

**Evaluación de las características  
fisicoquímicas y microbiológicas en la  
fermentación láctica de chile jalapeño  
(*Capsicum annum L.*)**

**Mary Roberta Cruz Valdez  
Diana Danesi Batista Ledezma**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras  
Octubre, 2014**

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Evaluación de las características  
fisicoquímicas y microbiológicas en la  
fermentación láctica de chile jalapeño  
(*Capsicum annum L.*)**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingenieras en Agroindustria Alimentaria en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Diana Danesi Batista Ledezma  
Mary Roberta Cruz Valdez**

**Zamorano, Honduras**  
Octubre, 2014

# **Evaluación de las características fisicoquímicas y microbiológicas en la fermentación láctica de chile jalapeño (*Capsicum annum L.*)**

Presentado por:

Diana Danesi Batista Ledezma  
Mary Roberta Cruz Valdez

Aprobado:

---

Jorge Cardona, Ph.D.  
Asesor Principal

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Director  
Departamento de Agroindustria  
Alimentaria

---

Mayra Márquez, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl H. Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

## **Evaluación de las características físico – químicas y microbiológicas en la fermentación láctica de chile jalapeño (*Capsicum annum L.*)**

**Diana Danesi Batista Ledezma  
Mary Roberta Cruz Valdez**

**Resumen:** El chile jalapeño fermentado es una de las materias primas utilizadas en la Planta Hortofrutícola de Zamorano para la elaboración de salsas. Actualmente la planta carece de un proceso de fermentación láctica por lo que solamente efectúa la compra de pulpa fermentada. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fermentación del chile jalapeño en sus características fisicoquímicas y microbiológicas para determinar un proceso para la planta. El diseño utilizado fue Bloques Completos al Azar con arreglo factorial 3×3 con tres presentaciones de chile (entero, rodaja y molido) y tres concentraciones de sal (7.5, 10 y 12.5%) evaluadas a través del tiempo (1, 9 y 18 días), totalizando 9 unidades experimentales. Se midieron sólidos solubles, pH, color, actividad de agua, humedad y densidad poblacional de bacterias ácido-lácticas. Los chiles molido y en rodaja con 7.5% de sal redujeron su pH, generando acidez. Las presentaciones con mayor contenido de sal presentaron un incremento en sólidos solubles, por ende se redujo la humedad y actividad de agua. El color cambió de una tonalidad verde oscuro a verde olivo, influido por la presentación de chile y tiempo de fermentación. La densidad poblacional de bacterias ácido-lácticas no presentó diferencias significativas. Se recomienda realizar más evaluaciones microbiológicas y sensoriales para definir las características que se desean en la fermentación del chile jalapeño y contrastarlas con la pulpa que compra la planta. Se recomienda comparar económicamente la pulpa que se compra con la obtenida bajo este proceso.

**Palabras claves:** Compuestos orgánicos, hortaliza industrial, preservación.

**Abstract:** Fermented jalapeño pepper is used as raw material in the elaboration of sauce in the Horticultural Plant of Zamorano. Actually the Horticultural plant lacks of a process of lactic acid fermentation for jalapeño pepper and is limited to purchase only fermented jalapeño pulp. The objectives of this study were to evaluate the effect of lactic acid fermentation of jalapeño pepper in the physicochemical and microbiological characteristics to determine a process for the processing plant. The experimental design were randomized complete blocks with factorial arrangement 3×3 with three pepper presentations (whole, slice and ground) and three salt concentrations (7.5, 10 and 12.5%) evaluated over time (1, 9 and 18 days), totaling 9 experimental units. Total soluble solids, pH, color, water activity, moisture and the density of lactic acid bacteria were measured. The ground and slice peppers with 7.5% salt reduced their pH. Presentations with higher salt content had an increase in soluble solids; therefore the moisture and water activity was reduced. The color changed from dark green to olive green, influenced by the presentation of pepper and fermentation time. The density of lactic acid bacteria was not significantly different. It is recommended to realize further microbiological and sensory analysis to determine the characteristics of fermented jalapeño pepper desired in the food industry. Compare the purchased pulp with the one obtained of this process.

**Key words:** Industrial vegetable, organic compounds, preservation.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>19</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>20</b>
<b>7 ANEXOS .....</b>	<b>24</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Diseño experimental.....	4
2. Comportamiento de los sólidos solubles de chiles fermentados de acuerdo a su presentación y concentración de sal.....	9
3. Comportamiento promedio del pH de chiles fermentados de acuerdo a su presentación y concentración de sal .....	10
4. Valor de luminosidad (color) de chiles fermentados de acuerdo a su presentación y concentración de sal .....	11
5. Valor del croma (color) de chiles fermentados de acuerdo a su presentación y concentración de sal .....	12
6. Valor del ángulo de matiz (color) de chiles fermentados de acuerdo a su presentación y concentración de sal .....	12
7. Actividad de agua y humedad al día 18 de chiles fermentados y acuerdo a su presentación y concentración de sal .....	16
8. Densidad poblacional de bacterias ácido lácticas al final de la fermentación ....	17
Figuras	Página
1. Cambio de matiz de la presentación del chile a través del tiempo.....	14
Anexos	Página
1. Flujo de proceso para fermentación de chile jalapeño .....	24
2. Valor A (color) de chiles fermentados de acuerdo a su presentación y concentración de sal .....	25
3. Valor B (color) de chiles fermentados de acuerdo a su presentación y concentración de sal .....	25

# 1. INTRODUCCIÓN

Honduras cuenta con cuatro zonas agrícolas (Choluteca-Valle, Comayagua-Siguatopeque, La Esperanza e Intibucá y Ocotepeque) que le facilitan la producción de especies hortícolas en escala comercial, estas reúnen las condiciones naturales y redes de servicio en infraestructura necesaria (Sierra 2011). El chile jalapeño es cultivado en el valle de Comayagua, los departamentos de Ocotepeque, Danlí y La Paz con el fin de exportación hacia el mercado norteamericano y suplir el mercado regional (FHIA 2010).

La producción de chile dulce y picante a nivel mundial del período 2008 fue de 28 millones de toneladas métricas (TM) incrementado aproximadamente 500,000 toneladas por año hasta el año 2011 (FAO 2014). Durante este período la exportación de chile tabasco en el país alcanzó 168 TM complementadas con 3,100 TM de chile dulce y 9,900 TM de otras variedades de chile (Chavarría 2010). Según la FAO (2014) del año 2011 al 2012 hubo un incremento de la producción de 588 TM, sin clasificación por variedad.

En la actualidad los mercados tienen ciertas exigencias de hortalizas, por ejemplo de chile jalapeño que para ser comercializado debe presentar un color verde oscuro y no tierno. Al momento de la cosecha se realiza una selección para rechazar chiles que presenten daños mecánicos, daños por insectos, deformes, daños causados por deshidratación, viróticos y otras enfermedades. El manejo del chile en poscosecha es una parte importante, ya que las pérdidas del producto pueden ser hasta un 100% entre las 12 y 24 horas de la cosecha por pudrición causado por bacterias (USAID-RED 2006).

Hoy en día la industria alimentaria está en constante mejora buscando preservar los alimentos. El chile, por ejemplo, es sometido a diferentes procesos tales como: fermentado, deshidratado y congelado; por esta razón se le conoce como producto industrial (Chavarría 2010). Todo esto se realiza con el fin de alargar la vida de anaquel del chile. Además, que este se encuentre disponible en el mercado como materia prima de otros productos o para preparación de alimentos en cadenas de restaurantes. La fermentación además de ser utilizada como método de preservación, busca desarrollar sabor, aroma y olor en los alimentos procesados (Ranjan *et al.* 2014). También es un método de preservación para evitar cambios indeseables en los alimentos (Ming 2005).

La fermentación es el proceso en el que se da el crecimiento de bacterias, levaduras, hongos o combinación de estos microorganismos (Fleming *et al.* 2005). El chile jalapeño por ejemplo se consume principalmente fermentado o en encurtido; comercializado en presentación entero, sin semilla, en mitades cortadas a lo largo y en rodajas (González-Quijano *et al.* 2012). Para lograr el proceso de fermentación se requiere la presencia de azúcares (Dalmaso 2001). En el chile se encuentran azúcares como sacarosa, glucosa y la

fructosa que sirven de sustrato para las bacterias que efectuarán el proceso de fermentación (García-Martínez *et al.* 2006, Müller 2001).

