

EVALUACIÓN DE FLUJO DE PROCESO HACCP EN LA INDUSTRIA ATUNERA

EVALUATION OF THE HACCP PROCESS FLOW IN THE TUNA INDUSTRY

Kleber Germiniano Marcillo Parrales ^{1*}

¹ Ingeniero Eléctrico, Magister, Docente, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3372-0720>. Correo: kleber.marcillo@unesum.edu.ec

Edwin Antonio Mero Lino ²

² Ingeniero en Computación y Redes, Master en Educación Informática, Docente de la Facultad de Ciencias Técnica, Carrera de Tecnologías de la Información. Jipijapa, Manabí, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4456-1734>. Correo: edwin.mero@unesum.edu.ec

María Mercedes Ortiz Hernández ³

³ Ingeniera en Sistemas, Master en Informática Empresarial, Docente de la Facultad de Ciencias Técnica, Carrera de Tecnologías de la Información. Jipijapa, Manabí, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2757-9345>. Correo: maria.ortiz@unesum.edu.ec

Lenin Jonathan Pin García ⁴

⁴ Magister en Docencia Universitaria e Investigación Educativa, Magister en Sistema de Información Gerencial y Gestión Estratégica de Tecnologías de la Información, docente de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Manabí, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8272-3816>. Correo: jonatan.pin@unesum.edu.ec

* Autor para correspondencia: maria.ortiz@unesum.edu.ec

Resumen

El HACCP es un sistema preventivo para el control de los peligros (microbianos, químicos y físicos) que afectan la inocuidad de los alimentos. En el ámbito internacional este sistema es reconocido como el más eficaz para controlar la aparición de Enfermedades Transmitidas por Alimentos. La evaluación de Flujo de Proceso HACCP en las Industrias Alimenticias permite identificar las condiciones de inocuidad relacionadas

con las actividades y aplicar medidas que garanticen un control eficiente, por medio de la identificación de puntos o etapas donde se puede controlar el peligro. Los peligros aquí considerados pueden ser de orígenes físicos, químicos o biológicos. Se realizó un análisis de datos a determinadas empresas, a través de modelos matemáticos para predecir resultados futuros; con el objetivo de precisar la toma de decisiones gerenciales y fortalecer el flujo de proceso HACCP en los diferentes departamentos de las empresas.

Palabras clave: Industrias; HACCP; predictivos; procesos.

Abstract

HACCP is a preventive system for the control of hazards (microbial, chemical and physical) that affect food safety (1). Internationally, this system is recognized as the most effective for controlling the appearance of Foodborne Diseases. The evaluation of the HACCP Process Flow in the Food Industries allows identifying the safety conditions related to the activities and applying measures that guarantee an efficient control, through the identification of points or stages where the danger can be controlled. The hazards considered here may be of physical, chemical or biological origin. A data analysis was carried out on certain companies, through mathematical models to predict future results; with the objective of specifying managerial decision-making and strengthening the HACCP process flow in the different departments of the companies.

Keywords: Control System; technology; security; access; identification.

Fecha de recibido: 28/07/2022

Fecha de aceptado: 20/09/2022

Fecha de publicado: 21/09/2022

Introducción

La creciente tendencia hacia la globalización del comercio mundial ha estimulado un interés destacable en el desarrollo de sistemas de calidad convincentes y más eficientes. Esta tendencia ha sido particularmente importante para los productos alimenticios, generando para ello varios acuerdos internacionales y adoptando los principios del Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (HACCP) como su base reguladora.

En sí mismo, el HACCP no es más que un sistema de control que aplica, de forma directa, la lógica a la prevención de problemas. El sistema es aplicable a todos los eslabones de la cadena alimentaria: la producción, la distribución, el transporte, la comercialización, entre otros, y ha sido recomendado por diversas organizaciones mundiales, como: la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), debido a su en materia de calidad sanitaria de los alimentos.

El concepto HACCP no sólo es aplicable a la inocuidad de los alimentos, puede aplicarse a otros aspectos de la calidad de los alimentos (NC 136:2002) y se reconoce internacionalmente como el mejor método para garantizar la seguridad de un producto y para controlar los riesgos originados por los alimentos.

