



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



# EFECTO DE LOS PARÁMETROS DE EXTRUSIÓN SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL Y DE TEXTURA EN LA MEZCLA DE MAÍZ *Zea mays*, CHOCHO *Lupinus mutabilis* Y ZANAHORIA BLANCA *Arracacia xanthorrhiza* EN EL SNACK.

Autor: Jorge Daniel Flores Nogales

**UTN**  
IBARRA - ECUADOR

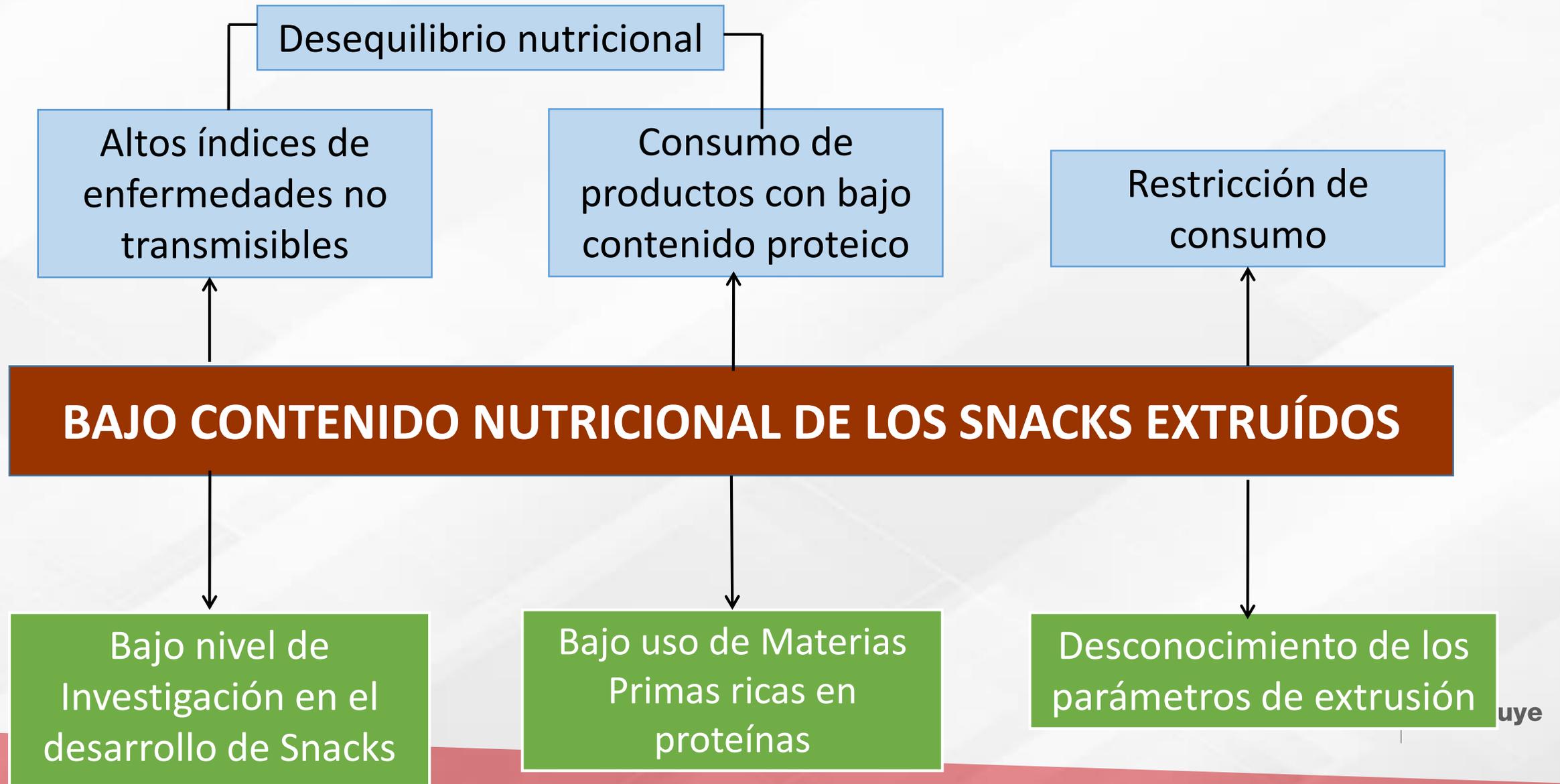
Vive,  
sueña,  
construye



**EFECTO DE LOS PARÁMETROS DE EXTRUSIÓN SOBRE LA CALIDAD NUTRICIONAL Y DE TEXTURA EN LA MEZCLA DE MAÍZ *Zea mays*, CHOCHO *Lupinus mutabilis* Y ZANAHORIA BLANCA *Arracacia xanthorrhiza* EN EL SNACK.**



# ÁRBOL DE PROBLEMAS



# PROBLEMA



**Bajo contenido nutricional de los snacks extruidos y fácil acceso del consumidor**



**Los extruidos son elaborados a base de cereales que tienen alto contenido de almidón**



**El chocho y la zanahoria blanca a pesar de su alto valor nutricional, no han sido aprovechados en la agroindustria**



# OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos de los parámetros de extrusión de la mezcla de maíz, chocho y papa sobre características fisicoquímicas, y de textura del producto terminado.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características fisicoquímicas de las materias primas
- Evaluar los efectos de la mezcla, porcentaje de humedad de la mezcla y temperatura del extrusor, sobre las características de textura y análisis de aceptabilidad.
- Evaluar las características fisicoquímicas del snack.

# HIPÓTESIS

## HIPOTÉISIS ALTERNATIVA (Hi)



La mezcla de gritz (maíz, chocho, zanahoria blanca) y los parámetros del proceso de extrusión influyen sobre el contenido de nutrientes, calidad sensorial y propiedades físicas del producto extruido expandido

## HIPOTÉISIS NULA (Ho)



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

# MATERIALES Y MÉTODOS



# MATERIALES Y EQUIPOS

- **Materia primas:**

- Gritz maíz amarillo *Zea mays*
- Gritz Chocho *Lupinus mutabilis*
- Gritz Zanahoria blanca  
*Arracacha xanthorrhiza.*

## Equipos

Extrusor  
Calibrador  
Deshidratador de bandejas  
Molino  
Balanza analítica  
Baño maría

pH metro  
Mufla  
Desecador  
Refrigerador  
Termómetro  
Centrifuga  
Texturómetro

# CARACTERIZACIÓN DEL EXTRUSOR DE UN SOLO TORNILLO

PARÁMETROS	UNIDAD	CANTIDAD
Alimentación	Kg	3
Velocidad del tornillo sinfín	Rpm	300
Velocidad de la cuchilla	Rpm	1600
Presión	Bares	160-180
Temperatura-cámara 1	°C	30-35
Temperatura-cámara 2	°C	88-95
Temperatura cámara 3	°C	105-140
Diámetro	mm	2,5
Número de dados		2



**A**

**Formulación de la mezcla**

**A1:**Maíz 70% + Chocho 15% + Z. Blanca 15%  
**A2:**Maíz 80% + Chocho 10% + Z. Blanca 10%

**B**

**Humedad de la mezcla**

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

**C**

**Temperatura de extrusión**

**C1:** 110°C  
**C2:** 140°C

**CONSTANTES**

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

# ANÁLISIS FISCOQUÍMICO

## MATERIAS PRIMAS



MAÍZ  
DURO



Chocho



ZBlanca.

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

## FORMULACIONES

1

70% Maíz  
15% Chocho  
15% Z.Blanca

2

80% Maíz 10%  
Chocho  
10% Z.Blanca

# VARIABLES EVALUADAS EN SNACKS EXTRUIDIDOS



## PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

- Humedad
- Cenizas
- Proteína
- Fibra
- Grasa
- Carbohidratos

## PROPIEDADES FUNCIONALES

- Índice de expansión
- Densidad Aparente
- Índice de absorción de agua
- Índice de solubilidad de agua

## TEXTURA

### TEXTURA DESCRIPTIVA

- Dureza
- Crujencia
- Resistencia ala ruptura
- Adherencia

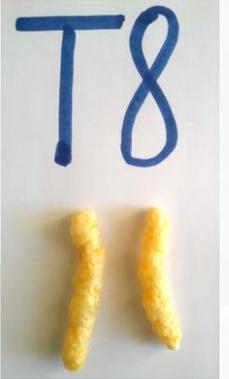
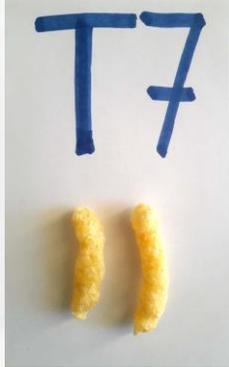
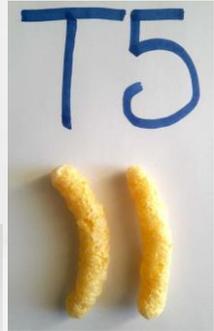
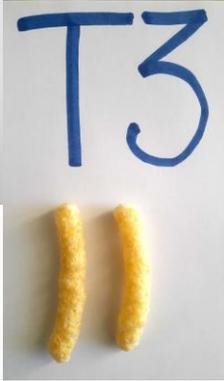
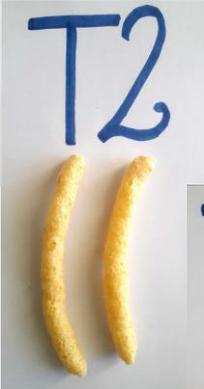
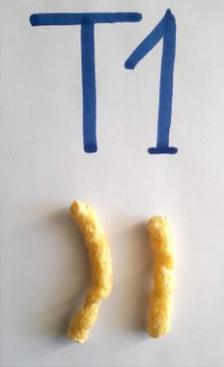
### TEXTURA INSTRUMENTAL

- Compresión
- Punción
- Corte Guillotina
- Corte "V"

## ACEPTABILIDAD SENSORIAL

- Color
- Olor
- Textura
- Sabor

# RESULTADOS DISCUSIONES



# CARACTERIZACIÓN DEL EXTRUSOR



# CARACTERIZACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

PARÁMETROS	UNIDAD	GRITZ DE MAÍZ	GRITZ DE ZANAHORIA BLANCA	GRITZ DE CHOCHO
Humedad	%	12,42	6,74	9,16
Cenizas	%	0,63	3,43	1,73
Proteína	%	9,42	4,73	41,2
Extracto etéreo	%	2,09	0,6	16,34
Fibra bruta	%	0,89	2,99	10,46
Carbohidratos	%	75,44	84,5	31,57
Almidón	%	72,68	76,2	13,30
Amilosa	%	21,04	13,39	27,77
Amilopectina	%	78,96	86,61	72,23

# COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LAS MEZCLAS

Parámetros	Unidad	MEZCLA 1 (70/15/15)	MEZCLA 2 (80/10/10)
Humedad	%	11,08	11,53
Proteína	%	13,48	12,13
Extracto etéreo	%	4,00	3,36
Cenizas	%	1,22	1,02
Carbohidratos	%	70,22	71,96
Fibra bruta	%	2,64	1,82

La composición nutricional influye en las características del producto extruido (Martínez, 2012).

# PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL PRODUCTO EXTRUIDO



# ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES EVALUADAS EN EL EXTRUIDO

FV	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra	Cenizas	Carbohidratos
	F-valor	F-valor	F-valor	F-valor	F-valor	F-valor
<b>Tratamientos</b>	463,300**	2497,64**	69,86**	804,87**	316,54**	1153,12**
<b>A</b>	11,65**	5435,52**	39,69**	453,57**	238,27**	718,82**
<b>B</b>	2438,32**	1081,42**	119,09**	1704,92**	95,33**	2771,17**
<b>C</b>	20,75**	11,15**	46,52**	317,56**	72,97**	19,53**
<b>AB</b>	159,81**	1153,08**	181,68**	1270,23**	142,99**	4,29 n.s
<b>AC</b>	74,06**	453,12**	3,23 n.s	127,70**	104,07**	20,04**
<b>BC</b>	141,07**	144,97**	29,45**	1239,44**	89,4**	48,47**
<b>ABC</b>	111,62**	400,15**	29,51**	83,31**	0,16 n.s	3,39 n. s
<b>Test vs resto</b>	749,10**	11301,67**	636,31**	1242,24**	1789,47**	5639,22**
<b>CV (%)</b>	1,82	0,69	11,39	2,40	1,81	0,28

\*\*Altamente significativo; \* Significativo; ns no significativo

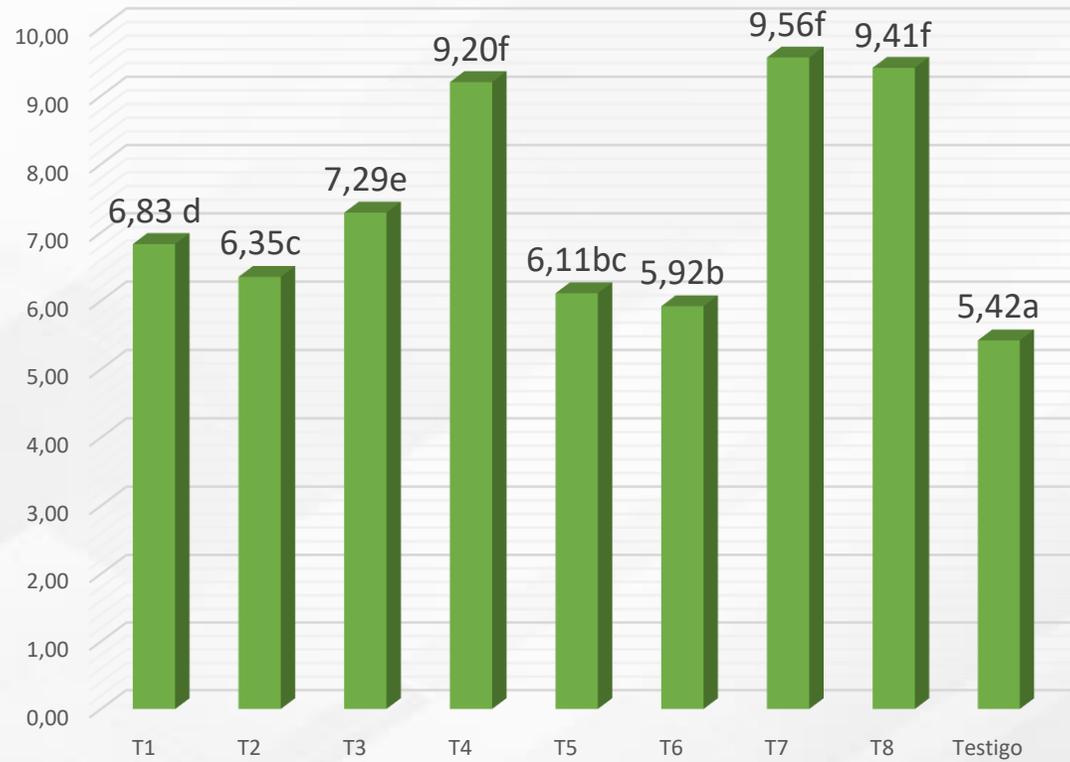
# PRUEBA DE TUKEY DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS

Resultados de las Variables Físico Químicas Evaluadas en el Producto.

