

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(CREADA POR LEY N° 25265)



FACULTAD DE CIENCIA DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE ZOOTECNIA

TESIS

**“EFECTO DEL MÉTODO DE SACRIFICIO EN TRUCHAS
(*Oncorhynchus mikyss*) SOBRE EL TIEMPO DE
DURACIÓN DEL PRE RIGOR Y RIGOR MORTIS”**

LINEA DE INVESTIGACIÓN

PRODUCCIÓN DE TRUCHAS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ZOOTECNISTA

PRESENTADO POR EL:

Bach. RAMOS QUISPE, Sabiniano
Bach. RAMOS QUISPE, Alejandro

HUANCAVELICA - PERÚ

2014



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**



84

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 19 días del mes de agosto del año 2014, a horas 9:00 a.m, se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los siguientes: **Dr. Nicasio VALENCIA MAMANI (PRESIDENTE)**, **Mg. Blas REYMUNCO CÓNDOR (SECRETARIO)**, **Ing. Marino ARTICA FELIX (VOCAL)**, designados con la Resolución N° 194-2011-FCI-UNH, de fecha 08 de junio del 2011, ratificados con la Resolución de Decano N°082-2014-FCI-UNH de fecha 15 de agosto del 2014 y modificado el título del proyecto de investigación (Tesis) con la Resolución de Consejo de Facultad N° 218-2014-FCI-UNH de fecha 18 de junio del 2014, a fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "EFECTO DEL MÉTODO DE SACRIFICIO EN TRUCHAS (*Oncorhynchus mikyss*) SOBRE EL TIEMPO DE DURACIÓN DEL PRE RIGOR Y RIGOR MORTIS", presentado por los Bachilleres **Alejandro Ramos Quispe y Sabiniano Ramos Quispe**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Zootecnista**; en presencia del **Mg. Melanio JURADO ESCOBAR**, Asesor del presente trabajo de tesis. Finalizado la evaluación a horas ~~10:15 AM~~ se invitó al público presente y a los sustentantes abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los Jurados, se llegó al siguiente resultado:

ALEJANDRO RAMOS QUISPE

APROBADO POR.....*mayoria*.....

DESAPROBADO

SABINIANO RAMOS QUISPE

APROBADO POR.....*mayoria*.....

DESAPROBADO

En conformidad a lo actuado firmamos a continuación:

Presidente

Secretario

Vocal

Vº Bº Decano

DEDICATORIA

A nuestra madre Juana Quispe Paucar por darnos todo su apoyo y confianza no solo en esta etapa de nuestras vidas, sino en todas las que hemos pasado. Este triunfo no es de nosotros sino también de usted. Te dedicamos con nuestro corazón el esfuerzo realizado en este trabajo para cumplir una meta más en mi vida. Gracias, sin su apoyo esto hubiera sido muy difícil.

A nuestros hermanos Madame, Wilder, Rita y Elizabeth por estar siempre con nosotros, por brindarnos su amistad incondicionalmente y por confiar siempre en nosotros. Nos sentimos muy orgullosos de ustedes, no se a quien agradecer el tenerlos como hermanos. A quien agradezco?, a dios?, a mis padres?, a la casualidad?. Con toda nuestra admiración y respeto, esto fue por ustedes.....

A nuestra tía Eugenia Quispe Paucar a quien queremos como a una madre, por compartir momentos significativos con nosotros y por siempre estar dispuesta a escucharnos y ayudarnos en cualquier momento. Gracias tía.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por protegernos durante todo nuestro camino y darnos fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de nuestras vidas.

Al Mg. Melanio Jurado Escobar, Asesor de esta tesis. Muchas gracias por su ayuda, consejos, el esfuerzo y el tiempo que nos ha dedicado. Especialmente, nos gustaría resaltar el apoyo brindado para la finalización de la Tesis.

Al Sr. Honorato Huaman Garcia, responsable de Piscigranja de la Municipalidad Distrital de Acoria por facilitarnos las instalaciones y todo lo necesario para la realización de nuestra tesis.

En este tiempo han sido muchas las personas a las que he tenido a mi lado animándome, ayudándome y ofreciéndome su tiempo, apoyo, cariño, confianza y paciencia. A todos, MUCHAS GRACIAS.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I: PROBLEMA.....	18
1.1 Planteamiento del problema	18
1.2 Formulación del problema	19
1.3 Objetivo: general y específicos	19
Objetivo general	19
Objetivo específico	19
1.4 Justificación.....	20
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1 Antecedentes	22
2.2 Bases teóricas.....	24
Métodos de sacrificio	24
Bioquímica y pérdida de calidad de los peces.	30
Obtención de energía en el músculo tras sacrificio:	31
Rigor mortis:	33
Autólisis y catabolismo de nucleótidos:	37
2.3 Hipótesis	39
Hipótesis nula:	39
Hipótesis alterna:	39
2.4 Variables de estudio.	39
2.4.1 Variable independiente	39
2.4.2 Variable dependiente	39
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
3.1 Ámbito de estudio	41
3.2 Tipo de investigación	41
3.3 Nivel de investigación	41
3.4 Método de investigación	41
3.5 Diseño de investigación	42
3.6 Población, muestra	42
Población	42

Muestra-	42
3.7 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	42
3.8 Procedimiento de recolección de datos	43
Procedimientos.....	43
Experimento I.....	43
Experimento II	44
Experimento III	44
Experimento IV.....	45
Mediciones	45
3.9 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	46
CAPITULO IV: RESULTADOS	48
4.1 Resultados	49
Observación conductista	49
Duración del pre rigor	50
Duración de la resolución del rigor.....	53
Duración del tiempo total del rigor mortis.....	54
Índice de rigor.....	56
4.2 Discusión.....	58
CONCLUSIONES.....	60
RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	62
ANEXO.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01. Tiempo de sedación de truchas en los diferentes métodos de sacrificio. ...	71
Tabla N° 02. Peso de las unidades experimentales (truchas) en los diferentes métodos de sacrificio.....	72
Tabla N° 03. Registro de duración del pre-rigor en horas en los diferentes métodos de sacrificio en truchas.	73
Tabla N° 04. Registro de duración del rigor en horas en los diferentes métodos de sacrificio en truchas.	74
Tabla N° 05. Registro de duración del post-rigor en horas en los diferentes métodos de sacrificio en truchas.	75
Tabla N° 06. Registro de duración total del rigor mortis en horas en los diferentes métodos de sacrificio en truchas.....	76
Tabla N° 07. Registro de índice de rigor por el método de sacrificio de asfixia	77
Tabla N° 08. Registro de índice de rigor por el método de sacrificio de anestesia	78
Tabla N° 09. Registro de índice de rigor por el método de sacrificio shock térmico	79
Tabla N° 10. Registro de índice de rigor por el método de sacrificio shock eléctrico.....	80

ÍNDICE DE IMÁGENES

Foto 01. Piscigranja de la Municipalidad Distrital de Acoria.....	82
Foto 02. Preparación para el ayuno	82
Foto 03. Sacrificio de truchas por el método de anoxia	83
Foto 04. Sacrificio de truchas por el método de anestesia	83
Foto 05. Sacrificio de truchas por el método de shock térmico	84
Foto 06. Sacrificio de truchas por el método de shock eléctrico.....	84
Foto 07. Indicador que las trucha están inconcientes	85
Foto 08. Sangrado e identificación.....	85
Foto 09. Determinación del índice de rigor.....	86
Foto 10. Control de tiempo de rigor mortis	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Sistema de aturdimiento de peces o truchas con la generación de un campo eléctrico	27
Fig. 2. Disposición del miómero, miocomata y miótomo.....	30
Fig. 3. Degradación aeróbica y anaeróbica del glucógeno en el músculo de especies marinas.....	32
Fig. 4. Estados del rigor mortis de la trucha.....	34
Fig. 5. Sección de la célula muscular que muestra las diversas estructuras, inclusive las miofibrillas.....	35
Fig. 6. Medida del índice de rigidez	37
Fig. 7. Secuencia de degradación del ATP	38

ÍNDICE DE GRAFICO

Grafico N° 01. Duración del pre rigor en horas los diferentes métodos de sacrificio en truchas.	50
Grafico N° 02. Duración del rigor en horas los diferentes métodos de sacrificio en truchas.	52
Grafico N° 03. Duración de resolución del rigor en horas con los diferentes métodos de sacrificio en truchas.	53
Grafico N° 04. Duración del tiempo total en horas del rigor mortis en los diferentes métodos de sacrificio en truchas.....	55
Grafico N° 05. Efecto de los métodos de sacrificio en horas sobre los cambios en el índice de rigor en truchas.	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01. Análisis de varianza en horas del pre rigor en los diferentes métodos de sacrificio en truchas.....	51
Cuadro N° 02. Prueba de Tukey en horas del pre-rigor en los diferentes métodos de sacrificio en truchas.....	51
Cuadro N° 03. Análisis de varianza en horas del rigor con los diferentes métodos de sacrificio en truchas.....	52
Cuadro N° 04. Análisis de varianza en horas de la resolución del rigor con los diferentes métodos de sacrificio en truchas.	53
Cuadro N° 05. Prueba Tukey en horas de la resolución del rigor con los diferentes métodos de sacrificio en truchas.	54
Cuadro N° 06. Análisis de varianza para el tiempo total en horas del rigor mortis con los diferentes métodos de sacrificio en truchas.	55
Cuadro N° 07. Prueba Tukey para el tiempo total en horas del rigor mortis con los diferentes métodos de sacrificio en truchas.	56

LISTA DE ABREVIATURAS

ADP	: Adenosin difosfato
AMP	: Adenosin monofosfato
ATP	: Adenosin trifosfato
Hx	: Hipoxantina
IMP	: Inosin monofosfato
NNP	: Nitrogeno no proteico
pH	: Potencial de hidrogeniones
TMA	: Trimetilamina
ANAVA	: análisis de varianza
CPK	: Creatín fosfokinasa
FAD	: Flavin adenina dinucleotido
HK	: Hexakinasa
Ino	: Inosina
NAD ⁺	: Nicotinamida-adenina dinucleotido
PCr	: Fosfocreatina
PM	: Post mortem
MR	: Músculo rojo
MB	: Músculo blanco

RESUMEN

El trabajo de investigación se ha realizado en la Piscigranja de la Municipalidad Distrital de Acoria- Huancavelica que se encuentra ubicado a 3350 m.s.n.m. con el objetivo de determinar el efecto del método de sacrificio sobre el tiempo de duración del pre-rigor y rigor mortis en truchas (*Oncorhynchus mykiss*), para lo cual se emplearon 64 ejemplares que se seleccionaron en función al peso comercial; estos ayunaron por 2 días, para ser sacrificados, sangrados y eviscerados en la misma piscigranja. Para evaluar el efecto del método de sacrificio, se colocaron 16 ejemplares para cada método de sacrificio, las cuales fueron trasladados a un ambiente con temperatura ambiente de $15\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, donde se realizaron el control de tiempo pre-rigor mortis, rigor mortis de cada método. Los resultados del análisis estadístico del ANOVA muestra que, los métodos de sacrificio tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el tiempo medio de duración del pre rigor entre los métodos de sacrificio; anestésico (T2) 3.30 horas, shock térmico (T3) 3.24 horas y shock eléctrico (T4) 2.84 horas con el método de sacrificio anoxia (T1) 1.20 horas no encontrándose diferencia significativa entre los métodos T2, T3 y T4.