La aplicación del sistema está progresando rápidamente, especialmente en la pequeña y gran industria de los alimentos (Motarjemi y Kaferstein, 1999). Durante la Conferencia Internacional sobre nutrición de 1992 y la Cumbre Mundial sobre la Alimentación de 1996 los gobiernos reconocieron la importancia de la calidad e inocuidad de los alimentos como parte integrante de la seguridad alimentaria.

HACCP son las iniciales en inglés de las palabras Hazard, Analysis, Critical, Control y Points. Esta palabra ha alcanzado gran popularidad en los últimos años y ha sido traducido al español de diversas formas. La más popular es ARICPC (Análisis de El Sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (HACCP) Riesgos, Identificación y Control de Puntos Críticos) pero con ellas aparecen con frecuencia otras dos, a saber: ARCPC (Análisis de riesgos y Control de puntos Críticos) y APPCC (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control). Ello ha originado una gran confusión terminológica que ha determinado el empleo de la sigla inglesa con mayor frecuencia. En la presente investigación se asume siempre la sigla HACCP para denominar simbólicamente al Sistema de Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control (Villalobos Sánchez, Gómez Rodríguez, & Delgado Álvarez, 2015).

De acuerdo con la Cámara Nacional de Pesquería (CNP, 2013) en el Ecuador el atún es uno de los tres productos de mayor importancia en las exportaciones a la Unión Europea, en este sentido, se indica que la industrialización de la producción se refleja en la composición de las preparaciones y conservas (atún en lata, atún en vidrio, atún en pouch y otros preparados de atún) representando alrededor del 98% del valor total de exportaciones atuneras, mientras que el atún fresco y congelado el 2% respectivamente. La industria atunera se concentra geográficamente en 3 zonas, Guayaquil, Manta y Posorja, particularmente las dos últimas, tienen una marcada dependencia de sus economías a la actividad pesquera, Las estimaciones de empleo para la industria indican que el empleo directo generado en actividades de procesamiento oscila las 20 mil personas, otros 4.000 puestos directos en las tripulaciones de la flota atunera ecuatoriana y personal de abastecimiento para la flota en tierra (Sabando Vera & Zambrano Romero, 2018).

La microbiología predictiva combina el conocimiento del crecimiento microbiano sobre una serie de condiciones, con la aplicación de la modulación matemática, para permitir predicciones del crecimiento. El análisis microbiológico convencional de los alimentos presenta varias limitaciones, como son el tiempo requerido para la revitalización, el enriquecimiento y para la incubación de las muestras. Tomando en consideración la necesidad de estudiar metodologías rápidas para monitorizar el crecimiento bacteriano, y la necesidad de aplicar medidas para prevenir toxiinfecciones alimentarias, el presente trabajo ha sido realizado con el objetivo general de aplicar el uso de la turbidimetría como técnica para la monitorización del crecimiento de microorganismos de interés para la seguridad alimentaria.

Con los datos turbidimétricos, se calcularon los parámetros cinéticos y se compararon las curvas de la densidad óptica durante 24 horas en caldo infusión de cerebro y corazón de cinco microorganismos de las especies *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium* y *Staphylococcus aureus*. Los

tiempos de latencia y de generación y la velocidad de crecimiento fueron calculados en el intervalo lineal de las curvas de la densidad óptica. Se elaboraron y compararon tres modelos matemáticos para el cálculo de cada uno de los tres parámetros cinéticos de las especies estudiadas.

El comportamiento cinético fue analizado según la patogenicidad y no patogenicidad de *Escherichia coli*. Se compararon estadísticamente los resultados obtenidos para el comportamiento cinético de los microorganismos Gram positivos respecto a los Gram negativos estudiados. Los microorganismos individualmente han tenido comportamientos diferentes en las 96 combinaciones de temperatura, pH y cloruro sódico. Pero, todos ellos presentaron reducción de la velocidad de crecimiento, y un aumento de los tiempos de latencia y de generación cuando se incrementaron la concentración de sal y la acidez del medio. La temperatura, el pH y el cloruro sódico pueden afectar de manera distinta a las respuestas de superficie de los modelos para predecir los parámetros cinéticos. Pero el pH fue el que más condicionó la cinética de los microorganismos estudiados (Eduardo Agatangelo, 2008).