Honduras cuenta con industrias que le dan valor agregado al chile sometiéndolo a diferentes procesos, entre ellas la empresa Mount Dora Farm de Honduras S. de R. L. en Comayagua que procesa el chile para la elaboración de pastas (FHIA 2010). En la Planta Hortofrutícola Zamorano el chile jalapeño es comprado ya fermentado en pulpa para la elaboración de salsa verde, al carecer de un proceso estandarizado de fermentación, la planta se limita a hacer solamente la compra de la pulpa y almacenarla para su posterior uso. Por estas razones se han planteado los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de fermentación del chile jalapeño (*Capsicum annuum L.*) en las características físico-químicas en tres presentaciones de chile (entero, rodaja y molido) y tres concentraciones de sal en 18 días.
- Cuantificar el desarrollo de bacterias ácido-lácticas al inicio y al final de la fermentación.
- Determinar la presentación de chile y concentración de sal que permita el mejor desarrollo de características físico-químicas y microbiológicas para la fermentación de chile jalapeño en la planta Hortofrutícola.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Prueba preliminares.** Para la determinación del flujo de procesos se realizaron pruebas en la Planta Hortofrutícola de Zamorano (PHF). Para someter el chile jalapeño a fermentación se utilizó: sal de mesa (NaCl) en 2.5 y 10% y envases de vidrio de 250 gramos que fueron esterilizados con vapor. Se retiró la materia prima almacenada del refrigerador, luego se pesaron 160 gramos de chile jalapeño y la sal de mesa; el chile se procesó en tres presentaciones: triturado completamente, partido longitudinalmente y fruto triturado separado de la semilla (semillas añadidas al chile triturado posteriormente). una vez finalizadas las pruebas (18 días) se determinó no utilizar la concentración de sal de 2.5% dado a que el chile presentó un cambio de color al tercer día y mayor presencia de gas en los tratamientos que contenían dicha concentración; estudios preliminares demuestran que al haber un alto contenido de gases puede existir presencia de coliformes, esto se pudo deber a la baja concentración de sal, ya que los coliformes pueden desarrollarse rápidamente en concentraciones de sal del 2.5 – 5% (Ming 2005).

**Diseño experimental.** Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con arreglo factorial de 3×3, tres presentaciones de chile jalapeño (entero, rodajas y molido) y tres concentraciones de sal (7.5, 10 y 12.5%), para un total de 9 tratamientos (Cuadro 1). Se realizaron medidas repetidas en el tiempo (1, 9 y 18 días). Se realizó separación de medias a través de la prueba Tukey para proteger del error tipo I y separación de medias Lsmeans con probabilidad <0.05.

Cuadro 1. Diseño experimental

Presentación de chile	Concentración de NaCl (%)		
	7.5	10	12.5
Entero	E7.5	E10	E12.5
Molido	M7.5	M10	M12.5
Rodajas	R7.5	R10	R12.5

**Fermentación.** El chile jalapeño fue materia prima proveída por la planta de poscosecha. Una vez que se recibió la materia prima se verificó el estado del chile para descartar los que estuvieran golpeados, en descomposición, con daño por insectos o con características no deseables. Los chiles se lavaron únicamente con agua para la remoción de impurezas y se almacenó en un refrigerador a 4 °C en la Planta Hortofrutícola de Zamorano (PHF).

El proceso de fermentación duró un total de 18 días, ajustado de acuerdo a un estudio de fermentación de vegetales (Muchoki *et al.* 2007). El proceso de fermentación inicia

cuando se generan ambientes favorables a las bacterias a las bacterias como ser temperatura, condiciones de sal y anaerobiosis (Romeo *et al.* 2010). Se esterilizaron los envases de vidrio y se colocaron los chiles en sus tres presentaciones chile entero, molido completamente (5 minutos en una licuadora) y en rodajas (2 a 3 mm de grosor) con la concentración de sal (NaCl) correspondiente (7.5, 10 o 12.5%). Se pesó la sal para cada tratamiento y se agregó con cada una de las presentaciones de chile, posteriormente se dejaron en envases de vidrio los 9 tratamientos.

Cada tratamiento pasó por un período de fermentación durante 18 días, evaluándose sus características físicas y químicas a los 1, 9 y 18 días. El fin de la fermentación fue determinar los tratamientos que desarrollaran características físicas y químicas deseadas en la industria alimentaria, también como un método de preservación para evitar cambios indeseables en hortalizas (Ming 2005).

**Sólidos solubles totales (Grados Brix).** Se midieron los sólidos solubles totales (° Brix), utilizando el método oficial de la AOAC 932.14 bajo el uso del refractómetro. Se determinó para las tres presentaciones el chile entero y en rodajas fueron exprimidos y el jugo obtenido fue puesto en el lente del refractómetro y se procedió a la lectura; para la presentación de chile triturado completamente se tomó una muestra, fue puesta en el lente y se procedió a la lectura del mismo.

**pH.** Se midió el pH bajo el método de la AOAC 981.12 para todos los tratamientos, esto se realizó 3 veces (día 1, 9 y 18) durante la fermentación. Se observaron los cambios en pH para poder relacionarlos con la concentración de sal y la presentación de chile. Así mismo atribuir la mayor población de bacterias ácido lácticas a los tratamiento con un pH bajo.

**Color.** El color se midió con la aplicación mColorMeter cuya función es obtener información de fotografías donde muestra valores de RGB y CMYK. Se midió el color inicialmente a la materia prima en el día 1 antes de someter a fermentación los chiles, en el día 9 y 18 se midió el color a las tres presentaciones de chile (entero, rodaja y molido) con sus tres concentraciones de sal (7.5, 10 y 12.5%). Los datos en RGB fueron convertidos a valores de L\*a\*b\*. El croma fue obtenido a partir de los resultados de a\* y b\*. A través de las dos coordenadas se forma un triángulo rectángulo que da dos valores muy importantes para entender color en estas dos dimensiones. El croma fue calculado con el teorema de Pitágoras.

$$Croma = \sqrt{(a^*{}^2) + (b^*{}^2)} \quad [1]$$

a\* y b\* = coordenadas a\* eje de la “x” y b en el eje de la “y”

El ángulo matiz es el ángulo opuesto a este cateto siendo b\*, que se calcula con la tangente negativa de b\* sobre a\*:

$$H^\circ = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad [2]$$

H° = ángulo de matiz en grados

Tan<sup>-1</sup> = tangente inversa

a\* y b\* = coordenadas a\* que es el eje de la “x” y b que es el eje de la “y”

**Actividad de agua (aw).** Se midió la actividad de agua de la materia prima en el día 1 y a los tratamientos de chile fermentados al día 18, para determinar la pérdida de humedad al final del proceso. Se trituraron tres chiles frescos hasta tener una muestra homogénea, se colocaron las muestras en el porta muestra (capacidad de 15 ml) y se midió por duplicado. Los chiles enteros fermentados también se procesaron (trituraron) para obtener la muestra, al igual que los chiles en rodaja. El chile molido se midió directamente ya que estaba previamente procesado. Se midió la actividad de agua utilizando el equipo “Aqualab” serie 3. El Aqualab serie 3 tiene un sensor que calcula el punto de rocío mediante la técnica de espejo enfriado y medición infrarroja de la temperatura de la muestra (DECAGON 2001).

**Humedad (%).** Se midió la humedad del chile utilizando el método de la AOAC 950.46, en un horno de convección a 100 - 105 °C por 18– 24 h, se añadió para esto 3 gramos de muestra a cada crisol; para el chile entero y en anillos se trituro completamente y se colocó en el crisol, para la muestra triturada solamente se extrajeron 3 gramos y se pasaron en una balanza digital. Una vez transcurrido el tiempo en el horno se calculó la humedad por diferencia de peso con la fórmula a continuación:

$$\%H = \frac{(C + MH) - (C + MS)}{(C + MH) - (C)} * 100 \quad [3]$$

Dónde:

- C, corresponde al peso del crisol
- MH, materia húmeda
- MS, materia seca después del tiempo transcurrido

**Densidad poblacional de bacterias ácido lácticas.** Las bacterias ácido lácticas se encuentran presentes en el ambiente y en productos alimenticios como lácteos, frutas y vegetales (Fleming *et al.* 2005; Rhee *et al.* 2011). Su presencia en la fermentación de alimentos es un factor importante en la generación de características sensoriales particulares de productos (Joshi *et al.* 2009; Parra 2010). Por la importancia que ocupan en la fermentación fueron evaluadas en este estudio.

Se midió la densidad poblacional de las bacterias ácido lácticas de la materia prima antes de iniciar el proceso y del chile fermentado al día 18 en sus tres presentaciones (entero, rodaja y molido) y tres concentraciones de sal (7.5, 10 y 12.5%). Con el objetivo de cuantificar el desarrollo y observar el comportamiento de las bacterias ácido lácticas bajo las condiciones de cada uno de los tratamientos.

En el proceso se pesó y sumergió el chile fresco en diluyente de peptona para efectuar una recuperación de los microorganismos nativos presentes en la dilución madre 10<sup>-1</sup>. Posteriormente se realizaron las diluciones 10<sup>-2</sup>, 10<sup>-3</sup>, 10<sup>-4</sup> y 10<sup>-5</sup>. En los chiles enteros

fermentados se realizaron las diluciones de igual manera que para los chiles frescos. Para realizar las diluciones de los otros tratamientos, se pesó 10 gramos de chile en rodaja y molido, asépticamente se colocó en una bolsa estéril con diluyente de peptona (90 ml) y se homogenizó la muestra en el Stomacher durante un 1 minuto.

Se colocó 1 ml de muestra en tubos de ensayo con 9 ml de diluyente de peptona, este procedimiento fue repetitivo hasta alcanzar la última dilución. Se realizaron 5 diluciones para la materia prima inicial (chile fresco) y hasta 7 diluciones en los tratamientos fermentados. Una vez obtenidas las diluciones se realizaron siembras en platos Petri, colocando 20 ml de Agar MRS por el método de vaciado en placa en dos capas. Se colocaron dos capas de medio para generar un ambiente anaeróbico en los platos para el mejor desarrollo de las bacterias (Erickson *et al.* 2004). Una vez realizada la siembra se dejó solidificar el Agar y se colocaron los tratamientos en incubación a 30 °C, durante 48 horas, ya que la mayor parte de estos microorganismos son mesófilos (Bamforth 2005).

