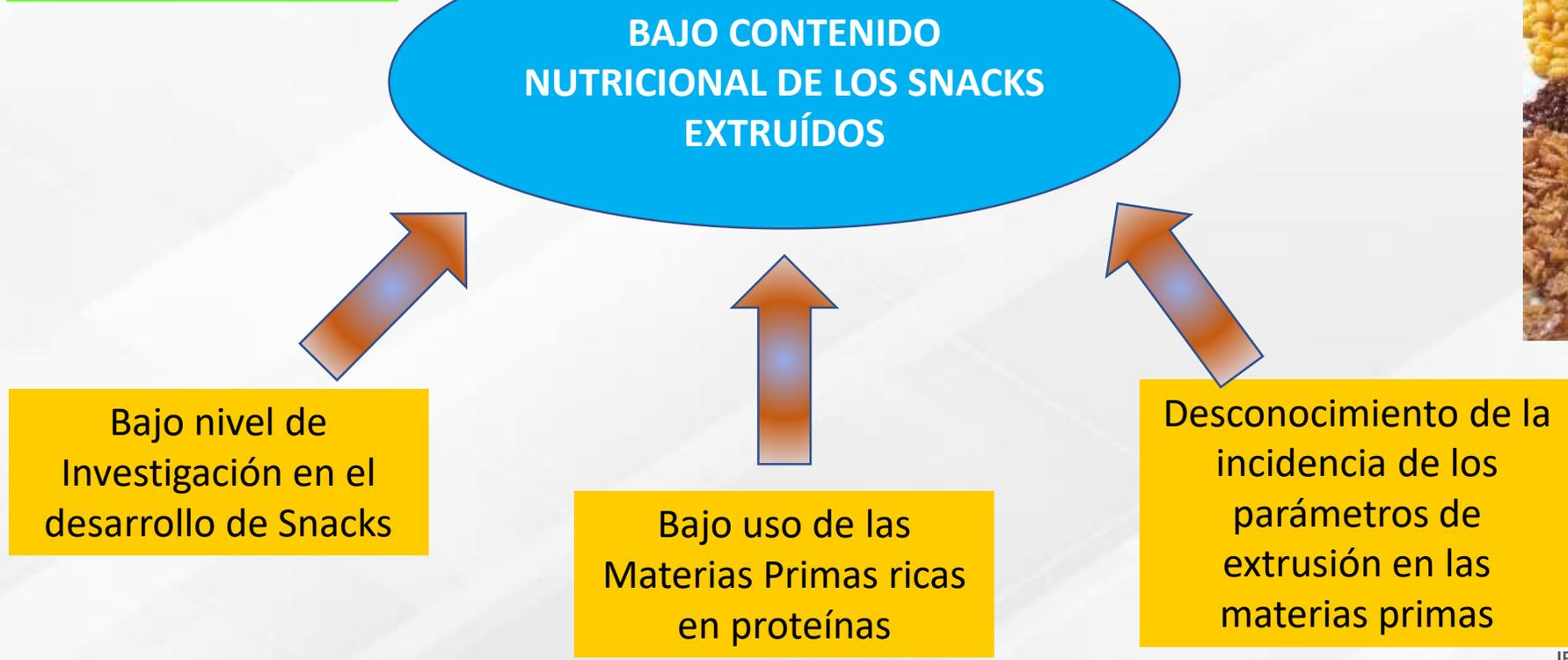
**Vive,  
sueña,  
construye**

# Planteamiento del Problema

EFFECTOS



CAUSAS

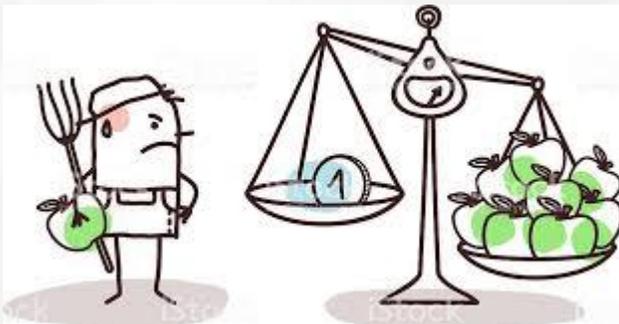


# Justificación

El Chocho y la papa: Cultivos andinos de alto valor nutricional.

Extrusión: Reduce la destrucción de nutrientes en los alimentos e incrementa su valor nutricional, debido a su funcionamiento HTST

Aumentar el contenido nutricional de los snacks extruidos y el potencial agroindustrial de las MP agrícolas



# Objetivos

## Objetivo General

Evaluar los efectos de los parámetros de extrusión sobre la calidad nutricional y textura en la mezcla de maíz, chocho y papa del producto terminado.

## Objetivos Específicos

1. Determinar el contenido nutricional de las materias primas (grits).
2. Evaluar los efectos de la temperatura de extrusión, el tipo de mezcla y contenido de humedad sobre los atributos de la textura y aceptabilidad sensorial.
3. Evaluar las características físico-químicas y calidad nutricional del producto terminado.

# Hipótesis

Nula  
Ho:

- La mezcla de grits (maíz, chocho, papa) y los parámetros del proceso de extrusión **no influyen** sobre el contenido de nutrientes, calidad sensorial y propiedades físicas del producto extruido expandido.

Alternativa  
Ha:

- La mezcla de grits (maíz, chocho, papa) y los parámetros del proceso de extrusión **influyen** sobre el contenido de nutrientes, calidad sensorial y propiedades físicas del producto extruido expandido.





# MATERIALES Y MÉTODOS

# Materiales y Equipos

## MATERIAS PRIMAS

- Grits de maíz duro amarillo ***Zea mays***
- Grits de chocho ***Lupinus mutabilis Sweet*** variedad Andino 450
- Grits de papa ***Solanum tuberosum*** variedad súper chola

## MATERIALES

- Recipientes plásticos
- Rebanadora
- Bandejas de acero inoxidable
- Bandejas plásticas
- Tamiz # 10 (2.8mm)
- Probetas
- Tubos de ensayo
- Embudos de vidrio
- Vasos de precipitación
- Cajas Petri
- Crisoles
- Agitadores magnéticos
- Mortero y pistilo
- Selladora
- Calibrador analítico Pie de Rey
- Papel filtro

## EQUIPOS

- Extrusor de simple tornillo
- Deshidratador de bandejas
- Molino
- Estufa
- Balanza
- Desecador
- Espectrofotómetro
- Centrífuga
- Baño María
- Texturómetro

# Diseño Experimental

DCA ABC+1

Tratamientos 9

Unidades Experimentales 27

FACTORES EN ESTUDIO

**A**

Formulación de la mezcla

**A1:** Maíz 70% + Chocho 15% + papa 15%  
**A2:** Maíz 80% + Chocho 10% + papa 10%

**B**

Humedad de la mezcla

**B1:** 15%  
**B2:** 20%

**C**

Temperatura de extrusión

**C1:** 110°C  
**C2:** 140°C

**TESTIGO**

Maíz 100%

FACTORES CONSTANTES

**Alimentación:** 3 kg  
**Diámetro de la boquilla:** 2,5 mm  
**Velocidad del tornillo:** 300 rpm



# Análisis de Composición

## MATERIAS PRIMAS



MAÍZ  
DURO



CHOCHO



PAPA

- Humedad
- Cenizas
- Proteína
- Fibra
- Carbohidratos
- Lípidos
- Almidón
- Amilosa
- Amilopectina

## FORMULACIONES

M1
70% Maíz
15% Chocho
15% Papa



M2
80% Maíz
10% Chocho
10% Papa



# Análisis Evaluados a los Productos Extruidos



## PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS

Humedad  
Proteína  
Lípidos  
Fibra  
Cenizas  
Carbohidratos

## PROPIEDADES FUNCIONALES

- Índice de expansión
- Densidad Aparente
- Índice de absorción de Agua
- Índice de solubilidad en Agua

## ACEPTABILIDAD SENSORIAL

- Color
- Olor
- Textura
- Sabor

## TEXTURA

### DESCRIPTIVA

- Dureza
- Crujencia
- Resistencia a la Ruptura

### ADHERENCIA

### INSTRUMENTAL

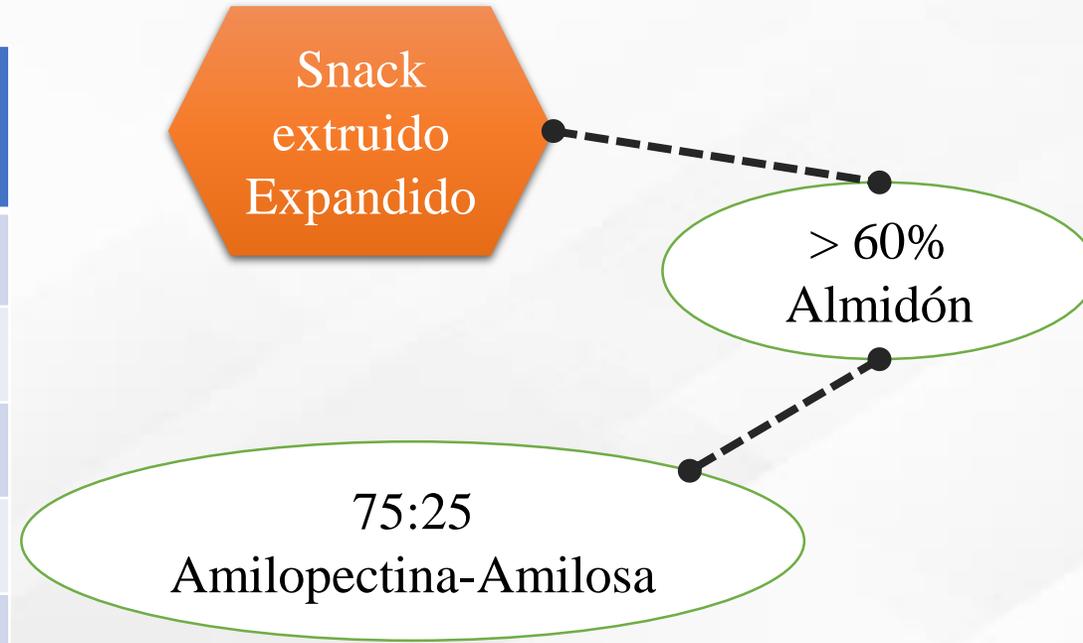
- Compresión
- Punción
- Corte Guillotina
- Corte en “V”

# RESULTADOS Y DISCUSIONES



# Caracterización de Materias Primas (bs)

PARÁMETROS		GRITS DE MAÍZ	GRITS DE CHOCHO	GRITS DE PAPA
Humedad	%	12,42	9,16	7,79
Proteína	%	9,42	41,20	5,31
Lípidos	%	2,09	16,34	0,59
Cenizas	%	0,63	3,06	1,73
Carbohidratos	%	75,44	30,24	84,58
Fibra Bruta	%	0,89	10,46	1,56
Almidón	%	72,68	13,30	74,26
Amilosa	%	21,04	27,77	18,40
Amilopectina	%	78,96	72,23	81,60



# Composición Nutricional de las Mezclas (bs)

Parámetros	<b>MEZCLA 1</b> 70% Maíz 15% Chocho 15% Papa	<b>MEZCLA 2</b> 80% Maíz 10% Chocho 10% Papa
Humedad	11.24	11.63
Proteína	13.57	12.18
Extracto etéreo	4.00	3.36
Cenizas	1.16	0.98
Carbohidratos	70.03	71.85
Fibra	2.42	1.91

Los componentes de la matriz alimentaria cumplen varias funciones en el proceso de extrusión

(Guy, 2001)

Alimento de mayor valor nutricional

Complementación de aminoácidos

# Propiedades Físico-químicas del producto Extruido



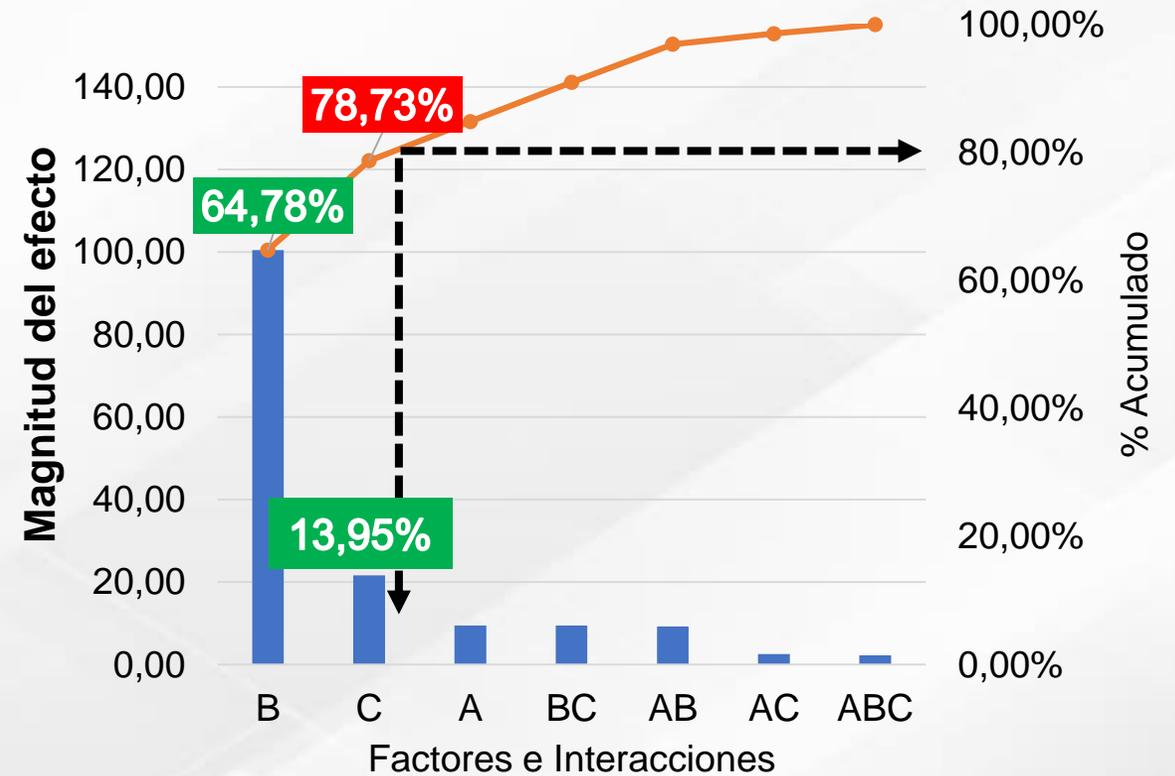
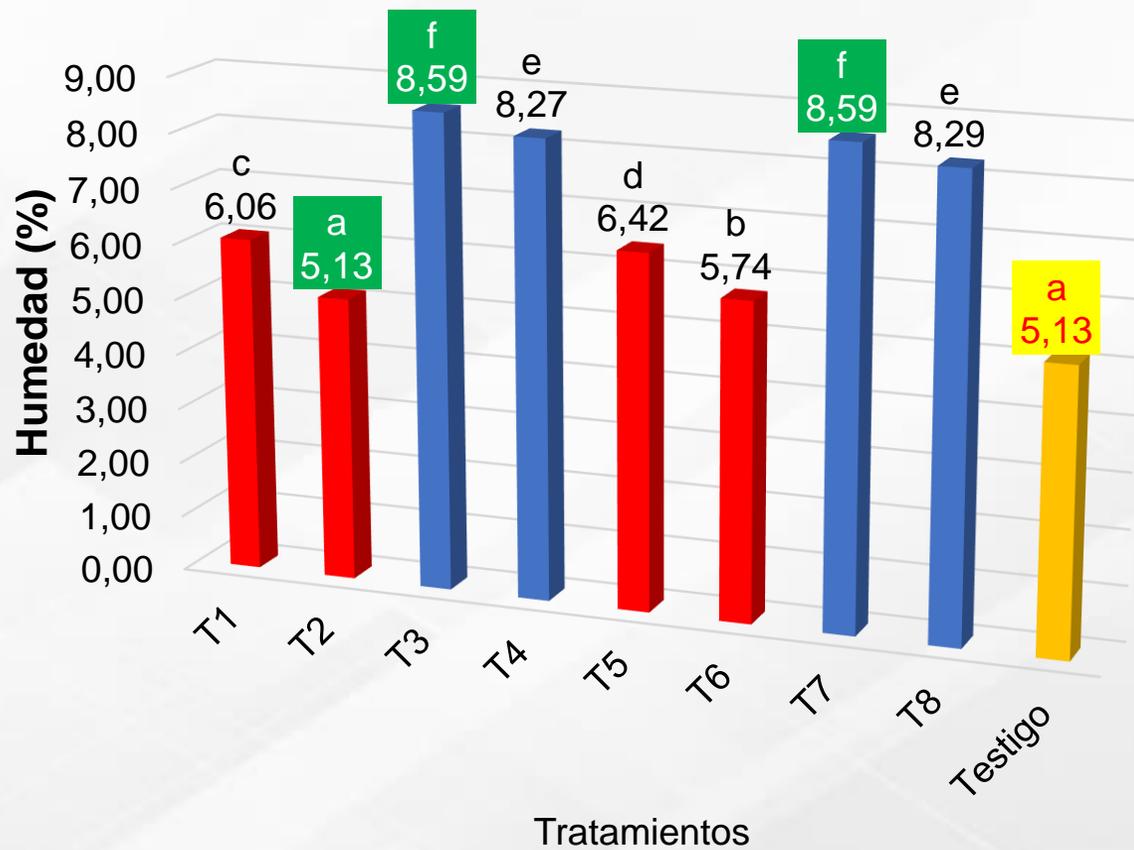
# ANOVA de Variables de Composición Nutricional del Snack