Los métodos de sacrificio tuvo efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el tiempo medio de duración de la resolución del rigor entre los métodos de sacrificio; shock eléctrico (T4) con tiempo medio de duración 2.00 horas con los demás métodos de sacrificio. El método por asfixia (T1) con tiempo medio de duración 1.62 horas constituye el tiempo de duración inferior, no encontrándose diferencia significativa en los métodos de sacrificio por anestésico (T2) y shock térmico (T3) con tiempos medios de duración de 1.84 horas y 1.70 horas similares en el tiempo de duración.

No encontrándose efecto significativo en la duración del rigor; Por otro lado, Los resultados del análisis estadístico del ANOVA muestra que, los métodos de sacrificio tuvo efecto significativo en el tiempo total de duración del rigor mortis.

Palabras claves: Piscigranja, post mortem, trucha, rigor mortis, sacrificio, anoxia, shock térmico, shock eléctrico y anestesia.

ABSTRACT

The research was conducted in the fish farm of the District Municipality of Huancavelica Acoria- which is located at 3350 m in order to determine the effect of slaughter method on the duration of the pre-rigor and rigor mortis in trout (*Oncorhynchus mikyss*), for which 64 copies were selected according to commercial weight were used; these fasted for 2 days, to be slaughtered, bled and eviscerated in the same fish farm. To evaluate the effect of slaughter method, 16 specimens for each method of sacrifice, which were moved to a room with ambient temperature of $15^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, where the time control pre-rigor mortis were performed, rigor mortis were placed of each method. The results of the ANOVA statistical analysis shows that the methods of slaughter had significant effect ($p < 0.05$) on the average duration of pre rigor between killing methods; anesthetic (T2) 3.30 hours, heat shock (T3) 3.24 hours and electric shock (T4) 2.84 hours with the method of anoxia sacrifice (T1) 1.20 hours no significant difference was found among the T2, T3 and T4 methods.

Slaughter methods had significant effect ($p < 0.05$) on the average duration of resolution of rigor in the methods of slaughter; electric shock (T4) with mean duration 2.00 hours with other methods of sacrifice. The method of asphyxiation (T1) with average duration is 1.62 hours less time duration, no significant difference was found in the methods of sacrifice by anesthetic (T2) and thermal shock (T3) with half-times of 1.84 hours duration and Similar 1.70 hours in duration.

No significant effect was found in the duration of rigor; Furthermore, results of the ANOVA statistical analysis shows that the methods of sacrifice had significant effect on the total duration of the rigor mortis.

Key words: fish farm, post mortem, trout, rigor mortis, sacrifice, anoxia, heat shock, electric shock and anesthesia.

INTRODUCCIÓN

La cosecha (sacrificio) es una de las etapas más críticas dentro de la cadena de producción de la trucha. Existen varios métodos de sacrificio diferenciados por la tecnología con que se cuente y la distancia de los centros de engorde. Los métodos de sacrificio están constituidos por las etapas de ayuno, extracción de las truchas, sedación y desangrado (Riquelme, 2005).

Los métodos de sacrificio es un punto de gran incidencia en la calidad del producto final ya que del tipo de sedación empleado dependerá el nivel de estrés que se les imparta a las truchas (Riquelme, 2005).

Desde el momento en que se lleva a cabo el sacrificio, la trucha inicia un proceso de deterioro que va a condicionar sus posibilidades comerciales, y habida cuenta que va a ser inevitable la merma de calidad referida a la percepción de sus atributos de frescura, los esfuerzos deben ir encaminados a retrasar lo más posible dicho proceso. El estrés reduce los almacenes de energía del músculo, lo que afecta al pH y por lo tanto, a la producción de lactato y el desarrollo temprano del rigor mortis. Dentro de este contexto, el manejo antemortem ha de ser considerado como uno de los puntos clave para frenar la autólisis muscular y la degradación bacteriana, ya que tanto la captura como el sacrificio son procedimientos traumáticos desencadenantes de variadas reacciones fisiológicas que, en definitiva, conllevan una depleción de las reservas energéticas del músculo (Lowe *et al.*, 1993) y una pérdida de firmeza de la carne (Sigholt *et al.*, 1997). Si bien estas consideraciones pueden ser fácilmente asumidas, la dificultad estriba en cual ha de ser el protocolo del método de sacrificio a aplicar para poder reducir el nivel de estrés provocado en los peces con su captura y sacrificio.

Así, el objetivo de esta tesis es determinar el efecto del método de sacrificio sobre el tiempo de duración del pre-rigor y rigor mortis en truchas. Con la finalidad de aportar nuevos conocimientos sobre método de sacrificio adecuado a aplicarse para poder

reducir el nivel de estrés y conocer el tiempo de duración del pre-rigor y el rigor mortis, puesto que tiempo de inicio y la duración del rigor mortis varían según el método de sacrificio y la manipulación.

CAPÍTULO I

PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La carne de trucha tiene una duración de almacenamiento reducida en comparación con otros alimentos, como las carnes rojas. Una razón para esto, es que el tejido de la trucha presenta un elevado nivel de lisosomas. Otra razón es que a diferencia del sacrificio de animales de granja, la trucha está sometido en general a un elevado nivel de estrés antes de su muerte y tiene la oportunidad de resistirse, a menudo hasta el punto de quedar exhausto, lo que origina una elevada respuesta metabólica.

El efecto del estrés antes de la muerte es la inducción del pánico. Como consecuencia, la trucha lucha enérgicamente para escapar y sobrevivir, produciéndose una considerable respuesta metabólica, lo que en primer lugar implica un elevado agotamiento anaeróbico de las reservas de glicógeno y ruptura del trifosfato de adenosina (ATP). Los efectos post mortem de estas circunstancias son: un estado prematuro de rigor mortis, elevados niveles de biproductos ATP que afectan adversamente al sabor, textura, apariencia, grado de frescura y una acumulación de ácido láctico que reduce el pH del músculo.

Esto causa una ruptura del tejido conectivo y le confiere una textura blanda. Además, esto viene acompañado por la liberación de lisosomas que conduce a la ruptura enzimática y proporciona las condiciones necesarias para la contaminación bacteriana, todo lo cual contribuye a una menor duración de almacenamiento de la carne de trucha fresco.

El inicio temprano del rigor mortis ocasiona problemas debido a que la carne de trucha es más fácil de cortar en filetes y empaquetar, mientras está en estado relajado (pre rigor mortis).

El rigor mortis se usa también como una medida de la frescura por los compradores de la carne de trucha fresca. Si la carne de trucha está en situación de rigor, los compradores saben que es relativamente fresco., por ello, retardar el inicio del rigor mortis es ventajoso. Además, si la trucha está sometido a elevados niveles de estrés antes de su muerte, algunos ejemplares pueden estar físicamente dañados con anterioridad a su muerte, ya que luchan para sobrevivir y como consecuencia tienen un menor valor de mercado o han de desecharse produciendo pérdidas en calidad de las truchas y un deterioro de los resultados económicos finales del productor, por tal razón, se debe realizarse distintos métodos de sacrificio con el fin de lograr la mejor calidad, ya que el atractivo visual juega un papel importante en la venta de la carne de trucha fresco. El método de sacrificio de los peces modifica el tiempo de inicio de rigor mortis y la duración del rigor mortis debido al estrés que se ocasiona ante su muerte.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del método de sacrificio sobre el tiempo de duración del pre-rigor y rigor mortis en truchas?

1.3 Objetivo: general y específicos

Objetivo general

Determinar el efecto del método de sacrificio sobre el tiempo de duración del pre-rigor y rigor mortis en truchas

Objetivo específico

- Determinar el tiempo de duración del pre-rigor mortis y rigor mortis en el método de sacrificio por asfixia.
- Determinar el tiempo de duración del pre-rigor mortis y rigor mortis en el método de sacrificio por shock térmico.
- Determinar el tiempo de duración del pre-rigor mortis y rigor mortis en el método de sacrificio por shock eléctrico.

- Determinar el tiempo de duración del pre-rigor mortis y rigor mortis en el método de sacrificio por anestesia.

1.4 Justificación

Desde el momento en que se lleva a cabo el sacrificio, la carne de trucha inicia un proceso de deterioro, que va a conducir sus posibilidades comerciales y a ser inevitable la merma de la calidad referida a la percepción de sus atributos de frescura, los esfuerzos deben ir encaminados a retrasar lo más posible dicho proceso.

La captura y la manipulación previa al sacrificio son procedimientos traumáticos desencadenantes de varias reacciones fisiológicas que, en definitiva conllevan a una depleción de las reservas energéticas del músculo y una pérdida de firmeza de la carne, afectando en la calidad de carne de la truchas. El estrés reduce los almacenes de energía del músculo, lo que afecta al pH y por lo tanto, a la producción de lactato y el desarrollo temprano del rigor mortis.

La reducción del estrés antes de su muerte mejora la calidad de la carne de trucha en términos de textura, gusto y apariencia visual, de manera que el pescado pueda alcanzar un mayor valor en el mercado.

La dificultad reside en cual ha de ser el método de sacrificio adecuado a aplicarse para poder reducir el nivel de estrés y conocer el tiempo de duración del pre-rigor y el rigor mortis, puesto que tiempo de inicio y la duración del rigor mortis varían según la método de sacrificio y la manipulación, además durante el *rigor mortis*, la trucha no puede ser fileteado o procesado normalmente, porque el cuerpo está demasiado rígido para ser manipulado y generalmente retorcido, impidiendo su manipulación.