El Agar MRS es un medio de cultivo especial para el aislamiento y recuento de bacterias ácido lácticas desarrollados por Man, Rogosa y Sharpe (Britania 2014). También se utilizaron concentraciones de ácido sórbico (0.2 gramos por cada litro de medio) y agente selectivo Cycloheximide (0.1 gramo por cada litro de medio). El ácido sórbico se utilizó para generar un pH adecuado para el desarrollo de las bacterias preferiblemente entre 4.0-4.5 (Bamforth 2005). El agente selectivo Cycloheximide fue utilizado debido a que inhibe bacterias Gram-negativas, mohos, ciertas bacterias Gram-positivas y levaduras (HiMedia 2011). En pruebas preliminares se observó el crecimiento de hongos y levaduras, por lo cual se procedió a utilizar agentes selectivos. El recuento se llevó a cabo eliminando aquellas diluciones con menor a 25 UFC/ml y mayor a 250 UFC/ml, solamente se registraron los datos de los tratamientos que estuvieron dentro de los límites del estudio.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis de sólidos solubles totales (°Brix).** Se determinó que las variables presentación de chile, concentraciones de sal y días de fermentación presentaron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ). Esto indica que influyeron en los cambios de sólidos solubles presentes durante el proceso de fermentación. Al inicio del proceso, se denotó una diferencia significativa entre tratamientos (Cuadro 2), a mayor concentración de sal mayor fue el contenido de sólidos. En el día 9 no existió diferencia entre los tratamientos de molido, mientras que en los enteros y rodajas si existió diferencia. Al final del proceso existió diferencia sólo entre algunos de los tratamientos, molido con 12.5% y rodaja con 7.5% de sal. El alto contenido de sólidos solubles en algunos de los tratamientos pudo deberse a la adición de sal y a que los sólidos presentes en el chile como sacarosa, glucosa y fructosa (Nielsen *et al.* 1991) fueron expuestos al medio al ser procesados.

Existió una reducción entre el día 1 y 9 en todos los tratamientos a excepción del molido con 7.5 y rodaja con 10%. Al estar procesados estos tratamientos los azúcares debieron estar más disponibles para las bacterias fermentadoras. Esto discrepa con estudios realizados que han demostrado que la reducción de sólidos puede darse por la actividad de los microorganismos nativos presentes en el chile que utilizan como principal fuente de alimentación azúcares hidrosolubles (Alberto *et al.* 2013; Durán-Quintana 1997; Fleming *et al.* 1983). Las posibles causas de que no existiera una diferencia significativa en la disminución de sólidos solubles en estos tratamientos pudo deberse a la gran variabilidad de los datos durante la fermentación, el origen de la materia prima y su estado de madurez (cuando se clasificó se descartaron chiles golpeados, descompuestos y dañados por insectos), equipo dañado y mal calibrado y el factor humano pudo influenciar en que la materia prima se contaminara durante el procesamiento. Pueden existir otros microorganismos como levaduras, hongos y microorganismos descomponedores o patógenos que al competir por nutrientes pueden disminuir el desarrollo de las bacterias fermentadoras (Karovičová y Kohajdová 2003). Las levaduras tienen la capacidad de utilizar el azúcar que consumirían las bacterias fermentadoras y producir alcohol, acetato de etilo, acetaldehído y ácidos orgánicos (Alves *et al.* 2012). El ácido orgánico que producen las levaduras es el ácido cítrico, este tiene mayor poder acidulante que el ácido láctico (Sortwell 2004). Los sólidos solubles durante el proceso de fermentación del chile molido con 7.5% y rodaja con 7.5 y 10% de sal se mantuvieron constantes, se puede inferir este comportamiento a que las levaduras pudieron consumir los azúcares presentes

en el chile no mostrando diferencias estadísticamente significativas pero sí influyendo en los valores de pH (Cuadro 3) por la posible producción de otros ácidos orgánicos. Otro factor que pudo influir es que al no contar con equipos en buen estado se pueden generar datos variables que afectaron la interpretación de los datos.

Según Montaña y colaboradores (1992) el incremento de sólidos en chile entero del día 9 al 18 se puede atribuir a la manera de extracción del jugo a evaluar, al exprimir el chile pudo ocurrir rompimiento de tejidos. También se puede deber a la presencia de enzimas como amilasas, proteasas, lipasas y pectinasas que pueden desdoblar compuestos presentes en el chile (Karovičová y Kohajdová 2003). Se mantienen los sólidos solubles de los demás tratamientos (molido y rodaja) dado a que al tener expuestos los azúcares desde el primer día, los microorganismos pudieron consumirlos en los primeros. Al llegar al día 9, posiblemente la disponibilidad de azúcares fue poca por lo que al final del proceso no se mostró reducción ni aumento. Es importante recalcar que no ocurrieron cambios posiblemente por los factores discutidos anteriormente.

Cuadro 2. Comportamiento de los sólidos solubles totales (%) de chiles fermentados de acuerdo a su presentación y concentración de sal.

Presentación <sup>1</sup>	Sal (%)	Fermentación (día)		
		1	9	18
Entero	7.5	11.5 ± 2.1 d <sup>2</sup> (x) <sup>3</sup>	8.10 ± 4.5 c(y)	13.8 ± 1.2 bc (x)
	10.0	14.7 ± 1.6 c (x)	6.20 ± 2.1 c(y)	13.5 ± 1.5 bc(x)
	12.5	18.2 ± 2.8 ab(x)	12.8 ± 1.5 ab(y)	14.8 ± 1.4 abc(y)
Molido	7.5	14.6 ± 2.8 cd(x)	12.6 ± 0.8 ab(x)	13.0 ± 0.5 bc(x)
	10.0	19.3 ± 0.9 a(x)	14.2 ± 0.8 ab(y)	14.9 ± 0.2 abc(y)
	12.5	21.2 ± 3.0 a(x)	15.5 ± 0.8 a(y)	17.1 ± 1.3 a(y)
Rodaja	7.5	14.1 ± 2.3 cd(x)	11.9 ± 1.4 b(x)	12.4 ± 0.5 c(x)
	10.0	15.8 ± 3.1 bc(x)	14.7 ± 2.7 ab(x)	14.5 ± 0.7 abc(x)
	12.5	18.6 ± 3.0 ab(x)	15.2 ± 1.2 a(y)	15.7 ± 0.6 ab(xy)
CV% <sup>5</sup>		15.2	16.8	6.73

<sup>1</sup>Presentación de chile (entero, molido, rodajas). <sup>2</sup>Letras distintas en cada columna (a, b, c) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>3</sup>Letras distintas en cada fila (x, y, z) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>4</sup>Coefficiente de variación.

**Análisis de pH.** Las variables evaluadas presentación de chile, concentración de sal y los días de fermentación presentaron diferencias significativas (P<0.02). Esto indica que estos factores influyeron en el cambio del pH durante la fermentación. El tiempo de fermentación fue el factor más influyente en el comportamiento del pH (P<0.01).

Al inicio del experimento no se presentaron diferencias entre tratamientos (Cuadro 3). Se mostraron niveles de pH entre 5.51 y 5.84. Esto pudo deberse a que el pH de la materia prima se midió antes de someterlo a fermentación por lo que se dice que todos fueron iguales. La fermentación según Romeo *et al.* (2010) inicia a partir de que se le genera un ambiente favorable a las bacterias nativas del chile (condiciones de sal, temperatura y

anaerobiosis) para que inicie el proceso. La fermentación ocurrió lentamente esto se atribuye a los valores de pH que se obtuvieron inicialmente, estudios han demostrado que la reducción en pH se da más lento cuando se tiene un pH inicial de 5.0 (Alberto *et al.* 2013).

El descenso de pH fue más acelerado en tratamientos de chile molido y rodaja mientras que no existieron cambios en los tratamientos elaborados con chile entero. El descenso en el chile molido y en rodaja se debe al procesamiento previo que se le dio a la materia prima antes de someterlo a fermentación. Lo expuesto anteriormente se pudo deber a lo que sugiere la literatura, que el descenso del pH se debe a la mayor exposición de azúcares fermentables al medio, permitiendo a las bacterias su consumo y generación de acidez (Bravo y Bravo 2014). Contrario a lo que muestran los resultados de sólidos solubles (Cuadro 2) que el chile molido con 7.5 y rodaja con concentraciones de sal menores a 10% se mantienen constantes. A pesar de que los sólidos se mantienen constantes Alves e investigadores (2012) indican que la disminución en pH puede deberse a que existen otros microorganismos como levaduras que producen componentes como ácidos orgánicos que posiblemente con mayor poder acidulante que el ácido producido por bacterias fermentadoras. La tendencia que se mostró fue a que a mayor exposición de azúcares hidrosolubles como lo mencionan Alberto *et al.* (2013), Durán-Quintana *et al.* (1997) y Fleming *et al.* (1983), existe una mayor actividad de los microorganismos presentes en el chile. Esto no concuerda con los datos observados de sólidos solubles del chile molido con 7.5% de sal y rodaja con 7.5 y 10% (Cuadro 2), esto se pudo deber posiblemente a factores externos no controlados mencionados anteriormente. El tratamiento rodaja con 12.5% de sal mantuvo la acidez durante los primeros nueve días. La adición de sal fomenta el crecimiento de las bacterias naturales presente en el chile, desde un 8 hasta 10% (Montaño *et al.* 1992, García-Martínez *et al.* 2006), lo que explica el poco o nulo cambio en pH en los tratamientos con 12.5% de sal. En cambio en el chile molido con 12.5% se reduce el pH, esto se puede atribuir a la presencia de otros microorganismos que generan acidez, ya que como se mencionó antes, a 12.5% de sal las bacterias fermentadoras no pueden desarrollarse. El área expuesta en el chile entero y rodaja es menor que en el molido completamente, esto puede ser otro de los factores por lo que hubo un nulo o poco descenso en pH.