Fuentes de Variación	GL	Humedad	Proteína	Lípidos	Fibra	Cenizas	Carbohidratos
		F-Valor	F-Valor	F-Valor	F-Valor	F-Valor	F-Valor
Total	26						
Tratamientos	8	1598,86**	1392,35**	533,59**	1271,64**	85,70**	2164,05**
A (Fórmula de mezcla)	1	85,25**	2325,08**	2433,32**	2474,85**	105,95**	2982,08**
B (Humedad de la mezcla)	1	9552,01**	187,30**	718,44**	36,71**	<b>1,07 ns</b>	539,46**
C (Temperatura de extrusión)	1	442,95**	<b>0,52 ns</b>	24,24**	21,38**	12,70**	62,71**
AB	1	80,96**	93,99**	54,04**	<b>1,63 ns</b>	22,60**	57,50**
AC	1	6,17*	152,61**	34,75**	<b>3,08 ns</b>	<b>0,83 ns</b>	108,48**
BC	1	85,14**	1636,57**	182,04**	<b>0,03 ns</b>	37,90**	2036,95**
ABC	1	4,62*	121,24**	22,24**	<b>0,64 ns</b>	8,46**	159,15**
Testigo vs Resto	1	2533,75**	6621,48**	799,64**	87,10**	496,11**	11366,11**
Error. exp.	18						
CV (%)		0,94	0,94	3,51	1,38	2,79	0,19

\*\* : Altamente significativo ( $p \leq 0.01$ ); \* : Significativo ( $p \leq 0.05$ ); ns: no significativo ( $p > 0.05$ )

# Contenido de Humedad de los Productos Extruidos

Contenidos de humedad < 10% (productos extruidos), reducen el riesgo de crecimiento microbiano  
(Rehal, Kaur, Kaur, y Singh, 2017)



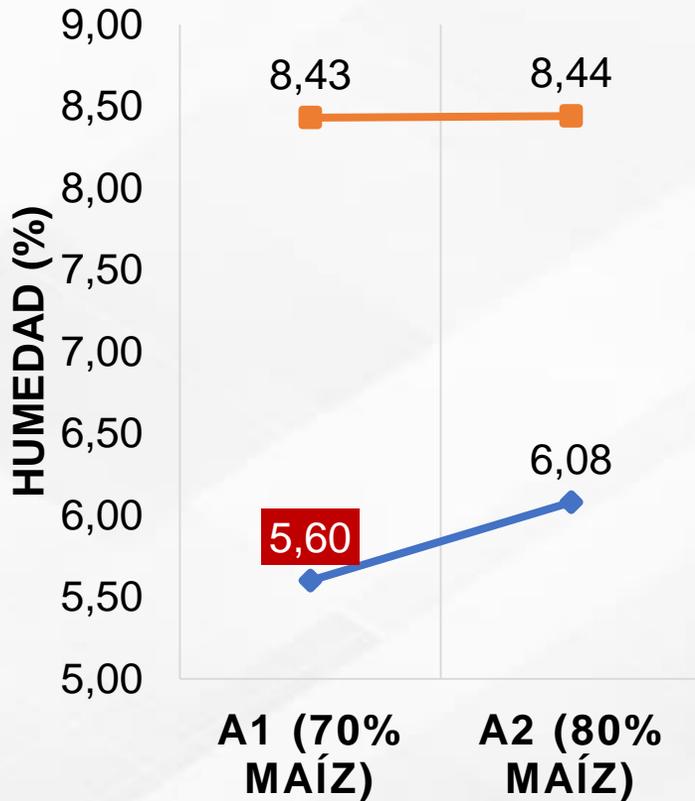


# Interacción de Factores en la variable Humedad

## Interacción AB

Humedad de la mezcla

◆ B1 (15%)    ■ B2 (20%)

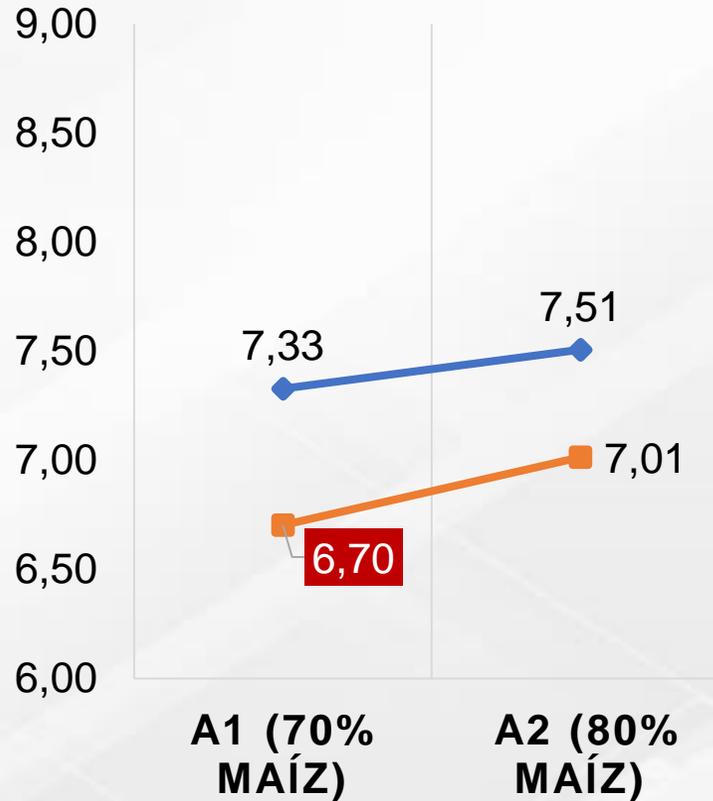


Fórmula de la mezcla

## Interacción AC

Temperatura extrusión

◆ C1 (110°C)    ■ C2 (140°C)

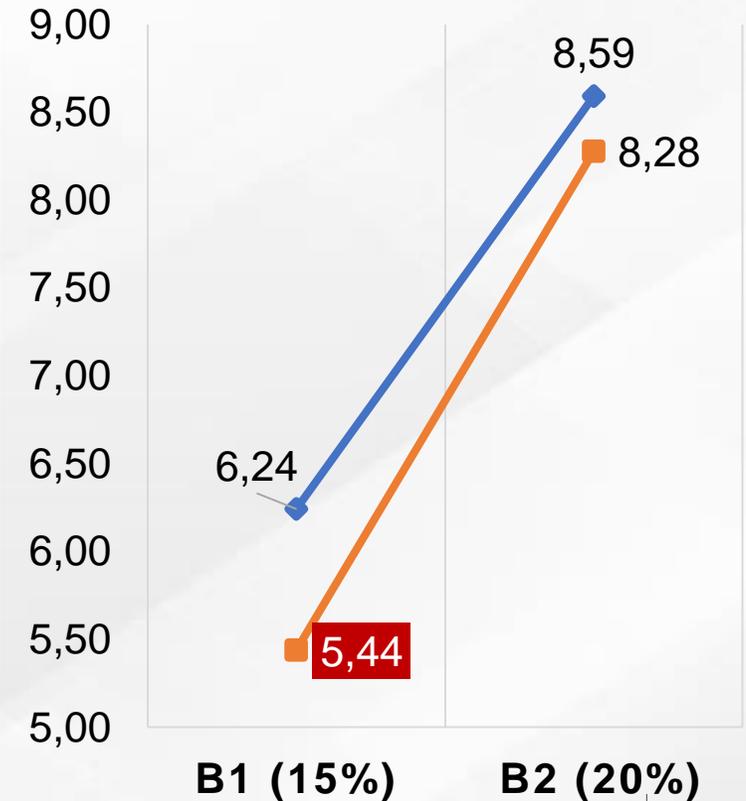


Fórmula de la mezcla

## Interacción BC

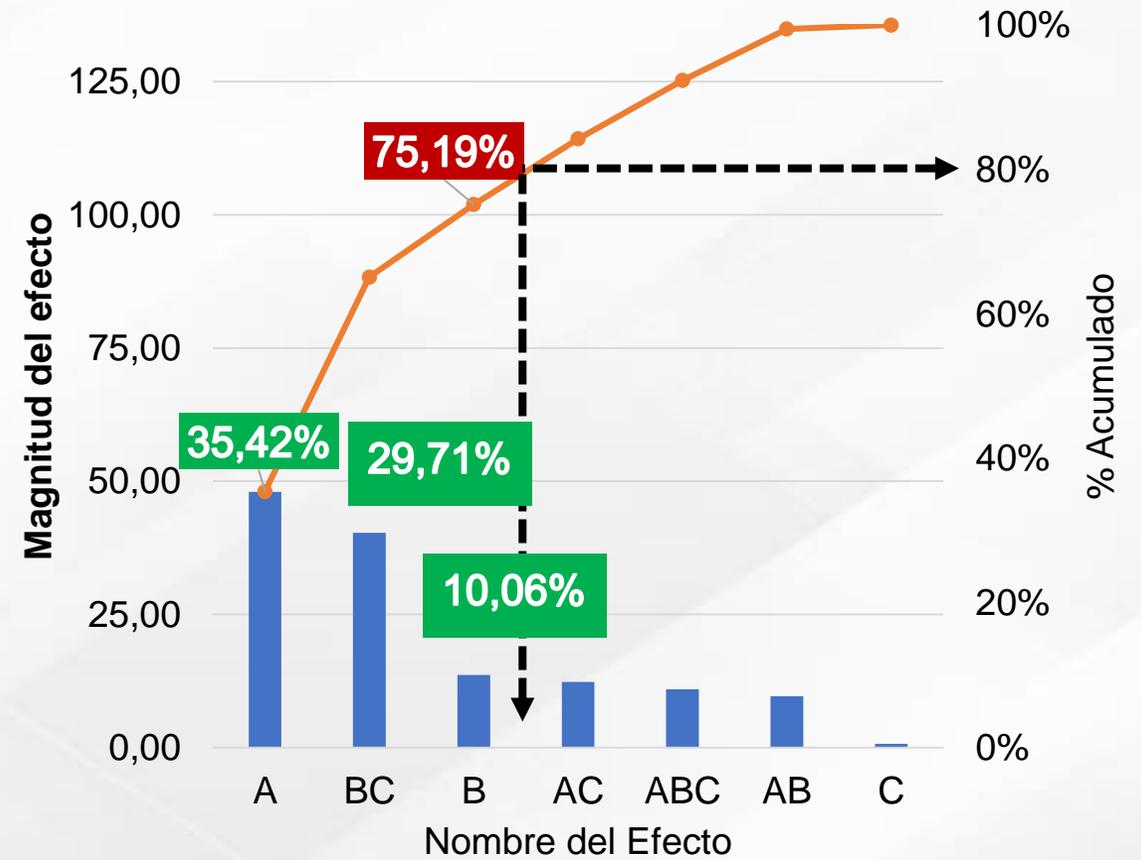
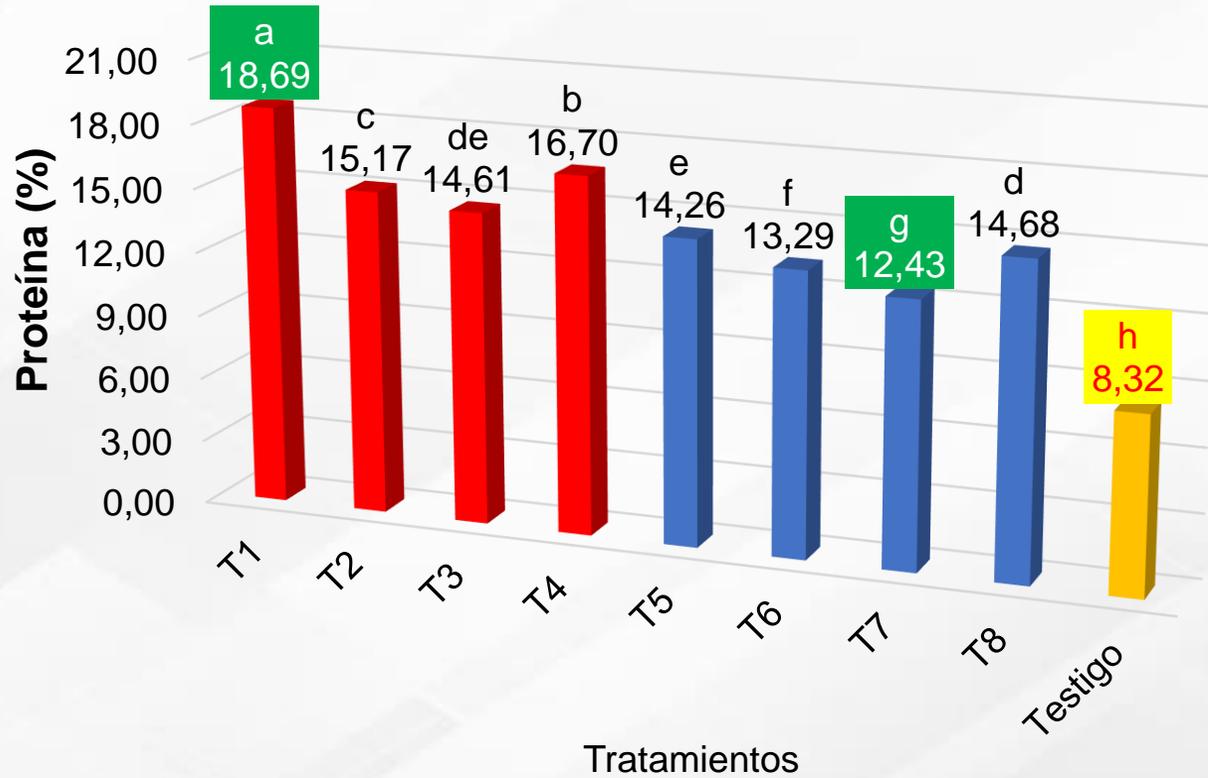
Temperatura extrusión