La aplicación del Método de algoritmo genético (GA-VSS) para la selección de variables significativas del proceso de industrialización del atún, con el fin de construir un modelo predictivo de la calidad. Basado en el análisis cuasi-experimental de la producción, la función objetivo es el cumplimiento del peso escurrido de conservas en envase flexible. Tres niveles de calidad fueron establecidos para categorizar los casos de estudio, realizándose un pre-tratamiento y depuración de los datos. La selección derivó en cuatro variables significativas que se clasificaron mediante Algoritmo de árbol de decisiones CART para su aplicación en el proceso (Tripaldi Cappelletti & Contreras Parra, 2016).

El Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos (HACCP) es un sistema para identificar, evaluar y controlar los peligros relacionados con producción, procesamiento, distribución y consumo a fin de obtener alimentos inocuos. El objetivo de esta investigación fue diseñar un plan HACCP para implementarlo en la línea de sardina (*Sardinella aurita*) entera congelada. La metodología se basó en la evaluación del cumplimiento de los programas pre-requisitos (POES/BPF en estudio previo), aplicación de los principios del HACCP y la secuencia de etapas establecidas por la norma venezolana COVENIN N° 3802. Se efectuaron registros de tiempo y temperatura en cada etapa del proceso. Se determinó histamina mediante VERATOX® NEOGEN.

Los resultados mostraron que algunos lotes de sardinas llegaron a la planta con altos registros de tiempo-temperatura, encontrándose hasta 5 ppm de histamina debido a abuso de temperatura durante el transporte. Se propone un plan HACCP con el alcance, selección del equipo, descripción del producto y su uso previsto, diagrama de flujo del proceso, análisis de peligros, identificación de PCC y límites críticos, sistema de vigilancia, acciones correctivas, verificación y registros. Los peligros potenciales hallados fueron el crecimiento de patógenos, presencia de histamina y objetos físicos en las sardinas. Las medidas de control de los PCC se refieren al control de tiempo-temperatura durante el transporte y procesamiento, vigilancia del suministro de hielo y de las condiciones de saneamiento en el proceso. (Rosas & Reyes, 2009)

Las industrias pesqueras son una base importante de la economía del país y constituyen un importante segmento de las exportaciones, puesto que el 99% de las exportaciones que realizan las industrias pesqueras

tienen como destino países europeos, norteamericanos y sudamericanos. Es evidente el gasto indiscriminado de agua que durante la etapa de lavado de parrillas con pescado clasificado y congelado se genera en las plantas pesqueras, asimismo es posible fomentar una cultura de ahorro de energía eléctrica. Otro suceso importante que se da en esta área de proceso es la mala distribución y demanda innecesaria del recurso humano. Es por esta razón que este artículo tiene como objetivo analizar procesos productivos de las plantas atuneras y sus respectivos puntos de mejora para disminuir el consumo de recursos, considerando los principios del sistema HACCP.

La mejora permanente y renovadora de la calidad de los procesos productivos de las industrias pesqueras debe ser un principio que forme parte de la política de calidad, manejo ambiental y seguridad de los trabajadores. Sin embargo, la optimización de los procesos implica cambios en los procesos productivos, los cuales deben ser valorados en el sistema HACCP implantado en gran parte de las industrias pesqueras (López Anchundia, Santana Pachay, & Reyes Solórzano, 2017).

Materiales y métodos

En la presente investigación se empleó métodos teóricos y empíricos de la investigación científica, incluyendo técnicas, metodologías y herramientas para realizar análisis de evaluación de procesos. Se empleó el método de análisis y síntesis para la revisión de literatura e información especializada. El método inductivo – deductivo se empleó para realizar el estudio sobre la Evaluación de Flujo de Proceso HACCP en la Industria Alimenticia, a través del análisis y revisión de información bibliográfica.

Principios del sistema HACCP.

