



**E S P E**  
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
CAMINO A LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-  
ESPE - DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE  
LA VIDA Y LA AGRICULTURA



**Determinación del efecto de distintas concentraciones  
de *Lactiplantibacillus plantarum* y cloruro de sodio en la  
fermentación láctica de hortalizas encurtidas**

**AUTOR:** Alexis Javier Catagua Yela

**TUTOR:** Ing. Sungey Sánchez, PhD.

Carrera de Ingeniería en Biotecnología

Trabajo de integración curricular  
Santo Domingo, Ecuador



# INTRODUCCIÓN

**Conservantes:** Sustancias con efecto antimicrobiano cuya función es retrasar o impedir transformaciones causadas por microorganismos en el producto

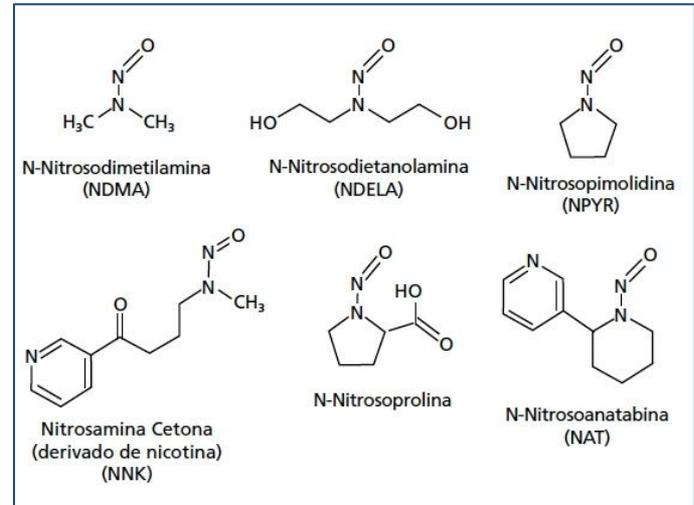
Solamente los aditivos alimentarios evaluados por el JECFA pueden utilizarse a escala internacional



**Harina blanca:** persulfato y perborato de sodio

**Carnes rojas:** nitratos y nitritos -> Nitrosaminas

**Vegetales enlatados:** Nitrato de sodio, EDTA y  $\text{CaCl}_2$



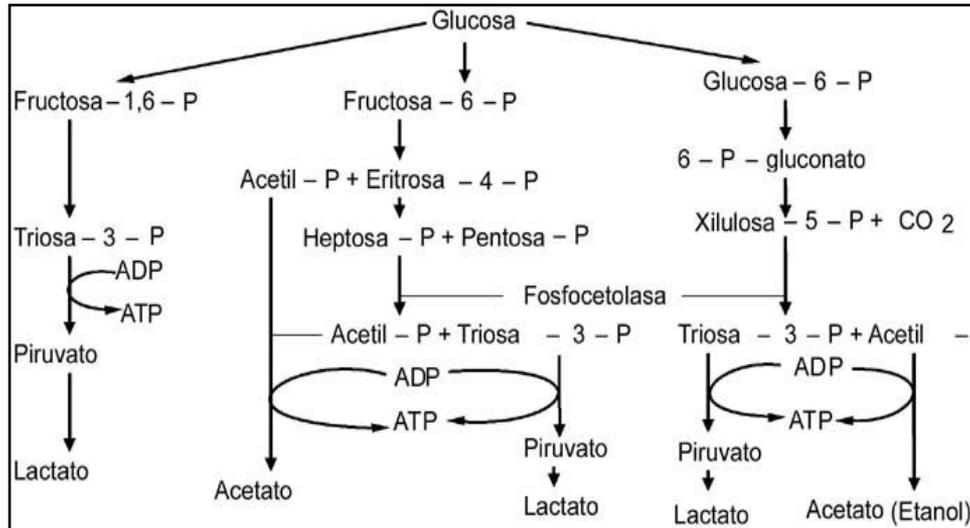
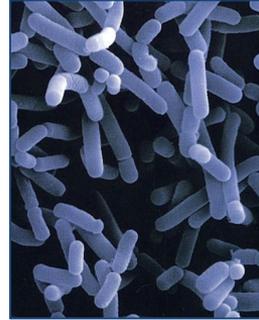
# INTRODUCCIÓN

## Bioconservación

Uso de microorganismos o sus metabolitos para inhibir crecimiento de patógenos

## Bacterias ácido lácticas (BAL)

Microorganismos gram positivos, productores de ácido láctico con efecto antimicrobiano