La importancia de los métodos de sacrificio reside en disminuir el estrés y retardar el rigor mortis de esta manera la carne de trucha permanecerá fresco durante un periodo más largo y como consecuencia tendrá una duración de almacenamiento mejorada. Esto también significa que la carne de trucha pueda llegar a mercado más amplio.

Así mismo, el presente trabajo de investigación se justifica porque permite determinar el efecto del método de sacrificio sobre el tiempo de duración del pre-rigor y rigor mortis en truchas, de tal manera que permita recomendar el uso adecuado de sacrificio en beneficio del productor y consumidor.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Robb, (2001). En su estudio, la relación entre métodos de sacrificio y la calidad pez cultivado menciona, que los peces altamente estresados, músculos se establecen en rigor muy rápidamente y al mismo tiempo. Como resultado, el pescado entero es muy rígido y difícil de procesar. En el pescado con un bajo nivel de actividad, sólo algunos músculos se han utilizado y estos son los que primero entran en rigor mortis, mientras que los otros lo hacen más tarde. Debido a esta diferencia en el tiempo, no todos los músculos están en rigor, al mismo tiempo, de modo que los peces como un todo son menos rígidos.

Acerete et al., 2009 en su trabajo de comparación de dos métodos de aturdimiento y matanza sobre respuesta al estrés y los indicadores de calidad de la lubina menciona que el método de sacrificio por shock térmico reduce rápidamente el metabolismo de los peces al disminuir la temperatura. Esto se debe a un decrecimiento de la actividad muscular, los músculos se paralizan por el frío, con el tiempo de exposición suficiente el pez termina muriendo. Se ha demostrado que la temperatura letal para los peces es 1°C. El tiempo de muerte es más largo que por asfixia ya que la tasa metabólica de los peces es menor a baja temperatura, el oxígeno se utiliza al menos durante un tiempo.

Abe y Okuma (1991) quienes estudiaron progreso de rigidez cadavérica de carpa aclimatada a temperaturas de diferentes aguas, quienes han demostrado que el comienzo del *rigor mortis* en la carpa (*Cyprinus carpio*) depende de la diferencia entre la temperatura del mar y la temperatura de almacenamiento.

Cuando esta diferencia es grande, el *rigor* se inicia a menor tiempo y viceversa.

Roth, B et al., (2002) sostiene que el método de sacrificio por shock eléctrico es un método adecuado de insensibilización, con el fin de evitar el estrés y mejorar la calidad de carne, además de considerar este método éticamente más aceptable que otros. Por su parte el sacrificio por hipotermia permite obtener el más rápido inicio del rigor.

Chiba et al., (1991) En su estudio de la locha japonesa, se demostró que sólo minutos de agotamiento antes de la captura, ocasionaban una disminución de 0.50 unidades de pH en 3 horas, en comparación con peces no sometidos a agotamiento, en los cuales el pH disminuyó en sólo 0,10 unidades durante el mismo período de tiempo. Además, el mismo autor demostró que el desangrado del pescado disminuye significativamente la producción de ácido láctico *post mortem*

Elisabetta tomé et al., (2000) estudiaron el efecto de la temperatura de almacenamiento en el rigor mortis y en la estabilidad de la tilapia cultivada, de acuerdo a sus resultados menciona que la instauración del rigor mortis ocurrió más rápidamente en las tilapias almacenadas a 0 °C que en aquellas a 10 °C y 27 °C, respectivamente, pero la velocidad de su resolución siguió un orden inverso.

Elisabetta tomé et al., (2001) estudiaron el efecto de la temperatura sobre la degradación del ATP y catabolitos en la chacama (*Cahacama sp*) cultivada, de acuerdo a sus resultados menciona que la hidrólisis del ATP es uno de los primeros signos de los cambios *post mortem*; su ausencia conduce a la rigidez e inextensibilidad de los músculos del pescado debido especialmente a la imposibilidad de los puentes cruzados de los filamentos de actina.

María C. (2004) en su estudio sobre el estrés en salmonideos, sus efectos sobre variables fisiológicas y calidad de carne. Menciona que muchos cambios desfavorables en el músculo del pescado *post mortem*, aparentemente están relacionados en primer grado de depleción de los metabolitos musculares ante *mortem* y esto a su vez directamente relacionado con el grado de ejercicio y/o estrés al que son sometidos los animales antes de su matanza así como el manejo ante *mortem*, técnicas de matanza y la manipulación del producto final. Una posible solución sería la de reducir el grado de agitación antes de la matanza, y por lo tanto

disminuir la desorganización del metabolismo muscular que se asocia en problemas de la calidad de la carne.

Héctor S. M. et al., (2007) estudiaron la pérdida de textura post mortem de la carne de pescado durante el almacenamiento en frío, quienes demostraron que algunos peces consiguieron alcanzar el máximo rigor mortis 24 horas después de la muerte. En otros, la duración del rigor fue superior a 72 horas después de la muerte.

2.2 Bases teóricas

Métodos de sacrificio

Desde aproximadamente 5 años atrás los métodos de sacrificio de peces han recibido una mayor atención, ya que todos los métodos actualmente empleados producen algún grado de estrés en el pez. Sin embargo, la reducción del estrés en los peces es preponderante al momento de elegir el método de sacrificio a utilizar. Los niveles de energía química de la carne proveen el combustible para el movimiento del músculo vivo, factor de gran influencia en la aparición adelantada del *rigor mortis*. Durante la cosecha, los peces muestran una creciente actividad y en la fase de captura, la actividad de los peces se ve notablemente incrementada al aumentar la densidad de carga, reduciendo la concentración de oxígeno en el agua. La actividad continúa creciendo cuando el pez es removido del agua y es transferido al lugar donde será

Sacrificado, lo que trae como consecuencia eventos de estrés y problemas de calidad de la carne durante su procesamiento (**Avila et al., 2005**).

El sistema de sacrificio están constituidos por las etapas de ayuno, extracción de los peces, sedación y desangrado (**Riquelme, 2005**).

A continuación se dará una breve descripción de las distintas etapas en un sistema de sacrificio.

a) Ayuno

El ayuno permite que los azúcares sean consumidos como fuente energía primaria, eliminando posteriormente parte de la grasa intramuscular, lo que se traduce en una carne con mejor textura y más firme (**Avila et al., 2005**).

El periodo de ayuno utilizado actualmente es de alrededor de dos semanas, periodos de ayuno prolongado pueden causar fatiga muscular, pérdida de condición y cambios en la coloración. Para la trucha se ha informado pérdidas de peso de alrededor de 7 a 18%.

Después del periodo de ayuno los peces son menos activos, por lo que pueden ser fácilmente removido del agua, esta operación debe realizarse suavemente y tan rápido como sea posible. **(Avila et al., 2005).**

b) Sedación

La finalidad de la sedación es adormecer a los peces, para que no sufran stress. Del tipo de sedación empleada dependerá el nivel de sufrimiento que se les imparta a los peces y la calidad del producto final. Un método de matanza es considerado humano cuando la inconciencia es inducida mediatamente sedación y está es irreversible **(Avila et al., 2005).**

Actualmente se utilizan los siguientes métodos:

➤ Método noqueador

El sistema noqueador proporciona un golpe inmediato sobre el cerebro del pez proporcionando en estado de shock nervioso, que deja en estado letárgico al pez, permitiendo así un bombeo cardiaco normal, llevando a una liberación sanguínea mucho mayor que otros métodos de sacrificio, ya que el corazón sigue bombeando sangre por medio de las arterias, como también el hígado puede metabolizar el ácido láctico de los paquetes musculares.

El método noqueador trae múltiples ventajas, entre las que se puede mencionar es que no se rige por variables externas que pueden conllevar a una reducción de la eficacia en el proceso de sacrificio **(Departamento de investigación Aquastar- Chile, 2005).**

Para lograr una sedación efectiva con este sistema, es necesario aplicar un golpe rápido con un objeto liviano a la cabeza del pez **(Departamento de investigación Aquastar- Chile, 2005).**

➤ **Sedación por CO₂**

Es considerado el método más estresante ya que los peces manifiestan signos de muerte por asfixia lo cual causa pánico y reacciones de huida debido al medioambiente ácido e hipóxico.

Este sistema fue en sus inicios ampliamente utilizado como el método de sedación preferido debido a la rápida operación y a la reducción de la faena de trabajo. Sin embargo, los problemas asociados a la calidad durante el procesamiento del salmón, y el bienestar de los peces permite que este método no sea favorable pues los peces tardan entre 1 a 15 minutos en inmovilizarse.

El dióxido de carbono disuelto en el agua forma un ácido. El pH de la sangre es rápidamente disminuido y esta caída provoca en los peces la disrupción de los procesos del cerebro y la eventual muerte. El agua de los estanques es saturada con CO₂, la sangre incorpora el CO₂ a través de las branquias. Los peces se agitan y nadan alrededor del estanque tratando de escapar.

La agitación experimentada se traduce en una acumulación de ácido láctico en el músculo del pez y pérdida de escamas debidas al roce con ellos mismos. Concentraciones superiores a 20 mg de CO₂/L son letales para los peces **(Avila et al., 2005)**.

➤ **Asfixia**

Este es uno de los métodos más antiguos utilizados para sedar a los peces. En este caso, los peces mueren de anoxia debido a que fuera del agua son incapaces de capturar el oxígeno a través de las branquias. La ausencia de oxígeno en la sangre provoca muerte cerebral. La temperatura corporal de los peces también afecta la tasa de muerte, a mayor temperatura la tasa de respiración es más elevada lo que provoca una rápida muerte una vez que el pez es extraído del agua **(Avila et al., 2005)**.

➤ **Shock térmico**

En este caso se incorpora hielo para disminuir el metabolismo de los peces, a un nivel tal que se logre su inactivación provocado por el shock térmico. Los peces pasan desde las jaulas directamente a una solución de agua con hielo a una temperatura de 1°C por un período de 30 a 45 minutos hasta que el pez quede inconsciente (Avila et al., 2005).

Posteriormente los peces son desangrados. En este caso no hay muerte por asfixia, lo que permite una mejor manipulación de los peces, menor estrés y un mejor desangre. Los peces enfriados de esta manera tienen movimientos más lentos y el tiempo de muerte es mucho más largo debido a que la tasa metabólica es más baja a menor temperatura, lo que también se traduce en menor requerimiento de oxígeno (Avila et al., 2005).