Entre los principios a cumplir en la implementación de un Sistema HACCP se encuentran:

- **Principio 1:** Realizar un análisis de Peligros.
- **Principio 2:** Determinar los Puntos Críticos de Control (PCC).
- **Principio 3:** Establecer un Límite o Límites Críticos.
- **Principio 4:** Establecer un sistema de vigilancia del control de los PCC.
- **Principio 5:** Establecer las medidas correctivas que han de adoptarse cuando la vigilancia indica que un determinado PCC no es controlado.
- **Principio 6:** Establecer procedimientos de comprobación para confirmar que el Sistema de HACCP funciona eficazmente. Centímetros y su ejecución permitió mejorar el nivel de seguridad.
- **Principio 7:** Establecer un sistema de documentación sobre todos los procedimientos y los registros apropiados para estos principios y su aplicación. (NC 136: 2002).

La finalidad del Sistema HACCP es lograr que el proceso se centre en los Puntos Críticos de Control. En el caso de que se identifique un peligro que debe controlarse pero no se encuentre ningún Puntos Críticos de Control, deberá considerarse la posibilidad de reformular de nuevo la operación mediante el análisis de su flujograma.

Se muestran a continuación dos definiciones necesarias para el manejo de estrategias de implementación del Sistema HACCP en procesos de manipulación y/o elaboración de alimentos.

- **Peligro:** Agente biológico, químico o físico presente en el alimento, o bien la condición en que este se halla, que puede causar un efecto adverso a la salud (NC 136:2002).
- **Análisis de Riesgo:** Consiste en la evaluación, gestión y comunicación de los riesgos. (Villalobos Sánchez, Gómez Rodríguez, & Delgado Álvarez, 2015).

Etapas anteriores a la implementación del sistema HACCP

1. Armar el Equipo HACCP

La primera tarea en la elaboración de un plan HACCP es montar el equipo, con personas que tengan experiencia y conocimientos específicos sobre el producto y el proceso. El equipo debe ser multidisciplinario e incluir a diferentes profesionales como: ingenieros, veterinarios, bioquímicos, licenciados, etc. Debe también contar con personas conocedoras de las operaciones, pues están familiarizadas con sus variabilidades y limitaciones. Además, participar del equipo aumenta el sentido de responsabilidad entre aquellos que implementaron dicho plan. El equipo HACCP puede necesitar del auxilio de especialistas externos, con conocimiento de los peligros biológicos, químicos y físicos asociados al producto y al proceso. Sin embargo, un plan elaborado apenas por participantes externos puede ser falible, incompleto y no contar con apoyo local.

2. Describir el Producto

El equipo HACCP debe hacer una descripción general del alimento, de los ingredientes y métodos de procesamiento. La descripción del producto debe ser por escrito, y debe incluir informaciones relevantes para la inocuidad, como componentes, estructura y características físicas y químicas del producto final (incluyendo Aw, pH, etc.), tipo de embalaje (incluyendo hermetismo), validez, condiciones de almacenaje, y métodos de distribución (congelado, refrigerado o a temperatura ambiente).

3. Describir el Uso Propuesto los Probables Consumidores del Alimento

Describir el uso normal propuesto o el grupo específico de consumidores del alimento. Los probables consumidores pueden ser el público en general o un segmento específico de la población, como bebés, ancianos, pacientes inmunodeprimidos, etc. Es importante caracterizar si el uso/consumo final incluye tratamientos importantes para la inocuidad del producto, como Selección, Lavado, Desinfección y Cocción.

4. Elaborar un Flujograma (Diagrama De Flujo) del Proceso

El flujograma debe incluir todas las etapas del proceso bajo control directo del establecimiento. Además, puede incluir las etapas de la cadena productiva que ocurren antes y después del proceso en el establecimiento. Un flujograma no necesita ser complejo, el de bloques es suficiente para describir el proceso, así como una ilustración esquemática de las instalaciones ayuda a comprender y evaluar el flujo del producto y del proceso. Es importante observar que el diagrama de flujo para el HACCP no es necesariamente idéntico al flujograma de Control Operacional de las BPM.

5. Verificar el Flujograma

El equipo HACCP debe hacer una revisión en el lugar de la operación para verificar la exactitud del flujograma, incluyendo la observación de desempeño de todos los turnos de trabajo involucrados en la producción y las posibles diferencias en la conducción del proceso. Para evaluar estas diferencias, el verificador deberá estar presente antes del comienzo del procesamiento, para evaluar las condiciones de inocuidad relacionadas con el inicio de las actividades (por ejemplo, la retirada por tiempo relativamente prolongado de ingredientes conservados congelados para ser incorporados al producto). (Organización Panamericana de la Salud., 2015)

Resultados y discusión

Se muestran los resultados alcanzados del análisis de datos mediante modelos predictivo en determinados productos alimenticios.