***Lactobacillus plantarum***: BAL heterofermentativa facultativa, muy flexible y metabólicamente versátil.

**Metabolismo de las hexosas**: La fermentación de las hexosas es realizada por tres vías metabólicas principales



# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de distintas concentraciones de *Lactiplantibacillus plantarum* y cloruro de sodio en la fermentación láctica de hortalizas encurtidas

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el proceso de elaboración de hortalizas encurtidas a partir de pepino (*Cucumis sativus* L.) y berenjena (*Solanum melongena*), mediante la aplicación de *Lactiplantibacillus plantarum* y cloruro de sodio para generar fermentación láctica.
- Establecer la influencia de diferentes concentraciones de *Lactiplantibacillus plantarum* al 2% y 3%.
- Establecer la influencia de diferentes concentraciones de cloruro de sodio al 10% y 15%.
- Analizar mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos las características de las hortalizas encurtidas a partir de pepino (*Cucumis sativus* L.) y berenjena (*Solanum melongena*).



# METODOLOGÍA

## Factores y niveles de experimentación

Factores	Niveles
Muestra vegetal	a0= Pepino
	a1= Berenjena
Concentración de NaCl	b0= 10%
	b1= 15%
Concentración de inóculo <i>L. plantarum</i>	c0= 2%
	c1= 3%

## Diseño experimental

**Tipo de diseño:** ANOVA DBCA (Diseño de bloques completo al azar) con arreglo trifactorial ABC (2x2x2)

**Repeticiones:** 3 réplicas por tratamiento, para un total de 24 réplicas



# METODOLOGÍA

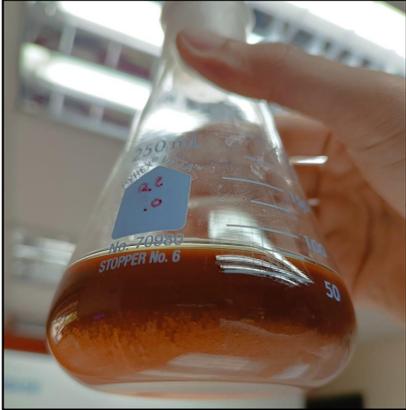
## Tratamientos a comparar

Tratamiento	Código	Descripción
T1	a0b0c0	Pepino + NaCl 10% + <i>L. plantarum</i> 2%
T2	a0b0c1	Pepino + NaCl 10% + <i>L. plantarum</i> 3%
T3	a0b1c0	Pepino + NaCl 15% + <i>L. plantarum</i> 2%
T4	a0b1c1	Pepino + NaCl 15% + <i>L. plantarum</i> 3%
T5	a1b0c0	Berenjena + NaCl 10% + <i>L. plantarum</i> 2%
T6	a1b0c1	Berenjena + NaCl 10% + <i>L. plantarum</i> 3%
T7	a1b1c0	Berenjena + NaCl 15% + <i>L. plantarum</i> 2%
T8	a1b1c1	Berenjena + NaCl 15% + <i>L. plantarum</i> 3%