Cuadro 3. Comportamiento promedio del pH de chiles fermentados de acuerdo a su presentación y concentración de sal.

Presentación <sup>1</sup>	Sal (%)	Fermentación (día)		
		1	9	18
Entero	7.5	5.75 ± 2.4 a <sup>2</sup> (x) <sup>3</sup>	5.37 ± 4.8 ab(x)	4.37 ± 1.5 abc(y)
	10.0	5.65 ± 1.3 a(x)	5.71 ± 2.3 a(x)	4.43 ± 1.1 abc(y)
	12.5	5.51 ± 1.2 a(x)	5.36 ± 1.4 ab(x)	4.74 ± 1.5 a(x)
Molido	7.5	5.70 ± 4.1 a(x)	4.16 ± 0.8 c(y)	3.91 ± 0.6 bc(y)
	10.0	5.76 ± 1.3 a(x)	4.66 ± 0.9 bc(y)	4.43 ± 0.2 abc(y)
	12.5	5.84 ± 3.0 a(x)	4.80 ± 0.8 bc(y)	4.49 ± 1.1 abc(y)
Rodaja	7.5	5.58 ± 3.2 a(x)	4.15 ± 1.2 c(y)	3.86 ± 0.5 c(y)
	10.0	5.71 ± 2.8 a(x)	4.69 ± 2.9 bc(y)	4.54 ± 0.7 abc(y)
	12.5	5.60 ± 2.3 a(x)	4.90 ± 1.2 bc(xy)	4.68 ± 0.7 a(y)
CV% <sup>4</sup>		4.39	12.0	11.7

<sup>1</sup>Presentación de chile (entero, molido, rodajas). <sup>2</sup>Letras distintas en cada columna (a, b, c) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>3</sup>Letras distintas en cada fila (x, y, z) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>4</sup>Coefficiente de variación.

**Análisis de color.** La luminosidad de los tratamientos evaluados se vio afectada por la presentación de chile y el tiempo de fermentación (P<0.01) y no por la concentración de sal utilizada (P>0.89). Se observó que a partir del día 9 hubo diferencias entre tratamientos (Cuadro 4). El valor L\* incremento durante los primeros nueve días de fermentación y estuvo influenciado por el procesamiento del chile. Todos los tratamientos molidos mostraron un mayor aumento de luminosidad debido a que la pulpa y semillas se expusieron completamente. Un estudio realizado en fermentación de olivos confirma que el incremento del valor L\* se debe a la presencia de pigmentos más estables durante la fermentación generando un producto más claro (Mehta *et al.* 2012). La presencia de dióxido de carbono en los tratamientos puede remplazar el oxígeno presente generando condiciones estables para ácidos orgánicos y el color de los vegetales fermentados (Breidt *et al.* 2013).

Al final del proceso (día 18), se observó que la mayoría de los tratamientos se comportaron similarmente incrementando su luminosidad, a excepción de entero y rodaja con 12.5% de sal. Todos los valores de L\* se encontraron en un rango de 7.37 a 12.0, lo que indicó que se encuentran en mismo segmento de luminosidad.

Cuadro 4. Valor de luminosidad (color) de chiles fermentados de acuerdo a su presentación y concentración de sal.

Presentación <sup>1</sup>	Sal (%)	Fermentación (día)		
		1	9	18
Entero	7.5	2.64 ± 1.44 a <sup>2</sup> (x) <sup>3</sup>	7.23 ± 5.4 b(y)	7.37 ± 1.0 ab(y)
	10.0	2.64 ± 1.44 a(x)	6.99 ± 1.3 b(xy)	8.74 ± 1.1 ab(y)
	12.5	2.64 ± 1.44 a(x)	9.05 ± 6.0 b(y)	6.68 ± 1.2 b(xy)
Molido	7.5	3.82 ± 1.20 a(x)	20.2 ± 5.5 a(y)	9.82 ± 4.1 ab(z)
	10.0	3.82 ± 1.20 a(x)	17.0 ± 9.9 a(y)	12.0 ± 4.7 a(z)
	12.5	3.82 ± 1.20 a(x)	20.6 ± 11 a(y)	7.35 ± 1.5 ab(xy)
Rodaja	7.5	5.53 ± 2.54 a(x)	10.7 ± 7.6 b(y)	11.1 ± 8.0ab(y)
	10.0	5.53 ± 2.54 a(x)	9.51 ± 7.4 b(xy)	10.6 ± 0.8 ab(y)
	12.5	5.53 ± 2.54 a(x)	9.39 ± 5.4 b(x)	9.80 ± 1.5 ab(x)
CV% <sup>4</sup>		45.6	62.7	47.5

<sup>1</sup>Presentación de chile (entero, molido, rodajas). <sup>2</sup>Letras distintas en cada columna (a, b, c) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>3</sup>Letras distintas en cada fila (x, y, z) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>4</sup>Coefficiente de variación.

Para el croma o intensidad de color, las variables de presentación de chile y tiempo de fermentación influyeron en el comportamiento de los tratamientos (P<0.01). La concentración de sal no influyó en el cambio del croma (P>0.86). Al inicio del proceso entre tratamientos no se observó diferencias en la intensidad de color de los chiles.

Al día 9 los tratamientos de chile entero y en rodajas con las 3 concentraciones de sal (7.5, 10.0 y 12.5%) no se mostraron diferentes (Cuadro 5), excepto del chile molido. Al final de la fermentación no existieron diferencias significativas entre tratamientos a excepción del entero con 12.5% que fue diferente de molido con 10.0% de sal. A través del tiempo, se observó el cambio en croma en los primeros nueve días de los tratamientos entero y molido con 3 concentraciones de sal (7.5, 10.0 y 12.5%), excepto los tratamientos de rodaja. El cambio de pureza del color se pudo deber a reacciones de empardeamiento causadas por la enzima Polifenol Oxidasa (PFO), existente en frutas y vegetales (Mehta *et al.* 2012). Al final del proceso (día 18) el comportamiento fue similar a lo mencionado anteriormente. En los tratamientos se observó cambios en tonalidades de verde oscuro a verde oliva. Calvo (2001), señala que cambios en tonalidades de un color verde oscuro a un verde oliva se puede deber a la pérdida de pigmentos.

El matiz de los chiles se vio influenciado por la presentación de chile y el tiempo de fermentación (P<0.01). Existió diferencia entre la materia prima (chile entero) antes de someter a procesamiento y posterior fermentación (Cuadro 6). Lo anterior pudo deberse a que la materia prima fue seleccionada aleatoriamente. Existió diferencia entre tratamiento en el día 9 y al final del proceso. Según Romeo *et al.* (2010), las variables sal y acidez (pH) influyen el comportamiento de los compuestos fenólicos, los cuales afectan el color de los productos. El matiz se redujo al cambiar el valor del croma esto se pudo deber a que durante el proceso de fermentación ocurrió un empardeamiento por la polimerización de compuestos fenólicos (Mehta *et al.* 2012).

Cuadro 5. Valor del croma (color) de chiles fermentados de acuerdo a su presentación y concentración de sal.

Presentación <sup>1</sup>	Sal (%)	Fermentación (día)		
		1	9	18
Entero	7.5	3.12 ± 2.5 a <sup>2</sup> (x) <sup>3</sup>	8.73 ± 7.7 b(y)	7.68 ± 0.3 b(y)
	10.0	3.12 ± 2.5 a(x)	9.89 ± 0.8 b(y)	10.6 ± 1.1 ab(y)
	12.5	3.12 ± 2.5 a(x)	10.7 ± 5.2 b(y)	6.98 ± 2.3 b(y)
Molido	7.5	5.71 ± 3.3 a(x)	22.6 ± 3.7 a(y)	10.8 ± 2.8 ab(x)
	10.0	5.71 ± 3.3 a(x)	20.6 ± 9.4 a(y)	12.9 ± 2.2 a(z)
	12.5	5.71 ± 3.3 a(x)	21.3 ± 11 a(y)	8.72 ± 1.0 ab(x)
Rodaja	7.5	8.11 ± 4.78 a(x)	10.1 ± 7.7 b(x)	11.5 ± 4.6 ab(x)
	10.0	8.11 ± 4.78 a(x)	10.7 ± 8.2 b(x)	9.36 ± 1.8 ab(x)
	12.5	8.11 ± 4.78 a(x)	12.8 ± 6.2 b(x)	9.38 ± 1.5 ab(x)
CV% <sup>4</sup>		64.6	57.6	36.4

<sup>1</sup>Presentación de chile (entero, molido, rodajas). <sup>2</sup>Letras distintas en cada columna (a, b, c) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>3</sup>Letras distintas en cada fila (x, y, z) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>4</sup>Coefficiente de variación.