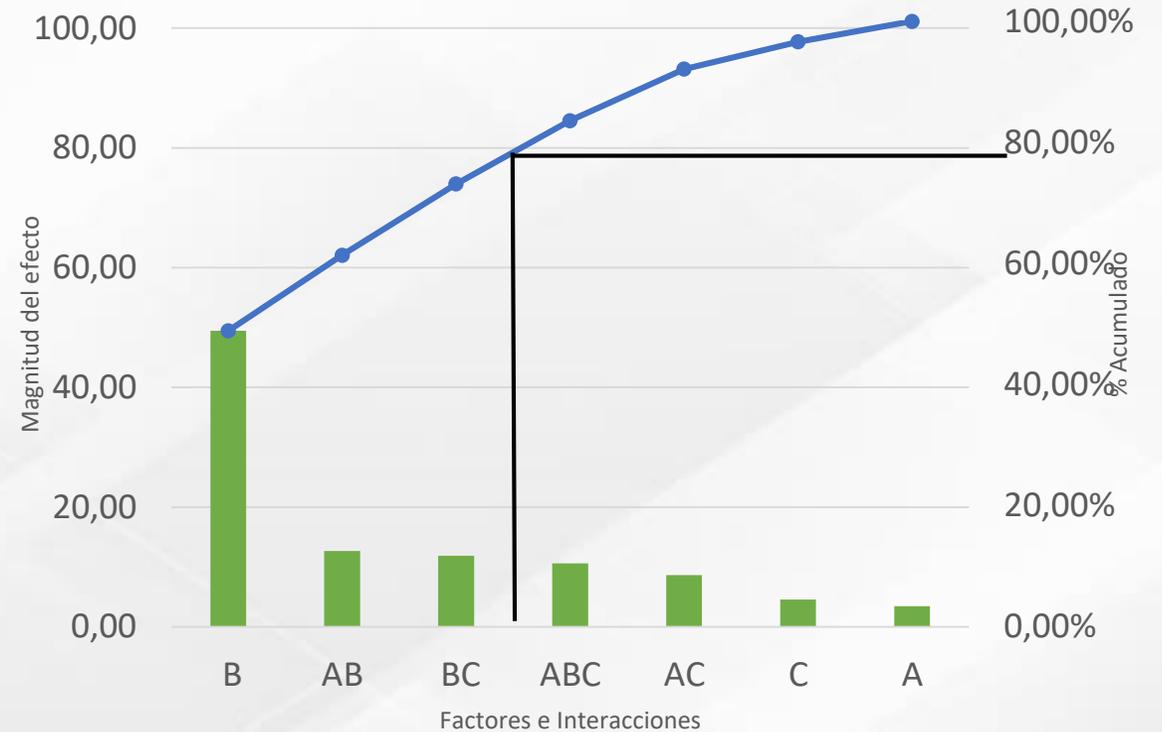
Trat.	Variables					
	Humedad	Proteína	Grasa	Fibra	Cenizas	Carbohidratos
T1	6,83±0,06 <sup>d</sup>	14,49±0,11 <sup>c</sup>	2,05±0,03 <sup>d</sup>	0,57±0,02 <sup>f</sup>	1,11±0,03 <sup>b</sup>	74,95±0,17 <sup>d</sup>
T2	6,35±0,08 <sup>c</sup>	14,78±0,04 <sup>c</sup>	0,77±0,19 <sup>ab</sup>	0,79±0,01 <sup>e</sup>	1,06±0,00 <sup>c</sup>	77,31±0,31 <sup>c</sup>
T3	7,29±0,30 <sup>e</sup>	18,32±0,02 <sup>a</sup>	1,17±0,03 <sup>bc</sup>	1,76±0,04 <sup>a</sup>	1,06±0,01 <sup>c</sup>	70,4±0,31 <sup>f</sup>
T4	9,2±0,02 <sup>f</sup>	16,13±0,13 <sup>b</sup>	1,31±0,07 <sup>c</sup>	1,38±0,03 <sup>b</sup>	1,14±0,04 <sup>ab</sup>	70,84±0,10 <sup>f</sup>
T5	6,11±0,10 <sup>bc</sup>	12,9±0,06 <sup>e</sup>	1,1±0,04 <sup>bc</sup>	1,25±0,02 <sup>c</sup>	1,16±0,01 <sup>a</sup>	77,48±0,10 <sup>b</sup>
T6	5,92±0,04 <sup>b</sup>	13,29±0,03 <sup>d</sup>	0,77±0,22 <sup>ab</sup>	1,43±0,03 <sup>b</sup>	0,96±0,01 <sup>d</sup>	77,63±0,27 <sup>b</sup>
T7	9,56±0,01 <sup>f</sup>	12,55±0,03 <sup>f</sup>	2,71±0,32 <sup>e</sup>	1,83±0,03 <sup>a</sup>	0,93±0,01 <sup>d</sup>	72,42±0,29 <sup>e</sup>
T8	9,41±0,01 <sup>f</sup>	13,55±0,04 <sup>d</sup>	2,38±0,20 <sup>de</sup>	0,98±0,05 <sup>d</sup>	0,87±0,01 <sup>e</sup>	72,81±0,15 <sup>e</sup>
Testigo	5,42±0,23 <sup>a</sup>	8,32±0,21 <sup>g</sup>	0,5±0,06 <sup>a</sup>	0,64±0,01 <sup>f</sup>	0,57±0,01 <sup>f</sup>	84,55±0,03 <sup>a</sup>
CV	1,82	0,69	11,39	2,40	1,81	0,28

# CONTENIDO DE HUMEDAD EN LOS PRODUCTOS EXTRUIDIDOS

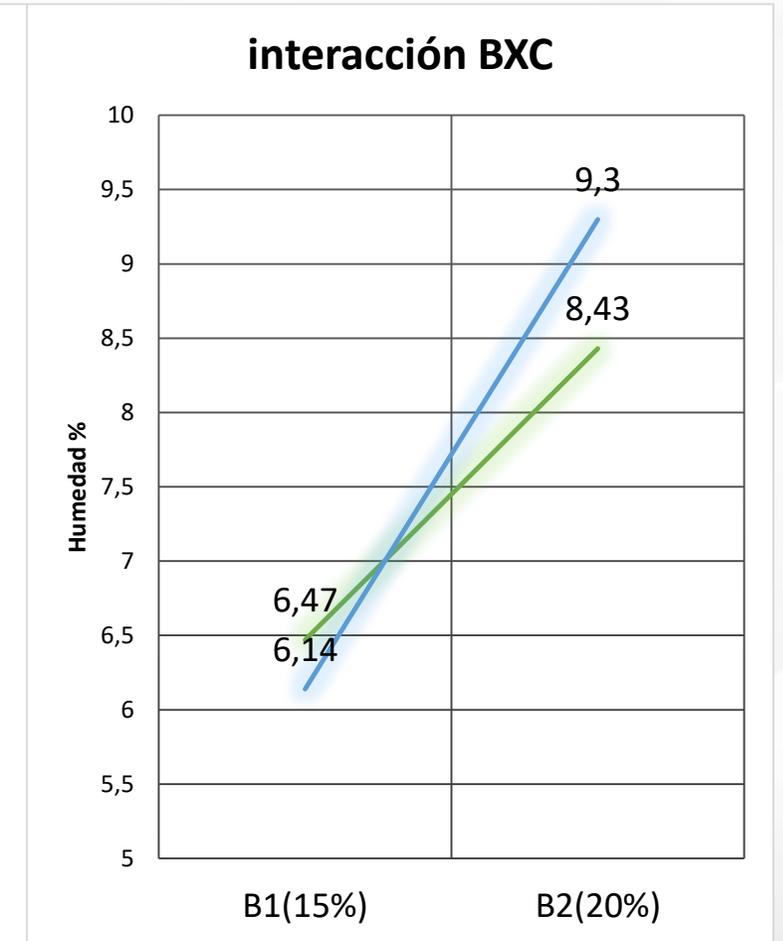
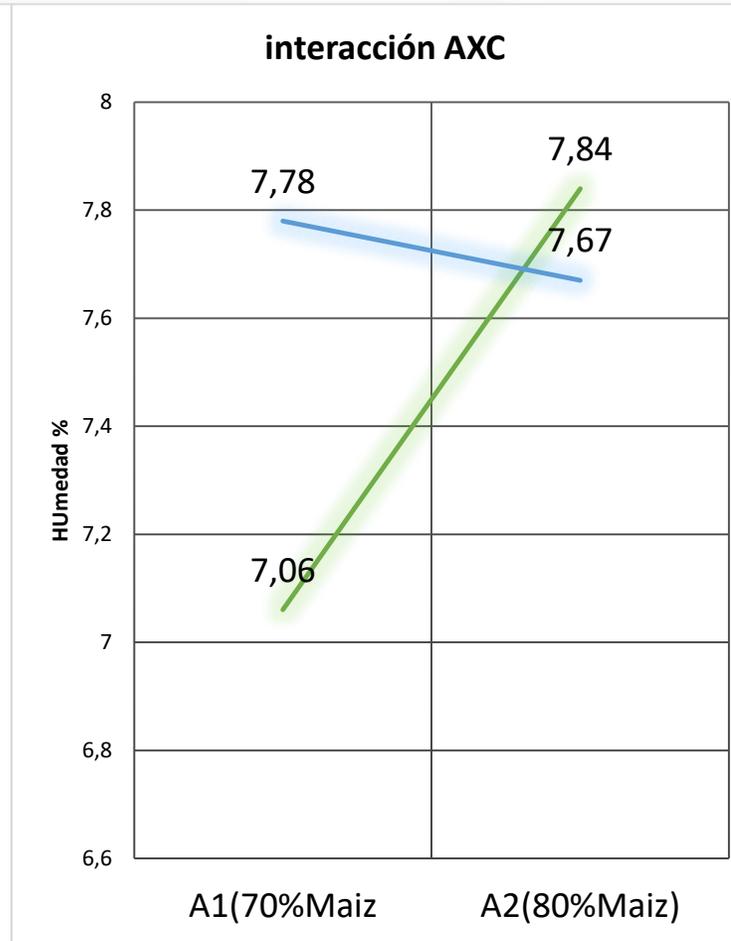
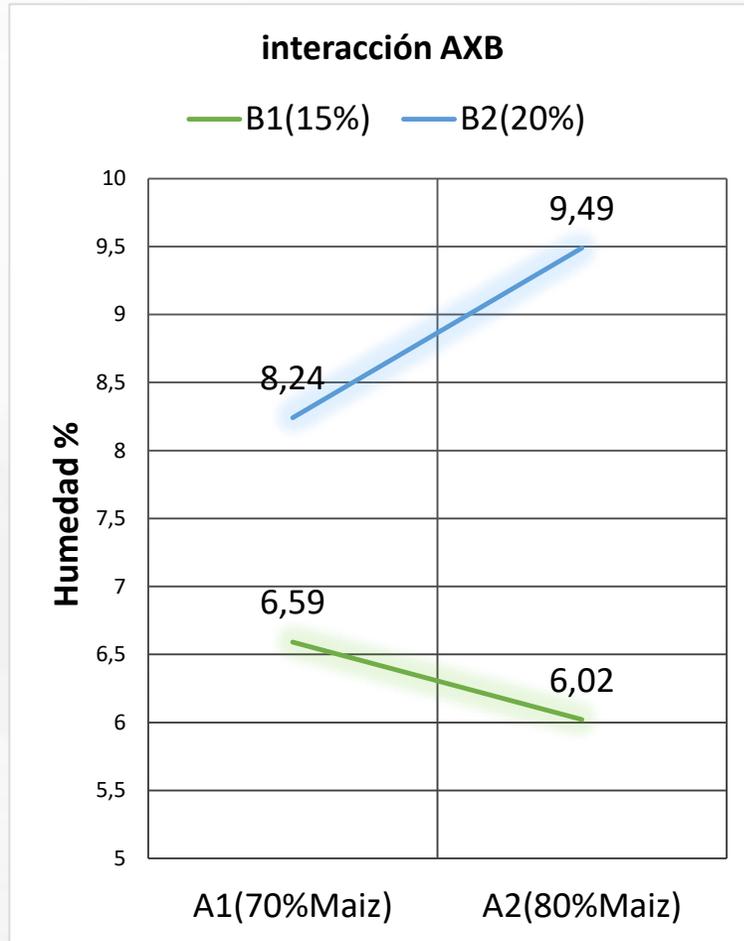
## HUMEDAD