◆ C1 (110°C)    ■ C2 (140°C)



Humedad de la mezcla

# Contenido de Proteína de los Productos Extruidos

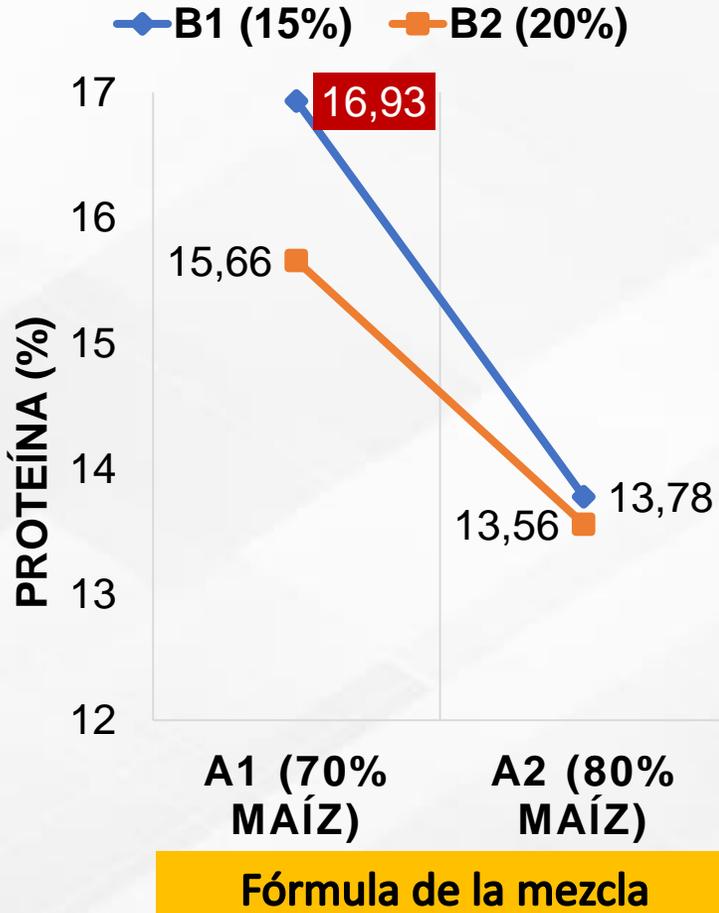


Patil et al. (2017): mayor %Proteína > Dureza producto

# Interacción de Factores en la variable Proteína

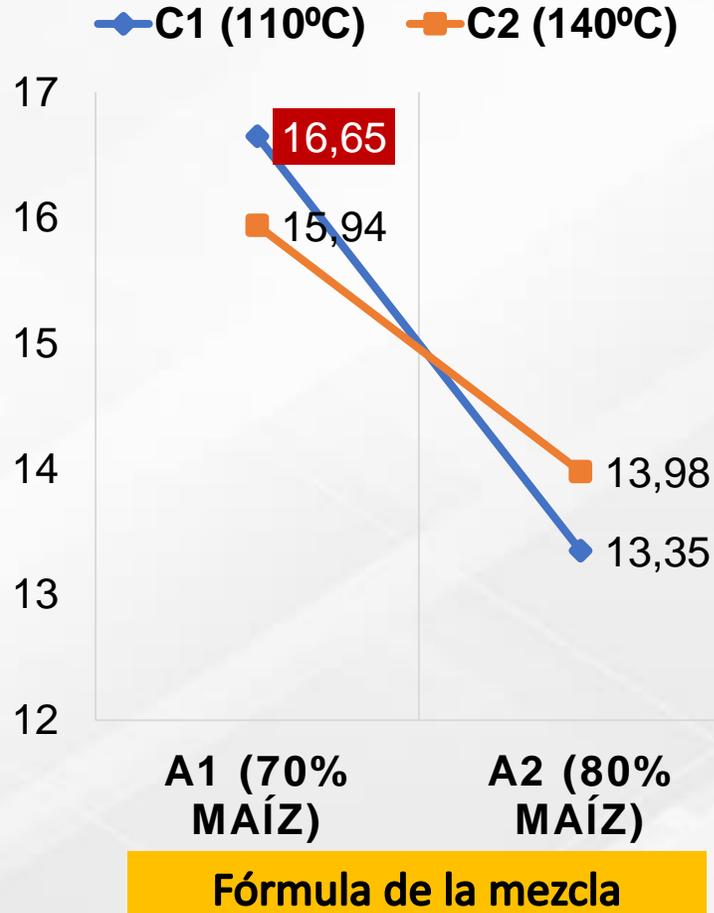
## Interacción AB

Humedad de la mezcla



## Interacción AC

Temperatura extrusión

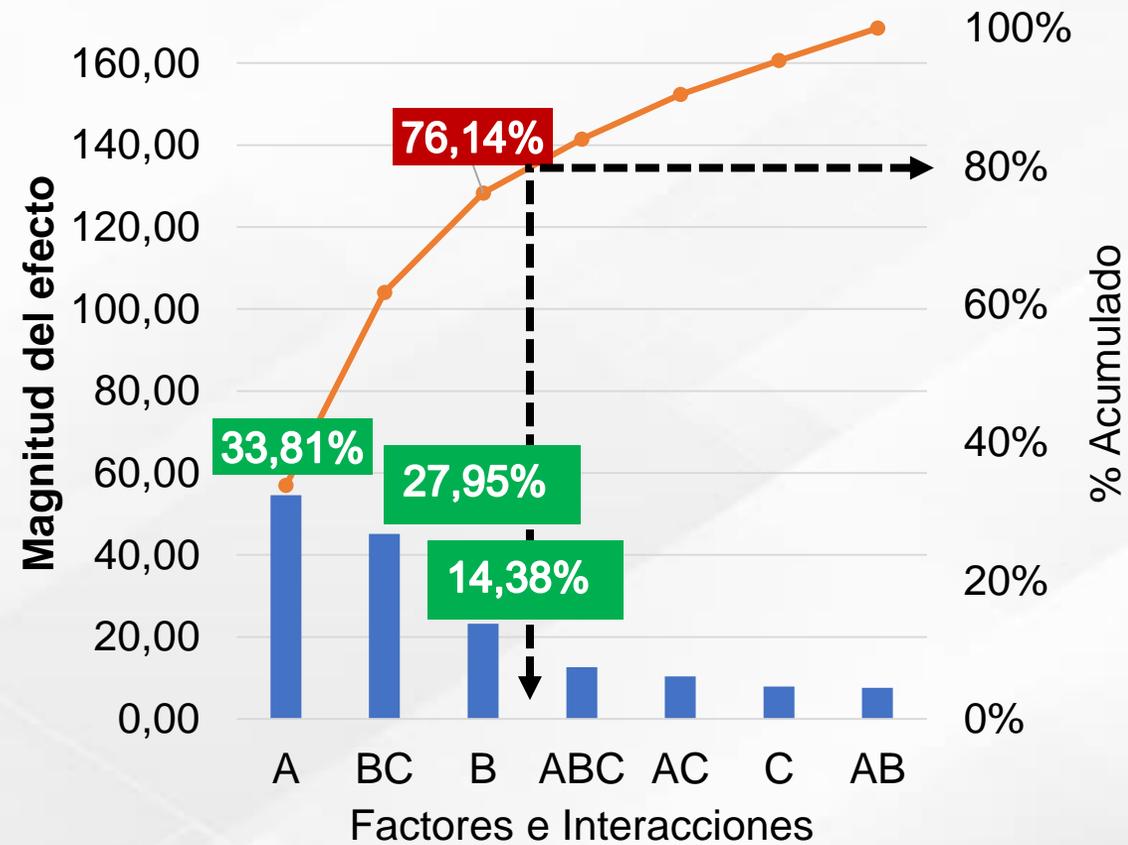
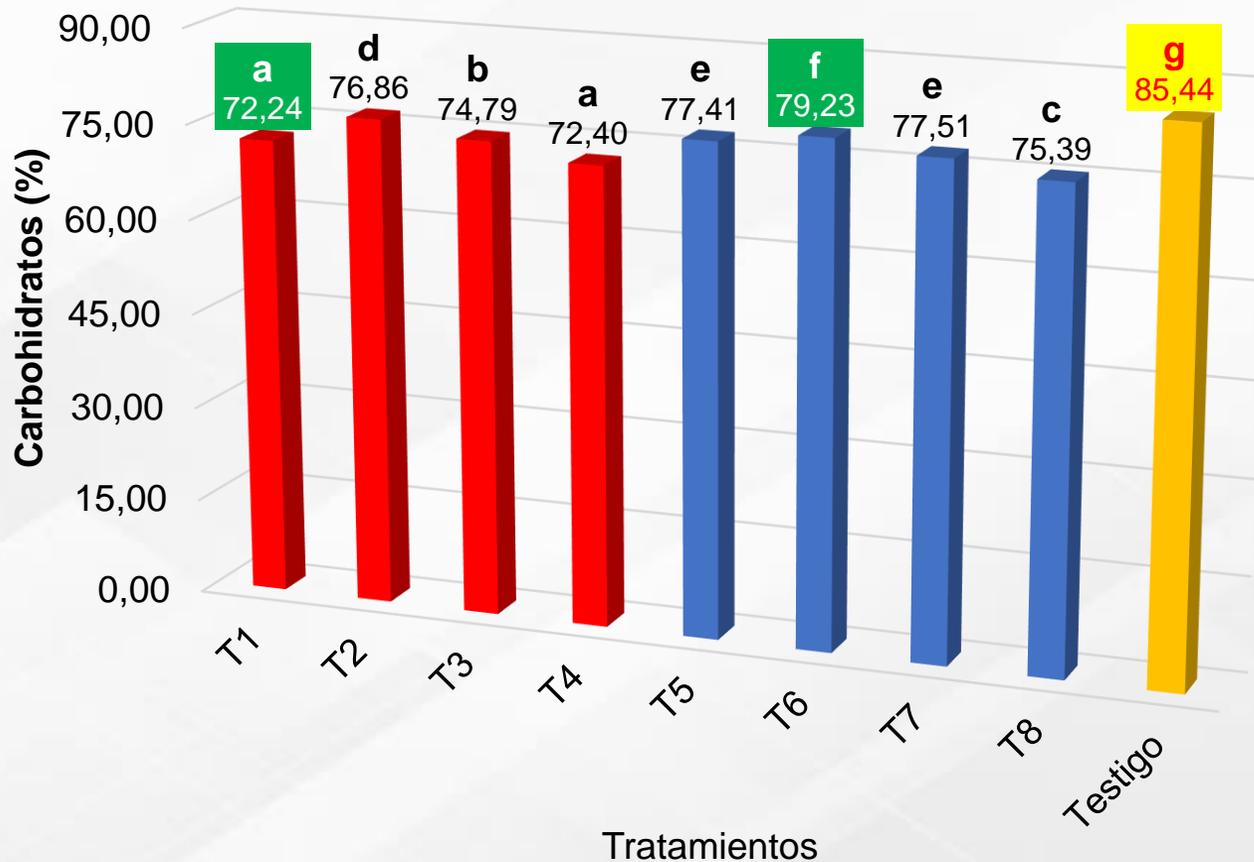


## Interacción BC

Temperatura extrusión



# Contenido de Carbohidratos de los Productos Extruididos



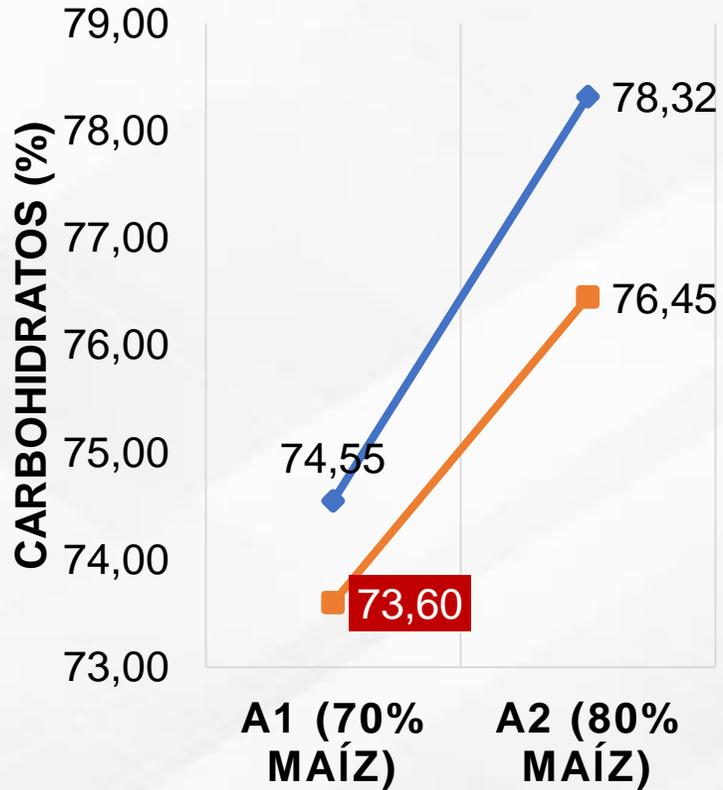


# Interacción de Factores en la variable Carbohidratos

## Interacción AB

Humedad de la mezcla

◆ B1 (15%)    ■ B2 (20%)