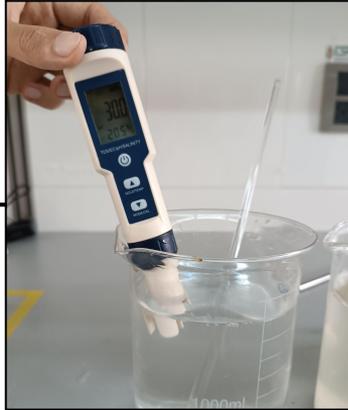


## PREPARACIÓN DEL ENCURTIDO

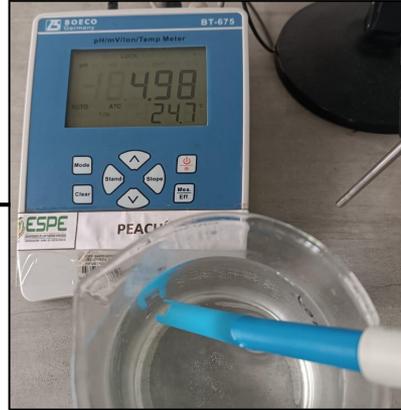
Inóculo *L. plantarum*



Salmuera 10-15% NaCl



Ajuste pH 5



Preparación de la muestra



CORTAR FERMENTACIÓN A LOS 28 DÍAS



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACION PARA LA EXCELENCIA

# ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

# METODOLOGÍA

DENSIDAD FINAL

Se determinó mediante el picnómetro

SALINIDAD FINAL

Se usó un salinómetro digital

pH

Norma INEN 0389

Potenciómetro

ACIDEZ

Norma INEN 0381

Titulación con NaOH 0.1N

HUMEDAD

2g de muestra, 120 °C durante 2h

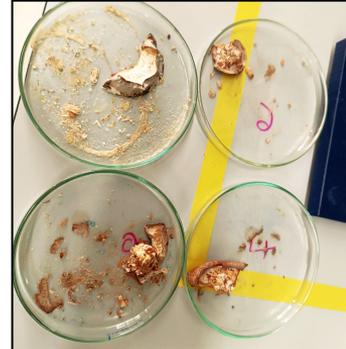
CENIZAS

2g de muestra seca, 600 °C durante 3h

Acidez titulable



Humedad



Cenizas



# ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

# METODOLOGÍA

Preparación de agua de peptona

Diluciones seriadas  $10^{-1}$  y  $10^{-3}$  usando la salmuera como muestra

Se escogieron los tratamientos con mejores valores físico-químicos, uno para pepino (a0b1c0) y otro para berenjena (a1b1c0)

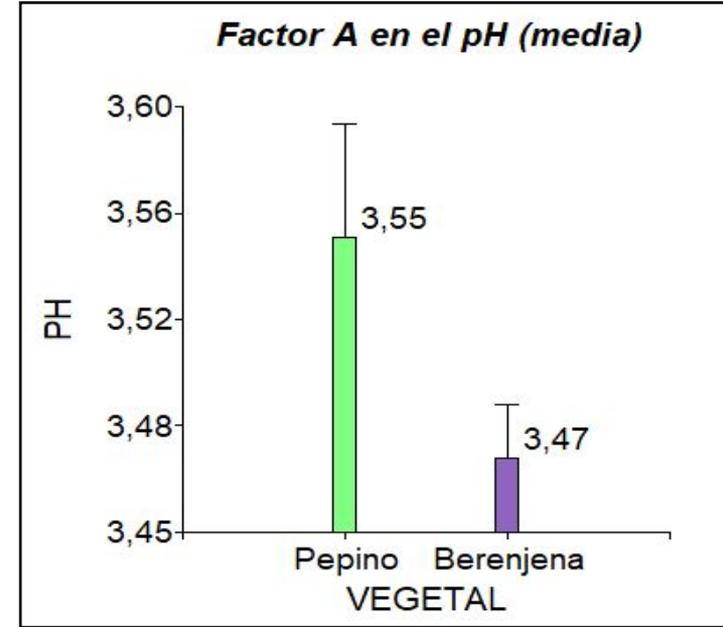
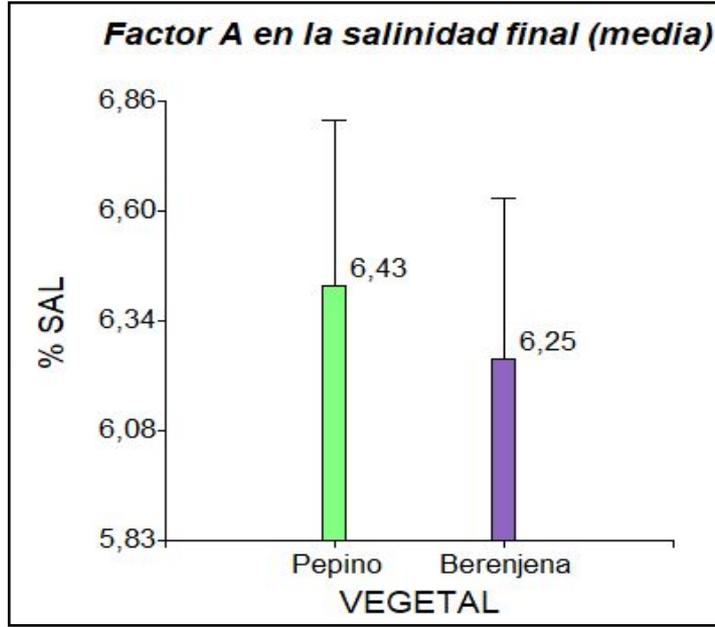
Siembra en petrifilm de aerobios, mohos y levaduras ( $10^{-3}$ ); coliformes y enterobacterias ( $10^{-1}$ )



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## FACTOR A (ESPECIE VEGETAL)

El pH de la berenjena ronda el intervalo de 4.7-5.3, mientras que el del pepino 5.1-5.7 (Lindow, 2023)