## DIAGRAMA DE PARETO

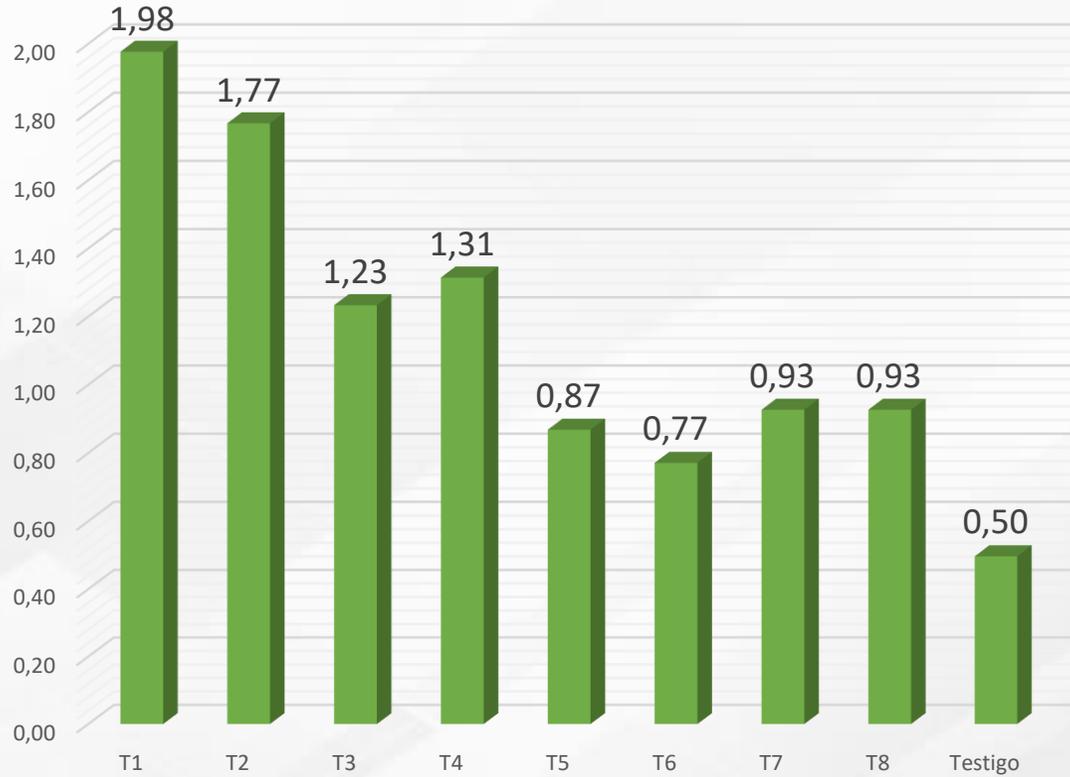


# INTERACCIÓN DE FACTORES DE LA HUMEDAD

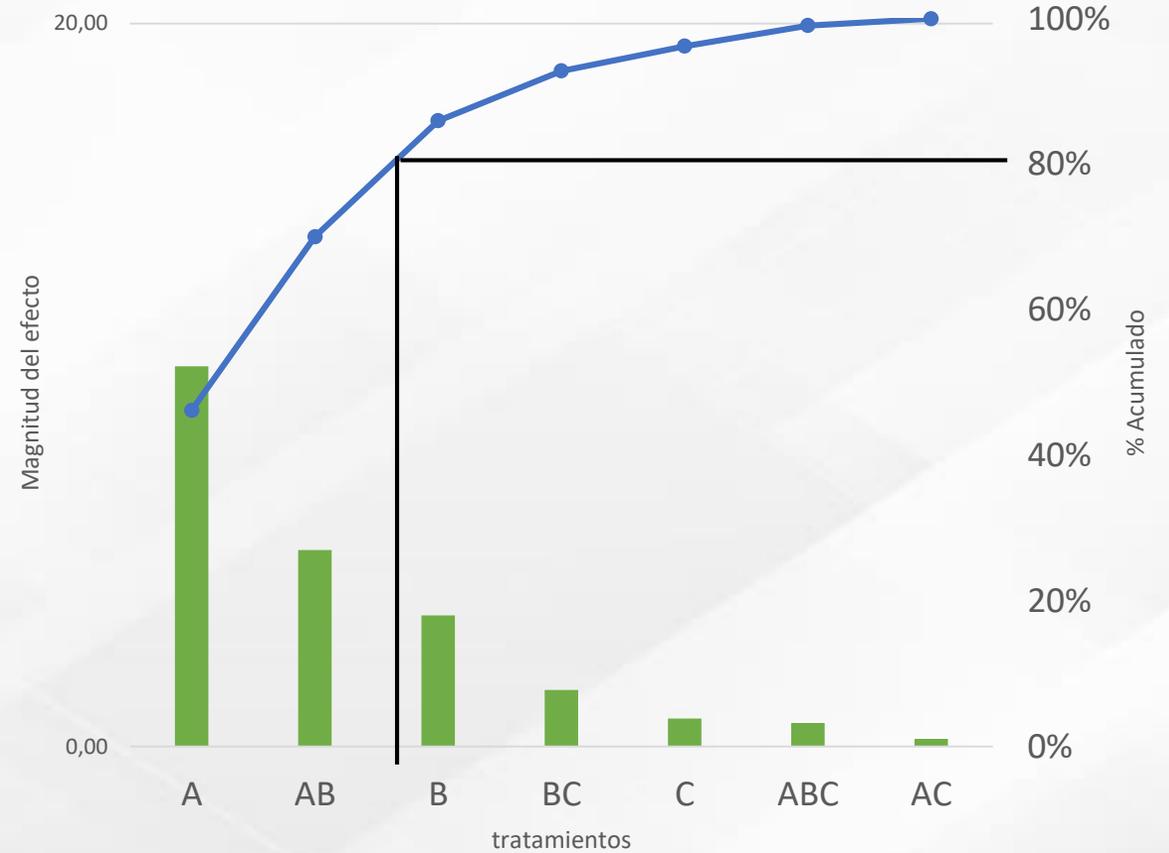


# CONTENIDO DE LIPIDOS EN LOS PRODUCTOS EXTRUIDIDOS

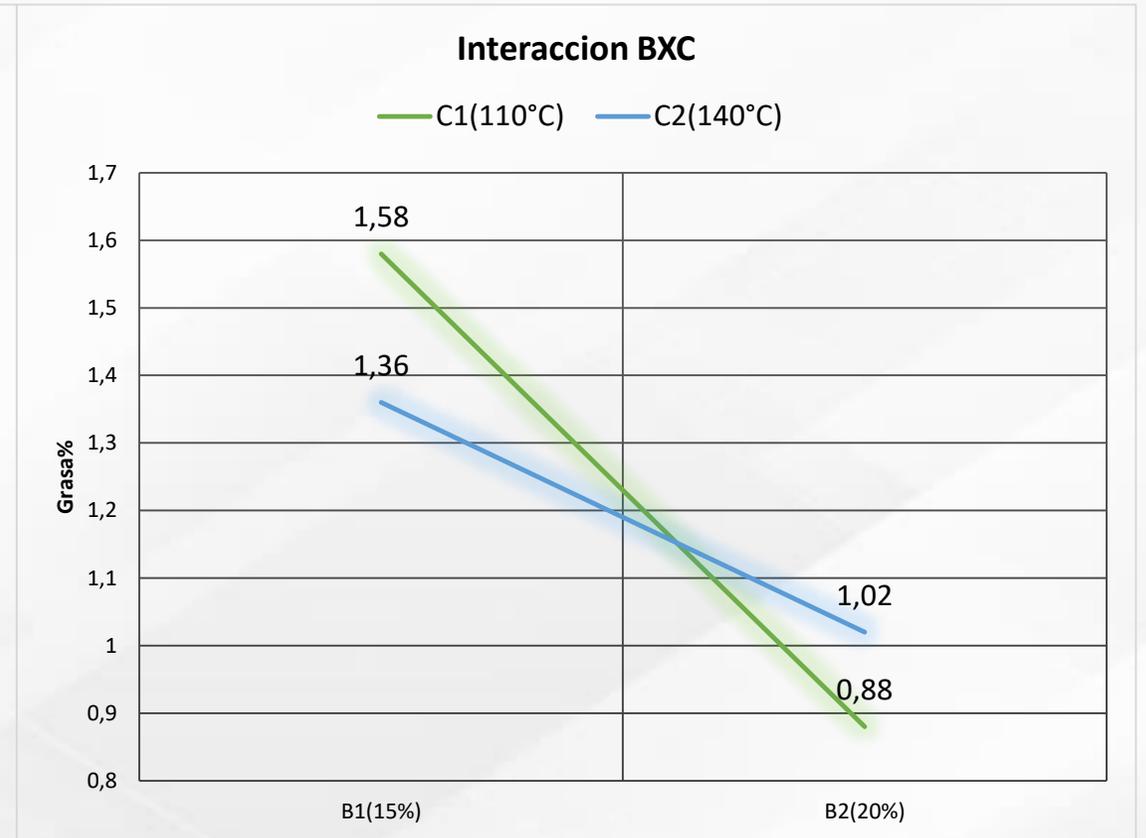
## LIPIDOS



## DIAGRAMA DE PARETO



# INTERACCION DE FACTORES DE LOS LIPIDOS



# CONTENIDO DE PROTEÍNAS EN LOS PRODUCTOS EXTRUIDIDOS

Proteína

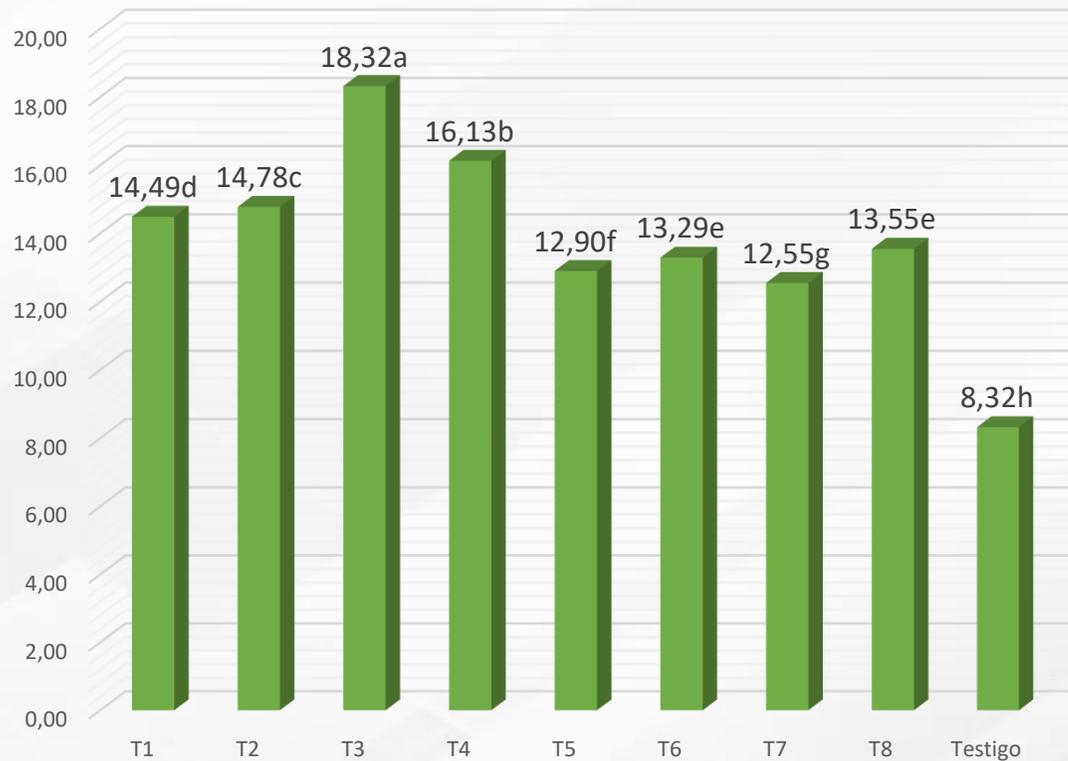
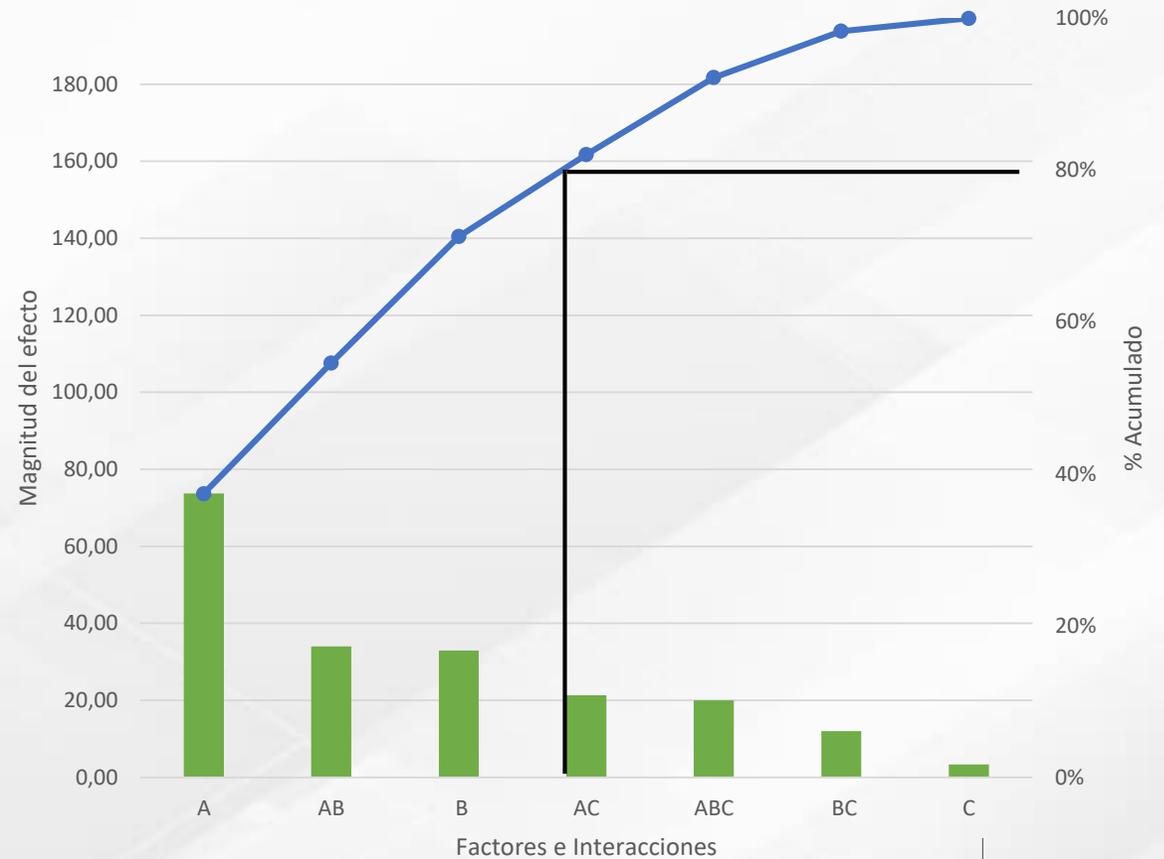
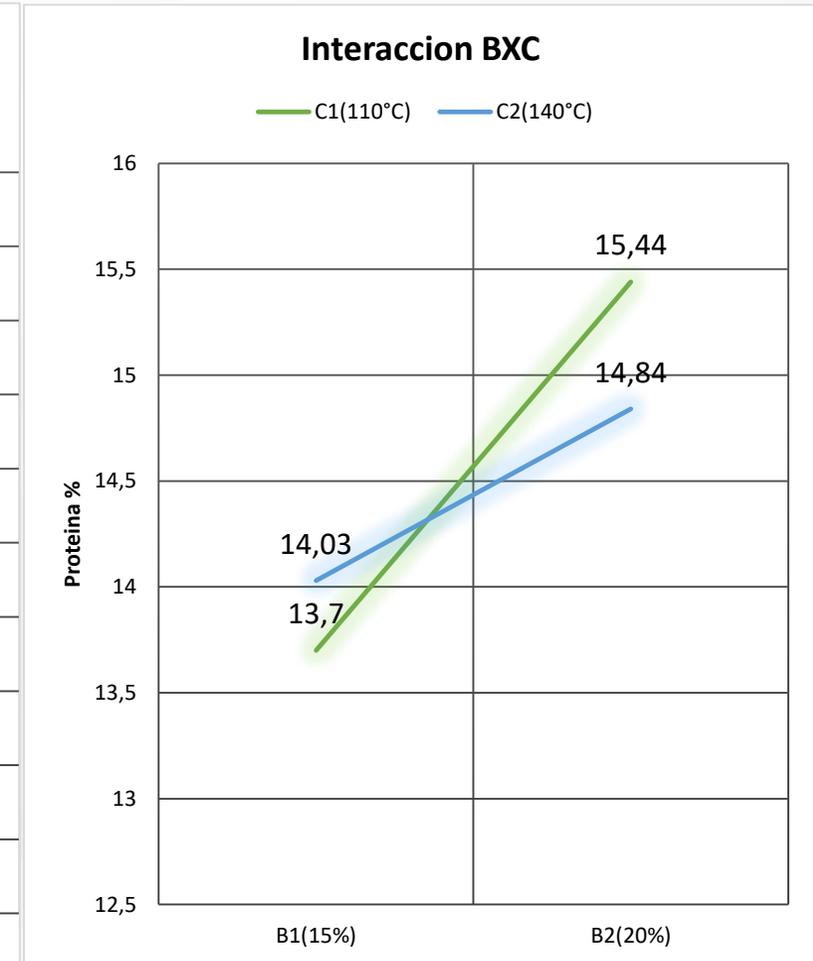
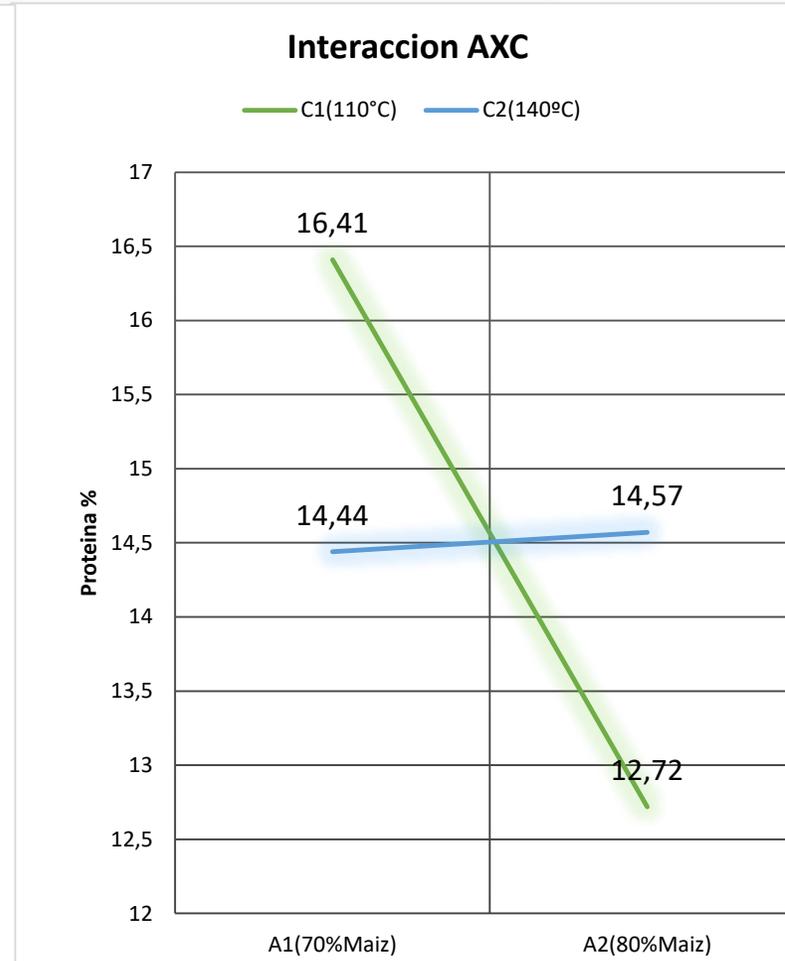
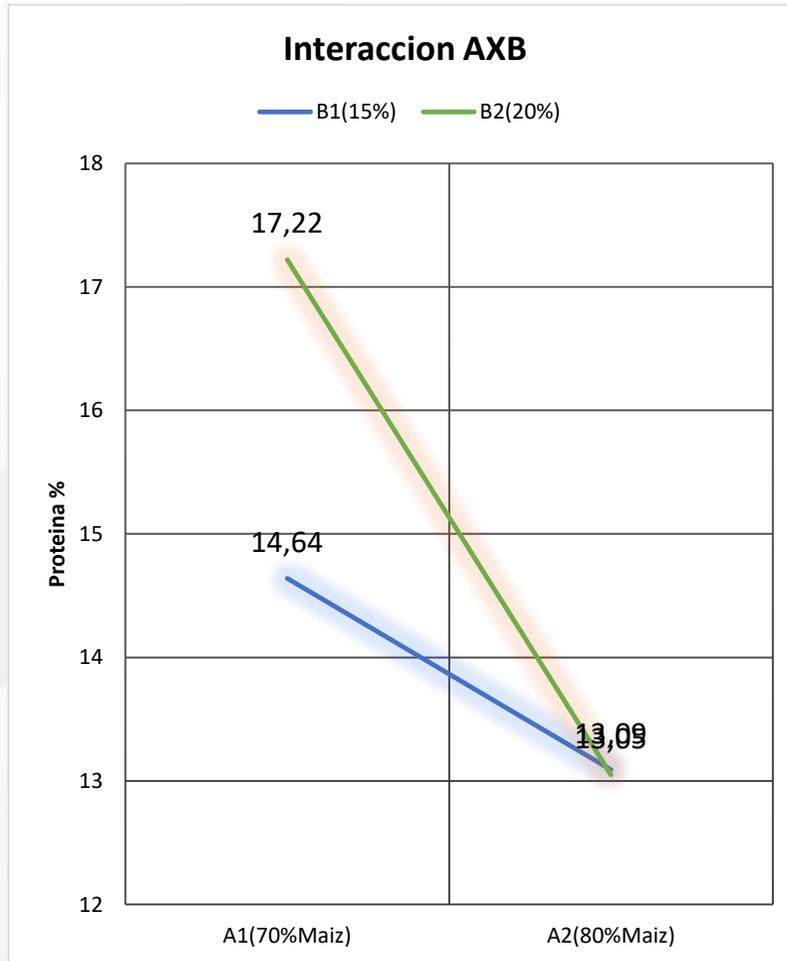