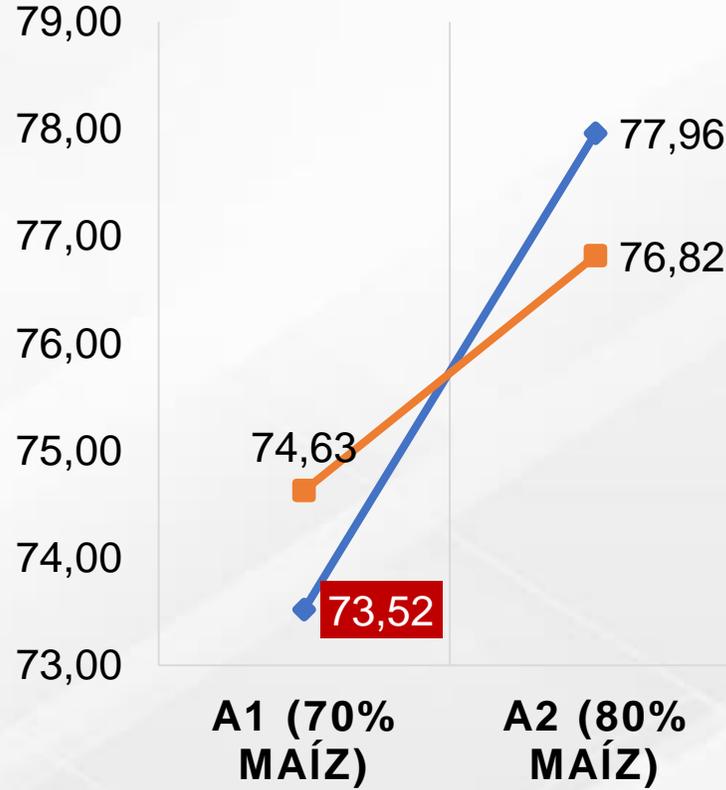


Fórmula de la mezcla

## Interacción AC

Temperatura extrusión

◆ C1 (110°C)    ■ C2 (140°C)

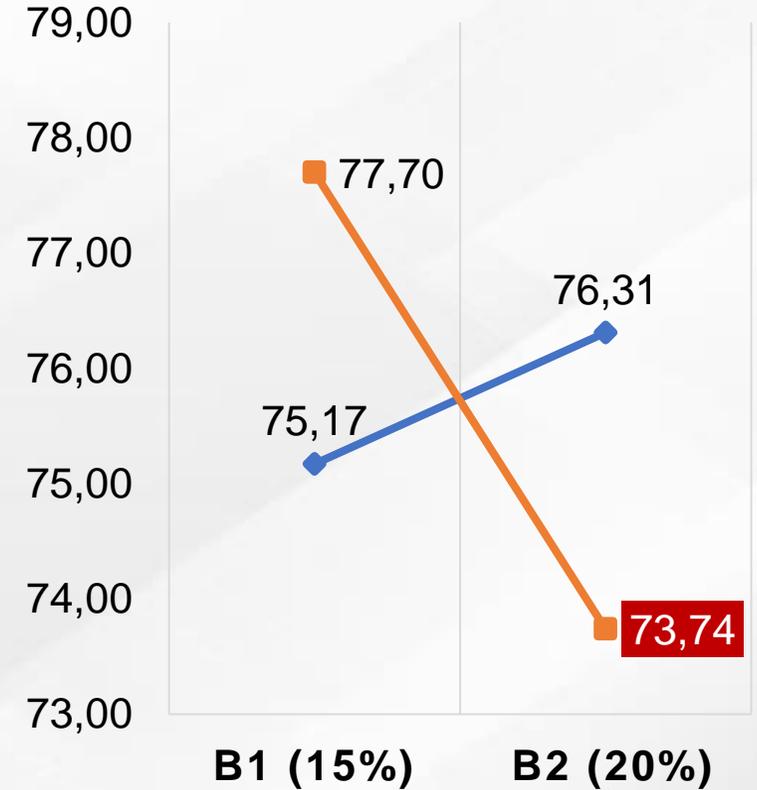


Fórmula de la mezcla

## Interacción BC

Temperatura extrusión

◆ C1 (110°C)    ■ C2 (140°C)



Humedad de la mezcla

# Tukey ( $\alpha \leq 0,05$ ) de Variables de Composición del Snack

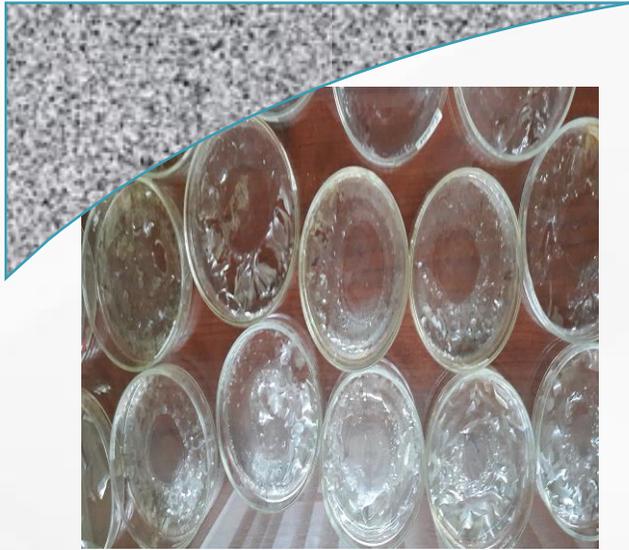
Trat.	Humedad	Proteína	Lípidos	Fibra	Cenizas	Carbohidratos
T1	6,06±0,00 <sup>c</sup>	18,69±0,10 <sup>a</sup>	2,01±0,07 <sup>f</sup>	2,28±0,03 <sup>a</sup>	1,00± 0,01 <sup>a</sup>	72,24±0,01 <sup>a</sup>
T2	5,13±0,08 <sup>a</sup>	15,17±0,01 <sup>c</sup>	1,89±0,02 <sup>f</sup>	2,20±0,03 <sup>b</sup>	0,95±0,01 <sup>ab</sup>	76,86±0,08 <sup>d</sup>
T3	8,59±0,04 <sup>f</sup>	14,61±0,27 <sup>de</sup>	1,13±0,05 <sup>d</sup>	2,32±0,04 <sup>a</sup>	0,87±0,03 <sup>cd</sup>	74,79±0,23 <sup>b</sup>
T4	8,27±0,00 <sup>e</sup>	16,70± 0,01 <sup>b</sup>	1,62±0,02 <sup>e</sup>	2,26±0,03 <sup>ab</sup>	1,00±0,02 <sup>a</sup>	72,40±0,01 <sup>a</sup>
T5	6,42±0,05 <sup>d</sup>	14,26±0,12 <sup>e</sup>	1,08±0,02 <sup>d</sup>	1,72±0,04 <sup>d</sup>	0,83±0,04 <sup>d</sup>	77,41±0,11 <sup>e</sup>
T6	5,74±0,06 <sup>b</sup>	13,29± 0,11 <sup>f</sup>	0,92±0,02 <sup>c</sup>	1,70±0,02 <sup>d</sup>	0,82±0,02 <sup>d</sup>	79,23±0,10 <sup>f</sup>
T7	8,59±0,03 <sup>f</sup>	12,43±0,05 <sup>g</sup>	0,61±0,07 <sup>a</sup>	1,80±0,02 <sup>c</sup>	0,85±0,04 <sup>cd</sup>	77,51±0,16 <sup>e</sup>
T8	8,29±0,14 <sup>e</sup>	14,68±0,03 <sup>d</sup>	0,74±0,03 <sup>b</sup>	1,77±0,02 <sup>cd</sup>	0,91±0,01 <sup>bc</sup>	75,39±0,03 <sup>c</sup>
Testigo	5,13±0,05 <sup>a</sup>	8,32±0,21 <sup>h</sup>	0,54±0,02 <sup>a</sup>	0,55±0,01 <sup>e</sup>	0,57±0,01 <sup>e</sup>	85,44±0,27 <sup>f</sup>
CV	0,84	3,23	1,42	1,67	2,06	0,19

MEJORES  
TRATAMIENTOS

a – ab

Medias con letras iguales en una columna no son significativamente diferentes ( $\alpha > 0,05$ )

# Propiedades Funcionales del producto Extruido



# ANOVA de Propiedades Funcionales del Snack

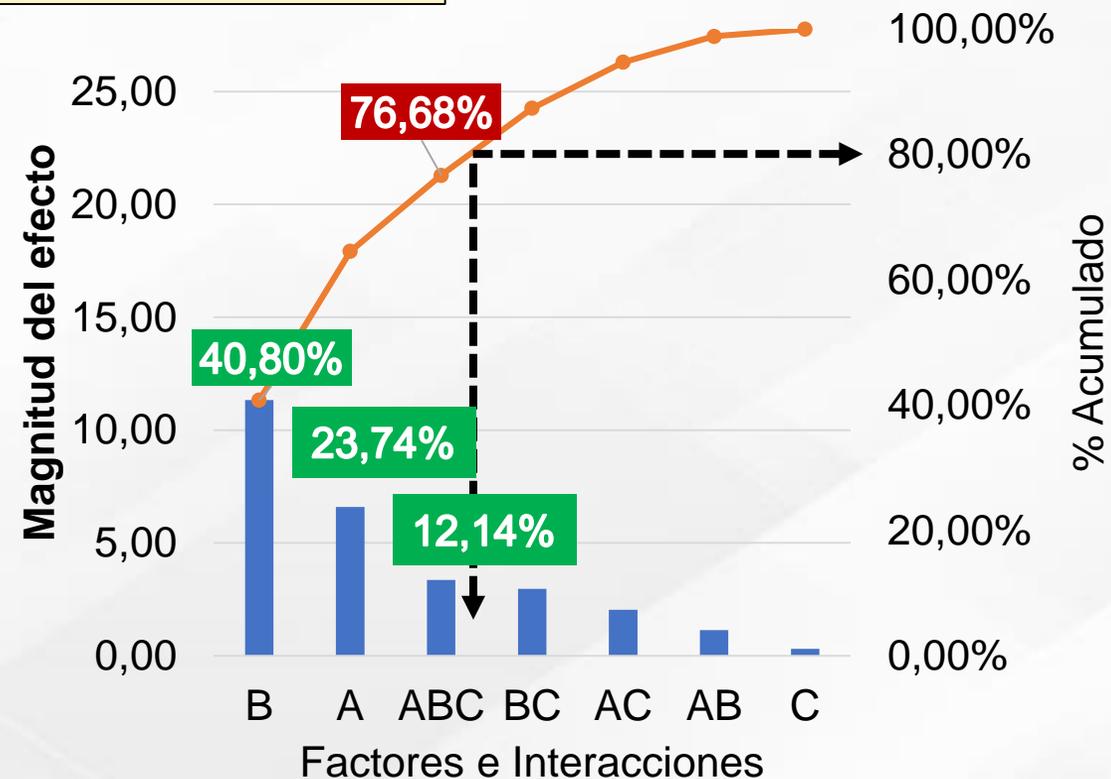
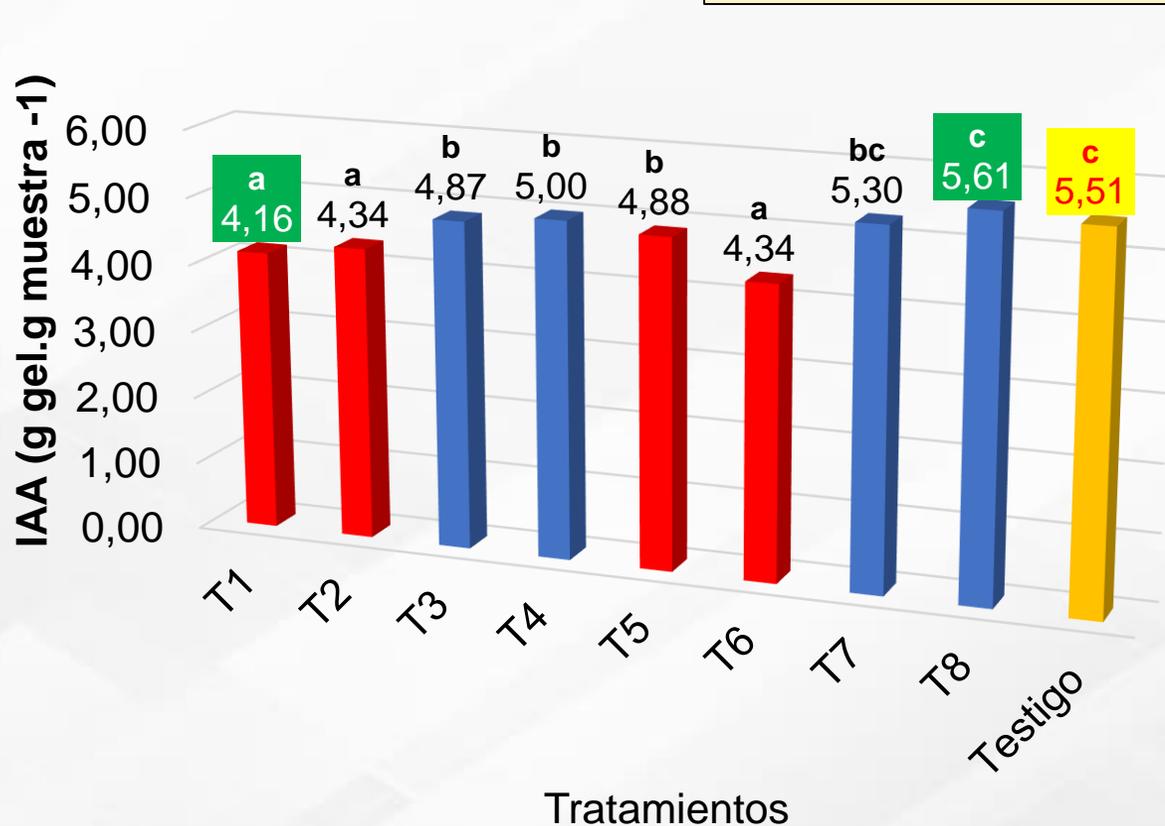
Fuentes de Variación	GL	IAA	ISA	Índice de Expansión	Densidad Aparente
		F-valor	F-valor	F-valor	F-valor
Total	26				
Tratamientos	8	30,73**	30,46**	4120,62**	35,79**
A (Fórmula de mezcla)	1	43,49**	0,12 ns	8632,72**	69,23**
B (Humedad de la mezcla)	1	128,40**	178,14**	5864,10**	105,50**
C (Temperatura de extrusión)	1	0,10 ns	22,07**	2678,72**	24,51**
AB	1	1,30 ns	1,15 ns	69,46**	13,74**
AC	1	4,17 ns	0,26 ns	258,47**	14,42**
BC	1	8,86**	7,54*	95,82**	10,37**
ABC	1	11,36**	13,30**	219,58**	7,13*
Testigo vs Resto	1	48,17**	21,11**	15146,08**	41,41**
E. exp.	18				
CV (%)		3,36	6,24	0,29	4,94