Modelo Desarrollado

Base de dato para la predicción de Escherichia Coli

Se han tomado datos de Ph, Na Cl, (μ), LT (h), GT (h), con diferentes valores de temperatura para el análisis de la data de crecimiento del escherichia coli.

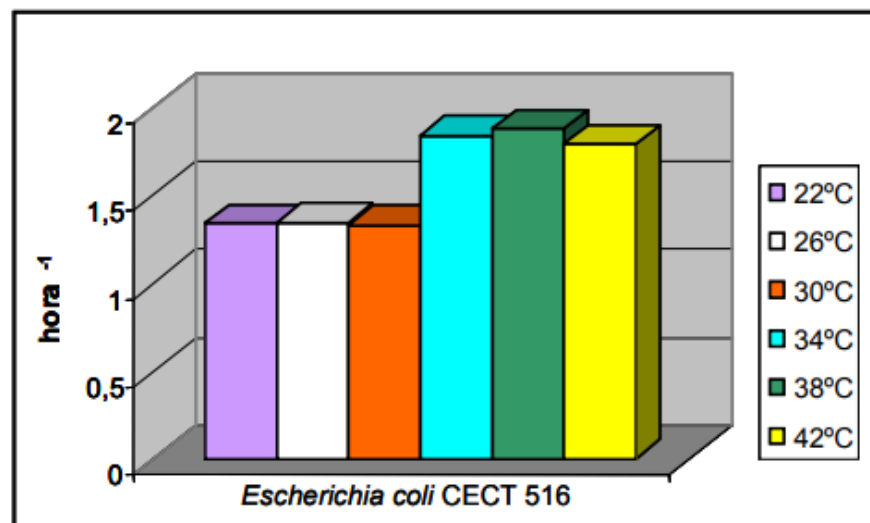


Figura 1. Velocidades de crecimiento máximo.

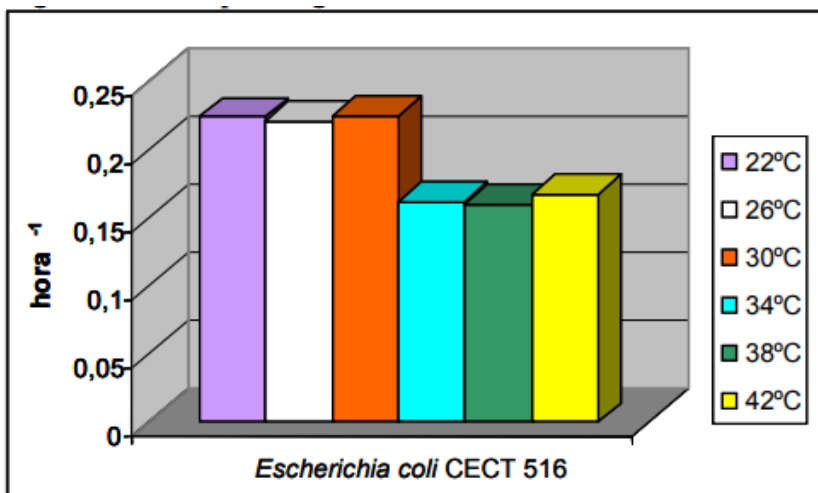


Figura 2. Tiempos de generación mínimos.