DIAGRAMA DE PARETO

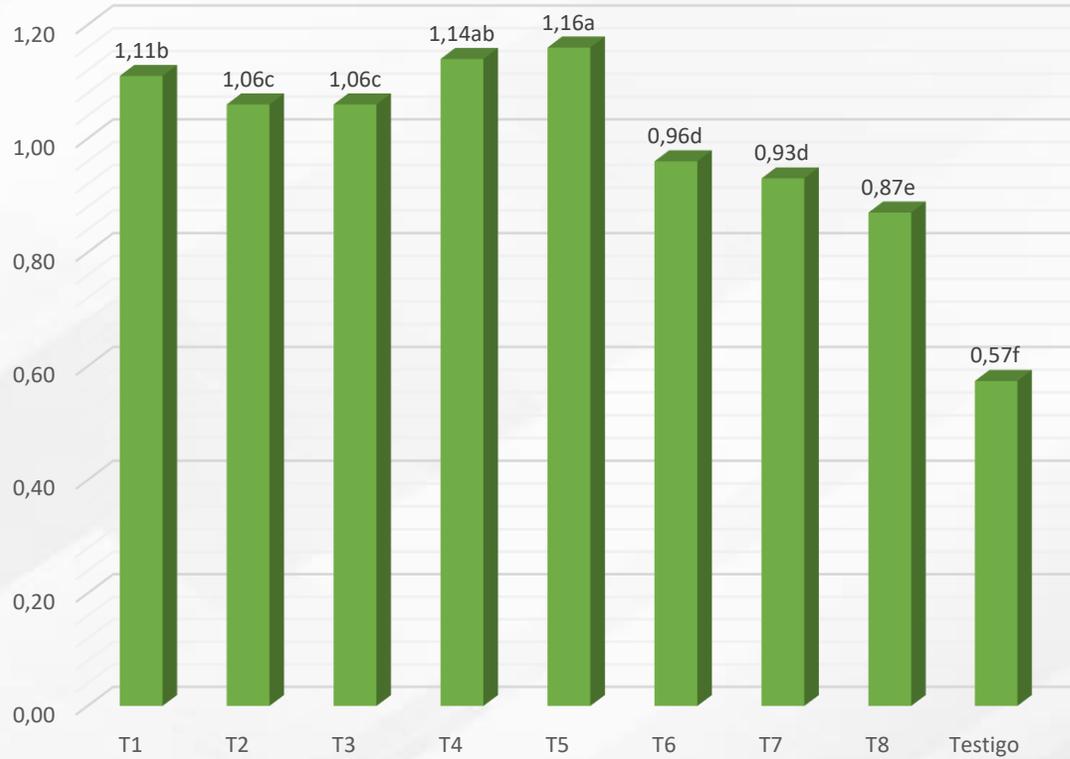


# INTERACCION DE FACTORES DE LAS PROTEÍNAS

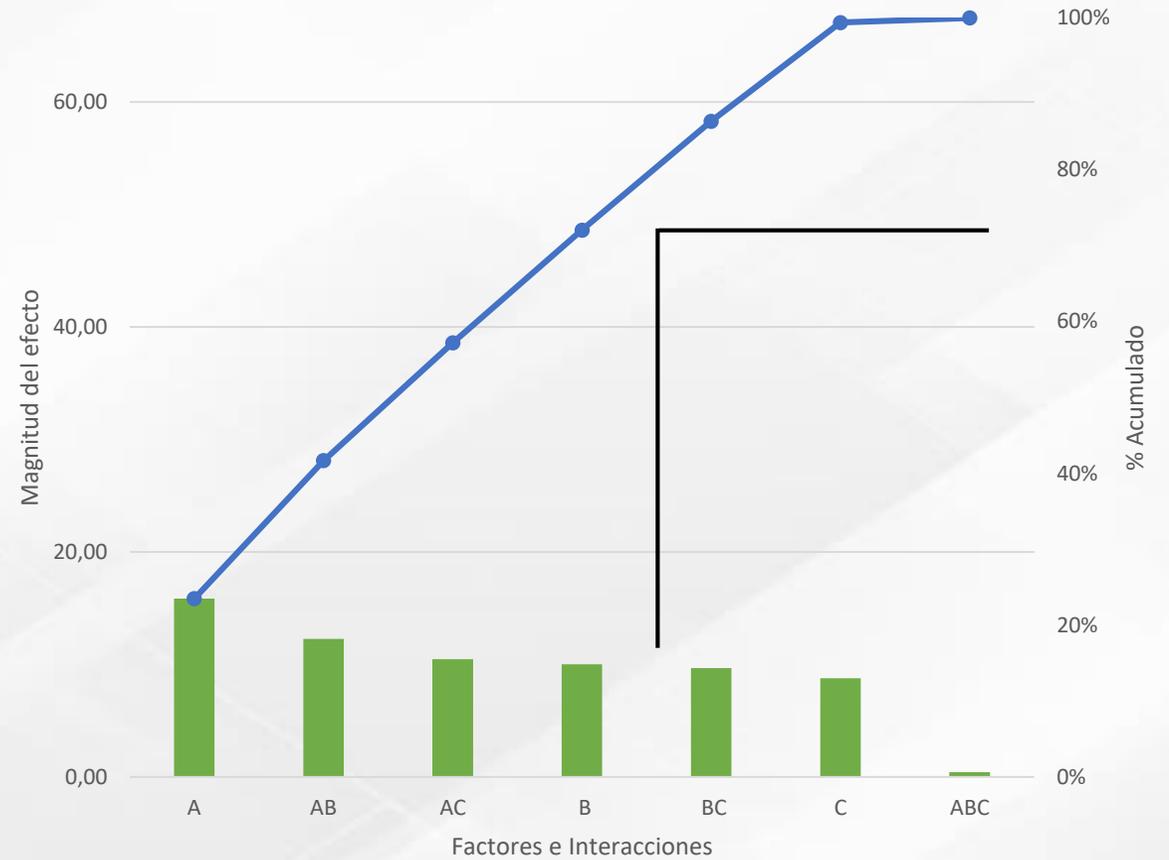


# CONTENIDO DE CENIZAS EN LOS PRODUCTOS EXTRUIDIDOS

## CENIZAS

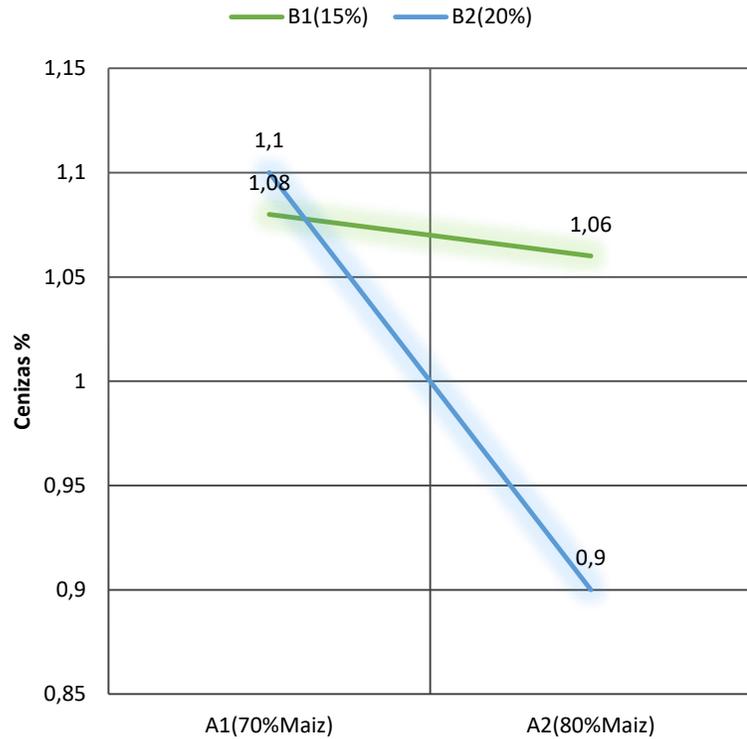


## DIAGRAMA DE PARETO

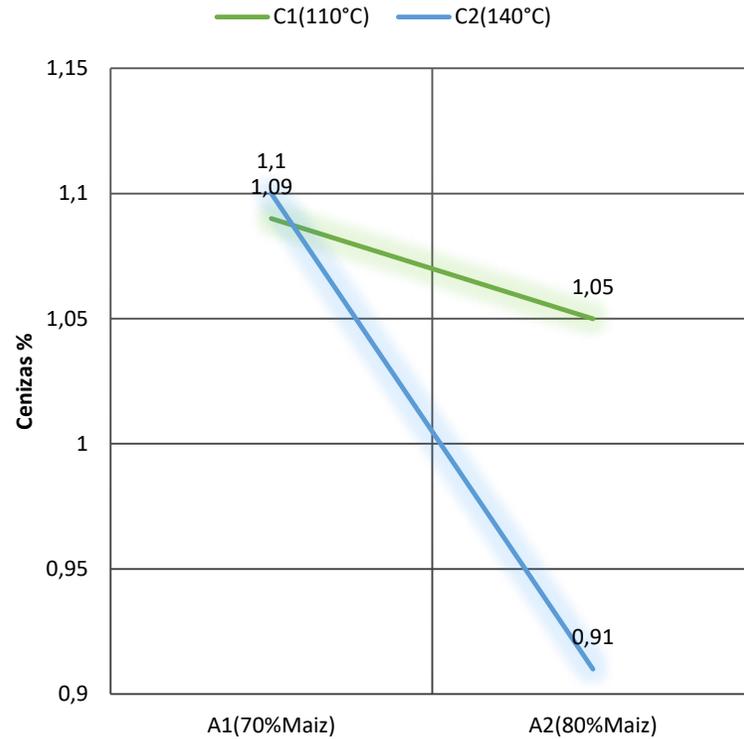


# INTERACCION DE FACTORES DE CENIZAS

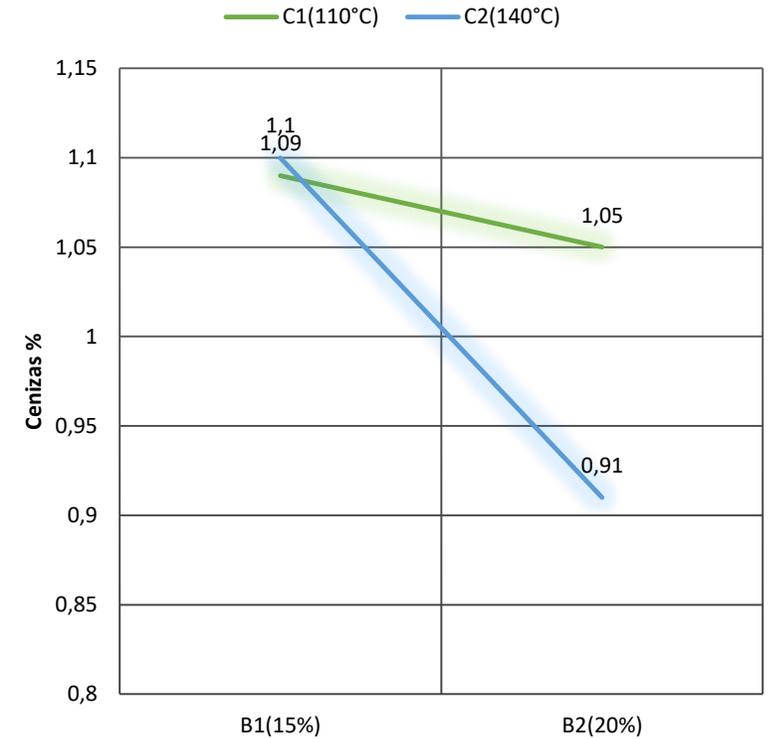
Interacciones AXB



Interaccion AXC

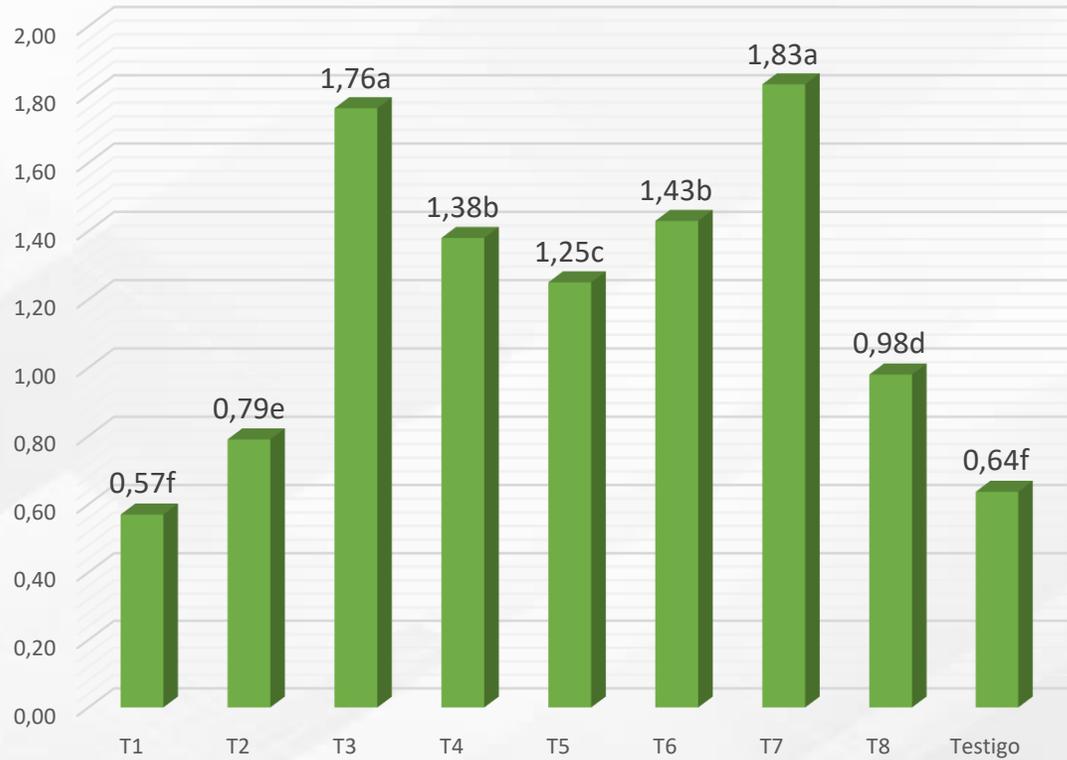


Interaccion BXC

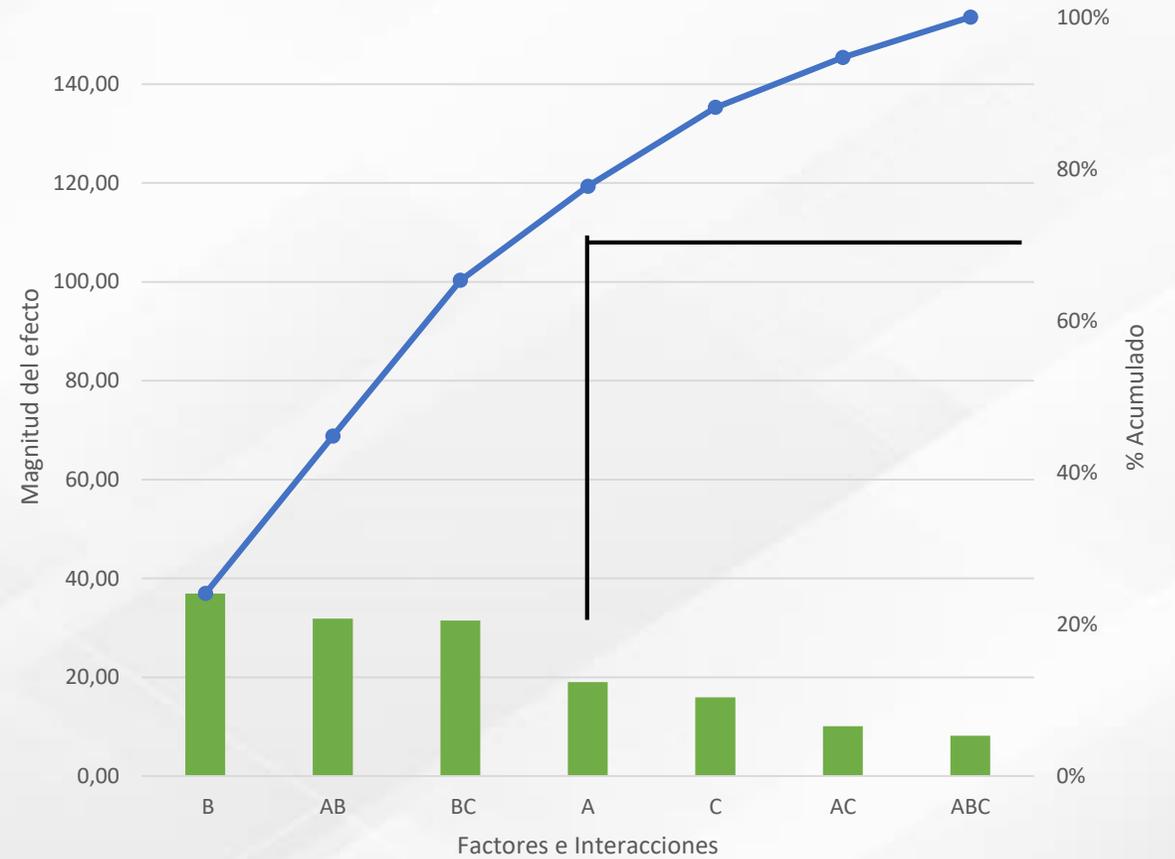


# CONTENIDO DE FIBRA EN LOS PRODUCTOS EXTRUIDIDOS

## FIBRA

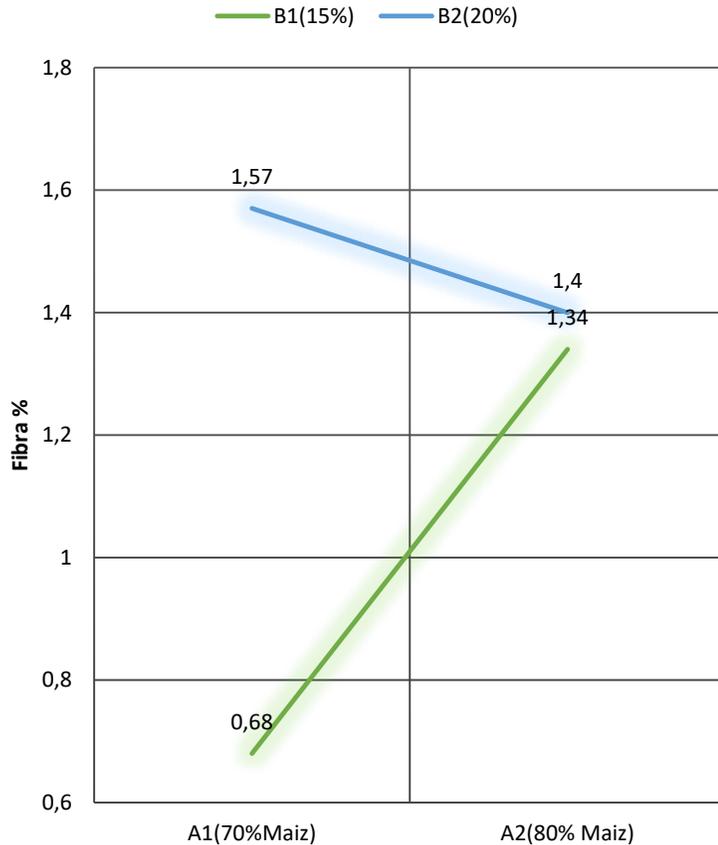


## DIAGRAMA DE PARETO

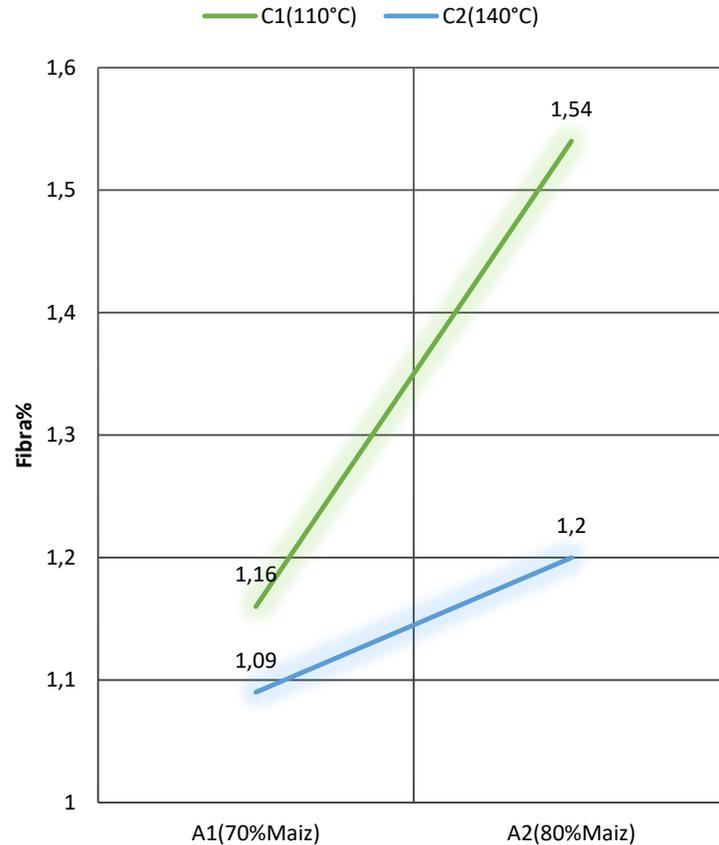


# INTERACCION DE FACTORES DE FIBRA

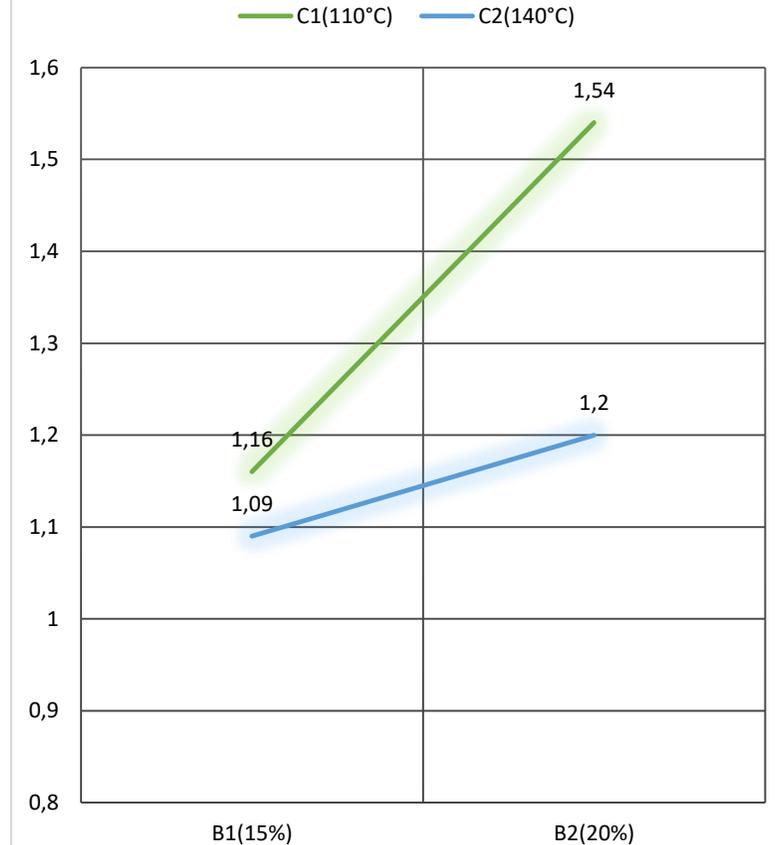
### Interaccion AXB



### Interaccion AXC

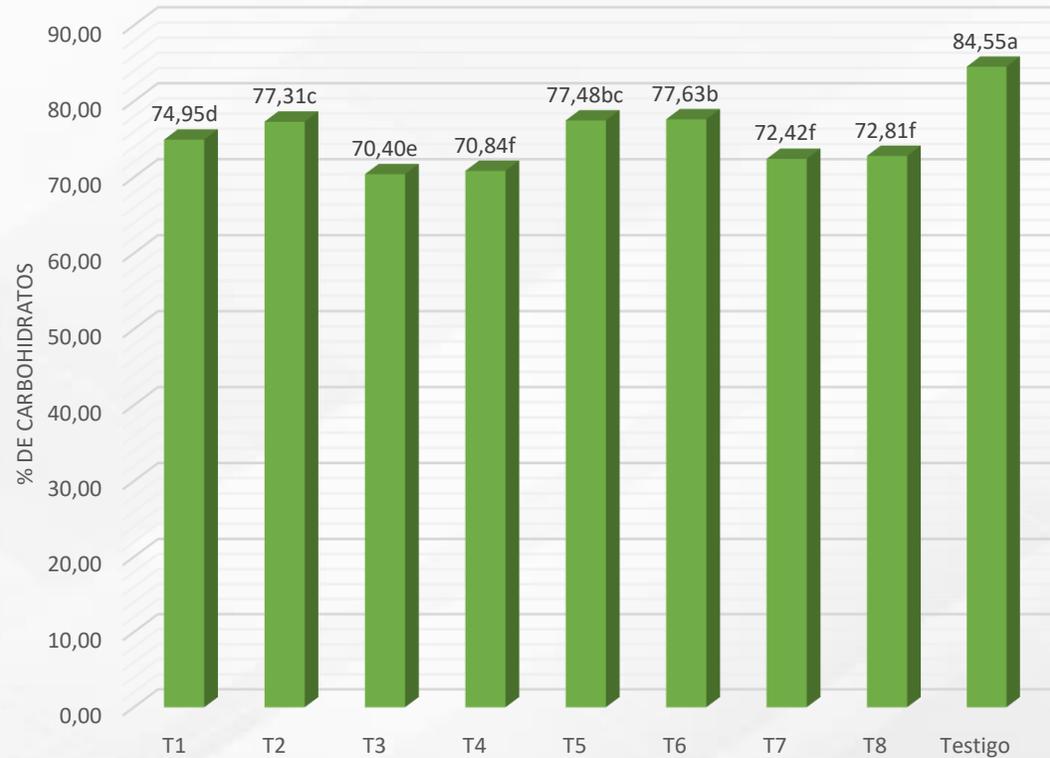


### Interaccion BXC

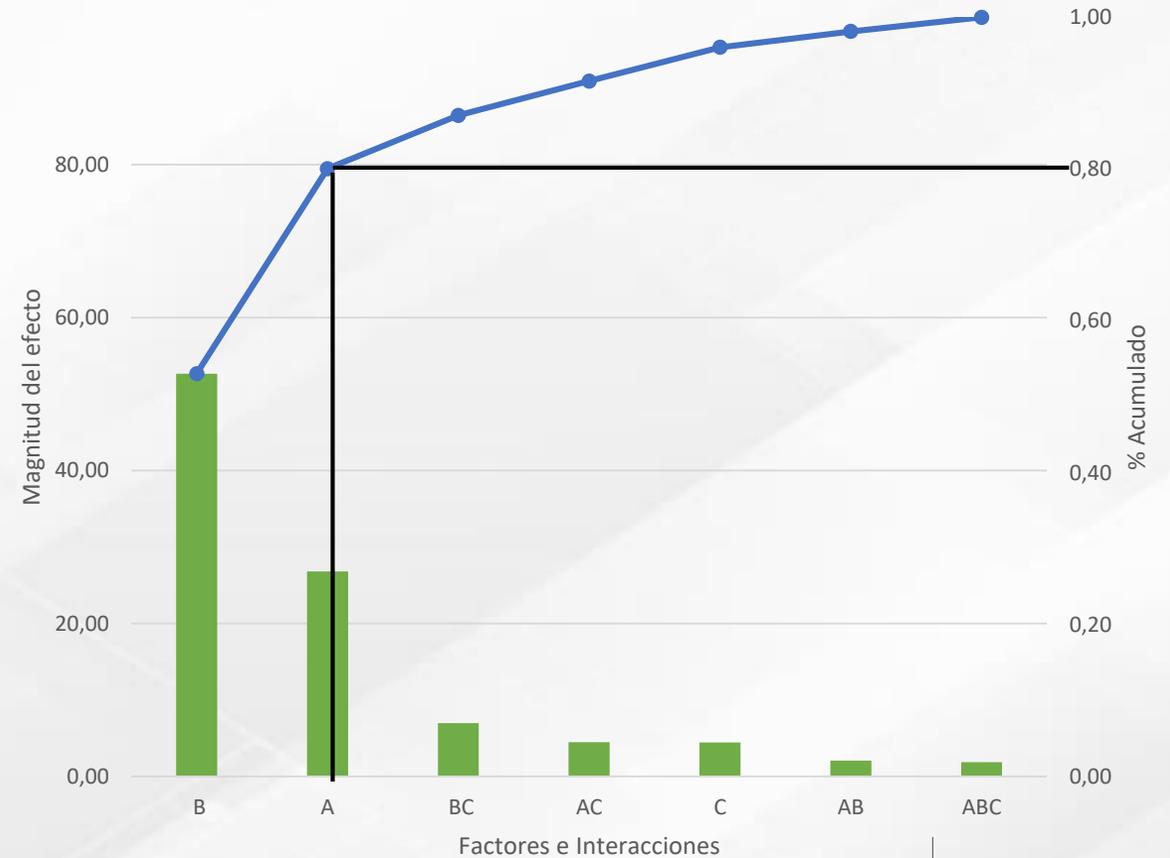


# CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS EN LOS PRODUCTOS EXTRUIDIDOS

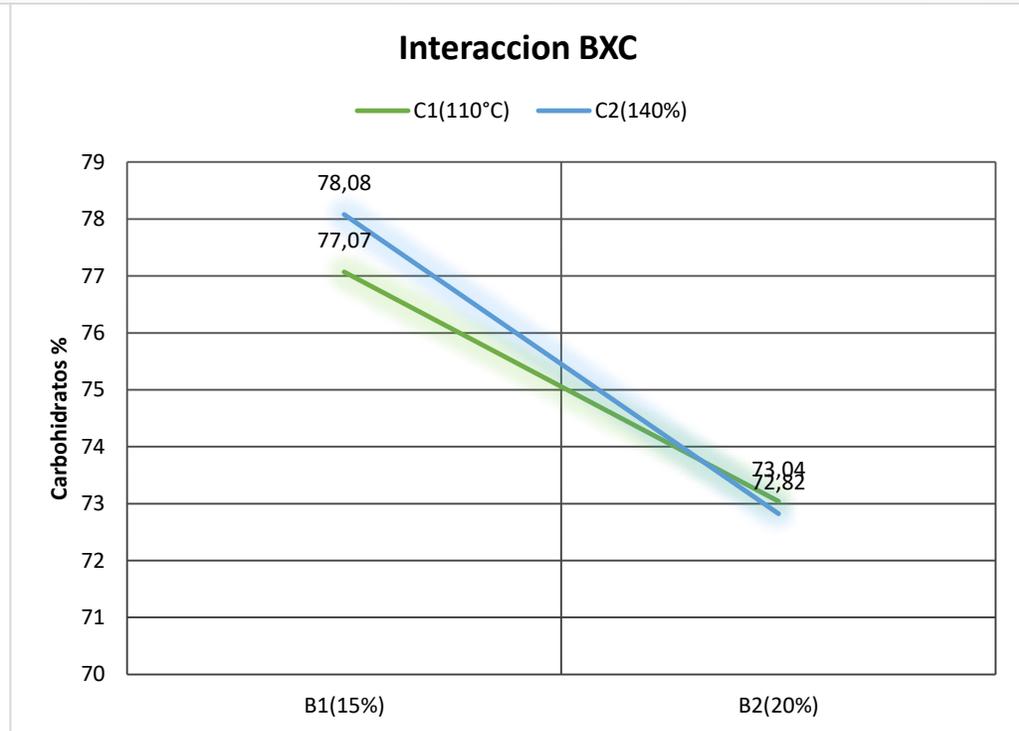
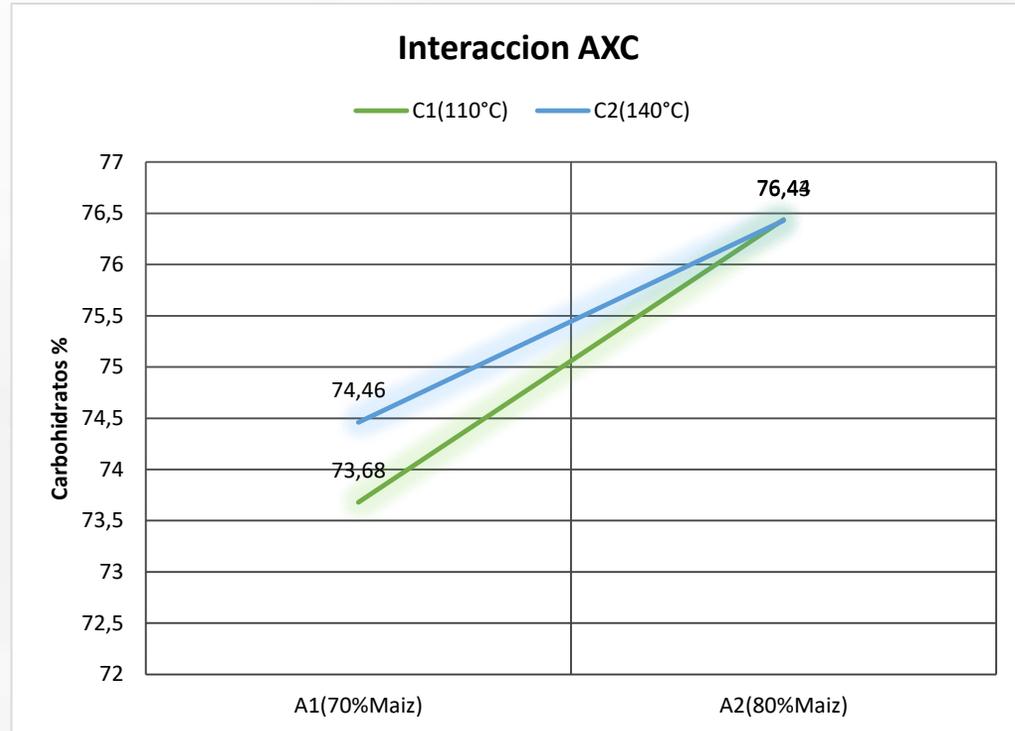
## CARBOHIDRATOS



## DIAGRAMA DE PARETO



# INTERACCION DE FACTORES DE CARBOHIDRATOS



# PROPIEDADES FUNCIONALES DE LOS PRODUCTOS EXTRUIDIDOS



# ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES EN EL EXTRUIDIDO

FV	ISA	IAA	IE	DA