\*\* : Altamente significativo ( $p \leq 0.01$ ); \* : Significativo ( $p \leq 0.05$ ); ns: no significativo ( $p > 0.05$ )

a,  
struye

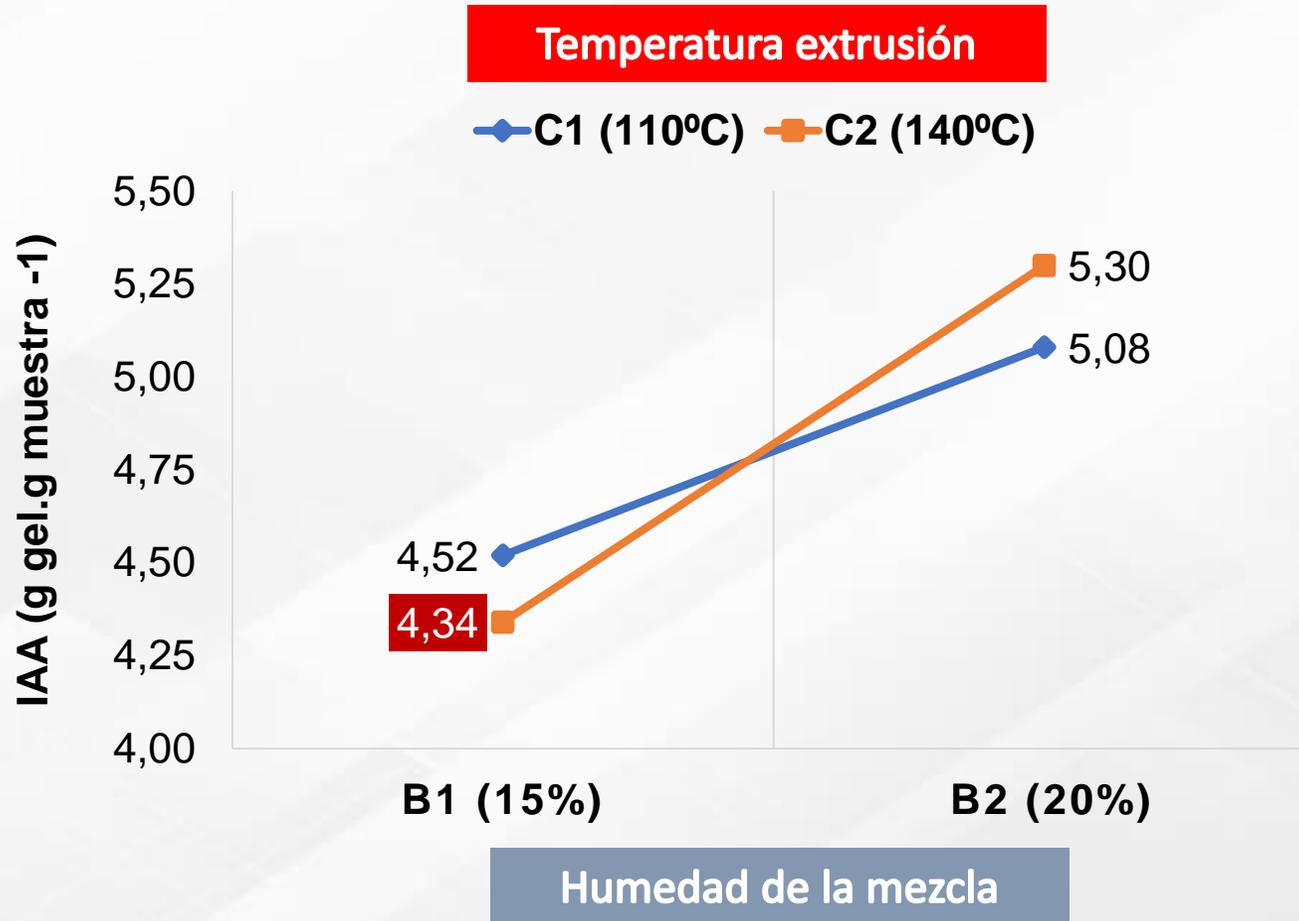
# Índice de Absorción de Agua (IAA) del Producto Extruido

A mayor contenido de almidón, mayor IAA



Indicador del grado de modificación de los almidones por tratamientos termomecánicos (**GELATINIZACIÓN DEL ALMIDÓN**)

# Interacción de Factores B (Humedad de mezcla) y C (Temperatura de Extrusión) en la variable IAA



Al aumentar la severidad del proceso de extrusión, aumenta el nivel de daño del almidón.

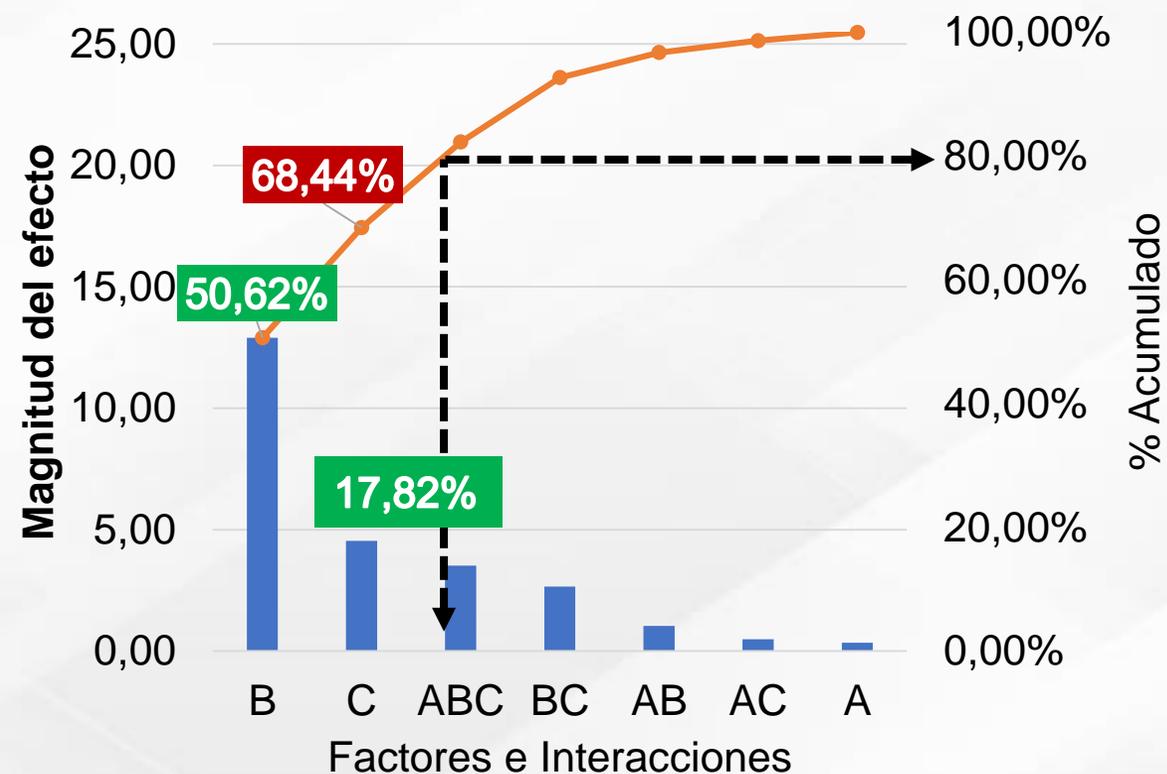
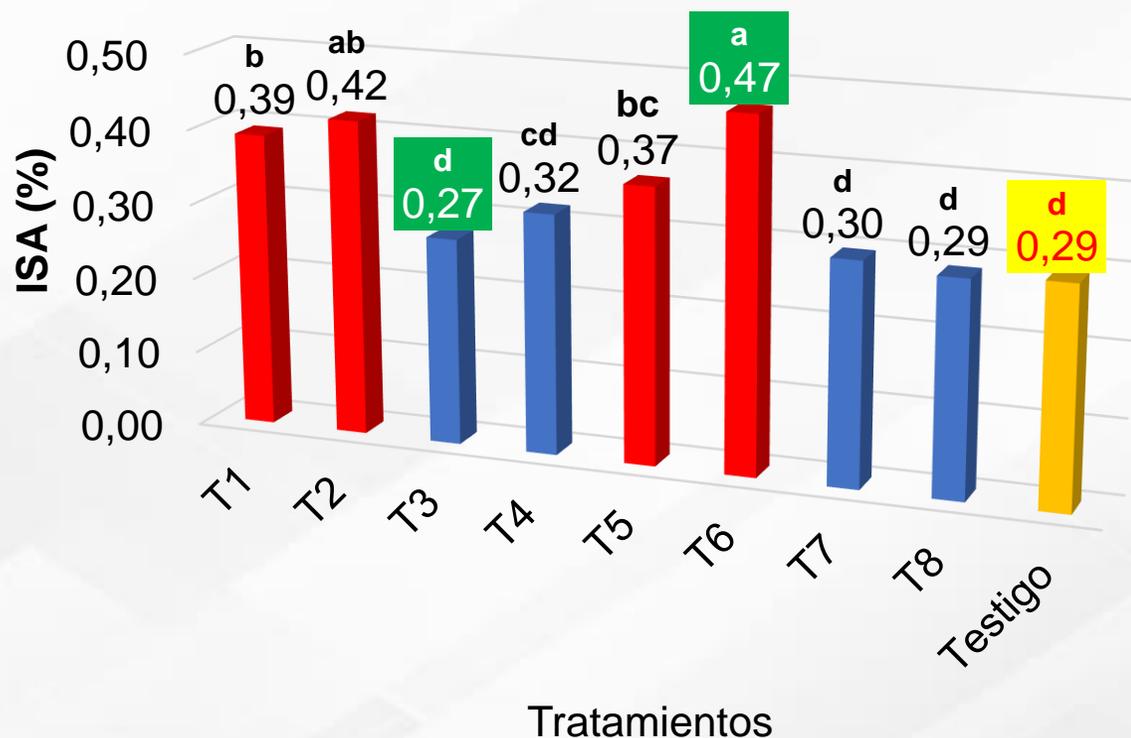
Sobukola et al. (2013)

Prevalece la dextrinización, sobre la gelatinización

Seth et al. (2015)

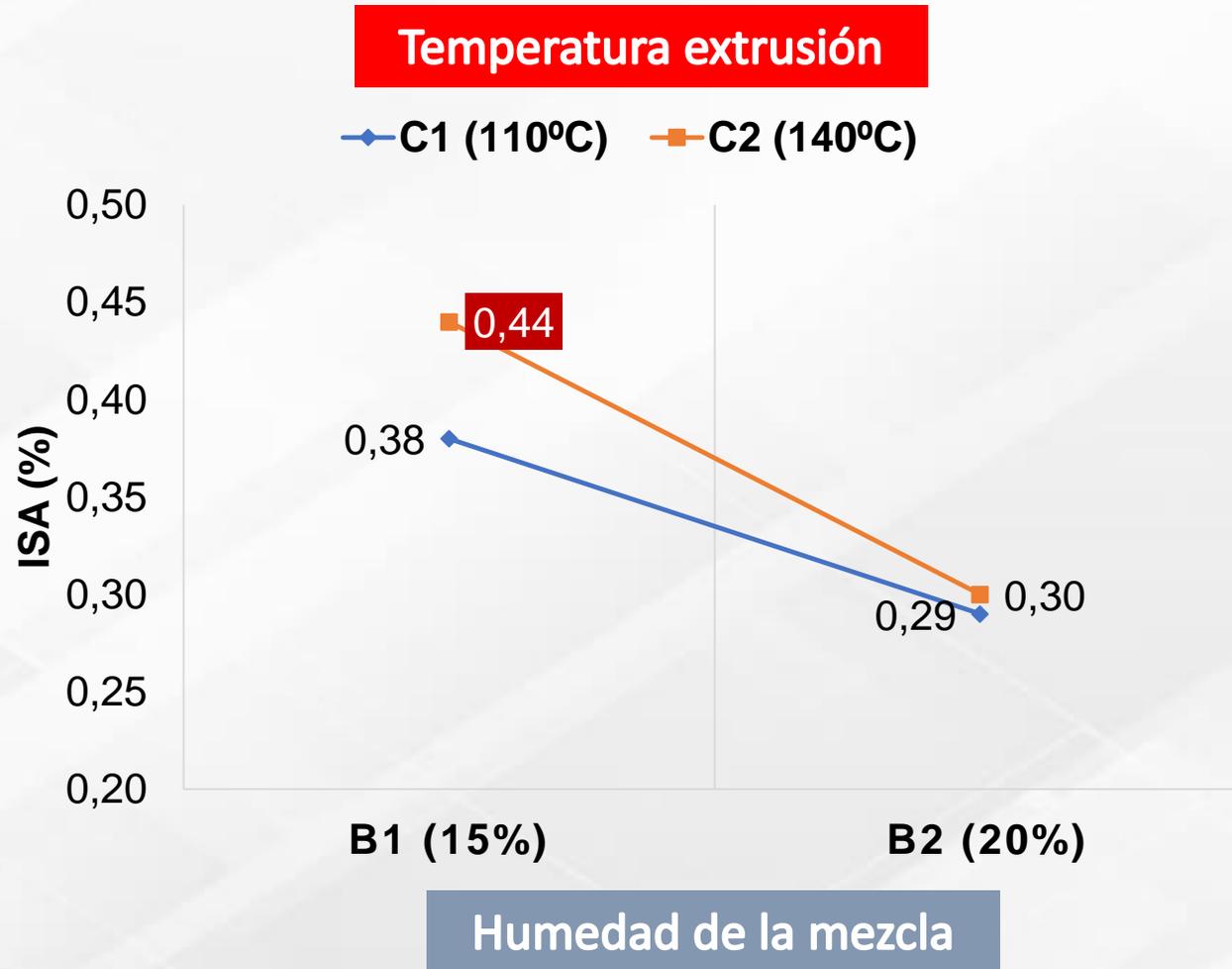
Ilo, Schoenlechner, y Berghofe (2000): a mayor %Grasa < nivel de Gelatinización del almidón

# Índice de Solubilidad en Agua (ISA) del Producto Extruido



Indicador de la degradación de componentes moleculares. Mide la cantidad de polisacárido soluble liberado, en especial, del componente de almidón.