Cuadro 6. Valor de ángulo de matiz (color) de chiles fermentados de acuerdo a su presentación y concentración de sal.

Presentación <sup>1</sup>	Sal (%)	Fermentación (día)		
		1	9	18
Entero	7.5	178 ± 52 a <sup>2</sup> (x) <sup>3</sup>	130 ± 42 a(y)	54.4 ± 16 b(z)
	10.0	178 ± 52 a(x)	110 ± 22 abc(y)	91.6 ± 51 a(y)
	12.5	178 ± 52 a(x)	115 ± 35 ab(y)	58.8 ± 13 b(y)
Molido	7.5	149 ± 37 ab(x)	90.3 ± 4.9 bc(y)	62.8 ± 7.6 ab(y)
	10.0	149 ± 37 ab(x)	99.1 ± 3.7 abc(y)	71.0 ± 8.9 ab(y)
	12.5	149 ± 37 ab(x)	99.6 ± 4.9 abc(y)	61.6 ± 6.0 ab(z)
Rodaja	7.5	140 ± 12 b(x)	78.7 ± 9.6 c(y)	57.1 ± 15 b(y)
	10.0	140 ± 12 b(x)	114 ± 23 ab(x)	69.6 ± 15 ab(y)
	12.5	140 ± 12 b(x)	107 ± 15 abc(y)	86.1 ± 2.2 ab(y)
CV% <sup>4</sup>		24.0	33.4	45.1

<sup>1</sup>Presentación de chile (entero, molido, rodajas). <sup>2</sup>Letras distintas en cada columna (a, b, c) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>3</sup>Letras distintas en cada fila (x, y, z) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>4</sup>Coefficiente de variación.

Se observó el comportamiento del croma en las presentaciones del chile a través del tiempo (Figura 1), el comportamiento en la intensidad del color para cada presentación de chile se mostró similar ya que presentaron cambios a través del tiempo siendo afectado por los días que duro el proceso como se explicó en la sección anterior. La materia prima inicial fue chile fresco no procesado por lo que sus intensidades en color se mostraron similares.

En los tratamientos se observó cambios en tonalidades de verde oscuro a verde oliva. Calvo (2001), señaló que un cambio en tonalidad de un color verde oscuro a un verde oliva se puede deber a la pérdida de pigmentos por falta de fotosíntesis. La materia prima al ser procesada y transcurrir el tiempo el color se vio afectado mostrando el cambio en el recorrido de los tonos de color. El período de fermentación ha llevado el chile jalapeño de color verde a color verde oliva (García–Martinez *et al.* 2006), esto probablemente ocurrió por el decrecimiento que existe de la clorofila y un incremento de los carotenoides. En otros estudios muestra que la fermentación genera transformaciones en pigmentos como clorofilas y carotenoides debido al menor pH que se genera (Gonzalez-Quijano *et al.* 2012). También pudo ser influenciado por la posible presencia de polifenol oxidasa que actúa oxidando la materia (Ming 2005).

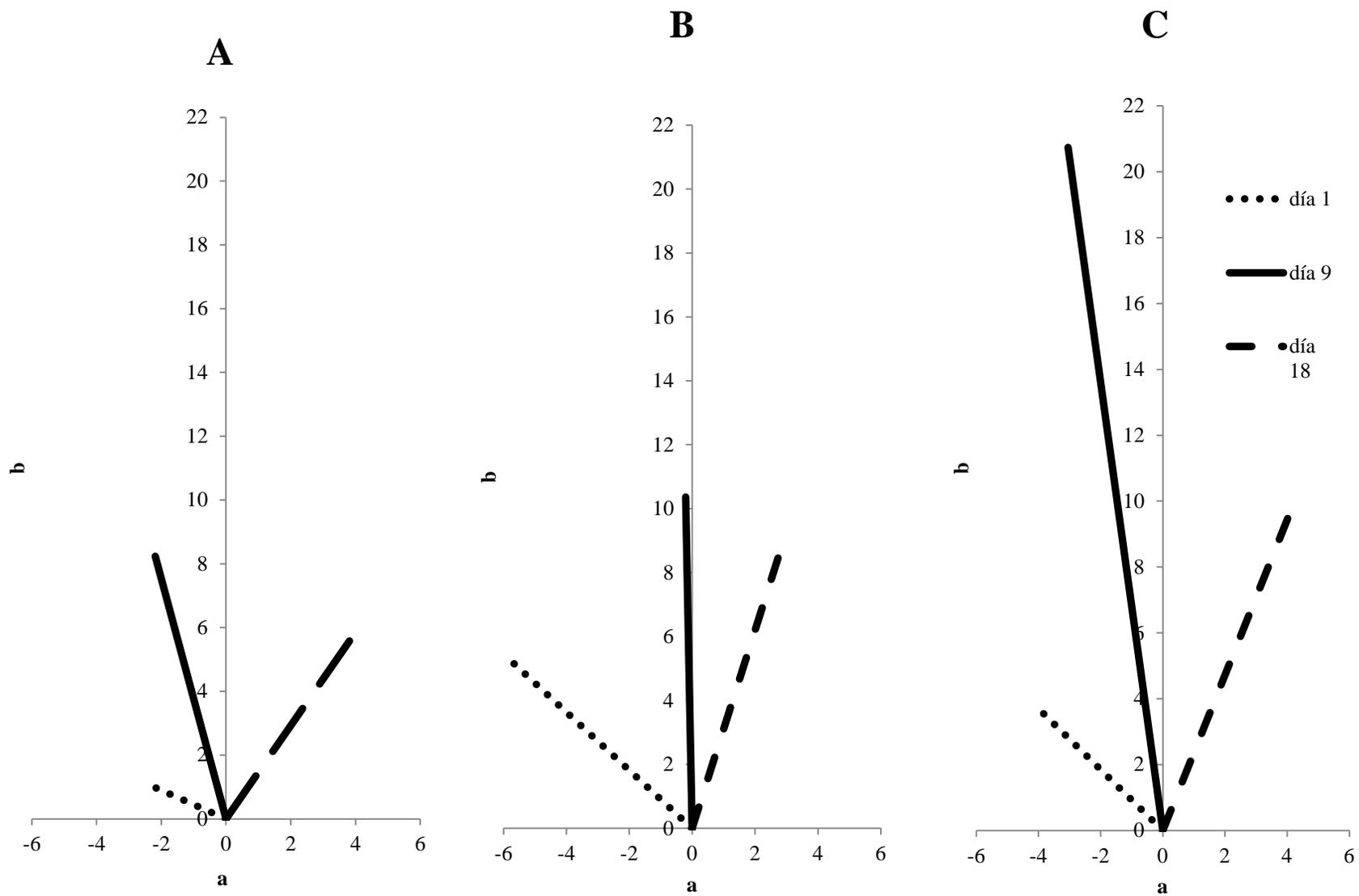


Figura 4. Cambio de matiz de la presentación del chile a través del tiempo. A<sup>1</sup> entero, B<sup>2</sup> rodaja, C<sup>3</sup> molido.

**Análisis de actividad de agua (aw).** En la fermentación existieron diferencias en la actividad de agua de los tratamientos ( $P < 0.05$ ). Esto indicó que los factores de presentación de chile y concentración de sal de los tratamientos afectaron la actividad de agua al final del proceso de fermentación (Cuadro 7). La actividad de agua tiene una influencia en la proliferación de microorganismos que consumen los azúcares fermentables y que disminuyen el pH. Los sólidos adicionados al chile atrapan el agua libre disponible para el desarrollo de las bacterias, por lo que se dice que la actividad de agua se disminuye. La actividad de agua mínima requerida para la actividad de bacterias fermentables es de 0.90 (Battcock y Azam-Ali 1998).

Las presentaciones de chile entero, molido y rodaja con concentraciones de sal de 7.5 y 10.0% se comportaron igual al control. En las presentaciones de chile con 12.5% de sal se redujo la actividad de agua. La disminución en la actividad de agua se pudo deber a la mayor concentración de sólidos como azúcares que retienen el agua cuando está presente en el medio (Fernández *et al.* 1992), así mismo a la adición de sal.

Estudios mencionan que la reducción de la actividad de agua a valores menores a 0.95 pueden afectar el crecimiento de bacterias (González-Quijano *et al.* 2012). Se observa que los tratamientos con concentraciones de 12.5 % de sal difieren al control pero tuvo un comportamiento similar con respecto a los tratamientos con 7.5 y 10% de sal. Esto puede deberse a que el control consistió en chile fresco sin contenido de sal. Según el FDA la actividad de agua de los alimentos fermentados debe ser mayor a 0.85 (Fleming *et al.* 2010).

**Análisis de Humedad.** Existieron diferencias significativas ( $P < 0.005$ ) en la humedad entre tratamientos al final de la fermentación. Las variables presentación de chile y concentración de sal influyeron en la reducción de humedad hasta el final del proceso de fermentación.