	F-valor	F-valor	F-valor	F-valor
<b>Tratamientos</b>	50,26**	25,88**	255,99**	38,30**
<b>A</b>	10,143*	12,19**	88,14**	86,12**
<b>B</b>	94,68**	17,10**	100,73**	7,76*
<b>C</b>	17,48**	4,00 n.s	12,10**	10,83**
<b>AB</b>	49,01**	25,88**	38,20**	36,28**
<b>AC</b>	68,19**	69,53**	90,66**	18,15**
<b>BC</b>	0,13 n.s	21,97 *	7,37 *	56,88**
<b>ABC</b>	159,14**	5,40**	0,000477 n.s	50,04**
<b>Test vs resto</b>	3,33 n.s	62,84**	62,84**	40,38**
<b>CV (%)</b>	<b>3,07</b>	<b>1,97</b>	<b>1,04</b>	<b>7,38</b>

\*\*Altamente significativo; \* Significativo; ns no significativo

# PRUEBA DE TUKEY ( $\alpha < 0,05$ ) DE LAS VARIABLES FUNCIONALES

Tratamientos	VARIABLES			
	Índice de Expansión	Densidad Aparente	Índice de Absorción de Agua	Índice de Absorción de Agua
T1	0,25±0,01c	5,7±0,10d	0,59±0,01d	4,08±0,05fg
T2	0,35±0,01a	5,17±0,18b	0,33±0,03ab	4,27±0,04cd
T3	0,29±0,01b	5,28±0,09bc	0,38±0,03bc	3,96±0,02g
T4	0,29±0,01b	5,23±0,06bc	0,46±0,05c	4,25±0,07de
T5	0,37±0,01a	4,66±0,08a	0,28±0,03a	4,54±0,03b
T6	0,31±0,01b	5,21±0,03b	0,29±0,01a	4,38±0,07c
T7	0,31±0,02c	5,62±0,01d	0,38±0,02b	4,19±0,01def
T8	0,31±0,03b	5,3±0,18bc	0,39±0,03bc	4,13±0,06ef
Testigo	0,31±0,04b	5,51±0,04cd	5,37±0,01a	0,28±0,01a