➤ **Shock eléctrico**

Potencialmente este método se ha considerado una herramienta útil para la sedación y matanza de los peces considerando que el agua es un buen conductor de la electricidad. Este método consiste en aplicar corriente sumergiendo en el agua dos electrodos que tengan entre sí una sensible diferencia de potencial, se crea así entre ellos un campo eléctrico, distribuido en forma de círculos equipotenciales que están insertos en el estanque. (Avila et al., 2005).

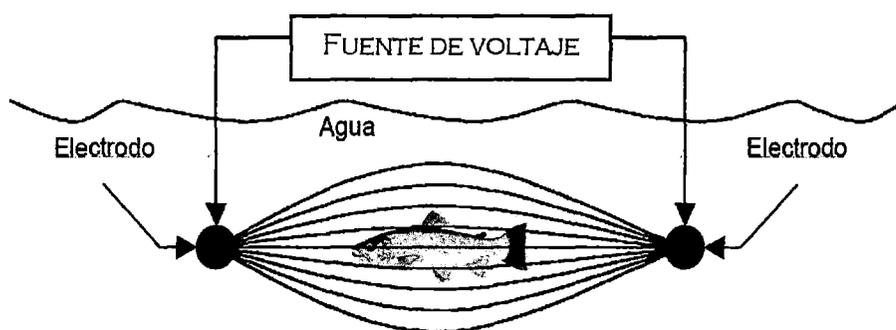


Fig. 1 sistema de aturdimiento de truchas con la generación de un campo eléctrico.

Dag Moller, (2005). El efecto fisiológico del campo eléctrico es el bloqueo del tejido muscular y el shock del sistema nervioso, causando con ello contracción y narcosis.

Un campo eléctrico inapropiado puede causar edema muscular, daño arterial, vértebras comprimidas y rotas y en el extremo, paro cardíaco. El motivo principal de los daños físicos son las contracciones musculares producidas por el campo eléctrico. El daño arterial es causado a menudo cuando las contracciones desgarran las venas o cuando la segunda laminilla en las branquias estalla al aumentar la presión de la sangre cuando el músculo del corazón se contrae en respuesta al campo eléctrico. Sin embargo, se ha comprobado que tiempos de exposición largos al campo eléctrico aceleran el inicio del rigor mortis debido a la debilitación del ATP ocasionado por la estimulación eléctrica de los músculos

➤ **Anestesia**

Al agregar un anestésico al agua es posible minimizar el efecto del manipuleo y las secuelas de estrés y actividad muscular. Los anestésicos actualmente utilizados tardan entre 10 y 30 minutos en adormecer a los peces (**Avila et al., 2005**).

El aceite de clavo es una sustancia natural obtenida por destilación de las partes herbáceas del árbol del clavo (*Eugenia aromaticae* *Eugenia caryophyllata*) (**Mylonas et al., 2005**). Su principal componente activo (70 a 90 %) es el eugenol (2-methoxy-4-(2-propenyl) phenol) (**Ross y Ross, 1999; Guenette et al., 2006**). Diversos trabajos confirman su eficacia como anestésico en diferentes especies de peces (**Anderson et al., 1997; Keene et al., 1998; Iversen et al., 2003; Woolsey et al., 2004; King et al., 2005; Mylonas et al., 2005; Hajek et al., 2006**). Su mecanismo de acción aún está bajo investigación, aunque podría estar relacionado con la afinidad del eugenol por los receptores GABA y NMDA (**Wie et al., 1997, Aoshima y Hamamoto, 1999; Yang et al., 2003**). Curiosamente, esta sustancia al poder ser utilizada como aditivo alimentario la hace muy interesante dado que se

puede usar con una cierta tranquilidad por los manipuladores, y no requiere periodos de espera después de su exposición a los peces antes de que estos lleguen al consumo humano (**Cho y Heath, 2000; García-Gómez et al., 2002**).

García-Gómez et al., (2002); recomienda la utilización del aceite de clavo como anestésico a una concentración de 20 a 40 ppm en todas las especies de peces, siendo la última la dosis óptima.

c) Sangrado

El sangrado es recomendado por varias fuentes (Valdimarsson et al 1984). Por otro lado, otros investigadores (Bito, M. et al., 1983; Morzel, M. et al., 2003) han concluido que el sangrado antes de la evisceración y enmallado no tienen ningún efecto sobre los parámetros tales como el color, sensoriales, trimetilamina, y la concentración de hipoxantina y la superficie de ensayo de carga bacteriana.

El sangrado se utiliza con frecuencia en los peces de cultivo. (**Robb 2003**) informó de que los peces grandes de cultivo es necesario que se extraída la sangre del músculo y se recomienda cortar las agallas con un cuchillo afilado, lo que permite a los peces a nadar y por lo tanto mueren a causa de anoxia causada por la pérdida de sangre. Robb et al (2003) concluyen que el sangrado general, reducir manchas de sangre, pero no podría decir que la metodología era mejor.

Olsen et al., (2006) informó que la cantidad de sangre residual en el salmón fue influenciada por los procedimientos de anestésico y el sacrificio. Los peces que se enfriaron vivos y anestesiados y luego directamente eviscerado tenía menos sangre residual en el filete, en comparación con el procedimiento estándar industrial de corte y sangrado antes de la evisceración. El uso de anestesia en vivo-refrigerados peces muertos por corte branquial no dio lugar a una reducción de la sangre residual en comparación con vivo-refrigerados pescado no anestesiado muerto por corte agalla. Esto fue porque el tiempo de coagulación sanguínea se prolongó a baja temperatura, posiblemente mejorar sangrado.

d) Eviscerado y lavado.

La evisceración es el proceso en el cual se quitan las vísceras, para lo cual se realiza un corte parejo en la región ventral, desde el punto medio de la base de la aleta anal hasta la base de las branquias. Posteriormente se quitan las vísceras teniendo cuidado de no romper las vísceras para evitar la contaminación de la carne y se lava con agua limpia Erikson, U., et al., (2006).

Bioquímica y pérdida de calidad de los peces.

Aunque compleja en estructura, la musculatura de los peces está configurada primordialmente para la transmisión de la fuerza a lo largo del principal eje contráctil de dicha musculatura.

La carne de los teleósteos, pez que tiene el esqueleto completamente osificado, está constituida por bloques de músculos adyacentes llamados miótomas, separados entre ellos por láminas de colágeno llamadas miocomata. Dentro de cada miótomo, las fibras musculares o miómeros corren casi paralelas las unas a las otras, aunque variando los ángulos de la lámina miocomata para acomodarse a las contracciones rítmicas que acontecen durante la natación, contrayéndose todos los miómeros en similar extensión cuando el pez se curva. La lámina de miocomata está conectada por una parte a la piel y por otra al esqueleto, así como también a la membrana que divide al pez en distintos planos (Suárez, M.D. et al, 2004).

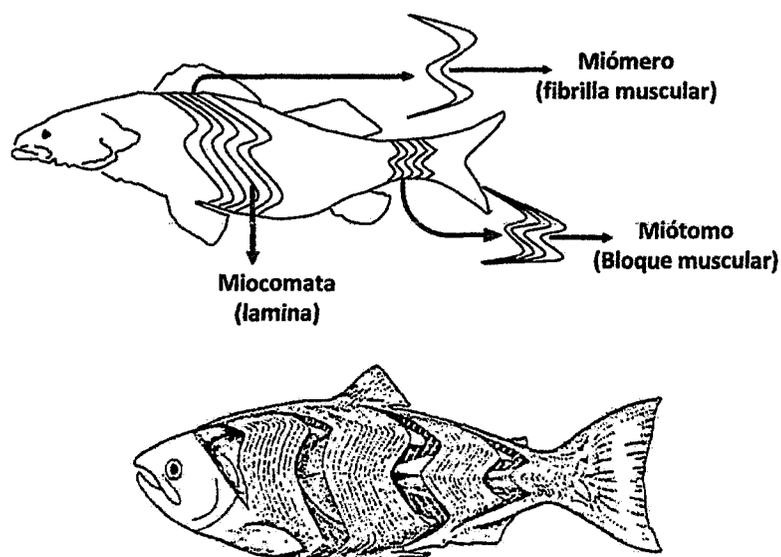


Fig. 2 Disposición del miómero, miocomata y miótomo

Todas las estructuras que unen las células musculares y el tejido conectivo de los peces, proporcionan la integridad necesaria a la carne con el fin de contrarrestar los efectos del manejo y/o captura, así como el procesado y posterior almacenaje. Dentro de la célula muscular, los elementos del citoesqueleto sirven para unir las proteínas mayores, actina y misiona, dentro de una estructura ordenada. Externo a la célula, el colágeno es el principal tejido conectivo en la estructura, siendo el dominante en la determinación de los atributos de la carne cruda; presenta una correlación significativa con la firmeza de la carne cruda. El colágeno es degradado por un grupo de enzimas, las colagenasas cuya actividad es dependiente del pH y la temperatura de almacenaje post mortem (**Regost, C. et al, 2001**).

Los cambios post mortem ocurren tanto en el ámbito de la célula muscular en los elementos del citoesqueleto, como externamente en las uniones entre la célula y su envoltura; fenómenos cuya importancia relativa varía con la especie y circunstancias, pero afectando en cualquier caso a las características de la carne (**Regost et al., 2001**).

Obtención de energía en el músculo tras sacrificio:

En el momento de la muerte el corazón deja de bombear sangre, por lo cual no pasa por las branquias, que es donde se enriquece de oxígeno cuando el animal está vivo. Este hecho provoca que quede restringida la producción de energía a partir de los nutrientes ingeridos. En condiciones normales el glucógeno o las grasas son oxidadas por las enzimas del tejido, en una serie de reacciones las cuales finalmente producen dióxido de carbono, agua y adenosina trifosfato (ATP), compuesto orgánico rico en energía. Este tipo de respiración se efectúa en dos etapas una anaeróbica y otra aeróbica. Esta última necesita la continua presencia del oxígeno, solo disponible en el sistema circulatorio (**Skjervold PO, et al. 1999**).