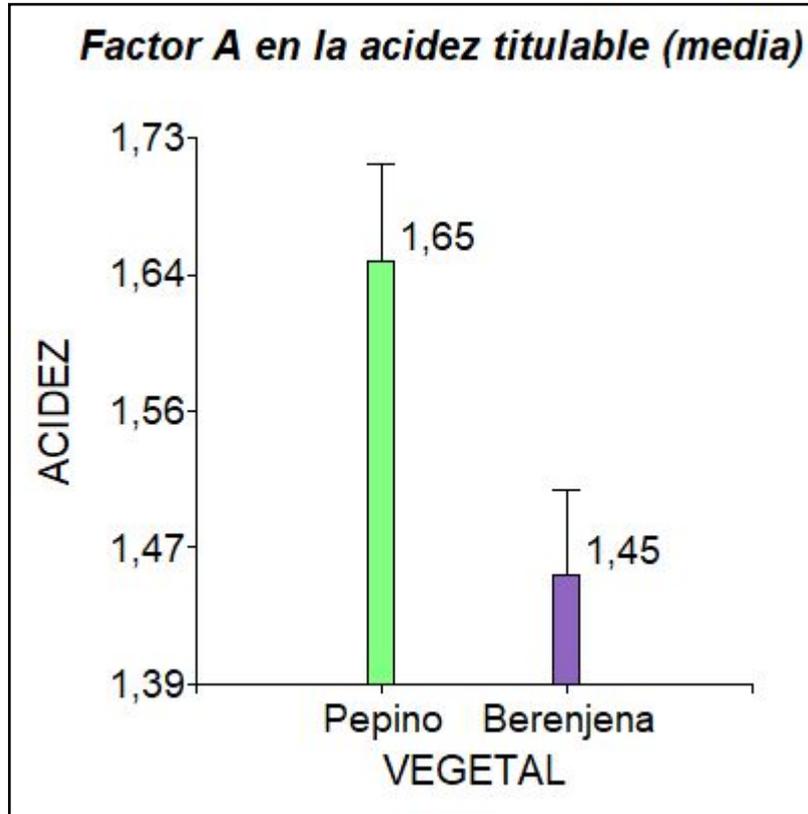


Explica por qué el encurtido de berenjena presenta un pH menor.



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

FACTOR A  
(ESPECIE  
VEGETAL)



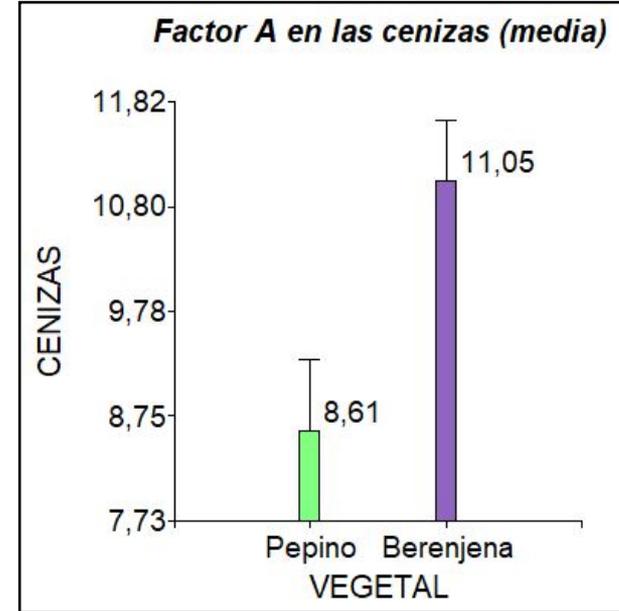
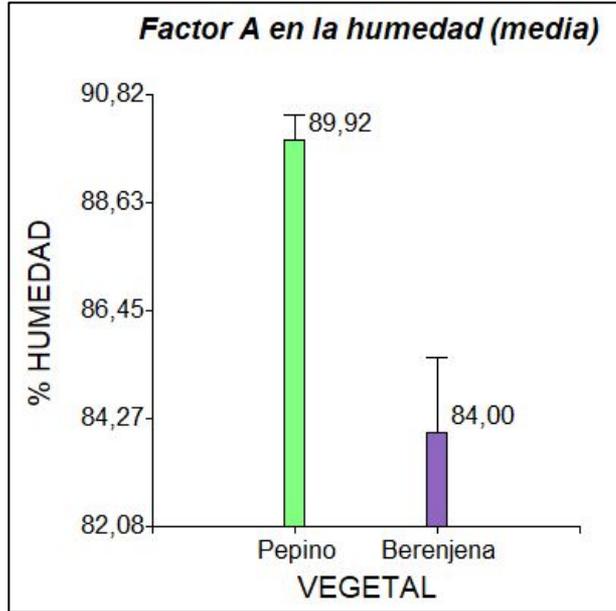
Al-Azzawi y Al-Abdullah (2018) hallaron valores de acidez de 0.445% en pepino fresco, mientras que Heras et al (2013) obtuvieron una acidez de 0.14 y 0.2% en berenjena fresca

La acidez aumenta por la fermentación láctica del producto



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## FACTOR A (ESPECIE VEGETAL)