MEJORES

TRATAMIENTOS

1º a - ab

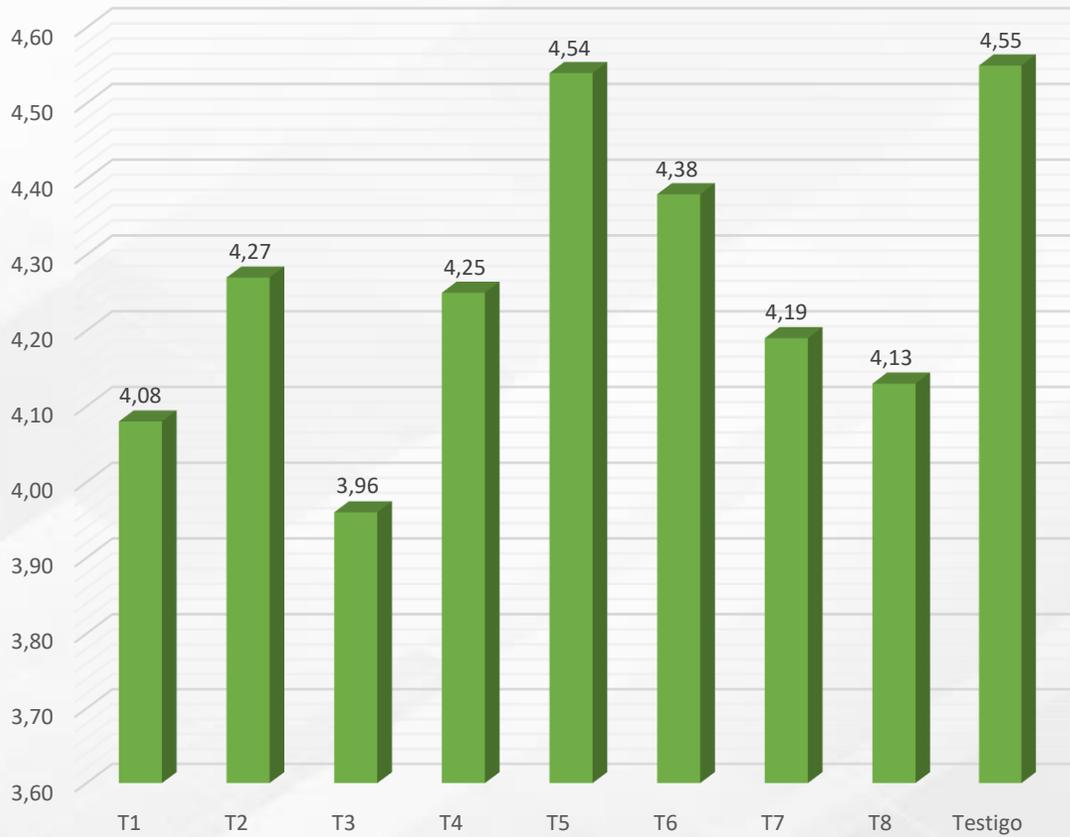
2º b - bc

3º c - cd

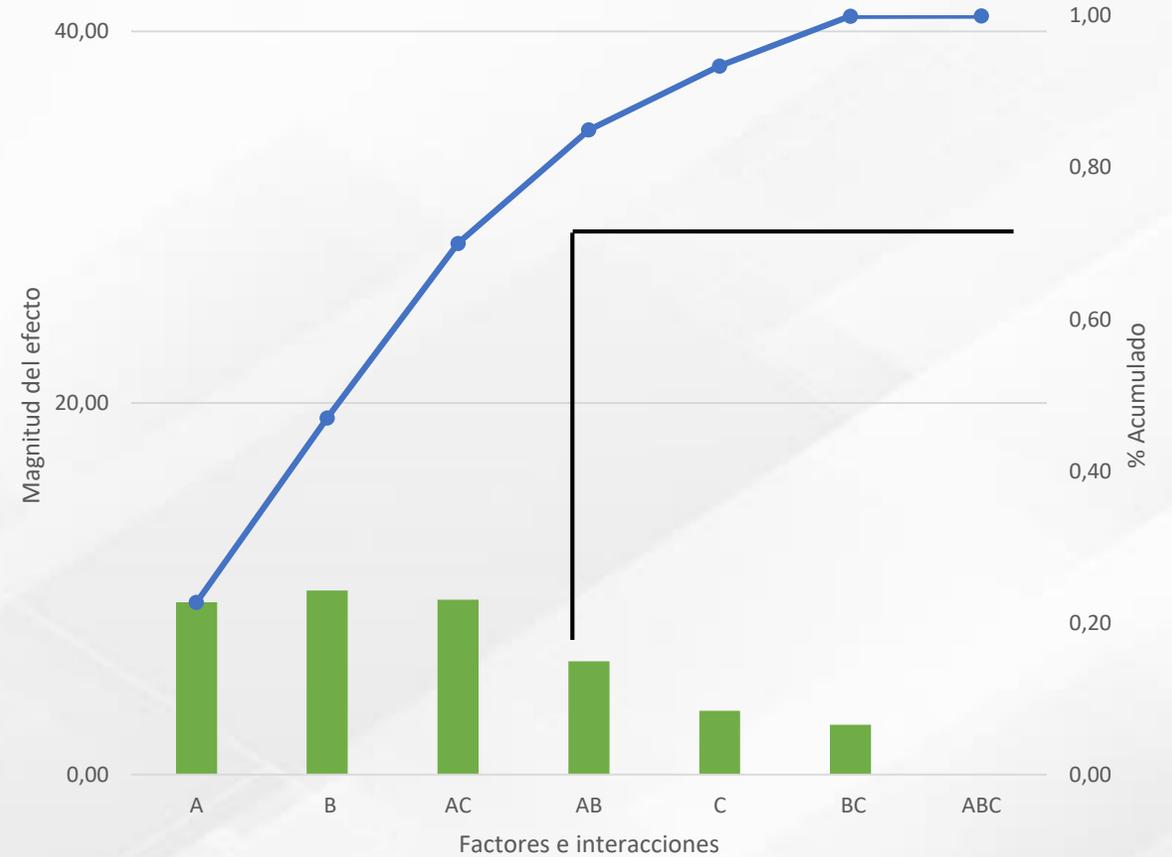
Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $\alpha > 0,05$ )

# ÍNDICE DE EXPANSIÓN DEL PRODUCTO EXTRUIDO

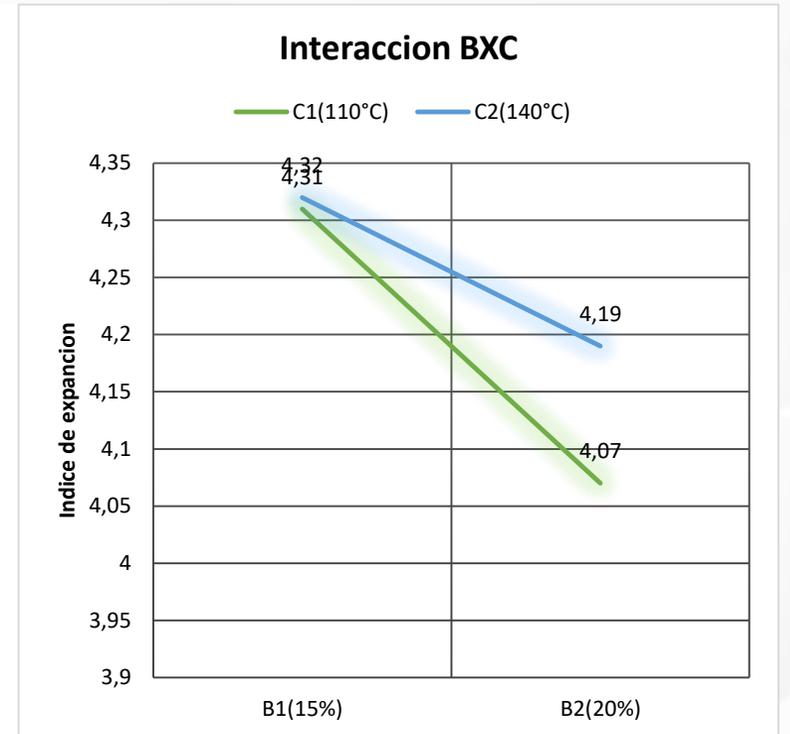
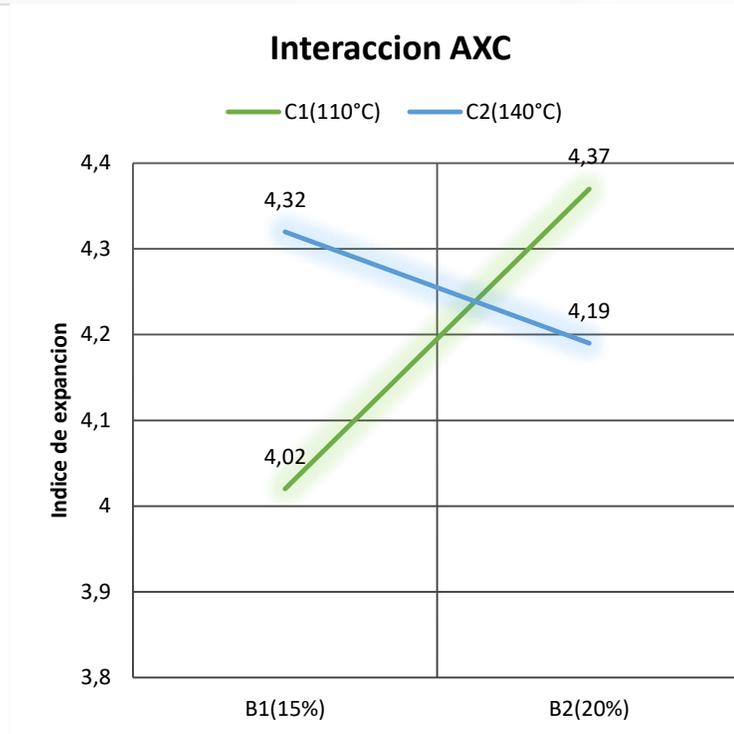
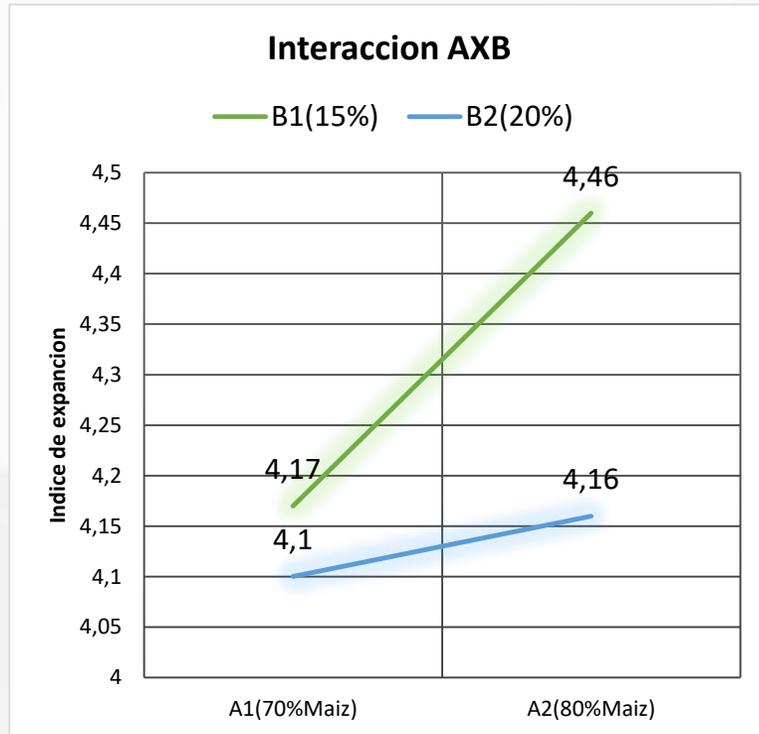
## Índice de Expansión



## DIAGRAMA DE PARETO



# INTERACCIÓN DE FACTORES DEL ÍNDICE DE EXPANSIÓN



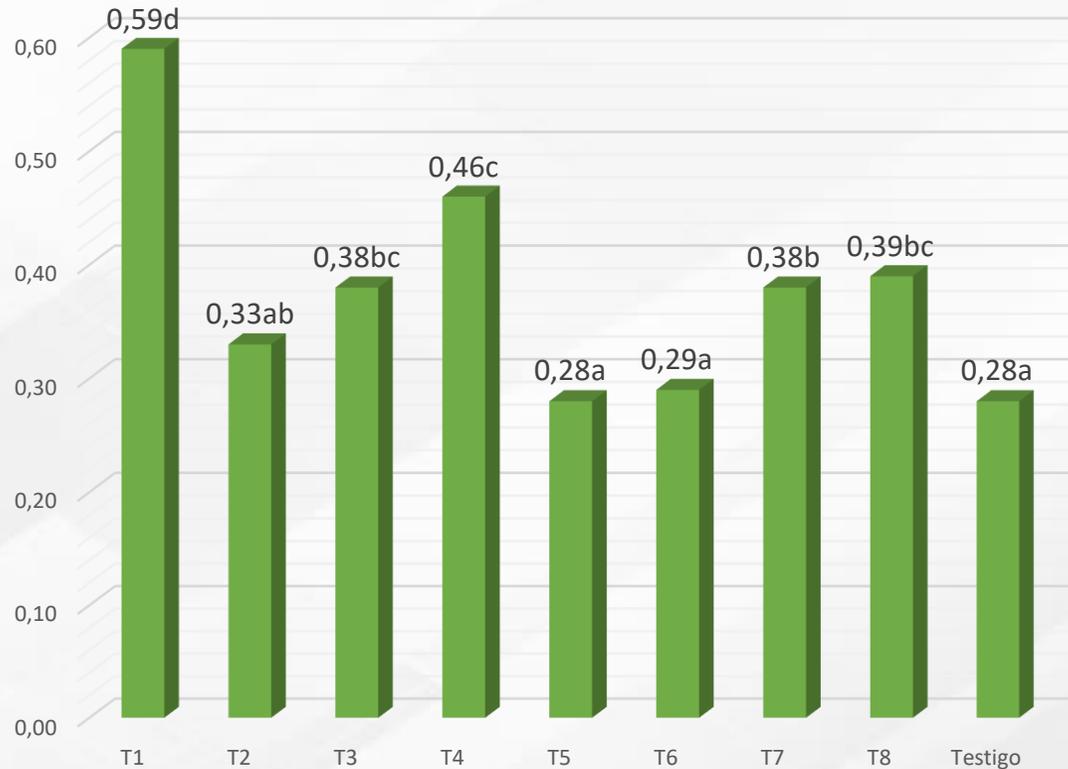
Guy (2002) expresa que los bajos niveles de humedad en la masa tienen efectos positivos en la expansión y la resistencia a la rotura del producto extruido.

**AC** indica que cuando las formulaciones son sometidas a una temperatura 110°C, la expansión es mayor.

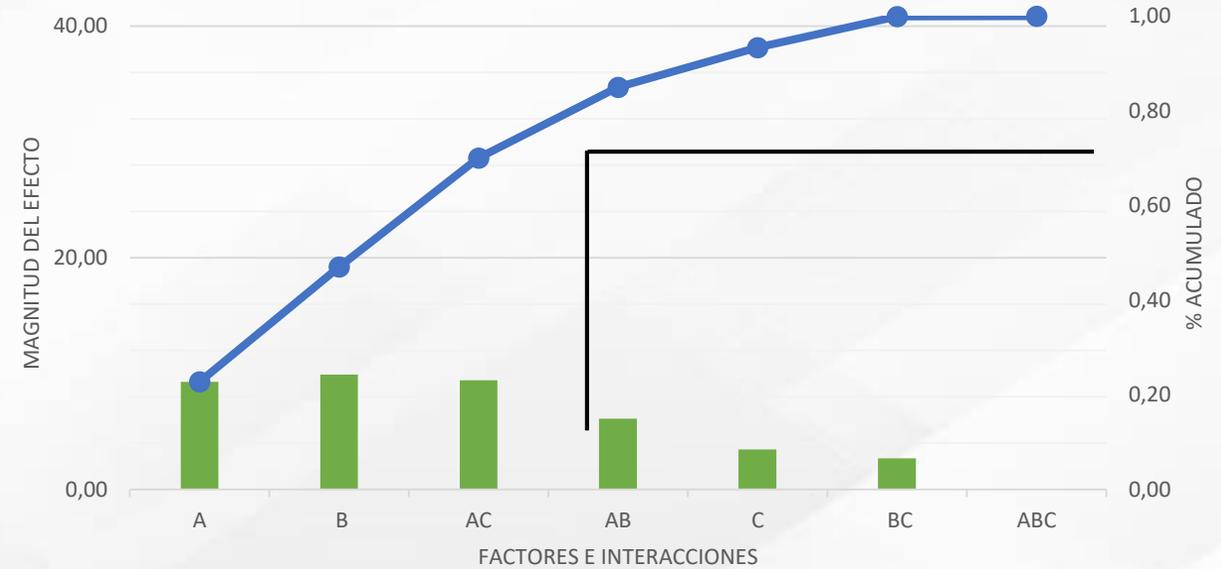
La temperatura de proceso ayuda al cambio de las propiedades reológicas de los extruidos y beneficia volumen de expansión. (Moraru & Kokini, 2003).

# DENSIDAD APARENTE DEL PRODUCTO EXTRUIDO

## DENSIDAD APARENTE

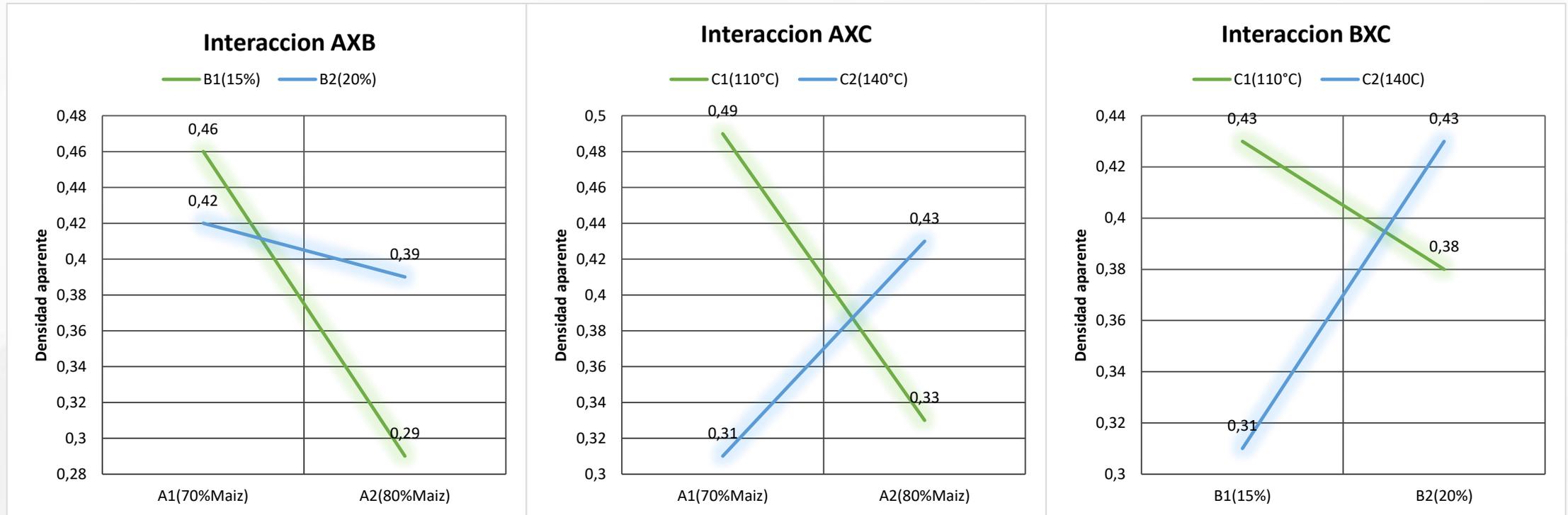


## DIAGRAMA DE PARETO



T1 al T4 tienen mayor densidad aparente, ya que según Oladebeye & Oshodi (2009) el tipo de almidón que posee el camote contiene alta cantidad de amilosa, esto hace que tenga una alta densidad. Por el contrario los tratamientos con mayor maíz forman una estructura porosa altamente expandida y baja densidad del producto (Maskan & Altan, 2011).