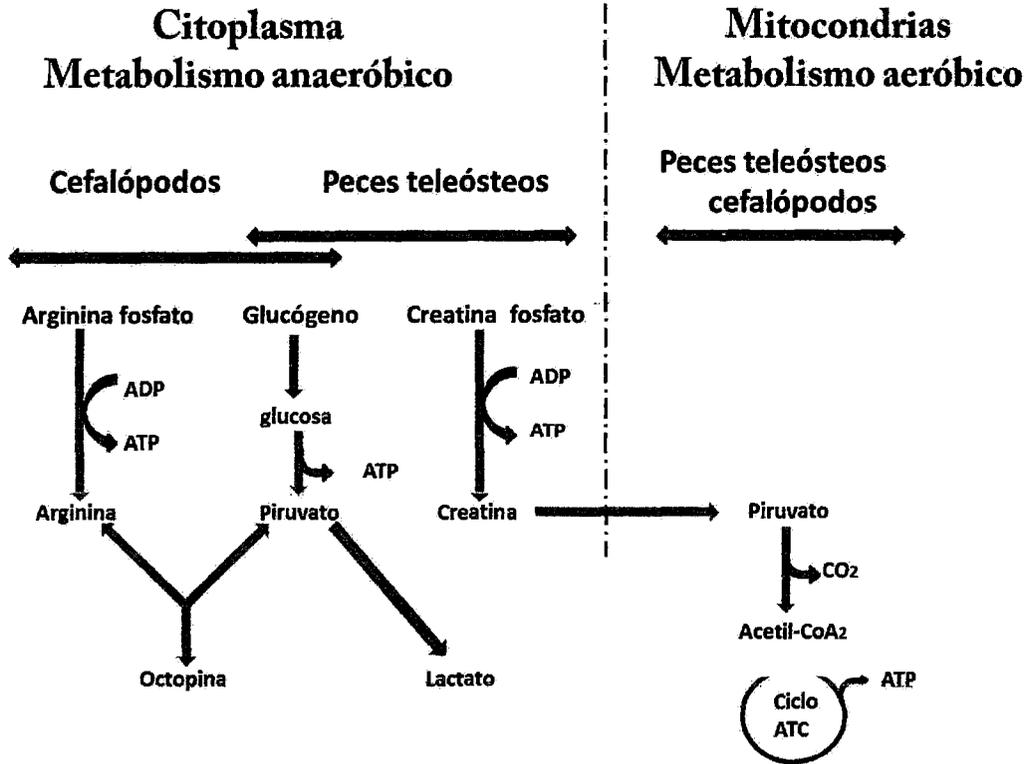


Fig. 3 Degradación aeróbica y anaeróbica del glucógeno en el músculo de especies marinas.

A través de la glucólisis, única ruta posible para la producción de energía de muchos peces teleósteos, solamente se obtienen dos moles de ATP por cada mol de glucosa, aparte de ácido láctico y ácido pirúvico como productos finales de la ruta, en comparación con los 36 moles de ATP producidos por cada mol de glucosa si los productos glucolíticos finales son oxidados aeróbicamente en la mitocondria del animal vivo. Por ello, después de la muerte, el músculo anaeróbico no puede mantener su nivel normal de ATP, y cuando el nivel intracelular declina de 7 – 10 μ moles/g a \leq 1.0 μ moles/g de tejido, el músculo entra en rigor mortis. La glucólisis post mortem provoca la acumulación de ácido láctico, con la consiguiente disminución del pH en el músculo.

Esta disminución del pH del músculo del pescado tiene un efecto en las propiedades físicas del músculo. A medida que el pH disminuye, se reduce la carga neta de la superficie de las proteínas musculares, causando su desnaturalización parcial y disminuyendo su capacidad de enlazar agua (H.H. Huss, 1999).

Rigor mortis:

Los procesos que tienen lugar en el cuerpo del animal muerto provocan el endurecimiento de los músculos conocido con el nombre de rigidez cadavérica o rigor mortis (H.H. Huss, 1999).

1. Estado de pre-rigor. Esta fase comprende el corto periodo que va desde la muerte del pescado hasta que comienza el rigor mortis, La carne es flexible, blanda y elástica ante ligeras tracciones. En esta etapa se muestra una marcada excitabilidad muscular. Comienza la glucólisis anaerobia, como ruta metabólica alternativa ya que las células no disponen de oxígeno, con acumulación de ácido láctico y degradación del adenosín-trifosfato (ATP), en adenosín-difosfato (ADP) y adenosín-monofosfato (AMP). En etapas posteriores continúa la degradación a inosín-monofosfato (IMP), inosina (HxR), hipoxantina (Hx), ribosa (R), fósforo inorgánico y amoníaco. El pH del músculo en estos momentos se encuentra en valores cercanos a la neutralidad y su textura es elástica.

2. Rigor mortis. Las proteínas miofibrilares del sarcómero, en las fibras musculares del pescado, inician una contracción mantenida al permanecer unidas las miofibrillas de actina y miosina en presencia de ATP y calcio, y que se hace irreversible al desaparecer la fuente energética. Es entonces cuando la musculatura se torna rígida y dura. Además, se han acumulado cantidades significativas de ácido láctico en el músculo y el pH desciende ligeramente. Esta etapa es considerada la que mayor influencia sobre el aspecto y estructura de la musculatura del pescado fresco (H.H. Huss, 1999).

3. Estado de post-rigor. Esta fase comienza cuando el músculo retorna a estado de flexibilidad, ya que se agotan las reservas de energía de la célula muscular y las miofibrillas comienzan a degradarse. Además, en esta etapa se produce conjuntamente la liberación de proteasas y la actividad microbiológica que actúan degradando el sustrato.

ETAPAS DEL RIGOR MORTIS

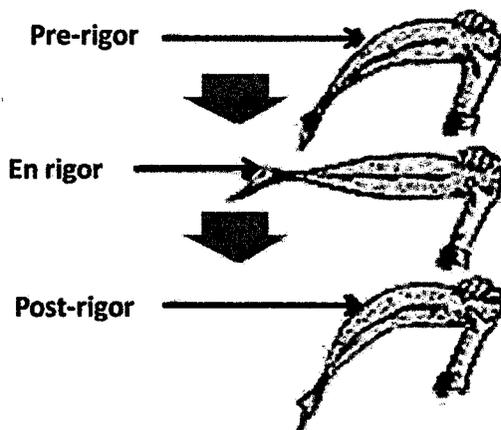


Fig. 4. Estados del rigor mortis de la trucha.

Fuente: F.A.O.

De acuerdo con los conocimientos actuales, la rigidez cadavérica obedece a la ligazón de las cabezas de miosina, que se extienden radialmente desde las gruesas microfibrillas, con los centros activos de las unidades de actina de los filamentos finos. Esto conduce a la formación de una estructura bastante rígida de miofilamentos conectados entre sí. Esta reacción entre las proteínas principales del músculo es posible merced a los cambios que experimentan las proteínas reguladoras. Y tales cambios son inducidos a su vez por un aumento de la concentración de Ca^{+2} en el sarcoplasma. En el músculo en reposo, la concentración de Ca^{+2} en el sarcoplasma es inferior a 10^{-7} M, debido a que la acción de diversas bombas de calcio, situadas en la membrana celular y en el retículo sarcoplasmático, extrae el Ca^{+2} del sarcoplasma en contra del gradiente de concentración. Las bombas de calcio funcionan a expensas de la energía obtenida de la hidrólisis del ATP. Tras la muerte del animal, se produce en los músculos el vaciamiento gradual de ATP, debido al agotamiento de las reservas de creatín-fosfato y glucógeno. Esto impide la acción de las bombas de calcio y aumenta la concentración de Ca^{+2} en el sarcoplasma (H.H. Huss, 1999).

El rigor mortis se establece cuando el nivel de ATP en el músculo cae a valores de $1.0 \mu\text{moles/g}$ o inferiores y de Ca^{+2} por encima de 10^{-6} M. Debido a que las fibras

musculares contienen diferentes tasas de ATP, no todas adquieren la rigidez post mortem al mismo tiempo. Así, un músculo va entrando en rigidez gradualmente. En algunas fibras que todavía disponen de reservas suficientes de ATP, son posibles diversos ciclos de puentes cruzados, contracción y separación antes de que, al reducirse la concentración de ATP, se formen uniones persistentes entre las cabezas de miosina y la actina. Por lo que el fenómeno de rigor mortis no se produce instantáneamente en todo el animal sino que se produce gradualmente (H.H. Huss, 1999).

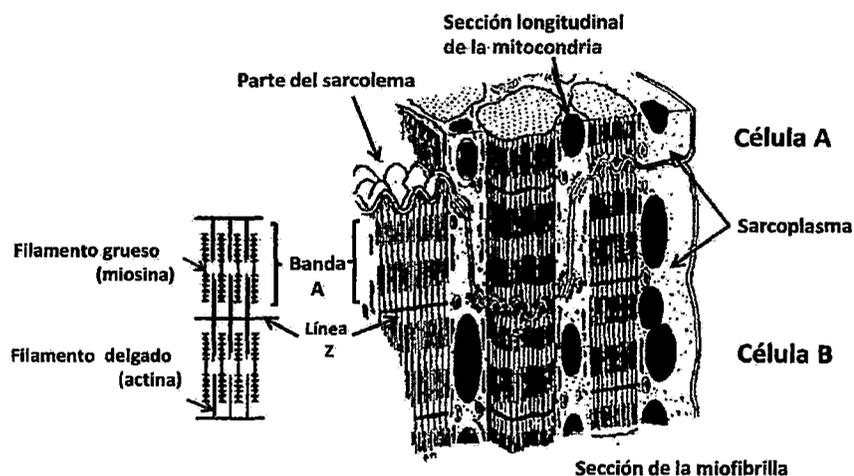


Fig. 5. Sección de la célula muscular que muestra las diversas estructuras, inclusive las miofibrillas (H.H. Huss, 1999)

El efecto de la temperatura sobre el rigor no es uniforme. En el caso del bacalao, las altas temperaturas ocasionan un rápido comienzo del rigor, con tensiones bastantes fuertes. Esto debe ser evitado ya que estas tensiones pueden causar "desgajamiento", es decir debilitamiento del tejido conectivo y posterior rotura del filete (H.H. Huss, 1999).

Generalmente se acepta que el comienzo y la duración del rigor mortis resultan más rápido a mayor temperatura, pero se ha observado en ciertas especies tropicales el efecto opuesto de la temperatura, en relación con el comienzo del rigor. Resulta evidente que en estas especies el inicio del rigor se acelera a la temperatura de 0 °C en comparación con los 10 °C. Una explicación para este fenómeno ha sido sugerida por Abe y Okuma, (1991) quienes han demostrado que el comienzo del rigor mortis

depende de la diferencia entre la temperatura de la piscifactoría y la temperatura de almacenamiento. Cuando esta diferencia es grande, el rigor se inicia a menor tiempo y viceversa.