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos y el control (chile fresco). Los tratamientos perdieron muy poca humedad a excepción del chile entero, molido y rodaja con 12.5% de sal (Cuadro 7). El comportamiento de la humedad fue similar al de la actividad de agua, explicada anteriormente. Se incrementó el contenido de materia seca generando una reducción en humedad, esto pudo deberse a la separación del líquido de la matriz (chile entero, rodaja y molido) después del salado, debido a que el agua es captada y retenida por los sólidos agregados (Ming 2005). Los resultados obtenidos de los 9 tratamientos se asimilaron al valor de humedad que se le otorga al chile fresco 88%, lo que no concuerda con el control (chile fresco) que obtuvo una mayor humedad (Staller 2012).

El comportamiento del contenido de humedad para las diferentes presentaciones al final de la fermentación se asemeja al comportamiento en actividad de agua debido a que las presentaciones de chile entero, molido y rodaja con concentraciones de 7.5 y 10.0% de sal no presentaron diferencia significativa, a excepción de las presentaciones con 12.5% de sal (Staller 2012), lo que concuerda con los resultados obtenidos, dado a que el control obtuvo una mayor humedad contra los tratamientos con sal agregada.

Cuadro 7. Actividad de agua y humedad al día 18 de chiles fermentados de acuerdo a su presentación y concentración de sal.

Presentación <sup>1</sup>	Sal %	Actividad de agua (aw)	Humedad %
<b>Entero</b>	7.5	0.95 ± 0.01a <sup>2</sup> b <sup>2</sup>	87.2 ± 4.9 a <sup>3</sup> b <sup>3</sup>
	10.0	0.96 ± 0.03 ab	87.6 ± 7.8 ab
	12.5	0.93 ± 0.02 b	82.0 ± 6.8 b
<b>Molido</b>	7.5	0.96 ± 0.01 ab	86.2 ± 1.1 ab
	10.0	0.95 ± 0.01 ab	84.3 ± 0.8 ab
	12.5	0.93 ± 0.01 b	83.6 ± 2.5 b
<b>Rodaja</b>	7.5	0.96 ± 0.01ab	87.2 ± 0.8 ab
	10.0	0.95 ± 0.01ab	84.7 ± 1.3 ab
	12.5	0.94 ± 0.01b	83.2 ± 0.8 b
<b>Control<sup>3</sup></b>	0.0	0.98 ± 0.0a	92.6 ± 1.4 a
<b>CV%<sup>4</sup></b>		1.48	3.53

<sup>1</sup>Presentación de chile (entero, molido, rodajas). <sup>2</sup>Letras distintas en la columna (a, b, c) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>3</sup>Control, materia prima (chile fresco). <sup>4</sup>Coefficiente de variación.

**Densidad Poblacional Bacterias Ácido Lácticas.** Existió diferencia significativa entre el tratamiento entero con 10% de sal y el rodaja con 12.5% de sal (P<0.005), sin embargo no hubo diferencia entre los tratamientos y el control (Cuadro 10). La fermentación que se llevó a cabo fue una espontánea con los microorganismos nativos del chile. Según el Centro Nacional de Estudios e investigación de Agrícolas de Cuba (CENAIC) los chiles se pueden fermentar con la microflora nativa (Alberto *et al.* 2013).

Las condiciones de pH y actividad de agua (aw) discutidas en el estudio pudieron influir en el desarrollo de las bacterias ácido lácticas durante el proceso de fermentación de los chiles jalapeños. García-Martínez *et al.* (2006) encontró que existe mayor población de bacterias ácido-lácticas en el chile en rodajas. Los resultados obtenidos pudieron estar influenciados por las diversas condiciones en las que se llevó a cabo el experimento, por la materia prima y factores ambientales no controlados. El chile entero, rodaja y molido con 12.5% de sal presentaron un crecimiento bacteriano similar. Esto se pudo deber a que a mayores concentraciones de sal la actividad acuosa disminuye, generando condiciones desfavorables para la proliferación de bacterias (Durán-Quintana *et al.* 1997) en estos tratamientos. Por este motivo se recomienda que el período de fermentación se realice en un periodo más largo para evaluar el comportamiento de las bacterias.

El desarrollo de bacterias lácticas es influido por la cantidad inicial en un producto y las condiciones que se le brinde en la fermentación (Montaño *et al.* 1992). En los tratamientos enteros se observó un mejor desarrollo en la densidad de las bacterias lácticas. Esto pudo deberse a una menor competencia entre nutrientes por el tipo de presentación a comparación con rodaja y molido donde las bacterias los nutrientes pudieron estar más disponibles probablemente del día 1 al 9, las bacterias se encontraron en etapa de crecimiento. A partir del día 9 donde ya no se mostró una disminución en pH posiblemente las bacterias estuvieron en una etapa estacionaria o de muerte donde ya no

existió proliferación (Benintende *et al.* s.f.). En el chile entero se puede inferir lo contrario que los nutrientes probablemente no estuvieron disponibles dado a su estructura, estos posiblemente estuvieron disponibles hasta el día 9 donde ya había ocurrido ablandamiento de tejidos y ocurrió una disponibilidad de nutrientes.

Cuadro 8. Densidad poblacional de bacterias ácido lácticas al final de la fermentación.

<b>Presentación<sup>1</sup></b>	<b>Sal %</b>	<b>BAL (Log)</b>
<b>Entero</b>	7.5	7.30 ± 0.7 a <sup>2</sup> b <sup>2</sup>
	10.0	7.77 ± 0.8 a
	12.5	7.00 ± 1.2 abc
<b>Molido</b>	7.5	5.86 ± 1.8 abc
	10.0	4.60 ± 0.7 abc
	12.5	4.07 ± 1.6 bc
<b>Rodaja</b>	7.5	5.80 ± 1.2 abc
	10.0	4.74 ± 1.7 abc
	12.5	3.52 ± 1.4 c
<b>Control<sup>3</sup></b>	0.0	4.98 ± 0.9 abc
<b>CV%<sup>4</sup></b>		22.1

<sup>1</sup>Presentación de chile (entero, molido, rodajas). <sup>2</sup>Letras distintas en la columna (a, b, c) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>3</sup>Control, materia prima (chile fresco). <sup>4</sup>Coefficiente de variación.

#### **4. CONCLUSIONES**

- Las presentaciones de chile, concentraciones de sal y tiempo de fermentación influyeron en el cambio de las características físico-químicas del producto evaluado.
- Las presentaciones de chile (entero, rodaja y molido) y las concentraciones de sal (7.5, 10.0 y 12.5%) favorecieron al crecimiento de bacterias ácido lácticas.
- Las concentraciones de sal debajo de 10% permiten obtener valores de pH debajo de 4.6 establecidos por el FDA y la presentación de chile entero y rodaja presentan mejores características fisicoquímicas deseadas por la industria.

## 5. RECOMENDACIONES

- Extender el proceso de fermentación hasta 4 semanas para evaluar si existen cambios en las características fisicoquímicas y microbiológicas del chile jalapeño después del día 18.
- Utilizar cultivos iniciadores para controlar la acidez, fomentar el crecimiento de bacterias ácido-lácticas y prevenir la proliferación de otros microorganismos.
- Evaluar las características fisicoquímicas y microbiológicas del chile fermentado que compra la planta Hortofrutícola y compararlas con los datos obtenidos de este estudio y hacer el respectivo análisis económico.
- Realizar un análisis de hongos y levaduras para determinar si hay presencia de microorganismos que compiten por nutrientes con las bacterias ácido-lácticas.
- Determinar la curva y velocidad de crecimiento de bacterias ácido-lácticas en los diferentes tratamientos.
- Realizar un análisis sensorial para determinar por medio de características organolépticas el mejor tratamiento y aceptación de chile fermentado.
- Realizar el estudio utilizando como materia prima la pulpa fermentada que utiliza la planta actualmente y comparar sus características físico-químicas y microbiológicas con este estudio.

## 6. LITERATURA CITADA

Alberto M. R., M. F. Perera y M. E. Arena. 2013. Lactic acid Fermentation of peppers. *Food and Nutrition Sciences*. 4: 47-55.

Alves, M., T. Gonçalves y C. Quintas. 2012. Microbial quality and yeast population dynamics in cracked green table olives' fermentations. *Food Control*, Vol.23, p. 363-368.

Bamforth Charles W. 2005. *Food, Fermentation and Microorganism*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. p. 33.

Battcock M. y S. Azam-Ali. 1998. Basic principles of fermentation. In: *Handbook Fermented fruit and vegetables. A global perspective*.

Bravo J. E. y L. A Bravo. 2014. Estudio comparativo de diferentes líquidos de cobertura (vinagreta y salmuera) en la elaboración de encurtido de esparrago (*asparagus officinalis*). Tesis Ing. Agr. Guayaquil, Ecuador, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. 19 p.

Benintende S. y C. Sánchez. S.f. Crecimiento Bacteriano. Cátedra Microbiología Agrícola. Universidad Nacional de Entre Ríos. p 8.

Breidt F., R. F. McFeeters, I. Perez-Diaz y C.H. Lee. 2013. Fermented Vegetables. In: M. P. Doyle y R. L. Buchanan (ed.) *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*. ASM Press, Estados Unidos. p 841-855.