# INTERACCIÓN DE FACTORES DE LA DENSIDAD APARENTE



Huber (2010), cuando el producto tiene un alto contenido de humedad la densidad aumenta.

Presenta menor densidad aparente cuando se trabaja con formulaciones del factor **A2** (80% maíz) a una temperatura de 110°C.

En la extrusión en caliente, la temperatura aumenta, permitiendo obtener productos con baja densidad (Gimferrer, 2009).

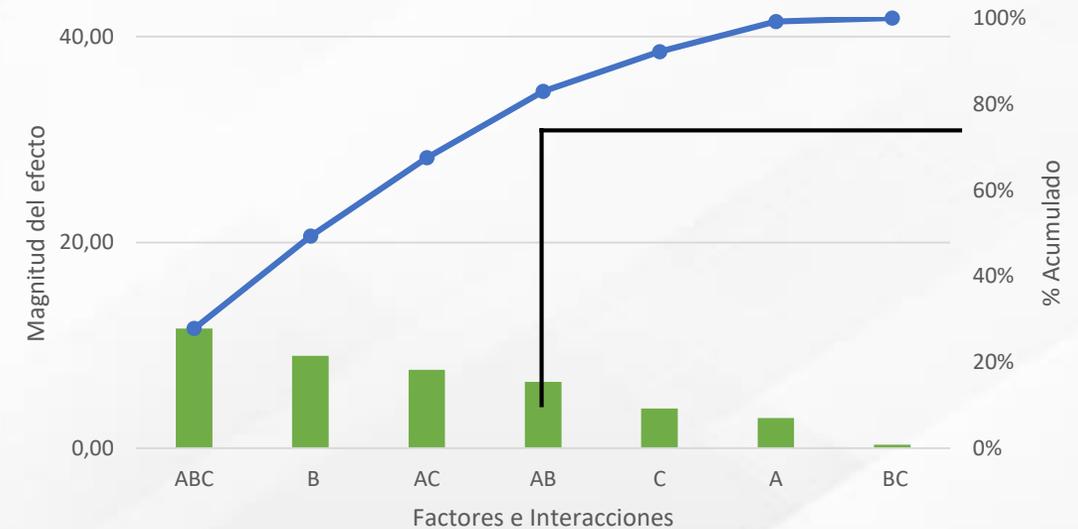
# ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA (IAA) DEL PRODUCTO EXTRUIDO

IAA



El menor contenido de humedad y las temperaturas elevadas causan la gelatinización del almidón y aumenta la viscosidad del producto, alcanzando bajos índices de absorción y alta solubilidad, hecho que se atribuye a la modificación del almidón (Guy, 2002).

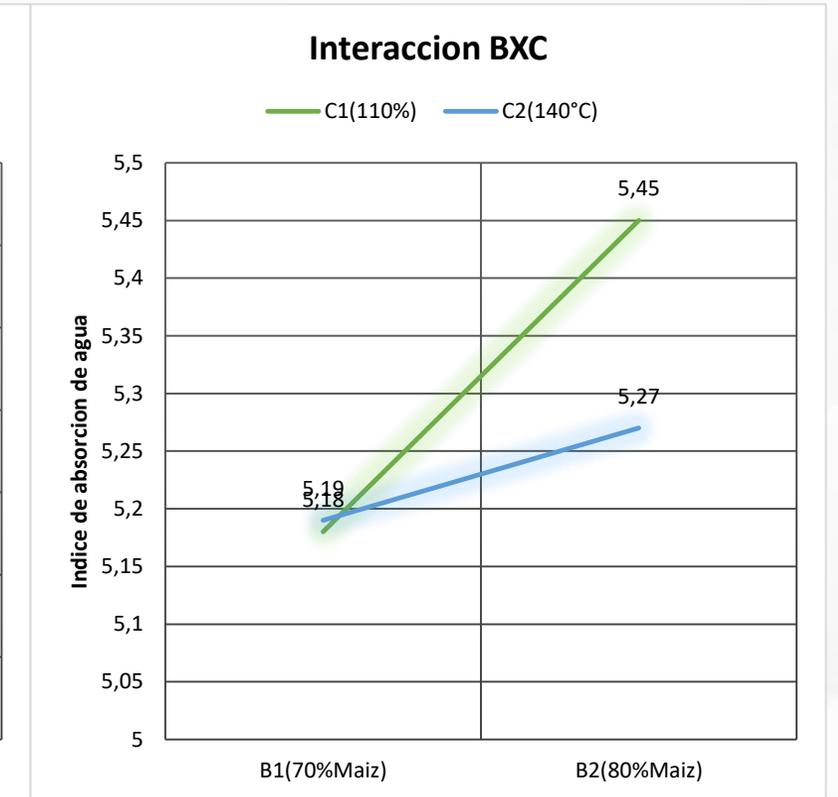
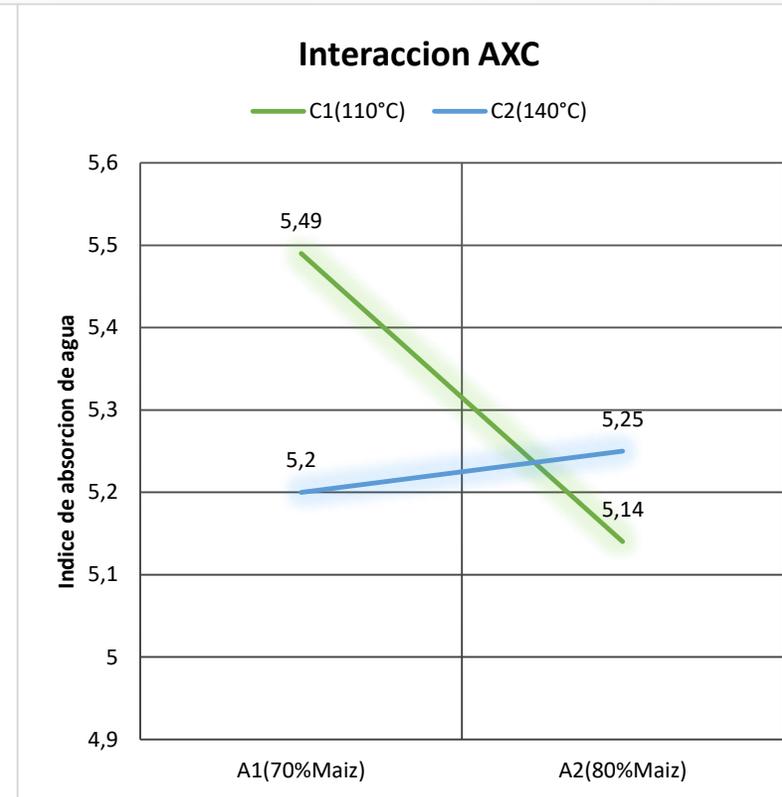
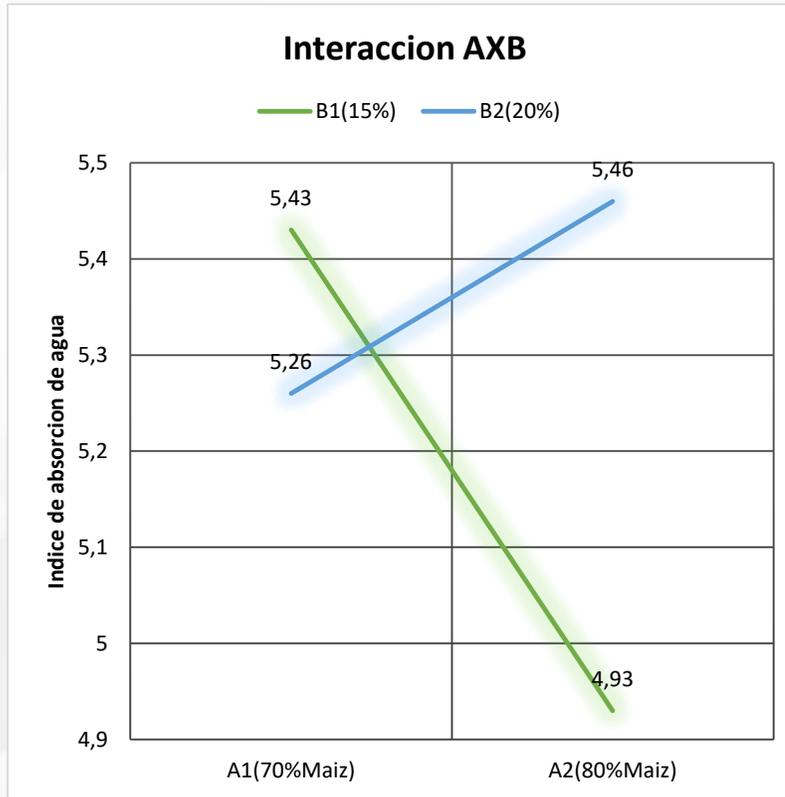
DIAGRAMA DE PARETO



IAA e ISA se utilizan para estimar las características funcionales de los extrudados (Maskan & Altan, 2011).

Según un estudio realizado por (Mercier et al., 2000), el IAA para extruidos de maíz fluctúa entre 4,8 y 7,6 %.

# INTERACCIÓN DE FACTORES DE IAA



Para obtener productos extruidos con bajos IAA, se debe trabajar con una humedad del 15% en las mezclas.

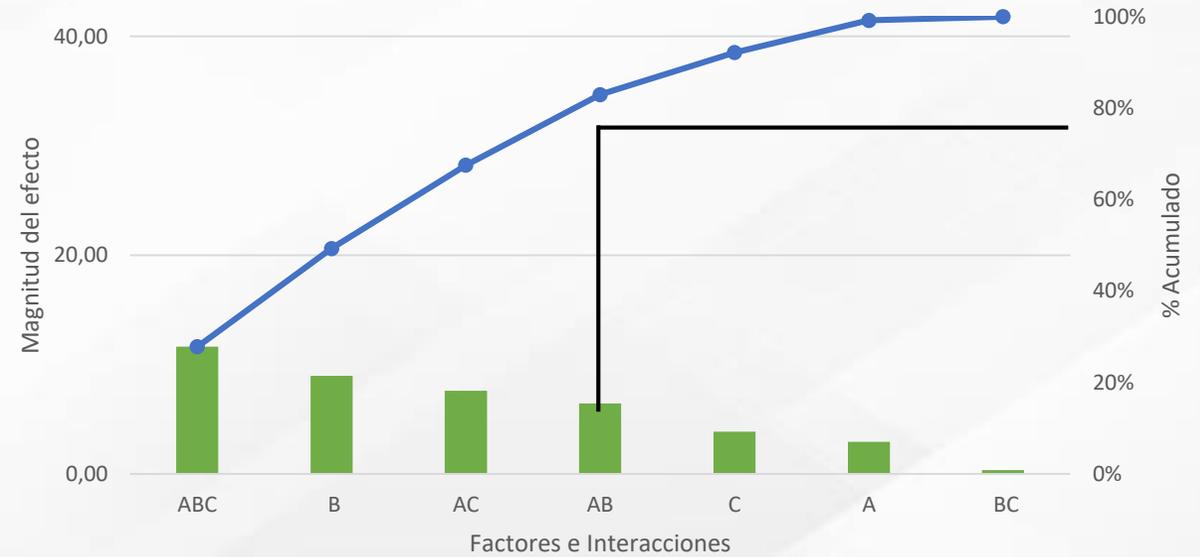
La temperatura de extrusión y el contenido de humedad favorecen a la mezcla dentro del equipo, aumentando la hinchazón de los gránulos y gelatinización del almidón Wang, Maximiuk, & Toews (2012).

# ÍNDICE DE SOLUBILIDAD DE AGUA (ISA) DEL PRODUCTO EXTRUIDO

Indice de Solubilidad de Agua



DIAGRAMA DE PARETO

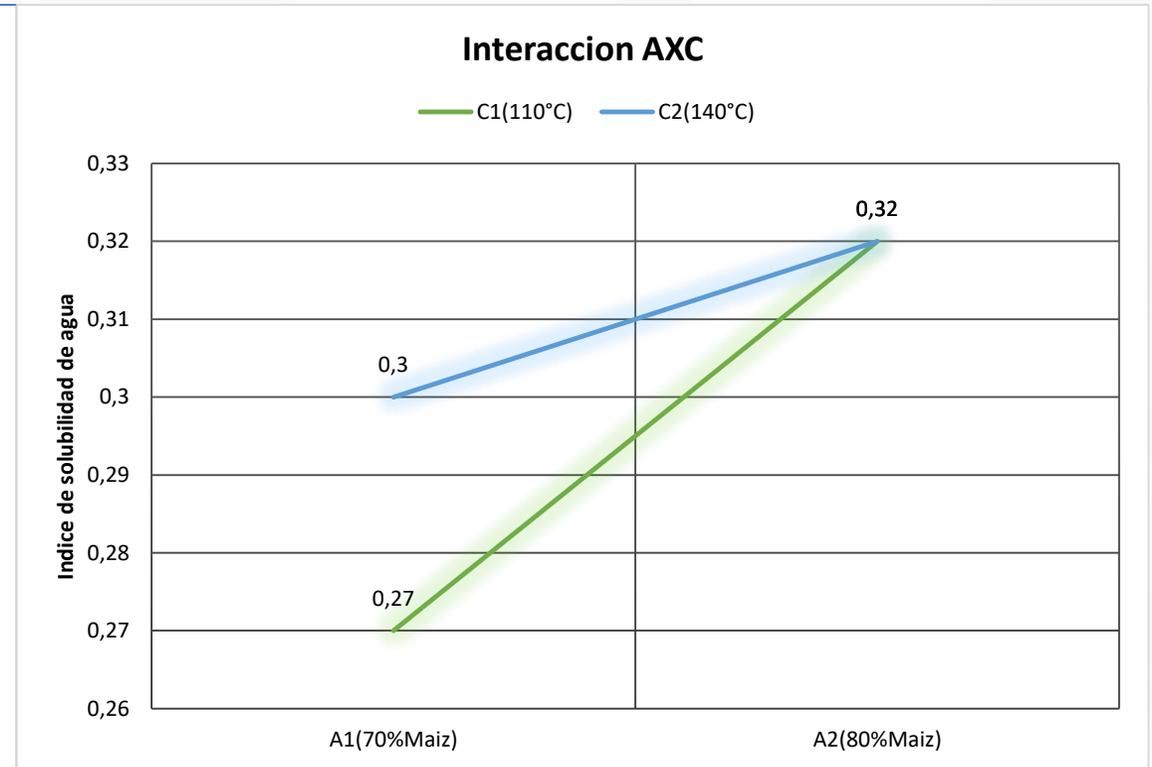
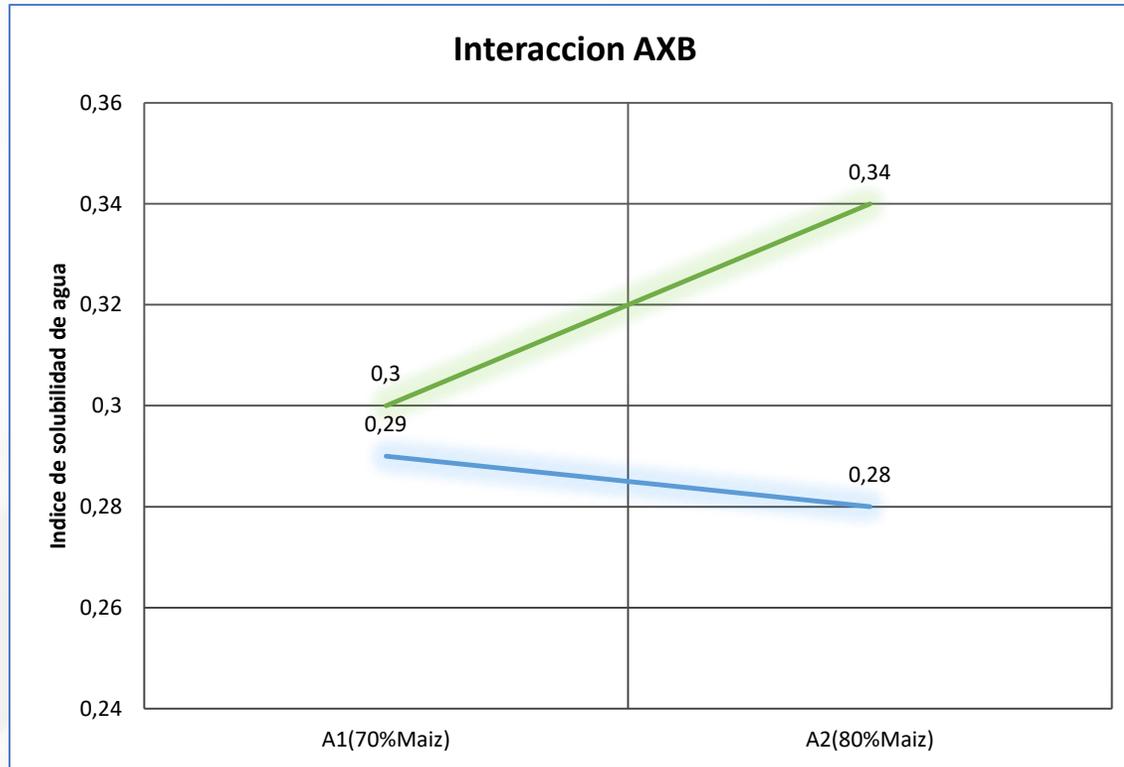


El ISA brinda información sobre la degradación del almidón, mientras que el IAA está más relacionada con la capacidad de hinchamiento de los gránulos (Maskan & Altan, 2011).