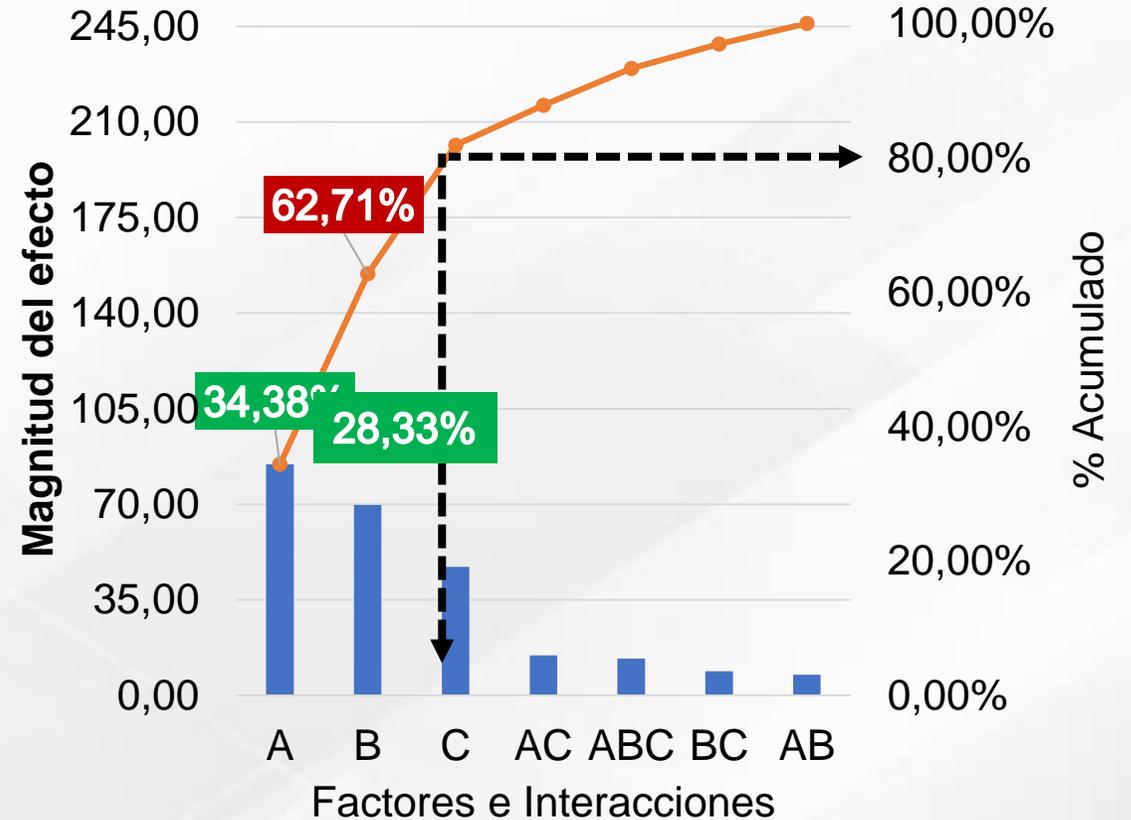
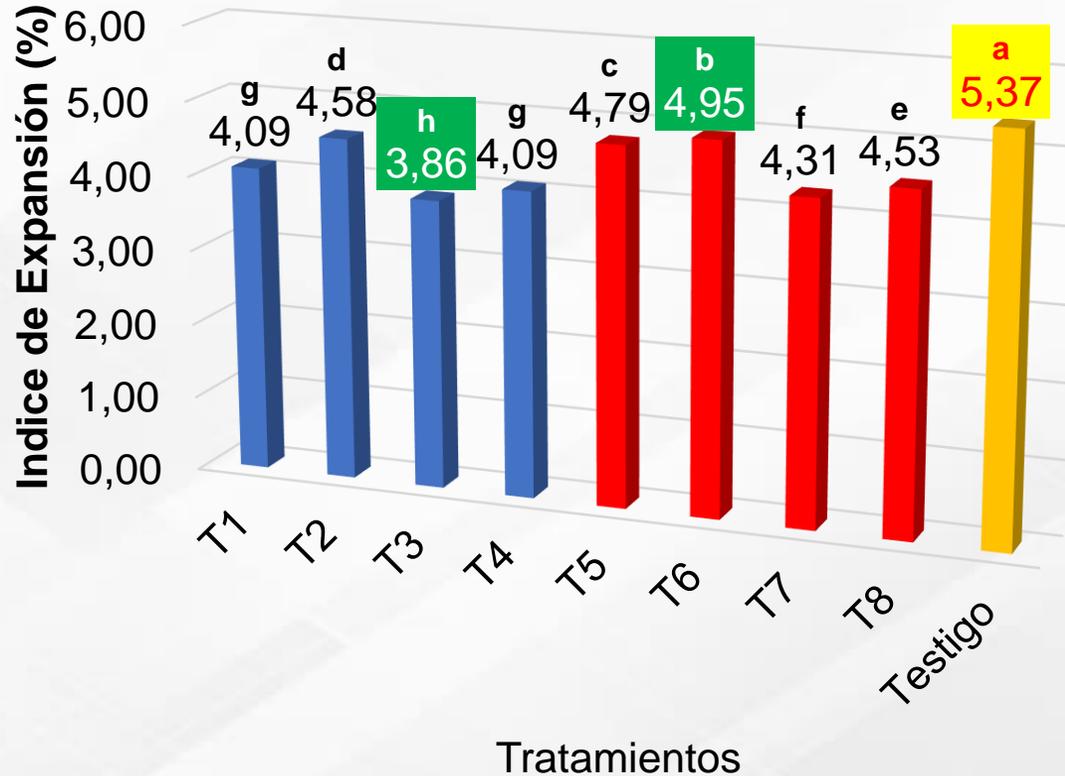
# Interacción de Factores B (Humedad de mezcla) y C (Temperatura de Extrusión) en la variable IAA





# Índice de Expansión (IE) del Producto Extruido

Factor relacionado con la densidad aparente del producto extruido. Es la relación entre los diámetros del producto y el dado.



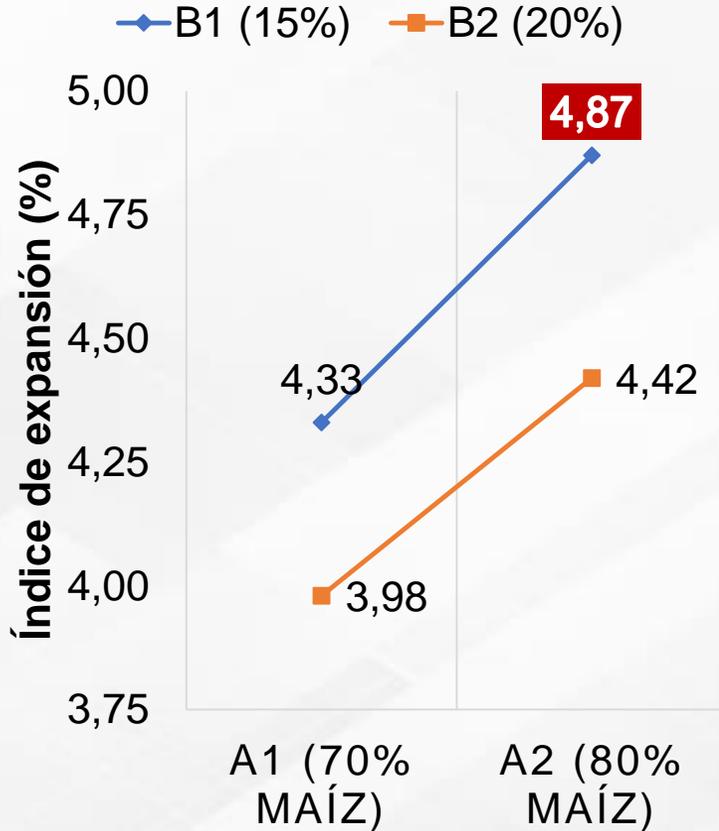
Moscicki (2011) y Guy (2001): **MÍNIMO** porcentaje de almidón 60%



# Interacción de Factores en la variable IE

## Interacción AB

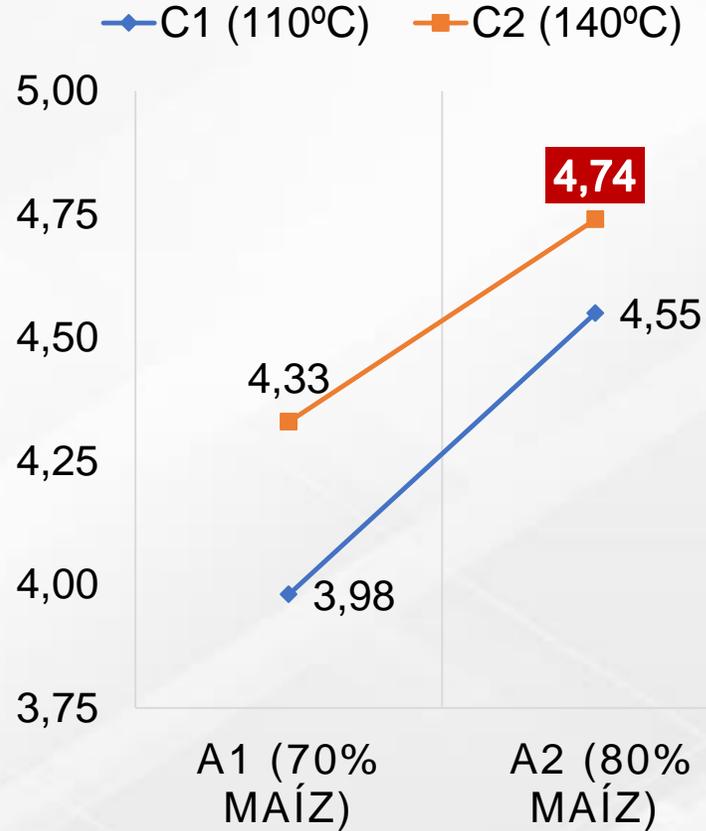
Humedad de la mezcla



Fórmula de la mezcla

## Interacción AC

Temperatura extrusión



Fórmula de la mezcla

## Interacción BC

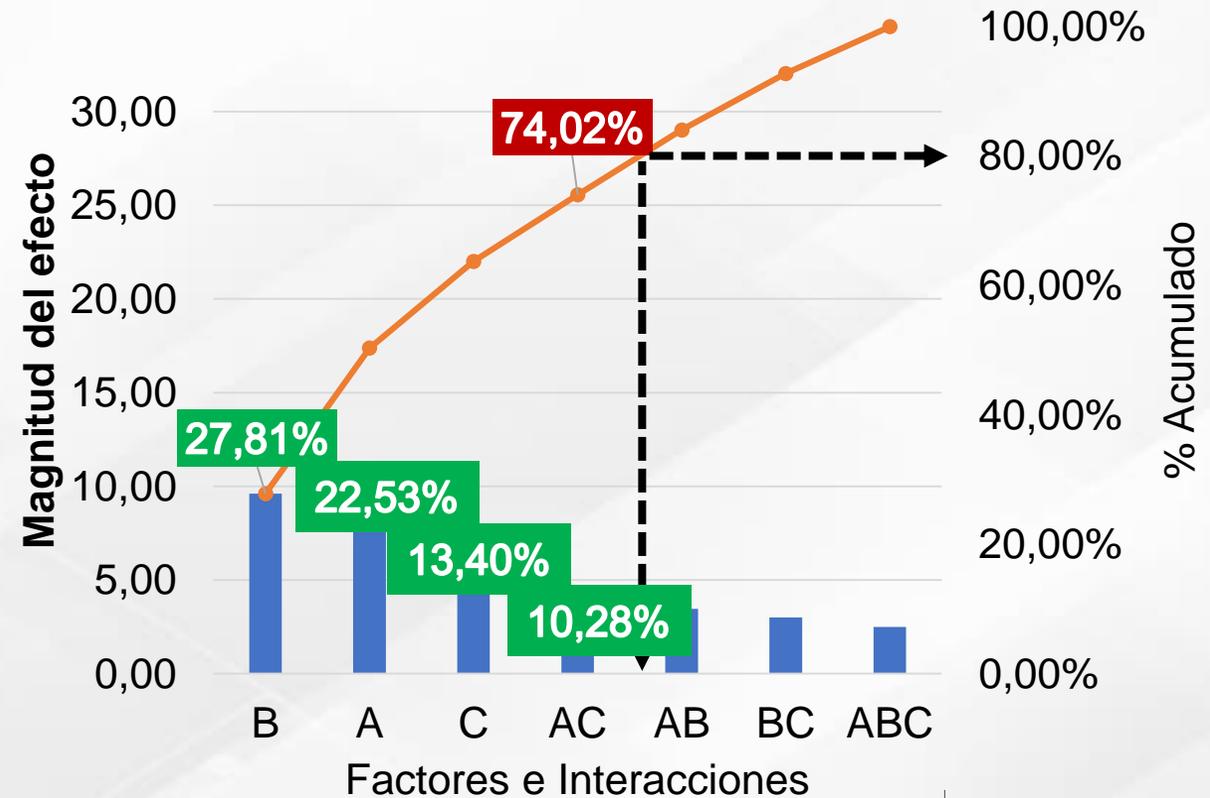
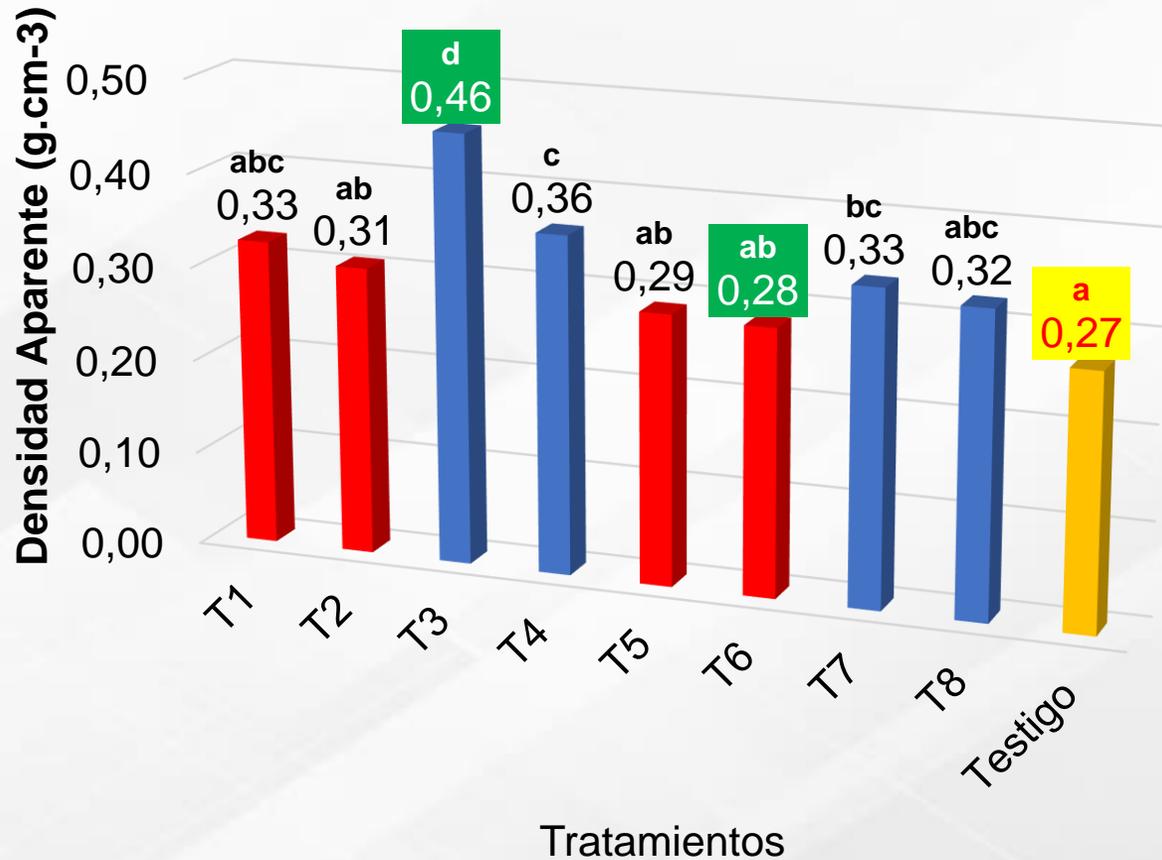
Temperatura extrusión