Britania. 2014. MRS Agar. (en línea). Consultado el 2 de septiembre de 2014. Disponible en: [http://www.britanialab.com/productos/404\\_hoja\\_tecnica\\_es.pdf](http://www.britanialab.com/productos/404_hoja_tecnica_es.pdf)

Calvo M. 2001. Bioquímica de los alimentos: Clorofila. (en línea). Consultado el 2 de septiembre de 2014. Disponible en: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/pigmentos/clorofila.html>

Chavarría, L.M. 2010. Chiles, Ficha N° 9/ UE (en línea). Pág. 3. Consultado 22 marzo 2013. Disponible en: <http://www.minec.gob.sv/cajadeherramientasue/images/stories/fichas/honduras/hn-chiles.pdf>.

Dalmaso J. 2001. Desirable Microbial Growth in Foods: Pickle Fermentation. Ohio University. Columbus, Estados Unidos. P.9.

DECAGON. 2001. Es el monitoreo de la actividad de agua parte de su estrategia de gestión del riesgo: AquaLab Medidores de la actividad del agua. P. 8.

Duran Quintana M.C., C. Romero Barranco, P. García García, M. Brenes Balbuena y A. Garrido Fernández. 1997. Bacterias del ácido láctico en la fermentación de aceitunas de mesa. *Grasas y Aceites* 48 (5): 297-311.

Erickson E. L., E. Fayet, B. K. Kakumanu y L. C. Davis. 2004. Lactic Acid Fermentation. *In: National Agricultural Biosecurity Center Consortium, USDA y Carcass Disposal Working Group (ed.) Carcass Disposal: A Comprehensive Review.* Kansas State University. Kansas, Estados Unidos. p 1-9.

FAO Statistics. 2014. 2012 Crop Production (en línea). Consultado 12 de mayo 2014. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#anchor>

Fernández González J., A. Garrido Fernández, P. García García, M. Brenes Balbuena y M.C. Durán Quintana. 1992. Características del proceso fermentativo durante la conservación de aceitunas de la variedad Hojiblanca, destinadas a la elaboración del tipo negras. Unidad de Biotecnología de Alimentos. Instituto de la Grasa y sus Derivados. Sevilla. *Grasas y Aceites*. Volumen 43: 212-218.

FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. 2011. Programa de Hortalizas: Informe Técnico 2010. p 154.

Fleming H.P., R. F. McFeeters, E.L. Thompson y D.C. Sanders. 1983. Storage Stability of vegetables fermented with pH control. *Journal of Food Science* 48: 975-981.

Fleming H. P., R. F. McFeeters y M. A. Daeschel. 2005. Fermented and Acidified Vegetables. *In: Carl Vanderzant y Don F. Splittstoesser (ed). Compendium of Methods for the Microbial Examination of Foods. Third Edition.* American Public Health Association. Washignton, Estados Unidos. P. 929- 959.

García-Martínez I., N. G. Miranda González, L. R. González González y Federico Nieto Pineda. 2006. Estudios preliminares de la Fermentación de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Simón Bolívar. Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. 5: 36-42.

González-Quijano K., L. Parada-Dorantes, L. Dorantes-Alvarez, H. Hernández-Sánchez y M. Eugenia Jaramillo-Flores. 2012. Handbook of Plant-Based Fermented Food and Beverage Technology, Second Edition. *In: Y. H. Hui y E. Özgül Evranuz. (ed). Mexican Jalapeño: Properties, Manufacture and Flavor.* CRC Press. Florida, Estados Unidos. P. 463-473.

HiMedia Laboratories. 2011. Technical Data: MRS Agar Modified (Lactobacilli Heteroferm Screen Agar). M1163. Mumbai, India. P. 2.

Joshi V.K. y S. Sharma. 2008. Lactic acid fermentation of Radish for shelf-stability and pickling. *Natural Product Radiance*, Vol. 8 (1): p. 19-24

Karovicová J. y Z. Kohajdová. 2003. Lactic acid fermented vegetable juices: Palatable and Wholesome Foods. Slovak Technical University. Bratislava, Slovak Republic. *Hort. SCI*. Vol. 30 (4): 153-154 p.

Mehta B. M., A. K. Eldin y R. Z. Iwanski. 2012. *Fermentation Effects on Food Properties*. Boca Ratón, Florida. CRC Press. Taylor and Francis Group, LLC. Ilustrada. 399 p.

Ming F. 2005. *Physicochemical Properties of Pepper Mash Fermented in Wood and Plastic*. Tesis M.Sc., Louisiana, Estados Unidos. Louisiana State University. 2-8 p.

Montaño A., A. de Castro y L. Rejano. 1992. Transformaciones bioquímicas durante la fermentación de productos vegetales. *Instituto de la Grasa y sus Derivados*. 43: 352-360

Muchocki C.N., J. K. Imungi y P. O. Lamuka. 2007. *African journal of Food Agriculture Nutrition and Development*. Changes in beta-carotene, ascorbic acid and sensory properties in fermented, solar-dried and stored cowpea leaf vegetables. Volumen 7(3): 4.

Müller V. 2001. *Bacterial Fermentation*. Ludwig-Maximilians-Universität München. Munich, Alemania. p 7.

Nielsen, T. H., H. C. Skjaerbaek. y P. Karlsen. 1991 Carbohydrate metabolism during fruit development in sweet pepper (*Capsicum annuum*) plants. *Physiologia planetarium* 82: 311-319.

Ranjan Swain M., M. Anandharaj, R. Chandra Ray y R. Parveen Rani. 2014 *Fermented Fruits and Vegetables of Asia: A Potential Source of Probiotics*. *Biotechnology Research International*. 2014: 1-19.

Parra R. A. 2010. *Bacterias Ácido Lácticas: Papel Funcional en los Alimentos*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Rhee S. J., J. E. Lee y C. H. Lee. 2011. Importance of lactic acid bacteria in Asian fermented foods. *Microbial Cell Factories*. Holanda. Vol. 10 (1): p. 13.

Romeo V. F., A. Piscopo y M. Poiana. 2010. Effect of acidification and salt concentration on two black brined olives from Sicily (cv moresca and giaraffa). Department of Biotechnologies for Agricultural Food and Environmental Monitoring. Reggio Calabria, Italia. *Grasas y Aceites* Volumen 61 (3): 251-260.

SAS. 2014. SAS/STAT® 9.22 User's Guide (en línea). Consultado 28 agosto 2014. Disponible en:

[http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/HTML/default/viewer.htm#statug\\_glm\\_sect008.htm](http://support.sas.com/documentation/cdl/en/statug/63347/HTML/default/viewer.htm#statug_glm_sect008.htm)

Sierra, O. 2011. Honduras en el Corazón de Centroamérica, Oportunidades de Inversión Sector Agronegocios. p 10.

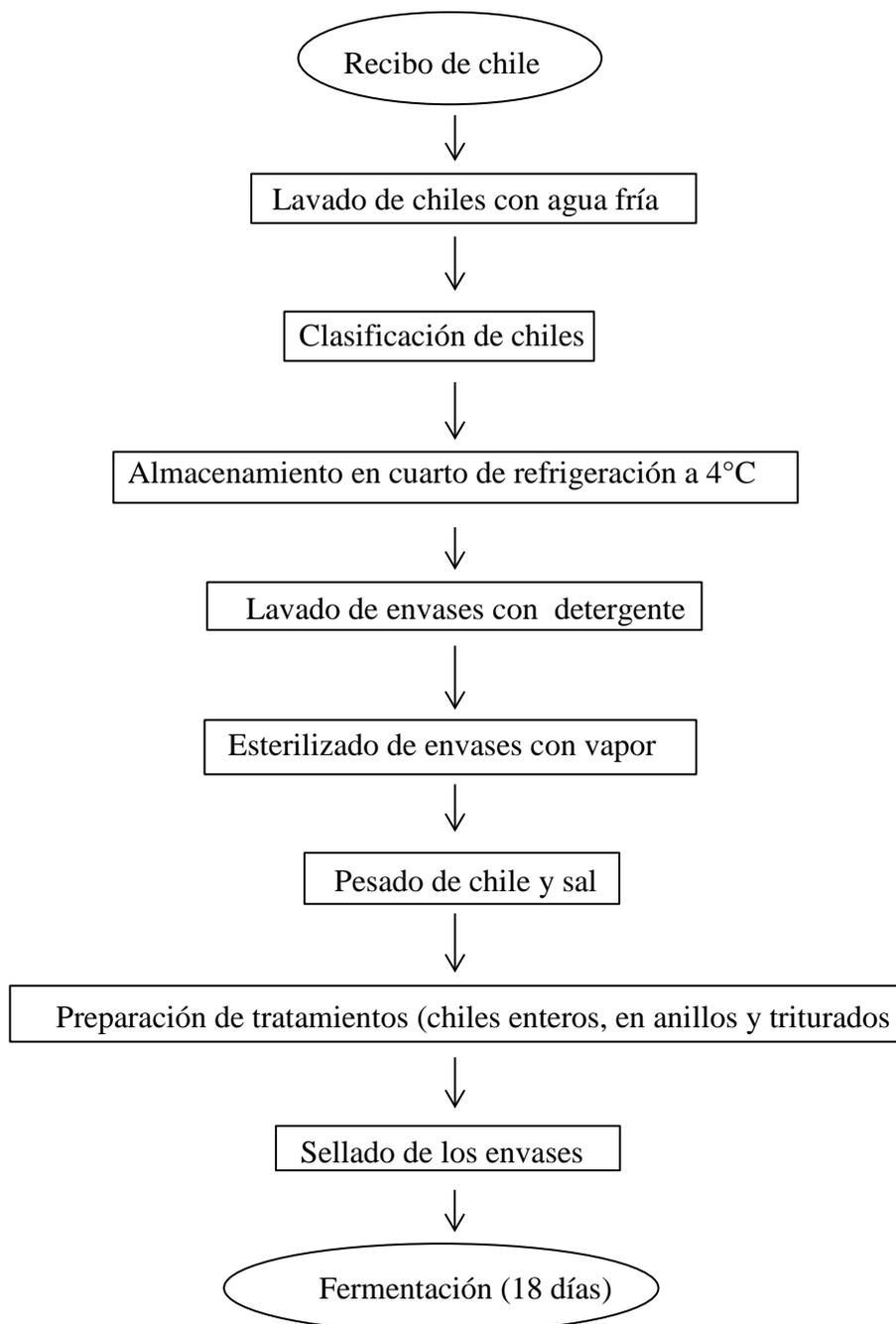
Sortwell. R.D. 2004. La Selección de los Acidulantes. Bartek Ingredients Inc. Ontario, Canadá. p 11.