- Medida de la dextrinización

El ISA reflejará la severidad del proceso, mismo que aumenta por modificaciones del almidón de las materias primas ocasionadas por el proceso de molienda y por las condiciones térmicas durante la extrusión (Contreras, 2009).

# INTERACCIÓN DE FACTORES DE ISA



Cuanto menor contenido de humedad tenga la formulación de la mezcla, mayor será el ISA en el producto. (Moscicki, 2011).

Moscicki (2011), la solubilidad de muchos productos elaborados a base de almidón aumenta al incrementar la temperatura en el extrusor.

**BC** llega a niveles superiores de ISA al utilizar 15% de humedad en la mezcla.

# TEXTURA DESCRIPTIVA



# ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA TEXTURA DESCRIPTIVA

FV	Punción	Compresión	Corte v	Corte Guillotina		
	F-valor	F-valor	F-valor	F-valor		
Tratamientos	252,85**	21,34**	163,71* *	210,39**		
CV (%)	14,042	7,40	6,72	3,92		

\*\*Altamente significativo; \* Significativo; ns no significativo

# PRUEBA DE TUKEY ( $\alpha < 0,05$ ) DE LA TEXTURA DESCRIPTIVA

Tratamiento	Dureza	Crujencia	Resistencia a la ruptura	Adherencia
T1	5,35 ± 0,63 c	5,35 ± 0,63 c	4,95 ± 0,50 b	5,40 ± 0,26 a
T2	4,1 ± 0,88 ab	4,05 ± 0,83 ab	3,75 ± 0,42 a	5,45 ± 0,48 a
T3	5,45 ± 0,44 c	5,45 ± 0,44 c	3,2 ± 0,42 a	3,65 ± 0,58 bc
T4	5,5 ± 0,53 c	5,5 ± 0,53 c	6 ± 0,33 c	2,85 ± 0,48 d
T5	3,50 ± 0,53 a	3,45 ± 0,55 a	3,2 ± 0,35 a	5,5 ± 0,47 a
T6	3,55 ± 0,5 ab	3,95 ± 0,53 a	3,75 ± 0,42 a	5,20 ± 0,63 a
T7	5,65 ± 0,47 c	5,65 ± 0,47 b	5,6 ± 0,52 bc	4,3 ± 0,61 b
T8	5,80 ± 0,37 cd	4,50 ± 0,37b	5,6 ± 0,61 bc	2,9 ± 0,44 cd
Testigo	3,20 ± 0,34 a	3,28 ± 0,35 a	3,22 ± 0,63 a	5,25 ± 0,67 c

# TEXTURA INSTRUMENTAL



# SONDAS



**COMPRESIÓN**



**PUNCIÓN**



**CORTE  
GUILLOTINA**



**CORTE EN "V"**

# ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA TEXTURA INSTRUMENTAL

FV	Punción	Compresión	Corte v	Corte Guillotina		
	F-valor	F-valor	F-valor	F-valor		
Tratamientos	252,85**	21,34**	163,71**	210,39**		
CV (%)	14,042	7,40	6,72	3,92		

**\*\*Altamente significativo; \* Significativo; ns no significativo**

# PRUEBA DE TUKEY ( $\alpha < 0,05$ ) DE LA TEXTURA INSTRUMENTAL

Tratamiento	Compresion	Puncion	Corte	
			Guillortina	Corte V
T1	43,3 ± 1,69 b	11,63 ± 1,22 c	35,55 ± 1,98 f	24,78 ± 1,45 d
T2	43,28 ± 1,40 b	4,4 ± 0,66 ab	17,83 ± 1,12 b	17,08 ± 1,27 b
T3	43,86 ± 1,59 b	7,97 ± 0,97 c	20,38 ± 1,92 c	20,78 ± 1,27 c
T4	43,27 ± 1,3 b	11,95 ± 1,44 c	29,79 ± 1,94 e	28,18 ± 1,56 e
T5	36,37 ± 1,49 a	5,05 ± 0,99 a	14,98 ± 0,92 a	14,36 ± 1,59 a
T6	42,15 ± 1,87 b	4,05 ± 1,06 a	17,66 ± 1,43 b	15,35 ± 1,44 ab
T7	43,65 ± 0,47 b	7,58 ± 0,70 b	22,2 ± 1,69 c	23,06 ± 1,12 d
T8	43,64 ± 0,37 b	4,95 ± 1,37 b	25,11 ± 1,87 d	24,41 ± 1,3 d

MEJORES  
TRATAMIENTOS

1º a - ab

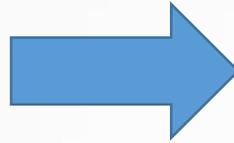
2º b - bc

3º c - cd

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

# CORRELACIÓN DE PEARSON

TEXTURA  
DESCRIPTIVA



TEXTURA  
INSTRUMENTAL



# CORRELACIÓN DE PEARSON

## TEXTURA DESCRIPTIVA

	Dureza	Crujencia	Resistencia a la Ruptura	Adherencia
Compresión	0,656	0,660	0,532	-0,458
Corte Guillotina	0,672*	0,679*	0,768*	-0,721*
Corte en "V"	0,737*	0,747*	0,895**	-0,644
Punción	0,653	0,657	0,480	-0,711*

\*\*Altamente significativo; \* Significativo; ns no significativo

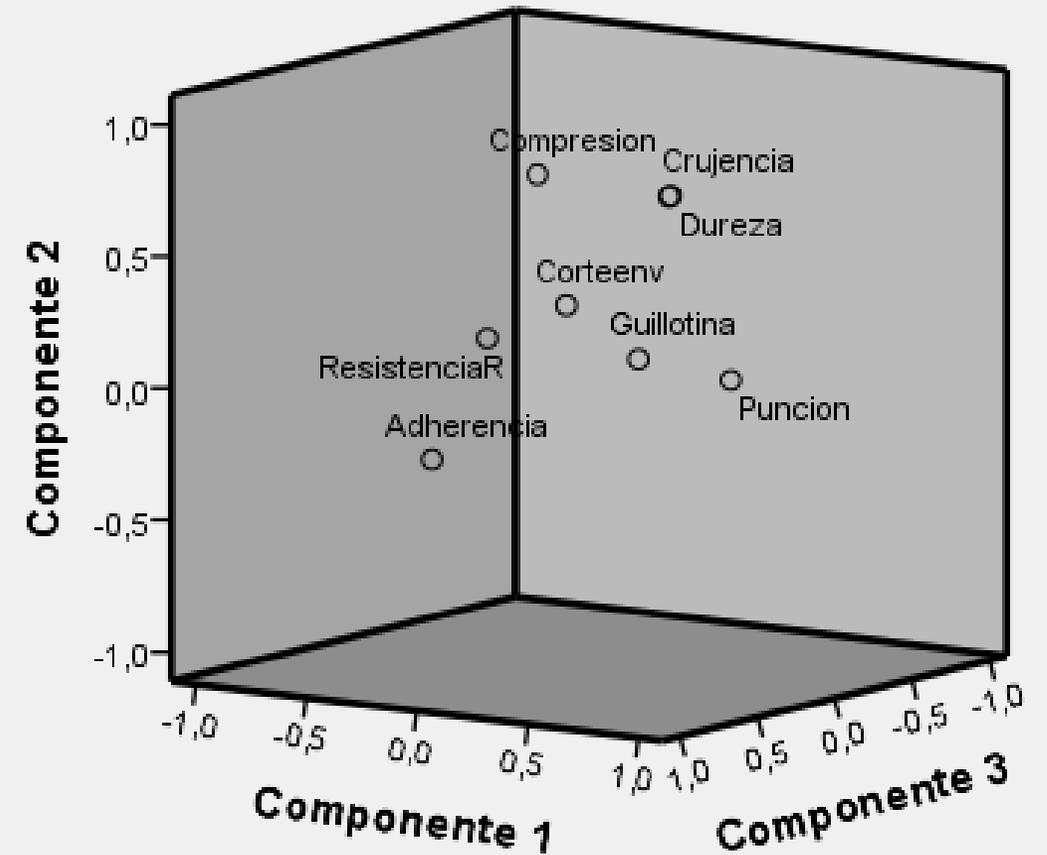
# ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES (PCA)

Componentes	Autovalores Iniciales		
	Total	Varianza (%)	Varianza Acumulada (%)
1	5,691	71,143	71,143
2	0,845	10,563	81,706
3	0,789	9,860	91,566
4	0,362	4,520	96,086
5	0,257	3,214	99,300
6	0,049	,615	99,914
7	0,007	,085	100,000
8	2,592E-05	,000	100,000

Los dos primeros componentes tienen varianza total mayor que 1 y entre estos recogen el 84,79% de la variabilidad de los datos.

## DIAGRAMA DE DISPERSIÓN BIDIMENSIONAL

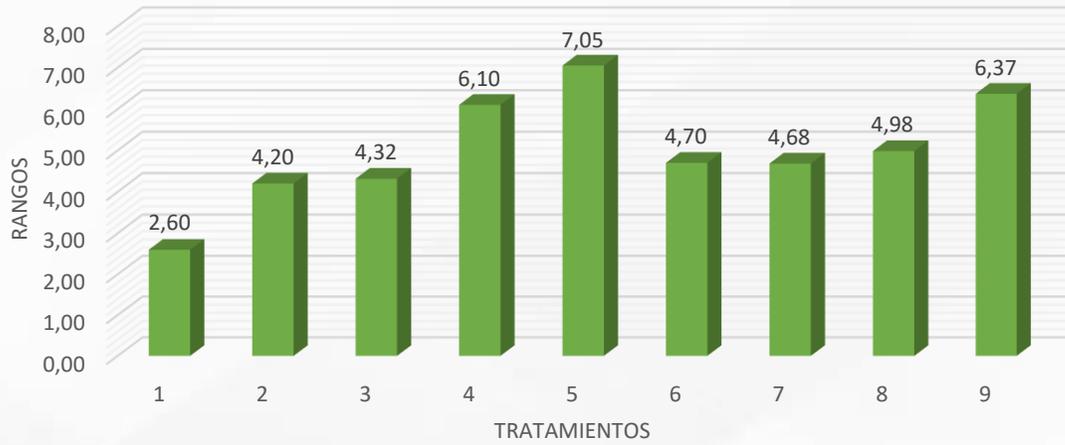
Matriz de componente rotado			
	Componente		
	1	2	3
Compresión		0,824	
Corte en v			0,768
Guillotina	0,688		0,666
Punción	0,887		
Dureza	0,535	0,770	
Crujencia	0,534	0,768	
Resistencia R			0,912
Adherencia	-0,797		



# ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD SENSORIAL



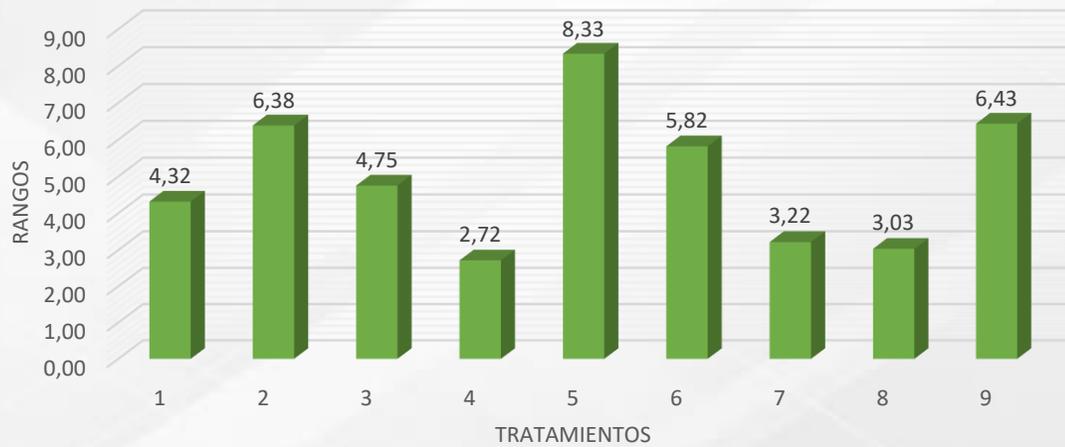
## Color



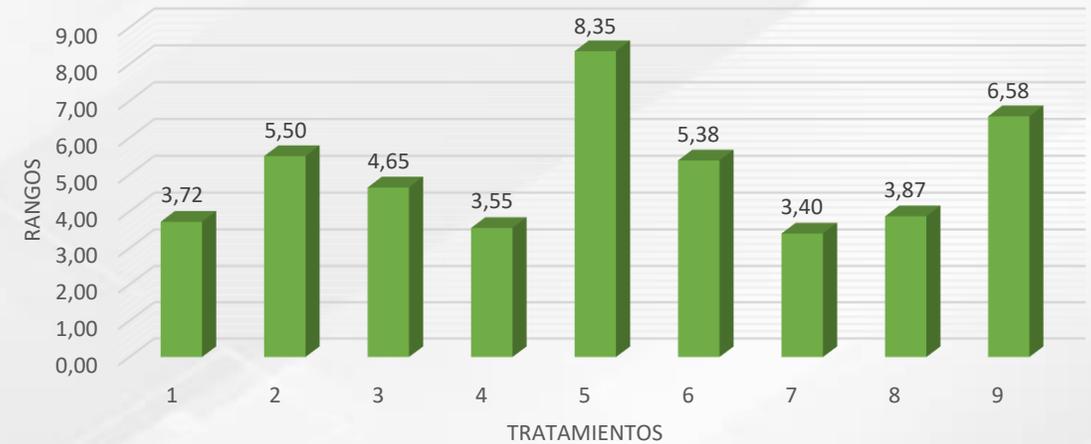
## Olor



## Textura



## Sabor



# DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA

El proceso de extrusión aumenta la digestibilidad de proteínas por desnaturalización (Da-Wen, 2005).

Tratamientos	Digestibilidad de la proteína
T2	88,44 %
T5	83,29 %
T6	84,69 %
Testigo	82,76 %

## MEJORES TRATAMIENTOS

- **T2** (70% maíz +15% Chocho +15% Z.blanca; 15% humedad de la mezcla; 140°C)
- **T5**, (80% maíz +10% chocho +10% Z blanca; 15% humedad de la mezcla; 110°C)
- **T6** (80% maíz +10% chocho +10% Z blanca; 15% humedad de la mezcla;140°C)

# CONCLUSIONES

# CONCLUSIONES

- Las propiedades nutricionales de las materias primas como son gritz de maíz, chochó y zanahoria blanca se encuentran dentro de la norma NTE INEN 2051.
- Las mezclas obtenidas mediante maíz, chocho y zanahoria blanca se encuentran dentro de las normas NTE INEN:3084 (2015) de mezclas alimenticias.
- Las mezclas de gritz de maíz, chocho y zanahoria blanca en dos niveles (70/15/15; 80/10/10), presentaron mayor contenido nutricional de proteína, fibra, extracto etéreo y cenizas, con respecto a la composición del testigo (100% maíz).
- En las propiedades fisicoquímicas los factores que mostraron mayor efecto fueron la humedad de la mezcla y temperatura de extrusión, ya que al tener niveles bajos de humedad (15%) y mayor temperatura (140°C) el snack presento mayores de porcentajes de proteína, fibra y cenizas en comparación con el testigo.

# CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos del panel semi-entrenado se determinó que el contenido de humedad de la mezcla y la temperatura de extrusión tuvieron mayor efecto sobre los atributos de textura como son dureza, crujencia, resistencia a la ruptura; siendo humedad de 15% y temperatura de 140°C los óptimos para obtener snacks de mejores características organolépticas.
- Se determinó que al aumentar chocho y la zanahoria blanca en la mezcla los niveles de adherencia disminuyeron en el producto final, por otro lado, se redujo la expansión del producto final.
- Al realizar el análisis de correlación de Person y componentes principales entre la textura sensorial descriptiva y las pruebas de textura instrumental se determinó que la sonda de dureza y crujencia se puede medir con la sonda de compresión.

# CONCLUSIONES

- Las materias primas como la zanahoria y principalmente el chocho aumentaron la concentración de proteínas en la materia prima aumentando así su biodisponibilidad.
- En el análisis de aceptabilidad sensorial se concluye que los tratamientos que tienen mayor cantidad de maíz en sus formulaciones tuvieron mayor grado de aceptación por parte de los degustadores, observándose que el tratamiento T5 (80% maíz+ 10% chocho+ 10% zanahoria blanca) obtuvo una mayor valoración en los atributos de sabor y textura.



**ACEPTA**

**HIPÓTESIS**

**ALTERNATIVA**

La mezcla de griz (maíz, chocho y zanahoria blanca) y los parámetros del proceso de extrusión **influye** sobre el contenido de nutrientes, calidad sensorial y propiedades físicas del producto extruido expandido

# RECOMENDACIONES

Se debería controlar las condiciones de operación que afectan significativamente las propiedades nutricionales y de textura en el producto final.

Se recomienda que se utilice leguminosas como el chocho con una sustitución de hasta el 10% ya que el contenido de proteína y la temperatura de la cámara de extrusión no debe pasar los 200°C afecta la expansión del producto y sus propiedades nutricionales.

Utilizar temperaturas de 110°C a 140°C siendo estas óptimas para optimizar calidad del almidón y calidad de las proteínas dentro de la cámara de extrusión. .

Se debe realizar análisis físico químico de las materias primas para conocer los porcentajes de nutrientes que pueden afectar en el proceso de extrusión.