El rigor mortis se inicia poco después de la muerte en peces hambrientos y cuyas reservas de glucógeno están agotadas, o en peces exhaustos. El método empleado para el sacrificio también influye en el tiempo de aparición del rigor.

Tecnológicamente el rigor adquiere gran importancia, sobre todo en pescado que va a ser fileteado. Mientras permanece el rigor el cuerpo del pescado está completamente rígido: el rendimiento del fileteado resulta muy bajo y una manipulación grosera puede causar un desgarramiento de los filetes. Si los filetes son removidos del hueso antes de que comience el rigor, el músculo puede contraerse libremente y se encogerá al comenzar el rigor. Si el pescado es cocido antes del rigor, su textura será muy suave y pastosa. Por el contrario la textura es dura pero no seca cuando el pescado es cocido durante el rigor. Posteriormente al rigor la carne se torna firme, succulenta y elástica (**Elisabetta T. et al., 2000**).

El rigor comienza a resolverse al cabo de cierto tiempo, debido a la acción de distintas proteinasas endógenas, que atacan a diversas proteínas constituyentes de la estructura muscular. La intensidad de estos cambios de degradación aumenta a medida que pasa el tiempo.

Tal y como se ha descrito anteriormente, tras la muerte del pescado se instaura el rigor mortis o rigidez cadavérica que con el tiempo se resolverá, lo que supone que el músculo del pescado se reblandecerá. **Bito et al., (1983)** propusieron una valoración objetiva basada en un índice obtenido tras aplicar la siguiente fórmula

$$\text{Índice de rigidez (\%)} = (D_0 - D) / D_0 \times 100$$

Para poder obtener los datos de la fórmula, la cabeza del pescado se coloca sobre una tabla horizontal tal y como se indica en la figura 3.3. Se miden los valores D_0 (distancia inicial) y D (distancia transcurrida después de un cierto tiempo).

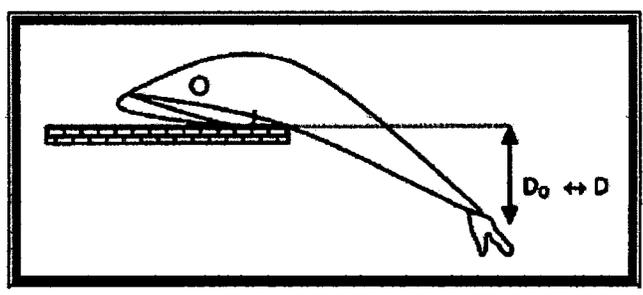


Fig. 6. medida del índice de rigidez (bito et al., 1983)

Autólisis y catabolismo de nucleótidos:

Autólisis significa "auto-digestión". Se sabe desde hace muchos años que existen por lo menos dos tipos de deterioro en el pescado: bacteriano y enzimático. Uchiyama y Ehira, (1974) demostraron que los cambios enzimáticos relativos a la frescura del pescado precedían y no guardaban relación con los cambios de la calidad microbiológica. En algunas especies los cambios enzimáticos preceden y por lo tanto predominan al deterioro del pescado refrigerado. En otro la autólisis, sumada al proceso microbiano, contribuye en diferentes grados a la pérdida general de la calidad.

La resolución del rigor es un proceso no del todo comprendido, pero siempre ocasiona el reblandecimiento posterior del tejido muscular y se cree que está relacionado con la activación de una o más enzimas musculares presentes en el pescado, las cuales digieren ciertos componentes del complejo rigor mortis. El reblandecimiento del músculo durante la resolución del rigor coincide con los cambios autolíticos. De estos cambios el primero en ser reconocido de forma más o menos predecible después de la muerte fue la degradación de los compuestos relacionados con el ATP. Creando una serie de degradaciones que sigue así: ATP, ADP (adenosina difosfato), AMP (adenosina monofosfato), IMP (inosina monofosfato), inosina (Ino) e Hipoxantina (Hx) (H.H. Huss, 1999).

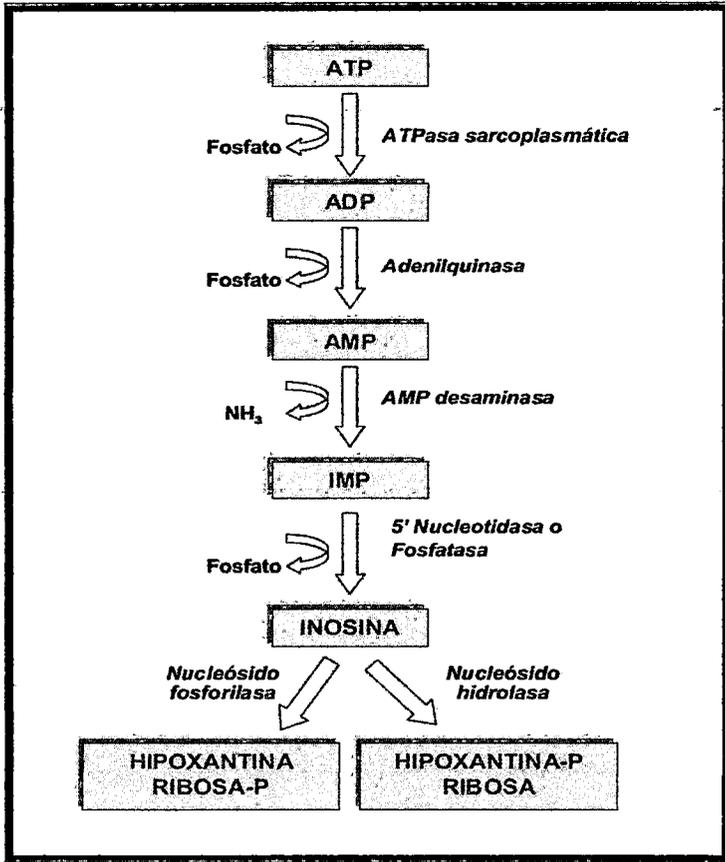


Fig. 7. Secuencia de degradación del ATP

Fijándose en la degradación de los catabolitos del ATP, se observó que el nivel de digestión coincide con el nivel percibido de deterioro de algunas especies. **Saito et al.,(1959)**, desarrollaron una fórmula para la frescura del pescado basada en estos cambios autolíticos:

$$K(\%) = \frac{[Ino] + [Hx]}{[ATP] + [ADP] + [AMP] + [IMP] + [Ino] + [Hx]} \times 100$$

Las concentraciones de estos compuestos, son concentraciones relativas medidas en el músculo de pescado, tomando los datos en diferentes periodos de tiempo durante el almacenamiento refrigerado.

K, es un índice de frescura relativa, basada en los cambios autolíticos. De este modo cuanto más alto es el valor de K, menor el nivel de frescura. La degradación de nucleótidos es solo coincidencial con los cambios percibidos en la frescura y no está necesariamente relacionada con su deterioro, considerándose que solo la Hipoxantina tiene una relación directa con el sabor amargo percibido en el pescado deteriorado. Ninguno de los nucleótidos se considera relacionado a los cambios percibidos en la textura durante el proceso autolítico, a excepción del ATP, cuya disminución está asociada con el rigor mortis (Robb, D. 2011).

2.3 Hipótesis

Hipótesis nula:

El método de sacrificio no tiene efecto sobre el tiempo de duración del pre-rigor y rigor mortis en truchas.

Hipótesis alterna:

El método de sacrificio tiene efecto sobre el tiempo de duración del pre-rigor y rigor mortis en truchas.

2.4 Variables de estudio.

2.4.1 Variable independiente

Método de sacrificio

2.4.2 Variable dependiente

Tiempo de duración del pre-rigor

Tiempo de duración del rigor mortis

Definición Operativa de Variables e indicadores

Variables	Dimensiones	Indicador	instrumento
<p>Variable independiente:</p> <p>Método de sacrificio</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Anoxia (asfixia) • Anestasia (aceite clavo) • Shock térmico (hipotermia) • Shock eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de movimiento respiratorio (cese de movimiento opercular); • Pérdida de respuesta evocada visualmente (VER); reflejo vestibulo-ocular (VOR, ojos tornados al exterior); <p>Pérdida del movimiento reflejo de la cola y de los movimientos musculares.</p>	<p>Ficha de evaluación</p>
<p>Variables dependientes</p> <p>Tiempo de duración</p>	<p>Pre rigor</p> <hr/> <p>rigor mortis</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Musculo relajado ➤ textura flexibilidad ➤ musculo elástica <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Inicio de la contracción del musculo ➤ Contracción del musculo (inflexible) ➤ Resolución de la contracción muscular 	<p>Ficha de evaluación</p>

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 **Ámbito de estudio**

Región	:	Huancavelica
Provincia	:	Huancavelica
Distrito	:	Acoria
Altitud	:	3350 m.s.n.m.
Lugar	:	Piscigranja de la Municipalidad Distrital de Acoria

La Piscigranja de la Municipalidad distrital de Acoria, se encuentra ubicado a 3350 m.s.n.m. El acceso es por la carretera Huancavelica- Acoria siendo la distancia desde Huancavelica a Acoria de 30Km

3.2 **Tipo de investigación**

El presente estudio es de tipo aplicada, porque tiene propósitos prácticos inmediatos para determinar el efecto del método de sacrificio en truchas sobre el tiempo de duración pre rigor y rigor mortis.

3.3 **Nivel de investigación**

Experimental: Porque se evalúa el efecto del método de sacrificio sobre la duración del pre rigor y rigor mortis. Lo que determina la eficiencia de los métodos empleados.

Explicativa: Porque explica a que se deben estos efectos, y los variables que mediatizan estos efectos.

3.4 **Método de investigación**

En la presente investigación se empleó proceso del método científico, deductivo, inductivo.

3.5 Diseño de investigación

Se utilizó el diseño completamente aleatorizado (DCA) con 16 unidades muestrales cada tratamiento considerando cada ejemplar de trucha como repetición. Los datos se analizaron mediante ANAVA, utilizando el programa SPSS versión 19 (2010). Las variables analizadas fueron la duración del pre rigor mortis y rigor mortis.

3.6 Población, muestra

Población

La población total del presente trabajo de investigación estuvo conformado por mil seiscientos cincuenta truchas de la poza de engorde de la Piscigranja Municipal del Distrito de Acoria. En base a las características de estudio del método de sacrificio en las truchas que han alcanzado su tamaño y peso comercial.

Muestra

Es una muestra no probabilística o dirigida intencionada porque las unidades muestrales no dependen de la probabilidad, sino que sus componentes deben poseer las propiedades o características establecidas en la investigación. Donde se seleccionaron 64 ejemplares cuyos pesos vivo promedio fue 252.38 ± 6.80 gr. (Ver tabla N° 02).