Humedad de la mezcla

# Densidad Aparente (DA) del Producto Extruido

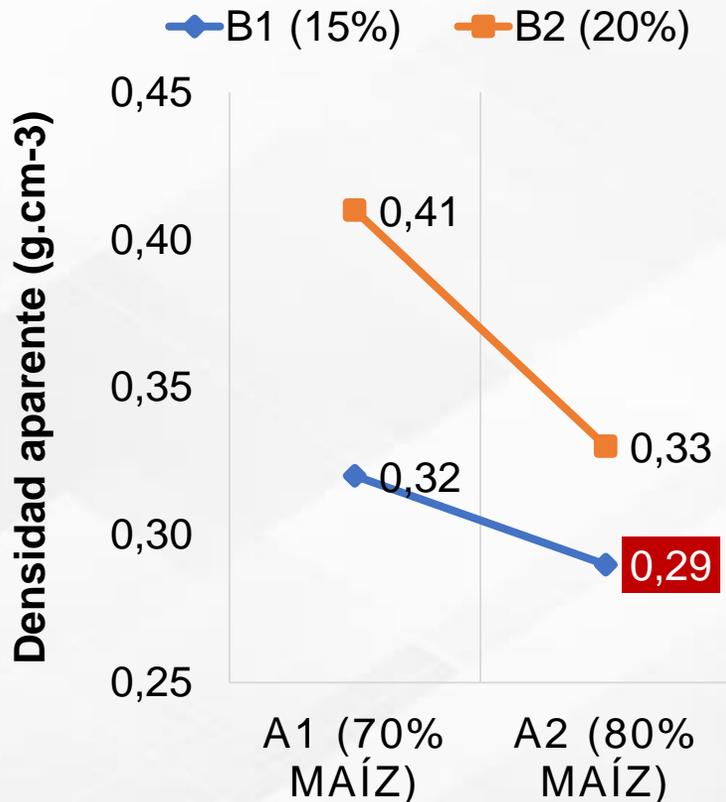
Refleja la calidad comercial del producto (textura, apariencia y homogeneidad); mientras más bajo son sus valores, el producto presenta mejores características



# Interacción de Factores en la variable DA

## Interacción AB

Humedad de la mezcla



Fórmula de la mezcla

## Interacción AC

Temperatura extrusión



Fórmula de la mezcla

## Interacción BC

Temperatura extrusión



Humedad de la mezcla

# Tukey ( $\alpha \leq 0,05$ ) de las Propiedades Funcionales

Trat.	IAA	ISA	IE	DA
T1	4,16±0,27 <sup>a</sup>	0,39±0,02 <sup>b</sup>	4,09±0,01 <sup>g</sup>	0,33 ± 0,01 <sup>abc</sup>
T2	4,34±0,01 <sup>a</sup>	0,42±0,03 <sup>ab</sup>	4,58±0,02 <sup>d</sup>	0,31 ± 0,02 <sup>ab</sup>
T3	4,87±0,11 <sup>b</sup>	0,27±0,02 <sup>d</sup>	3,86±0,01 <sup>h</sup>	0,46 ± 0,02 <sup>f</sup>
T4	5,00±0,08 <sup>b</sup>	0,32± 0,03 <sup>cd</sup>	4,09±0,02 <sup>g</sup>	0,36 ± 0,02 <sup>c</sup>
T5	4,88±0,05 <sup>b</sup>	0,37±0,01 <sup>bc</sup>	4,79±0,00 <sup>c</sup>	0,29 ± 0,2 <sup>ab</sup>
T6	4,34±0,32 <sup>a</sup>	0,47± 0,02 <sup>a</sup>	4,95 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,28 ± 0,02 <sup>ab</sup>
T7	5,30±0,21 <sup>bc</sup>	0,30±0,02 <sup>d</sup>	4,31±0,01 <sup>f</sup>	0,33 ± 0,02 <sup>bc</sup>
T8	5,61±0,07 <sup>c</sup>	0,29±0,02 <sup>d</sup>	4,53±0,02 <sup>e</sup>	0,32 ± 0,03 <sup>abc</sup>

**MEJORES  
TRATAMIENTOS**

**a – ab**

# Análisis Sensorial Descriptivo de la Textura



# Análisis de Varianza de la Textura Descriptiva

Fuentes de Variación	GL	Dureza	Crujencia	R. Ruptura	Adherencia
		F-valor	F-valor	F-valor	F-valor
<b>Total</b>	89				
<b>Tratamientos</b>	8	101,19**	37,94**	81,71**	41,36**
<b>Panelistas</b>	9	4,89**	0,65 <sup>ns</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>
<b>E. exp.</b>	72				
<b>CV (%)</b>		6,98	10,88	9,46	11,67

\*\* : Altamente significativo ( $p \leq 0.01$ ); \* : Significativo ( $p \leq 0.05$ ); ns : no significativo ( $p > 0.05$ )

# Tukey ( $\alpha \leq 0,05$ ) de la Textura Descriptiva

Tratamientos	Dureza	Crujencia	R. Ruptura	Adherencia
T1	6,15±0,34 <sup>e</sup>	5,45±0,44 <sup>c</sup>	5,15±0,41 <sup>ef</sup>	2,60±0,39 <sup>ab</sup>
T2	4,9±0,39 <sup>cd</sup>	3,85±0,34 <sup>ab</sup>	3,25±0,42 <sup>bc</sup>	3,10±0,57 <sup>bc</sup>
T3	5,10±0,61 <sup>d</sup>	5,50±0,53 <sup>c</sup>	5,40±0,39 <sup>fg</sup>	2,10±0,32 <sup>a</sup>
T4	6,30±0,35 <sup>e</sup>	5,65±0,47 <sup>c</sup>	5,85±0,34 <sup>g</sup>	2,40±0,32 <sup>a</sup>
T5	3,70±0,26 <sup>b</sup>	3,40±0,46 <sup>a</sup>	3,15±0,34 <sup>b</sup>	3,40±0,39 <sup>cd</sup>
T6	4,45±0,44 <sup>c</sup>	3,95±0,60 <sup>ab</sup>	3,75±0,42 <sup>cd</sup>	3,30±0,26 <sup>cd</sup>
T7	5,05±0,50 <sup>d</sup>	5,35±0,63 <sup>c</sup>	3,95±0,28 <sup>d</sup>	3,80±0,35 <sup>d</sup>
T8	5,95±0,37 <sup>e</sup>	4,50±0,53 <sup>b</sup>	4,65±0,34 <sup>e</sup>	3,65±0,34 <sup>d</sup>

**MEJORES  
TRATAMIENTOS**

**a – ab – b**



**Vive,  
sueña,  
construye**

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $\alpha > 0.05$ )

4,22±0,60<sup>a</sup>

4,55±0,37<sup>a</sup>

# Análisis de Textura Instrumental



# Sondas Utilizadas



**COMPRESIÓN**



**PUNCIÓN**



**CORTE  
GUILLOTINA**



**CORTE EN "V"**



# Análisis de Varianza de la Textura Instrumental

Fuentes de Variación	GL	Compresión	Corte "V"	Corte G.	Punción
		F-valor	F-valor	F-valor	F-valor
Total	89				
Tratamientos	8	5,60**	54,20**	50,82**	63,74**
E. exp.	81				
CV (%)		3,55	7,03	7,56	18,61

\*\* : Altamente significativo ( $p \leq 0.01$ ); \* : Significativo ( $p \leq 0.05$ ); ns : no significativo ( $p > 0.05$ )

# Tukey ( $\alpha \leq 0,05$ ) de la Textura Instrumental

Tratamientos	Compresión	Corte "V"	Corte G.	Punción
T1	41,28±1,20 <sup>a</sup>	21,96±1,82 <sup>bcde</sup>	21,50±1,63 <sup>bc</sup>	5,11±0,81 <sup>b</sup>
T2	42,44±1,41 <sup>abc</sup>	21,89±1,29 <sup>bcde</sup>	21,45±1,73 <sup>bc</sup>	4,10±0,77 <sup>ab</sup>
T3	41,07±1,29 <sup>a</sup>	23,73±1,79 <sup>de</sup>	23,44±1,79 <sup>cd</sup>	7,63±1,21 <sup>c</sup>
T4	41,53±1,36 <sup>ab</sup>	24,01±1,01 <sup>e</sup>	25,20±1,43 <sup>d</sup>	11,03±1,73 <sup>d</sup>
T5	42,56±1,66 <sup>abc</sup>	20,80±1,82 <sup>b</sup>	20,93±1,14 <sup>b</sup>	3,24±0,74 <sup>a</sup>
T6	42,32±1,61 <sup>abc</sup>	21,51±1,69 <sup>bc</sup>	21,07±1,64 <sup>b</sup>	4,31±0,91 <sup>ab</sup>
T7	43,96±1,48 <sup>c</sup>	21,87±1,56 <sup>bcd</sup>	22,69±1,34 <sup>bc</sup>	6,66±1,07 <sup>c</sup>
T8	43,98±1,47 <sup>c</sup>	23,31±1,13 <sup>cde</sup>	22,46±2,24 <sup>bc</sup>	4,35±0,97 <sup>ab</sup>

**MEJORES  
TRATAMIENTOS**

**a – ab – b**

Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes ( $\alpha \leq 0.05$ ).

Nota: Todos los resultados se expresan en newton (N)

2,91±0,47<sup>a</sup>

# CORRELACIÓN DE PEARSON

Textura  
Descriptiva

VS

Textura  
Instrumental



# CORRELACIÓN DE PEARSON

## TEXTURA DESCRIPTIVA

### TEXTURA INSTRUMENTAL

	Dureza	Crujencia	Resistencia a la Ruptura	Adherencia
Compresión	-0,359 ns	-0,444 ns	-0,589 ns	0,900 **
Corte Guillotina	0,779 *	0,708 *	0,751 *	-0,749 *
Corte en "V"	0,788 *	0,662	0,737 *	-0,756 *
Punción	0,646 ns	0,825 **	0,814 **	-0,654

\*\* : Correlación altamente significativa ( $p \leq 0.01$ ); \* : Correlación significativa ( $p \leq 0.05$ )  
 ns : Correlación no significativo ( $p > 0.05$ )



# Análisis de Componentes Principales (ACP)

Componentes	Autovalores Iniciales		
	Total	Varianza (%)	Varianza Acumulada (%)
1	5,908	73,853	73,853
2	0,960	12,001	85,854
3	0,649	8,108	93,961
4	0,308	3,854	97,816
5	0,105	1,312	99,127
6	0,057	0,706	99,834
7	0,012	0,147	99,980
8	0,002	0,020	100,000

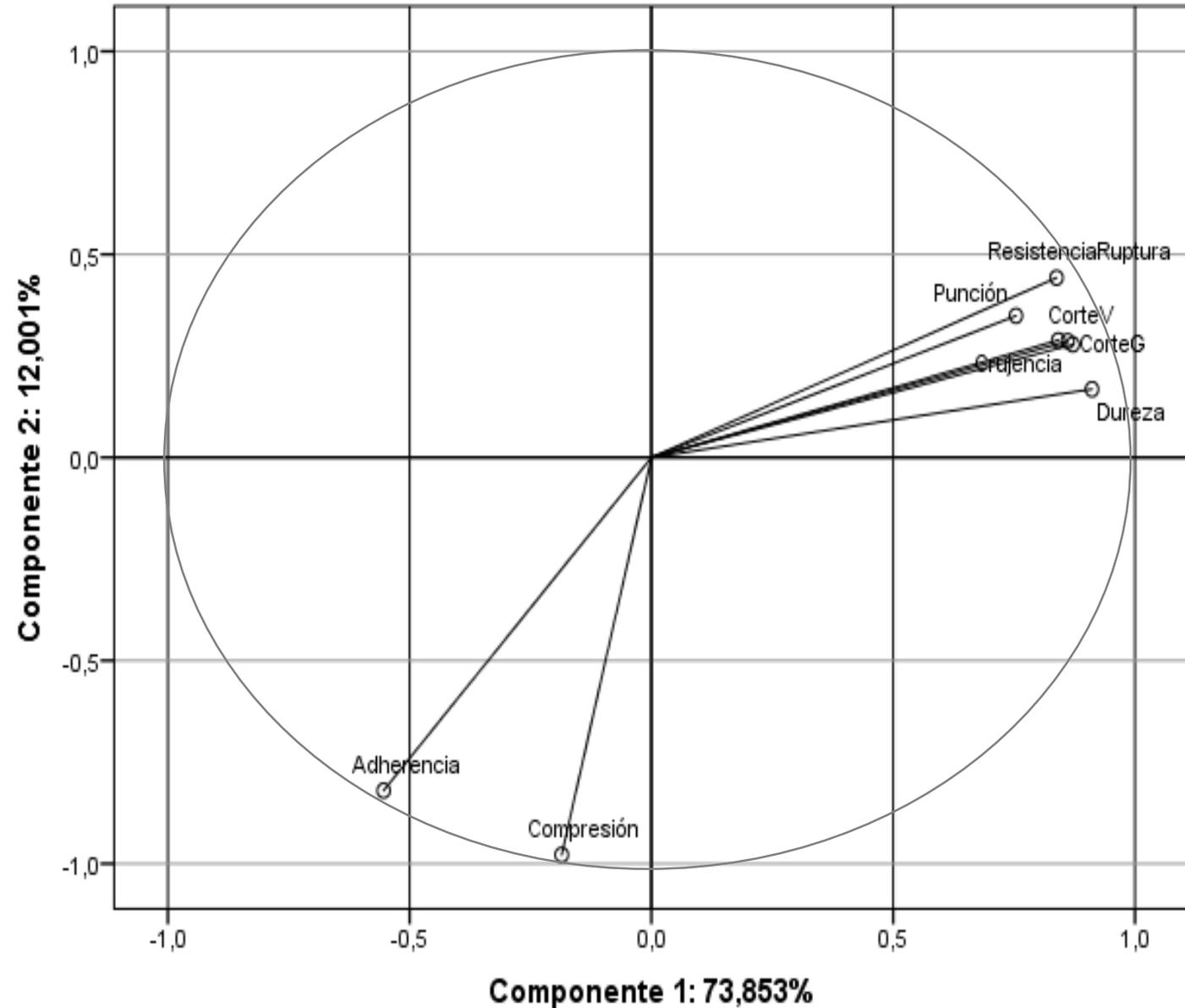
Los dos primeros componentes presentan una varianza total mayor que  $0.9 \approx 1$  y entre estos recogen el 85,854% de la variabilidad de los datos.