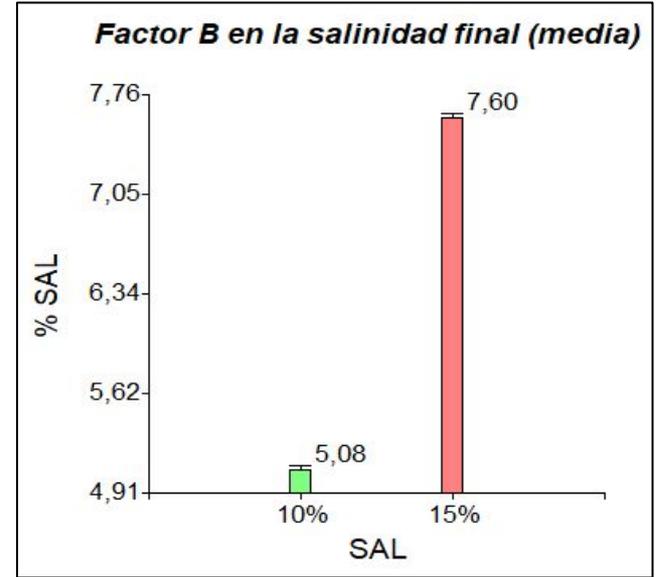
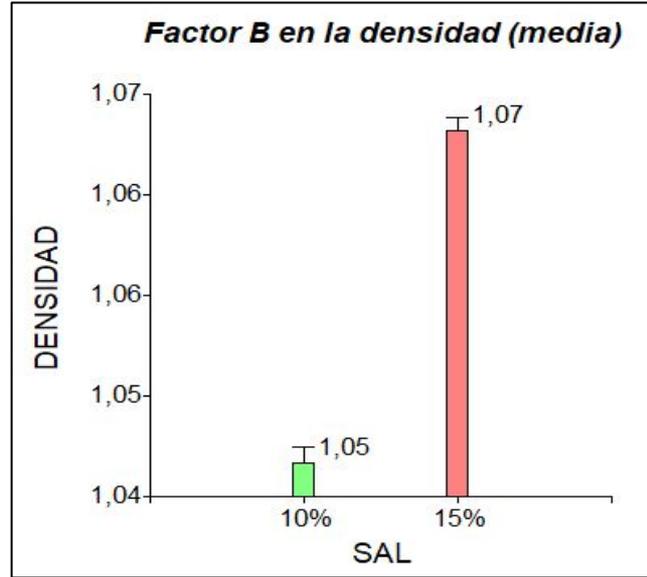
El pepino contiene 96.7 gramos de agua por 100 gramos de producto fresco, mientras que la berenjena, 93 gramos (Arroyo et al., 2018).

El porcentaje de cenizas se ve afectado positivamente por una menor cantidad de humedad (Al-Azzawi y Al-Abdullah, 2018).



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## FACTOR B (CONCENTRACIÓN NaCl)



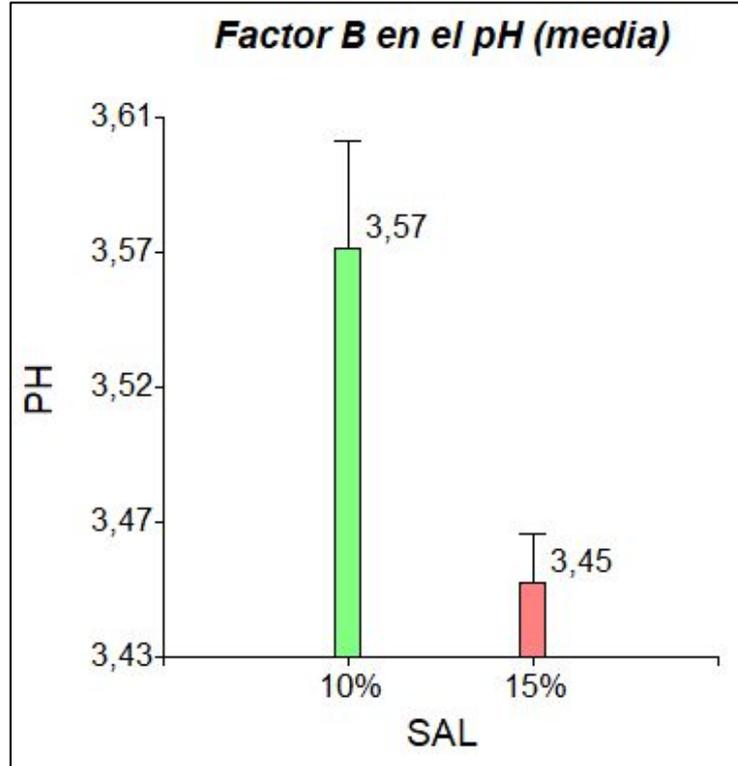
la densidad final de la salmuera depende de la concentración de NaCl, difiriendo  $\pm 0.021$  g/ml entre ambos niveles.