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- **Técnica** : Método de sacrificio anoxia, shock eléctrico, shock térmico y anestesia.
- **Instrumento** : Ficha de control de pre rigor, rigor, resolución del rigor mortis y ficha de control del índice de rigor.

La recolección de datos se realizó a través del control tiempo del pre rigor, rigor, resolución del rigor e índice de rigor.

3.8 Procedimiento de recolección de datos

Procedimientos

El trabajo experimental se llevó a cabo en la Piscigranja Municipal del Distrito Acoria, que se encuentra ubicado a 3350 m.s.n.m., ubicada a 30 Km de la provincia de Huancavelica.

A lo largo del mes febrero se llevaron a cabo cuatro experimentos para cumplir con los objetivos planteados. Donde se destinaron 64 ejemplares de truchas con peso promedio de 252.38 ± 6.80 gr. como unidades experimentales, las unidades experimentales (truchas) fueron distribuidos en 4 métodos de sacrificio con 16 unidades experimentales cada método de sacrificio.

Los métodos de sacrificios evaluados estuvieron conformados por anoxia (asfixia), anestésico (aceite de clavo de olor), shock térmico, shock eléctrico.

Experimento I.

a) Animales

El experimento se llevó a cabo en el mes de febrero del 2012, tuvo una duración 4 días, un día de selección, dos días de ayuno y un día de mediciones (Fotografía 1). Se utilizaron 16 ejemplares de truchas de 253.69 ± 8.25 gr., y fueron sacrificados por el método de anoxia (asfixia)

b) Método de sacrificio por anoxia (asfixia)

Después del periodo de ayuno que consta de 2 días, las truchas fueron retirados de la poza a una bandeja hasta que las truchas estén inconscientes donde los indicadores fueron: Pérdida de movimiento respiratorio (cese de movimiento opercular); Pérdida de respuesta evocada visualmente (VER); reflejo vestibulo-ocular (VOR, ojos tornados al exterior); Pérdida del movimiento reflejo de la cola y de los movimientos musculares. Una vez determinada la inconsciencia de las truchas se realizó el corte de agallas para el sangrado, eviscerado e identificado.

Experimento II

a) Animales

El experimento se llevó a cabo en el mes de febrero del 2012, tuvo una duración 4 días, un día de selección, dos días de ayuno y un día de mediciones. Se utilizaron 16 ejemplares de truchas de 252 ± 5.83 gr., y fueron sacrificados por el método de anestesia.

b) Método de sacrificio por anestesia (aceite de clavo de olor)

Después del periodo de ayuno que consta de 2 días, las truchas fueron retirados de la poza a una solución anestésica constituida por aceite de clavo previamente diluido en etanol (v/v), por su escasa solubilidad en agua, y mezclado enérgicamente en el agua. Se empleó el producto calmaden que contiene cada 100 ml 8 g de aceite clavo. La dosis que se utilizó del producto fue 30 ml para 100 litros de agua observando el comportamiento de las truchas y anotando el tiempo en alcanzar las distintas fases tanto de anestesia, donde los indicadores fueron: Pérdida de movimiento respiratorio (cese de movimiento opercular); Pérdida de respuesta evocada visualmente (VER); reflejo vestibulo-ocular (VOR, ojos tomados al exterior); Pérdida del movimiento reflejo de la cola y de los movimientos musculares. Una vez determinada la inconsciencia de las truchas se realizó el corte de agallas para el sangrado, eviscerado e identificado.

Experimento III

c) Animales

El experimento se llevó a cabo en el mes de febrero del 2012, tuvo una duración 4 días, un día de selección, dos días de ayuno y un día de mediciones. Se utilizaron 16 ejemplares de truchas de 251.44 ± 6.43 gr., y fueron sacrificados por el método de shock térmico (hipotermia).

d) Método de sacrificio por shock térmico

Después del periodo de ayuno que consta de 2 días, las truchas fueron retirados de la poza a una solución de agua con hielo a una temperatura de 1

°C, hasta que el pez este inconsciente, donde los indicadores fueron: Pérdida de movimiento respiratorio (cese de movimiento opercular); Pérdida de respuesta evocada visualmente (VER); reflejo vestibulo-ocular (VOR, ojos tornados al exterior); Pérdida del movimiento reflejo de la cola y de los movimientos musculares. Una vez determinada la inconsciencia de las truchas se realizó el corte de agallas para el sangrado, eviscerado e identificado.

Experimento IV

e) Animales

El experimento se llevó a cabo en el mes de febrero del 2012, tuvo una duración 4 días, un día de selección, dos días de ayuno y 1 días de mediciones. Se utilizaron 16 ejemplares de truchas de 252.38 ± 6.92 g., y fueron sacrificados por el método de shock eléctrico.

f) Método de sacrificio por shock eléctrico

Después del periodo de ayuno que consta de 2 días, las truchas fueron retirados de la poza aun recipiente de plástico de 100 litros de capacidad donde se aplicar corriente eléctrica de 220V a través de dos electrodos por 5 segundos, los indicadores que los peces estén inconscientes fueron: Pérdida de movimiento respiratorio (cese de movimiento opercular); Pérdida de respuesta evocada visualmente (VER); reflejo vestibulo-ocular (VOR, ojos tornados al exterior); Pérdida del movimiento reflejo de la cola y de los movimientos musculares. Una vez determinada la inconsciencia de las truchas se realizó el corte de agallas para el sangrado, eviscerado e identificado

Mediciones

- **Índice de rigor**

El IR se determinó en cada método de sacrificio utilizando el método propuesto por Bito et al. (1983). Para su determinación se colocó sobre una tabla horizontal la mitad anterior del pescado, mientras que la mitad posterior se mantuvo suspendida fuera de la tabla. Luego se midió con una escuadra, a intervalos de

tiempo establecidos, la distancia entre la base de la aleta caudal y el eje horizontal de la tabla. El IR se calculó según la siguiente ecuación:

$$\text{I.R. (\%)} = \frac{(D_0 - D)}{D_0} \times 100$$

Siendo D_0 y D la distancia que separa de la aleta caudal del punto de referencia, medidos al inicio del ensayo y a intervalos definidos de tiempos.

- **Duración del pre-rigor mortis**

Estimación de la duración del pre-rigor mortis fue mediante los indicadores: Musculo relajado, textura flexibilidad, musculo elástica. Durante el día de medición, se controló el tiempo que duro el Musculo relajado, textura flexibilidad, musculo elástica cada 10 min desde el sacrificio hasta el inicio de la contracción muscular (rigor mortis).

- **Rigor mortis**

Estimación de la duración del rigor mortis fue mediante los indicadores: Inicio de la contracción del musculo, Contracción del musculo (inflexible), Resolución de la contracción muscular. Durante el día de medición, se controló el tiempo desde que se Inicie de la contracción del musculo hasta el inicie la resolución de la contracción del musculo a cada 10 min.

- **Resolución del rigor mortis**

Estimación de la duración del rigor mortis fue mediante los indicadores: Inicio de la resolución de la contracción muscular, musculo relajado (recuperación de la flexibilidad). Durante el día de medición, se controló el tiempo desde que se inicie la resolución de la contracción del musculo hasta que el musculo este relajado (recuperación de la flexibilidad).

3.9 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La evaluación estadística de los resultados se ha realizado mediante el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for analyses Sciences for Windows). Para estudiar el efecto del método de sacrificio sobre los parámetros evaluados y

conocer la existencia de posibles diferencias significativas se ha realizado un Análisis de la Varianza (ANAVA de un factor). Se ha aplicado el test de Tukey para establecer entre qué valores se establecen dichas diferencias a un nivel de significación de $p < 0,05$.

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Tiempo de duración del pre rigor y rigor mortis en el i-esimo técnica de sacrificio y j-esimo trucha.

U = Efecto de la media poblacional del tiempo duración de rigor Mortis.

T_i = Efecto del i-esimo tecnica de sacrificio

E_{ij} = Efecto del error experimental en i-esimo técnica de sacrificio y j-esimo trucha.

Cuadro del diseño experimental

Repetición	Método de sacrificio			
	Anoxia (T1)	Anestesia (T2)	Shock térmico (T3)	Shock eléctrico (T4)
1	T ₁₁	T ₂₁	T ₃₁	T ₄₁
2	T ₁₂	T ₂₂	T ₃₂	T ₄₂
3	T ₁₃	T ₂₃	T ₃₃	T ₄₃
4	T ₁₄	T ₂₄	T ₃₄	T ₄₄
5	T ₁₅	T ₂₅	T ₃₅	T ₄₅
6	T ₁₆	T ₂₆	T ₃₆	T ₄₆
7	T ₁₇	T ₂₇	T ₃₇	T ₄₇
8	T ₁₈	T ₂₈	T ₃₈	T ₄₈
9	T ₁₉	T ₂₉	T ₃₉	T ₄₉
10	T ₁₁₀	T ₂₁₀	T ₃₁₀	T ₄₁₀
11	T ₁₁₁	T ₂₁₁	T ₃₁₁	T ₄₁₁
12	T ₁₁₂	T ₂₁₂	T ₃₁₂	T ₄₁₂
13	T ₁₁₃	T ₂₁₃	T ₃₁₃	T ₄₁₃
14	T ₁₁₄	T ₂₁₄	T ₃₁₄	T ₄₁₄
15	T ₁₁₅	T ₂₁₅	T ₃₁₅	T ₄₁₅
16	T ₁₁₆	T ₂₁₆	T ₃₁₆	T ₄₁₆

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Resultados

Observación conductista

Anoxia

Se observó un periodo prolongado de sufrimiento por revoltijo violento antes de morir, el tiempo que tardó en morir las truchas es de 982.50 ± 256.32 s. (Ver tabla N° 01).

Anestesia

Las truchas sacrificados por el método de anestesia con aceite de clavo de olor, se ha aturcido firmemente y tuvieron una anestesia rápida. La trucha presento normal actividad natatoria después de 65 s. perdió firmemente su equilibrio, después de 125 s., las truchas no mostraron la respuesta a los estímulos y después de 253.88 ± 20.75 s. (Ver tabla N° 01) el movimiento opercular se detuvo. El comportamiento de la trucha anestesiada con aceite de clavo de olor se apreció la calma y ellos tuvieron la apariencia normal después de la muerte.