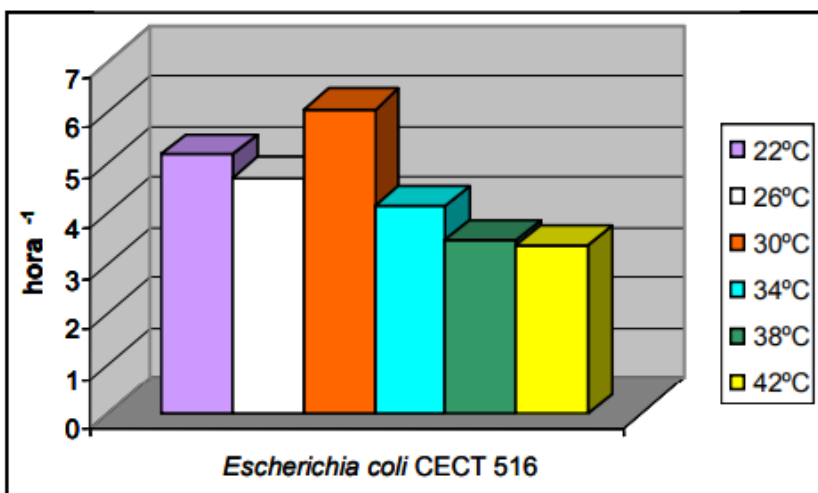


Figura 3. Tiempos de latencia mínimos.

Tabla 1. Parámetros cinéticos de *E. coli* CECT 516 a 22°C.

Temp.(°C)	pH	NaCl (%)	μ (h ⁻¹)	LT (h)	GT (h)
22	4,5	2,5	0,600	7,091	0,502
		3,5	0,422	11,905	0,714
		4,5	NC*	NC	NC
		5,5	NC	NC	NC
	5,5	2,5	1,045	5,499	0,288
		3,5	0,776	7,009	0,388
		4,5	0,733	7,874	0,411
		5,5	0,613	10,305	0,491
	6,5	2,5	1,183	5,087	0,255
		3,5	0,986	6,358	0,305
		4,5	0,788	7,871	0,382
		5,5	0,680	9,321	0,443
7,4	2,5	1,342	5,149	0,224	
	3,5	1,126	6,779	0,267	
	4,5	0,781	8,430	0,385	
	5,5	0,692	9,702	0,435	

*NC = No calculado

Tabla 2. Parámetros cinéticos de *E. coli* CECT 516 a 38°C.

Temp.(°C)	pH	NaCl (%)	μ (h ⁻¹)	LT (h)	GT (h)
38	4,5	2,5	0,270	10,748	1,115
		3,5	NC*	NC	NC
		4,5	NC	NC	NC
		5,5	NC	NC	NC
	5,5	2,5	1,146	4,300	0,263
		3,5	1,152	5,974	0,261
		4,5	0,639	7,950	0,471
		5,5	0,482	10,484	0,625
	6,5	2,5	1,661	3,402	0,181
		3,5	1,600	4,307	0,188
		4,5	1,176	5,602	0,256
		5,5	0,870	6,707	0,346
	7,4	2,5	1,884	3,448	0,160
		3,5	1,866	4,268	0,161
		4,5	1,557	5,361	0,193
		5,5	1,164	6,169	0,259

*NC = No calculado

Tabla 3. Parámetros cinéticos de *E. coli* CECT 516 a 42°C.

Temp.(°C)	pH	NaCl (%)	μ (h ⁻¹)	LT (h)	GT (h)
42	4,5	2,5	NC*	NC	NC
		3,5	NC	NC	NC
		4,5	NC	NC	NC
		5,5	NC	NC	NC
	5,5	2,5	1,110	4,521	0,271
		3,5	0,854	7,032	0,352
		4,5	0,433	9,538	0,695
		5,5	0,390	11,634	0,772
	6,5	2,5	1,796	3,338	0,168
		3,5	1,203	4,606	0,250
		4,5	1,006	5,828	0,299
		5,5	0,538	8,125	0,560
	7,4	2,5	1,543	3,723	0,195
		3,5	1,186	4,938	0,254
		4,5	0,626	6,475	0,481
		5,5	0,689	8,571	0,437

*NC = No calculado

Modelado de la velocidad de crecimiento (μ) de escherichia coli

Tabla 4. Modelos para cálculo de la μ de *E. coli* CECT 516 (P<0,0001).