# Diagrama de dispersión bidimensional

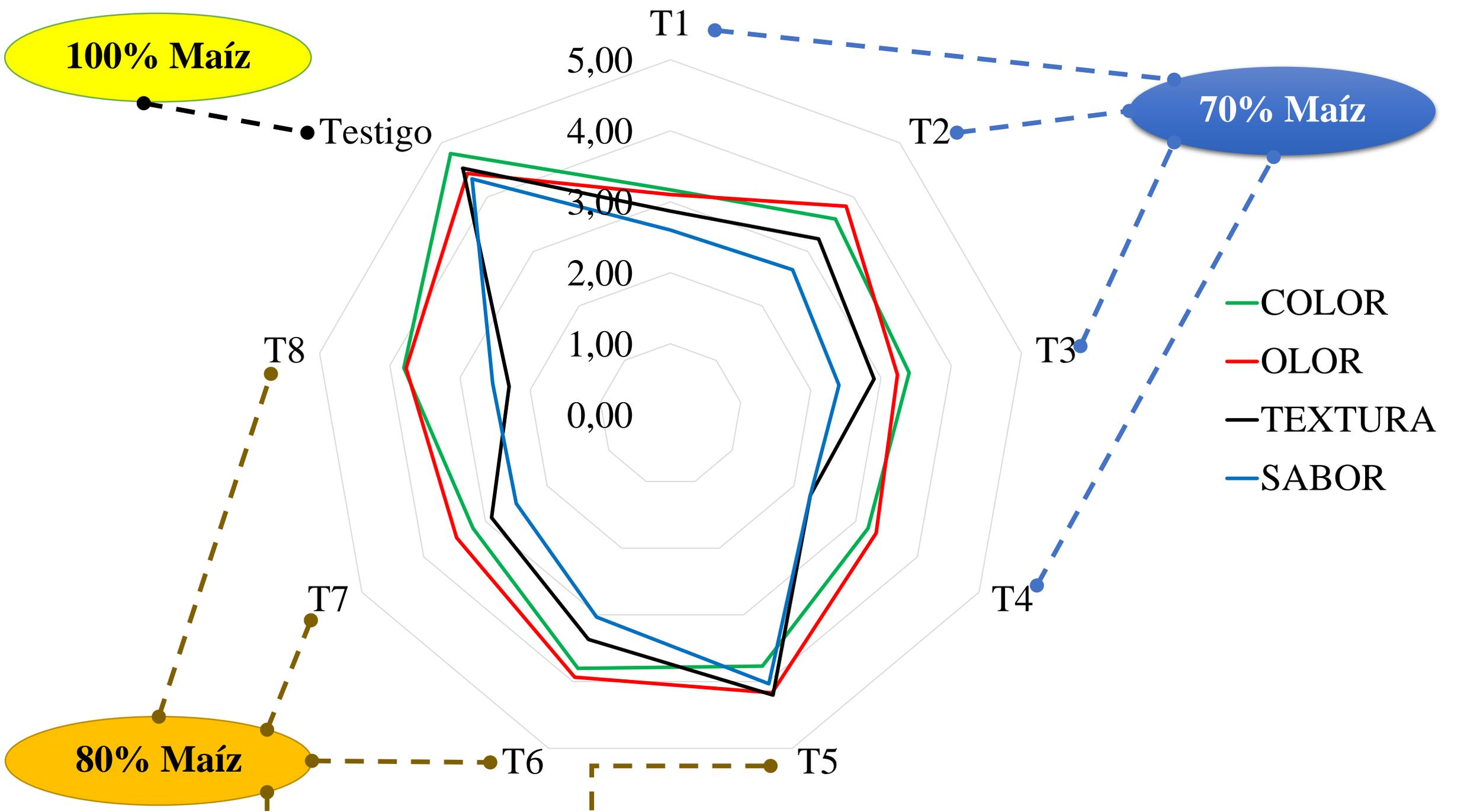
## Matriz de componente rotado

	Componentes	
	1	2
Corte de Guillotina	0,872	
Corte en "V"	0,841	
Punción	0,754	
Dureza	0,911	
Crujencia	0,861	
Resistencia a Ruptura	0,838	
Compresión		-0,978
Adherencia		-0,820



# Análisis de Aceptabilidad Sensorial





# Digestibilidad de la Proteína

Mejores Tratamientos	Digestibilidad de la Proteína (%)
<b>T6</b> (80M:10C:10P; 15% humedad de la mezcla; 140°C)	81,22
<b>T2</b> (70M:15C:15P; 15% humedad de la mezcla; 140°C)	86,29
<b>T5</b> (80M:10C:10P; 15% humedad de la mezcla; 110°C)	83,61
<b>Testigo</b> (100M)	83,58

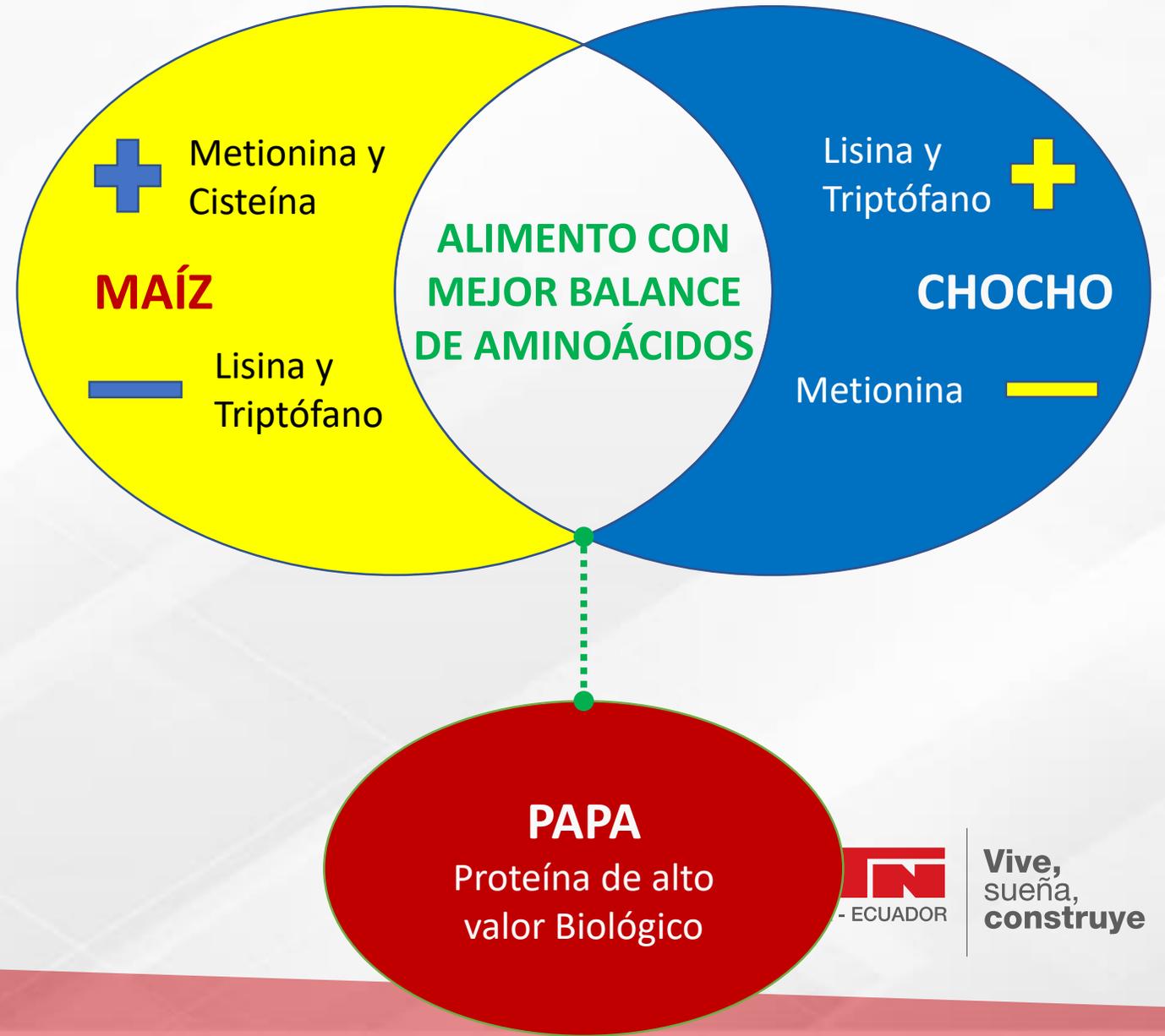
Indicativo de la desnaturalización de la proteína

Digestibilidad de la proteína  $\alpha$  Esfuerzos de Cizallamiento

M: maíz; C: chocho; P: papa

Aminoácidos	g AA/100g de muestra
Ácido Aspártico	0,96
Ácido Glutámico	0,54
Serina	2,23
Histidina	0,45
Treonina	0,23
Glicina	0,15
Arginina	0,6
Alanina	0,59
Tirosina	0,29
Triptófano	0,00
Valina	0,47
Metionina	0,13
Fenil alanina	0,37
Isoleucina	0,47
Leucina	0,87
Lisina	0,51
Aminoácidos Totales (%)	8.86

# Perfil de Aminoácidos



Vive,  
sueña,  
construye

# Conclusiones



El análisis físico-químico de las materias primas, determinó altos contenidos de proteína, lípidos y fibra en el chocho. Mientras, que en el maíz y la papa se registraron altos contenidos de almidón en proporciones similares de amilosa y amilopectina. Por lo tanto, a mayor nivel de sustitución del maíz por chocho, mayor es el incremento de proteína, lípidos y fibra. Sin embargo, disminuye el contenido de almidón en la formulación.

En cuanto al análisis de la textura descriptiva de los snacks extruidos, se concluye que los factores de estudio influyen significativamente en las variaciones observadas entre los tratamientos, donde los productos elaborados con fórmulas de mezclas con menor contenido de chocho y humedad (15%) y mayor temperatura de extrusión (140°C), presentan menor dureza, mayor crujencia y menor resistencia a la ruptura, con valores similares al testigo. Por otro lado, al incrementar el contenido de chocho a la fórmula de mezcla, disminuye significativamente la adherencia del snack, lo cual permite una mayor aceptación del snack extruido en el consumidor.

El análisis de correlación de Pearson y Componentes Principales entre los resultados de textura sensorial descriptiva y la textura instrumental, determinó que los atributos crujencia y resistencia a la ruptura se correlacionan de manera altamente significativa con la sonda de punción, mientras el atributo de dureza correlacionó significativamente con las pruebas de corte.

Con el análisis de aceptabilidad se concluye que los extruidos con mayor contenido nutricional, obtenidos de mezclas con mayor contenido de chocho y papa en la fórmula alimenticia, presentaron un menor grado de aceptación. Existe preferencia por los extruidos que más se parecen al testigo, 100% maíz.

Con base al contenido nutricional del snack extruido, se concluye que la fórmula de la mezcla fue el factor con mayor efecto sobre estas variables, donde a mayor sustitución de maíz (70%) por chocho (15%) en la fórmula, mayor es el contenido de proteína, lípidos, fibra y cenizas. Mientras, el contenido de carbohidratos es menor en los productos extruidos.

A menor contenido de humedad de la mezcla y mayor temperatura de extrusión, mayor fue el contenido nutricional de los productos extruidos.

La fórmula y humedad de la mezcla fueron los factores con mayor efecto sobre el índice de expansión y la densidad aparente, donde a menor sustitución de maíz (80%) por chocho (10%) y menor humedad de la mezcla (15%), resultó en mayor índice de expansión y menor densidad aparente de los snacks.

La humedad y la fórmula de la mezcla fueron los factores con mayor efecto sobre el índice de absorción de agua, donde a menor contenido de humedad de la mezcla (15%) y mayor sustitución de maíz (70%) por chocho (15%), menor fue el índice de absorción de agua de los productos extruidos.

En el índice de solubilidad en agua, los factores con mayor efecto sobre esta variable fueron la humedad de la mezcla y la temperatura de extrusión, donde a menor contenido de humedad en la mezcla (15%) y mayor temperatura de extrusión (140°C), mayor fue el índice de solubilidad en agua de los productos extruidos.

El índice de absorción de agua y el índice de solubilidad en agua presentaron una relación inversamente proporcional entre ellos, debido a su relación directa con la degradación del almidón.

Finalmente se concluye que las condiciones de proceso y la fórmula de la mezcla óptimas para la obtención de snacks extruidos corresponden al tratamiento T6, con 80% maíz, 10% chocho y 10% papa; 15% de humedad de la mezcla y una temperatura de extrusión de 140°C. Los factores decisivos para la elección fueron los análisis de funcionalidad, textura sensorial descriptiva e instrumental y de aceptabilidad.

Acepta  
Hipótesis  
Alternativa



La mezcla de grits (maíz, chocho, papa) y los parámetros del proceso de extrusión **influyen** sobre el contenido de nutrientes, calidad sensorial y propiedades físicas del producto extruido expandido.

# Recomendaciones

Para posteriores estudios, se recomienda evaluar el índice de digestibilidad del almidón a los productos extruidos expandidos elaborados a partir de maíz, chocho y papa, como parte de su funcionalidad, debido a su alto contenido de almidón, superior al 65%.

La temperatura de extrusión no debe sobrepasar los 180 °C, ya que afectaría de manera negativa tanto en el contenido nutricional como en la funcionalidad y textura del snacks extruido expandido, debido al aumento del grado de dextrinización del almidón.

Se recomienda aplicar técnicas de saborización, para evaluar la textura y el nivel de aceptabilidad de los snacks extruidos como producto final.

Gracias