Staller M. A. 2012. Caracterización Morfológica, Agronómica y de Calidad del Pimiento y Pimentón de la Variedad Tap de Cortí. Tesis Ing. España, Universitat de les Illes Balears. 58 p.

USAID-RED (United States Agency International Development-Programa de Diversificación Económica Rural). 2006. Boletín Técnico de Poscosecha: Manejo Poscosecha de Chile Jalapeño.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Flujo de proceso para fermentación de chile jalapeño.



Anexo 2. Valor A (color) de acuerdo a su presentación y concentración de sal.

Presentación <sup>1</sup>	Sal (%)	Fermentación (día)		
		1	9	18
<b>Entero</b>	7.5	-2.16 ± 2.2 a <sup>2</sup> (x) <sup>3</sup>	-1.77 ± 1.3 bcd(x)	4.37 ± 1.3 a(y)
	10.0	-2.16 ± 2.2 a(x)	-4.27 ± 2.8 cd(x)	4.64 ± 1.1 a(y)
	12.5	-2.16 ± 2.2 a(x)	-0.52 ± 3.6 b(x)	3.83 ± 2.3 a(y)
<b>Molido</b>	7.5	-3.96 ± 2.3 ab(x)	-0.27 ± 1.9 b(y)	4.71 ± 1.2 a(z)
	10.0	-3.96 ± 2.3 ab(x)	-4.70 ± 3.0 d(x)	3.88 ± 1.3 a(y)
	12.5	-3.96 ± 2.3 ab(x)	-4.18 ± 3.2 cd(x)	3.84 ± 0.9 a(y)
<b>Rodaja</b>	7.5	-5.95 ± 3.4 b(x)	2.93 ± 3.0 a(y)	5.44 ± 2.3 a(y)
	10.0	-5.95 ± 3.4 b(x)	-2.02 ± 2.6 bcd(y)	3.11 ± 1.9 ab(y)
	12.5	-5.95 ± 3.4 b(x)	-1.52 ± 1.9 bc(y)	0.38 ± 0.6 b(y)
<b>CV%<sup>4</sup></b>		2.15	3.70	1.67

<sup>1</sup>Presentación de Chile (entero, molido, rodajas). <sup>2</sup>Letras distintas en cada columna (a, b, c) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>3</sup>Letras distintas en cada fila (x, y, z) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>4</sup>Coefficiente de variación.

Anexo 3. Valor B (color) de acuerdo a su presentación y concentración de sal.

Presentación <sup>1</sup>	Sal (%)	día		
		1	9	18
<b>Entero</b>	7.5	0.97 ± 2.5 a <sup>2</sup> (x) <sup>3</sup>	7.66 ± 7.0 b(y)	5.78 ± 0.5 b(x,y)
	10.0	0.97 ± 2.5 a(x)	7.94 ± 0.6 b(y)	7.51 ± 3.7 ab(y)
	12.5	0.97 ± 2.5 a(x)	9.10 ± 6.1 b(y)	5.47 ± 1.4 b(x,y)
<b>Molido</b>	7.5	3.67 ± 3.1 a(x)	22.5 ± 3.7 a(y)	9.53 ± 2.8 ab(z)
	10.0	3.67 ± 3.1 a(x)	19.0 ± 10 a(y)	12.2 ± 2.8 a(z)
	12.5	3.67 ± 3.1 a(x)	20.8 ± 11 a(y)	7.66 ± 1.3 ab(x,z)
<b>Rodaja</b>	7.5	5.41 ± 3.5 a(x)	9.45 ± 7.0 b(x)	9.75 ± 5.0 ab(x)
	10.0	5.41 ± 3.5 a(x)	9.93 ± 8.7 b(x)	8.63 ± 2.1 ab(x)
	12.5	5.41 ± 3.5 a(x)	11.7 ± 6.5 b(y)	9.28 ± 1.5 ab(x,y)
<b>CV%<sup>4</sup></b>		2.34	5.63	2.93

<sup>1</sup>Presentación de Chile (entero, molido, rodajas). <sup>2</sup>Letras distintas en cada columna (a, b, c) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>3</sup>Letras distintas en cada fila (x, y, z) indican diferencias significativas (P<0.05). <sup>4</sup>Coefficiente de variación.

Anexo 4. Proc GLM del análisis estadístico de la variable sólidos solubles totales.

**The GLM Procedure**

**Dependent Variable:  
BRIX**

	<b>R- Square</b>	<b>CoeffVar</b>	<b>Root MSE</b>	<b>Brix Mean</b>	
	0.78285	13.59717	1.958245	14.40185	
<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>Type III SS</b>	<b>Mean Square</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>PCH</b>	2	144.84	72.42	18.88	<.0001
<b>CONCSAL</b>	2	230.30	115.15	30.03	<.0001
<b>DIA</b>	2	222.57	111.28	29.02	<.0001
<b>PCH*CONCSAL</b>	4	19.36	4.84	1.26	0.2963
<b>PCH*DIA</b>	4	68.18	17.05	4.45	0.0035
<b>CONCSAL*DIA</b>	4	28.11	7.03	1.83	0.1359
<b>PCH*CONCSAL*DIA</b>	8	33.18	4.15	1.08	0.39

Anexo 5. Proc GLM del análisis estadístico de la variable pH.

**The GLM Procedure**

**Dependent Variable: PH**

	<b>R- Square</b>	<b>CoeffVar</b>	<b>Root MSE</b>	<b>PH Mean</b>	
	0.73	9.46	0.47	4.98	
<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>Type III SS</b>	<b>Mean Square</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr &gt; F</b>
<b>PCH</b>	2	2.22	1.11	5.01	0.0101
<b>CONCSAL</b>	2	1.89	0.95	4.27	0.0189
<b>DIA</b>	2	23.09	11.55	52.09	<.0001
<b>PCH*CONCSAL</b>	2	0.65	0.16	0.74	0.5698
<b>PCH*DIA</b>	2	3.24	0.81	3.65	0.0105
<b>CONCSAL*DIA</b>	2	1.07	0.27	1.21	0.3179
<b>PCH*CONCSAL*DIA</b>	2	0.37	0.05	0.21	0.9885

Anexo 6. Proc GLM del análisis estadístico de la variable croma.

<b>The GLM Procedure</b>						
<b>Dependent Variable:</b>						
<b>CROMA</b>						
		<b>R-Square</b>	<b>CoeffVar</b>	<b>Root MSE</b>	<b>CROMA Mean</b>	
		0.46	56.32	5.55	9.85	
<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>Type III SS</b>	<b>Mean Square</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr &gt; F</b>	
<b>PCH</b>	2	1253.26	626.63	20.37	<.0001	
<b>CONCSAL</b>	2	8.58	4.29	0.14	0.8699	
<b>DIA</b>	2	2922.34	1461.17	47.51	<.0001	
<b>PCH*CONCSAL</b>	2	48.05	12.01	0.39	0.8153	
<b>PCH*DIA</b>	2	1364.73	341.18	11.09	<0.0001	
<b>CONCSAL*DIA</b>	2	107.93	26.98	0.88	0.4783	
<b>PCH*CONCSAL*DIA</b>	2	79.30	9.91	0.32	0.9570	

Anexo7. Proc GLM del análisis estadístico de la variable matiz.

<b>The GLM Procedure</b>						
<b>Dependent Variable:</b>						
<b>HUE</b>						
		<b>R-Square</b>	<b>CoeffVar</b>	<b>Root MSE</b>	<b>HUE Mean</b>	
		0.59	31.49	34.48	109.50	
<b>Source</b>	<b>DF</b>	<b>Type I SS</b>	<b>Mean Square</b>	<b>F Value</b>	<b>Pr &gt; F</b>	
<b>PCH</b>	2	17934.81	8967.40	7.54	0.0007	
<b>CONCSAL</b>	2	3442.71	1721.35	1.45	0.2373	
<b>DIA</b>	2	312394.94	156197.47	131.40	<.0001	
<b>PCH*CONCSAL</b>	2	3756.67	939.17	0.79	0.5328	
<b>PCH*DIA</b>	2	11731.52	2932.88	2.47	0.0459	
<b>CONCSAL*DIA</b>	2	2642.88	660.72	0.56	0.6950	
<b>PCH*CONCSAL*DIA</b>	2	10442.46	1305.31	1.10	0.3656	