La densidad de la salmuera se correlaciona con la diferencia en la salinidad final ( $\pm 2.52\%$ , equivalente a  $\pm 0.025$  g/ml).



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**FACTOR B  
(CONCENTRACIÓN  
NaCl)**



Kim et al (1999), halló menores niveles de pH en encurtidos de pepino en salmueras al 15% de NaCl a comparación de salmueras al 10% de NaCl tras siete días de fermentación.

Un menor pH promueve una mayor capacidad de conservación del alimento



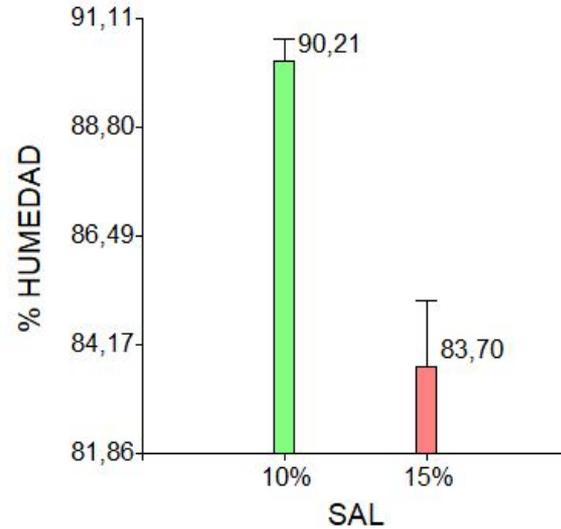
# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## FACTOR B (CONCENTRACIÓN NaCl)

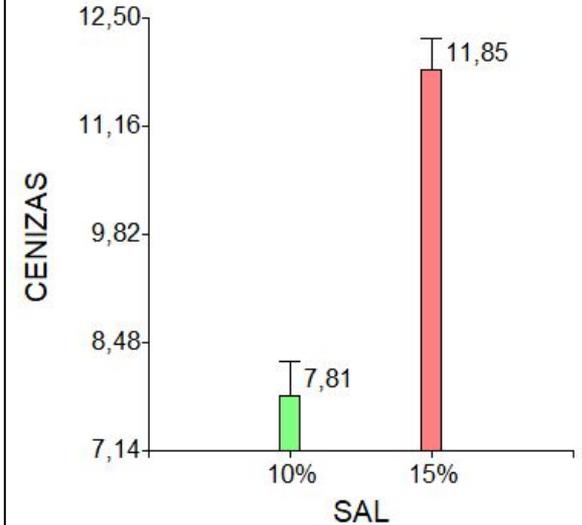
El porcentaje de humedad está relacionado directamente a la ósmosis causada por la diferencia en la concentración de NaCl.

A mayor concentración de NaCl, la humedad dentro del producto final es menor (Zapata y Castro, 1999).

Factor B en la humedad (media)



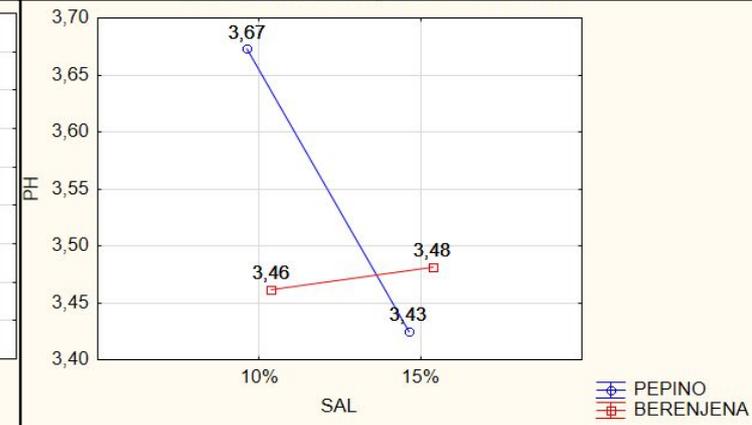
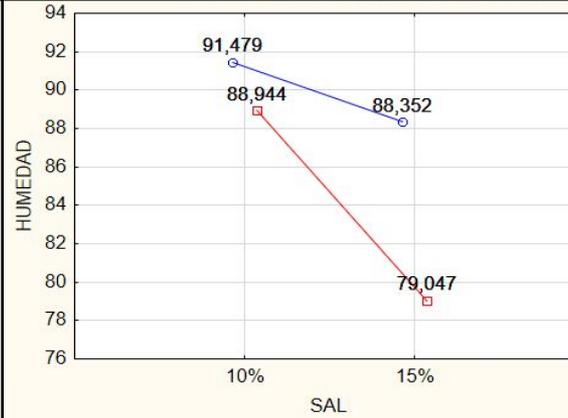
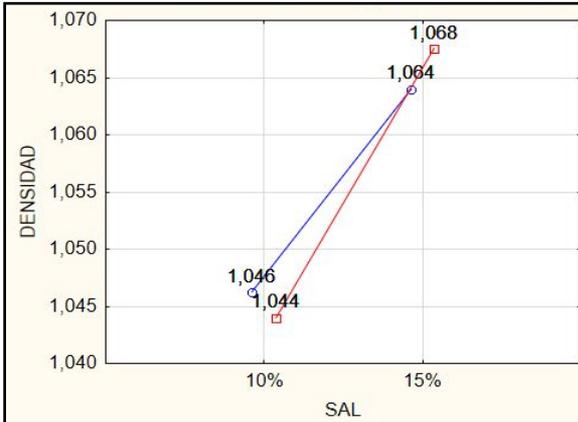
Factor B en las cenizas (media)