Fórmula	μ	$\sqrt{\mu}$	$\ln\mu$
Intercept	-0,052	0,415	-0,868
Temp	0,009*	0,004*	0,007*
pH	0,269	0,150	0,251
% NaCl	-0,221	-0,117	-0,238
pH x Temp	0,015	0,009*	0,010*
Temp x % NaCl	-0,006*	-0,004*	-
% NaCl x pH	-	-	-
Temp ²	-	-	-
pH ²	-0,122	-0,077	-0,162
% NaCl ²	-	-	-
R ²	0,82	0,86	0,88
RMSE	0,18	0,08	0,14

* = P<0,05

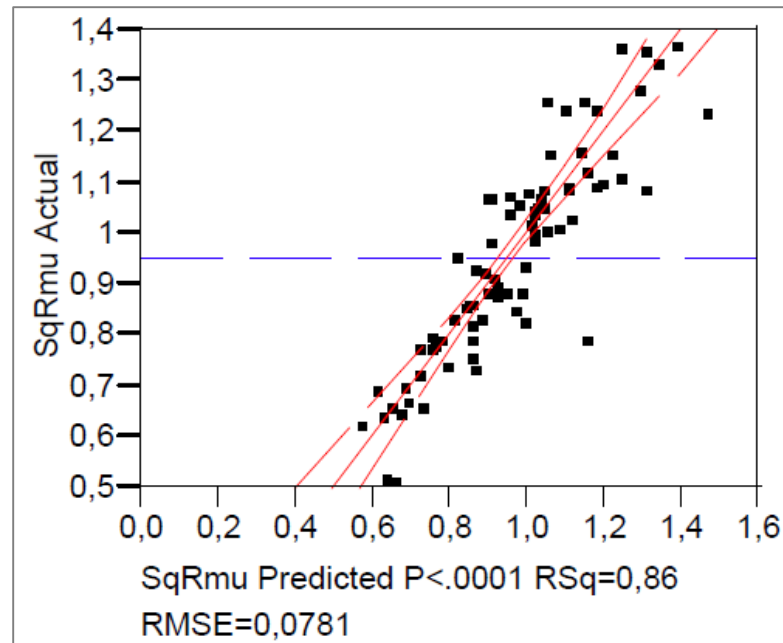


Figura 4. Modelo completo de la $\sqrt{\mu}$ de *E. coli* CECT 516.

En la validación del modelo la Fig. 6 presenta una buena linealidad del modelo completo de la (μ) con los valores actuales y los valores predichos. Han sido obtenidos R^2 de 0,86 y una RMSE de aproximadamente de 0,08, (Eduardo Agatangelo, 2008).

Conclusiones

La aplicación de herramientas predictivas permitió obtener resultados importantes y establecer medidas de control sanitario, para evitar los peligros potenciales en los procesos HACCP y mejorar la calidad e inocuidad de los alimentos como parte integrante de la seguridad alimentaria.

Referencias

- Eduardo Agatangelo, J. D. (2008). Estudio del Comportamiento cinético de microorganismos de interés en seguridad alimentaria con modelos matemáticos. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- G., F. J. (s.f.). Avances en el Desarrollo y Aplicación de Herramientas en Microbiología Predictiva, La Experiencia de la Universidad de La Sabana. La Sabana: Reciteia.
- Garcés, F. J., & Klotz, B. (2011). Avances en el Desarrollo y Aplicación de Herramientas en Microbiología Predictiva, La Experiencia de la Universidad de La Sabana. Bogota: Reciteia.
- Lopez Anchundia, E., Santana Pachay, G., & Reyes Solorzano, J. (2017). Optimización de la productividad en industrias pesquera. Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun, 25-31.

- Organización Panamericana de la Salud. (2015). Etapas-implementacion-sistema HACCP. Organización Panamericana de la Salud.
- Rosas, P., & Reyes, G. (2009). Diseño de un plan HACCP en el procesamiento industrial de sardinas congeladas. Boca del Río: Universidad de Oriente.
- Sabando Vera, G. V., & Zambrano Romero, G. A. (2018). Evaluación de las variables del comportamiento organizacional a nivel grupal en la empresa FishCorp. Calceta: ESPAM MFL.
- Tripaldi Cappelletti, P., & Contreras Parra, N. J. (2016). Método de algoritmo genético (GA-VSS) aplicado en la selección de variables significativas del proceso de industrialización para un modelo predictivo de la calidad del atún en conserva. Cuenca: Universidad del Azuay.
- Villalobos Sánchez, D., Gómez Rodríguez, V., & Delgado Álvarez, N. (2015). El Sistema HACCP Barreras y acciones para su implementación desde una perspectiva CTS.