Al existir menor humedad a mayor concentración de NaCl, aumentará el porcentaje de cenizas, favoreciendo la absorción de sal de la muestra vegetal (Al-Azzawi y Al-Abdullah, 2018).



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



## INTERACCIÓN AB

Existió diferencia significativa en la densidad, pH y porcentaje de humedad.

Para el pH, la interacción pepino:10% NaCl fue la única que se diferenció de los demás tratamientos (3.67)

Choi y Cho (2012, p. 216) hallaron un porcentaje de humedad en berenjena de 73.99% al usar NaCl al 5% y un tiempo de fermentación de 28 días



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Todos los tratamientos presentan un rango de salinidad final entre el 5-10% y una acidez total 0.5-3.5%

La FAO (2022) define pH 4.6 como el valor máximo para la conservación de encurtidos

**Probiótico:** Alimento con número mayor o igual de microorganismos probióticos viables a  $1 \times 10^6$  UFC/g (NTE INEN 1334-3, 2011).

Tratamiento	Unidades formadoras de colonias (UFC/ml)			
	Aerobios	Mohos y levaduras	Coliformes	Enterobacterias
a0b1c0	1,42E+06	1,71E+06	0	0
a1b1c0	1,30E+06	1,56E+06	0	0



## COMPONENTES PRINCIPALES

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

	SALINIDAD	DENSIDAD	PH	ACIDEZ	HUMEDAD	CENIZAS
SALINIDAD	1,000	0,931	-0,489	0,151	-0,632	0,787
DENSIDAD	0,931	1,000	-0,434	0,105	-0,773	0,826
PH	-0,489	-0,434	1,000	0,008	0,374	-0,636
ACIDEZ	0,151	0,105	0,008	1,000	0,308	-0,050
HUMEDAD	-0,632	-0,773	0,374	0,308	1,000	-0,861
CENIZAS	0,787	0,826	-0,636	-0,050	-0,861	1,000

**Salinidad aumenta:** Densidad y cenizas aumenta, humedad disminuye

**Densidad aumenta:** Cenizas aumenta, humedad disminuye

**Humedad aumenta:** Cenizas disminuye



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Gráfico de sedimentación para los diferentes componentes

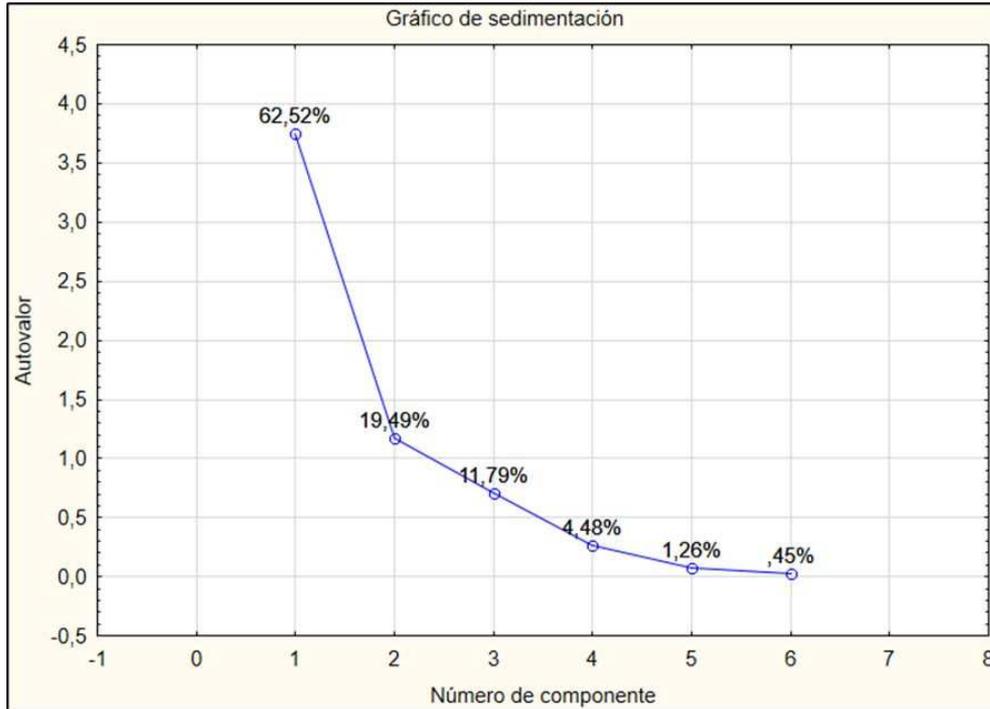
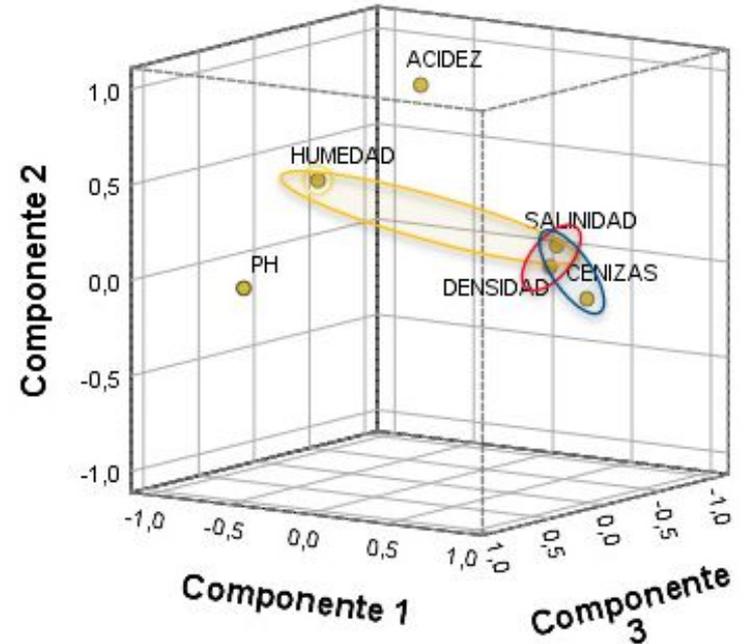


Gráfico de componentes principales



# CONCLUSIONES

## ESPECIE VEGETAL (FACTOR A)

El pepino (*Cucumis sativum* L.) obtuvo mayores valores de salinidad final y acidez titulable, permitiendo así mismo una mejor conservación del encurtido y demostrando que la fermentación láctica fue más eficiente en esta especie.

## CONCENTRACIÓN NaCl (FACTOR B)

La salmuera al 15% NaCl presentó mayores niveles de densidad y salinidad final, así como porcentaje de humedad y de cenizas, demostrando como la ósmosis es capaz de influenciar la capacidad de retención de agua de un vegetal.

## CONCENTRACIÓN *L. plantarum* (FACTOR C)

El factor C no influyó de manera alguna sobre los parámetros estudiados.

## ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se analizaron los tratamientos a0b1c0 y a1b1c0. Se determinó que estos cumplen con el nivel mínimo de UFC/ml ( $>10^6$  UFC/ml) del microorganismo probiótico para que puedan ser considerados como alimentos probióticos.



# RECOMENDACIONES

En la especie vegetal (Factor A), mayor acidez indica más concentración ácido láctico, uno de los componentes principales en este mecanismo de bioconservación e indicador de óptima fermentación láctica. De la misma manera, mayor salinidad permite una vida útil más larga del alimento, por lo tanto, en este caso se recomienda firmemente el uso de pepino (*Cucumis sativum* L.) en encurtidos.

Se recomienda utilizar concentraciones al 15% de NaCl en encurtidos, pues esta provee una mayor salinidad y pH final, parámetros sumamente importantes en la conservación del producto.

La concentración de *L. plantarum* (Factor C) no jugó un papel significativo en el análisis experimental, por lo tanto, se recomienda utilizar la menor cantidad de inóculo posible, en este caso el 2% de *L. plantarum*.

Tras el análisis microbiológico, se recomienda el consumo de cualquiera de los dos tratamientos estudiados, pues ambos cumplen con el nivel mínimo para ser considerados probióticos





# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**GRACIAS POR LA ATENCIÓN**