Shock térmico

Las truchas nadaban normalmente al principio en agua con hielo (la temperatura: 1°C) y continuo nadando despacio a los 675 s. las truchas exhibieron nadar rápidos y errático logrando con espacios de tiempo notables. Después de lanzar movimientos en 967s. fueron observados que las trucha presentaron hipotermia perdiendo su equilibrio, en 1920 ± 223.43 s. (Ver tabla N° 01).las truchas no tuvieron cualquier reflejo a los estímulos y los movimientos opercular de las truchas se detuvieron.

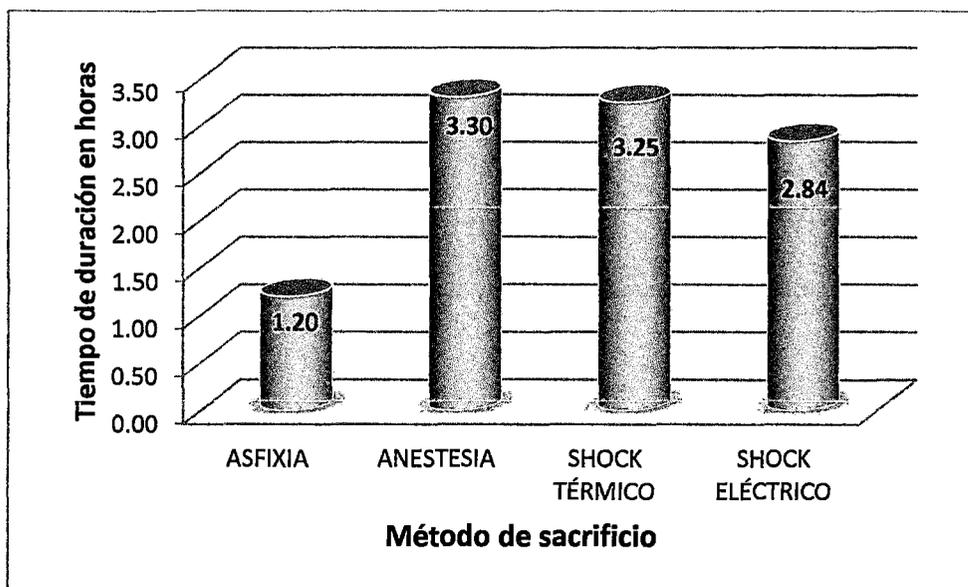
Shock eléctrico

Después del aturdimiento eléctrico, las truchas mostraron un agarre como epiléptico, la duración de inconsciencia es medida en segundos del momento de exposición eléctrica mostrando después de 5s. (Ver tabla N° 01). ninguna actividad nadadora, ninguna reactividad visual, ninguna reacción a los estímulos y pérdida total de equilibrio.

Duración del pre rigor

Al finalizar el estudio; el mayor tiempo de duración de pre rigor se alcanzó con el método de sacrificio de anestesia, llegándose a obtener el promedio de duración 3.30 horas, los más bajos promedios de duración del pre rigor estuvieron presentes con los siguientes métodos; shock térmico 3.25 horas; shock eléctrico 2.84 horas y asfixia 1.20 horas (Ver tabla N° 03), respectivamente como se muestra el gráfico N° 01.

Gráfico N° 01. Duración del pre rigor en horas los diferentes métodos de sacrificio en truchas.



Fuente: Elaboración propia

Al establecer el Análisis de Varianza, se pudo observar que existen diferencias estadísticas significativa ($p < 0.05$) en la duración del tiempo de pre rigor por el efecto del método de sacrificio en truchas. (Cuadro N° 01).

CUADRO N° 01. Análisis de varianza en horas del pre rigor en los diferentes métodos de sacrificio en truchas.

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	46,757	3	15,586	57,178	,000
Intra-grupos	16,355	60	,273		
Total	63,112	63			

Fuente: Elaboración propia

Realizada la prueba de Tukey (Cuadro N° 2), se concluye que los métodos de sacrificio tuvieron efecto significativo sobre el tiempo medio de duración del pre rigor, los mayores tiempos medios de duración del pre rigor fueron alcanzados por los métodos de sacrificio; anestésico (T2) 3.30 horas, shock térmico (T3) 3.24 horas y shock eléctrico(T4) 2.84 horas.

El mayor tiempo medio de duración del pre rigor fue registrado con el método de sacrificio por anestesia con un promedio de 3.30 horas.

Cuadro N° 02. Prueba de tukey en horas del pre-rigor en los diferentes métodos de sacrificio en truchas.

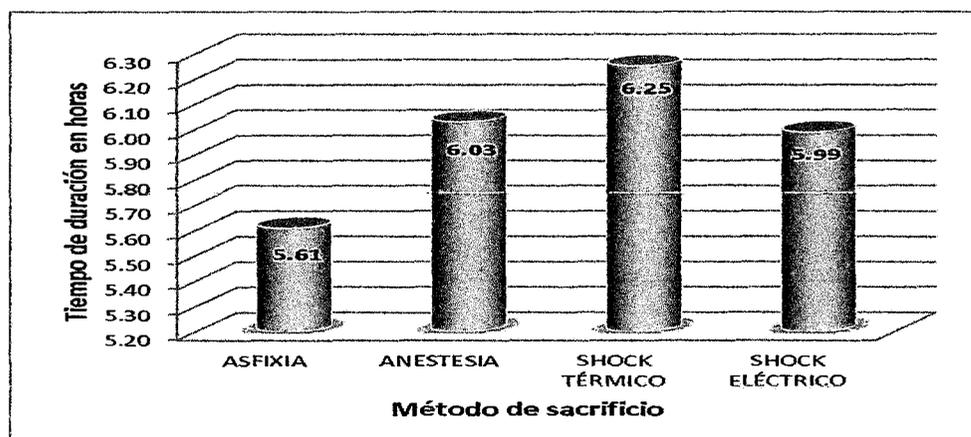
METODO DE SACRIFICIO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
HSD de Tukey ^a				
ASFIXIA	16	1,20		
SHOCK ELECTRICO	16		2,84	
SHOCK TERMICO	16		3,24	
ANESTESIA	16		3,30	
Sig.		1,000	,065	

Fuente: Elaboración propia

Duración del rigor

Al finalizar el estudio; el mayor tiempo de duración de rigor se alcanzó con el método de sacrificio de shock térmico, llegándose a obtener el promedio de duración 6.25 horas, los más bajos promedios de duración del rigor estuvieron presentes con los siguientes métodos; anestesia 6.03 horas; shock eléctrico 5.99 horas y asfixia 5.61 horas (ver tabla N° 04), respectivamente como se muestra el gráfico N° 02.

Gráfico N° 02. Duración del rigor en horas los diferentes métodos de sacrificio en truchas.



Fuente: Elaboración propia

Al establecer el Análisis de Varianza, no se ha detectado diferencias estadísticas significativa ($p < 0.05$) en tiempo de duración del rigor debidos a los métodos de sacrificio en truchas. (Cuadro N° 03).

CUADRO N° 03. Análisis de varianza en horas del rigor con los diferentes métodos de sacrificio en truchas.

ANAVA

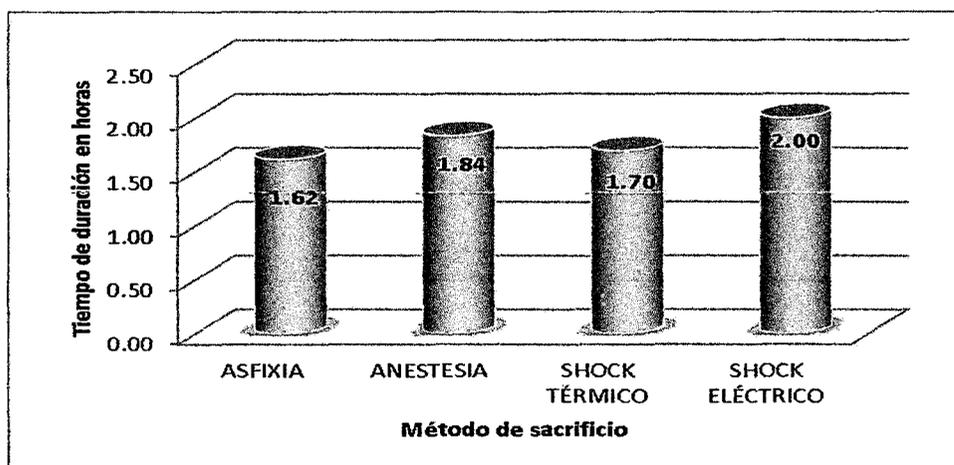
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	3,404	3	1,135	2,641	,057
Intra-grupos	25,777	60	,430		
Total	29,180	63			

Fuente: Elaboración propia

Duración de la resolución del rigor

Al finalizar el estudio; el mayor tiempo de duración de la resolución del rigor se alcanzó con el método de sacrificio de shock eléctrico llegándose a obtener un promedio de duración 2.00 horas, los bajos promedios de duración de la resolución del rigor se obtuvieron con los siguientes métodos; anestesia 1.84 horas; shock térmico 1.70 horas y asfixia 1.62 horas (ver tabla N° 05), respectivamente como se muestra el grafico N° 03.

Grafico N° 03. Duración de resolución del rigor en horas con los diferentes métodos de sacrificio en truchas.



Fuente: Elaboración propia

Al establecer el Análisis de Varianza, se pudo observar que existen diferencias estadísticas significativa ($p < 0.05$) en la duración del tiempo de resolución del rigor por el efecto del método de sacrificio en truchas. (Cuadro N° 04)

CUADRO N° 04. Análisis de varianza en horas de la resolución del rigor con los diferentes métodos de sacrificio en truchas.

ANAVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1,357	3	,452	16,529	,000
Intra-grupos	1,641	60	,027		
Total	2,998	63			

Fuente: Elaboración propia

Realizada la prueba de Tukey (Cuadro N° 05), se concluye que los métodos de sacrificio tuvieron efecto significativo sobre el tiempo de duración de la resolución del rigor, el mayor tiempo medio de duración de la resolución del rigor fue registrado por el método de sacrificio de shock eléctrico (T4) 2.00 horas; el método de sacrificio por asfixia (T1) con tiempo medio de duración 1.62 horas constituye el tiempo de duración inferior, los métodos de sacrificio por anestésico (T2) y shock térmico (T3) con tiempos medios de duración de 1.84 horas y 1.70 horas similares en el tiempo de duración inferior.

CUADRO N° 05. Prueba tukey en horas de la resolución del rigor con los diferentes métodos de sacrificio en truchas.

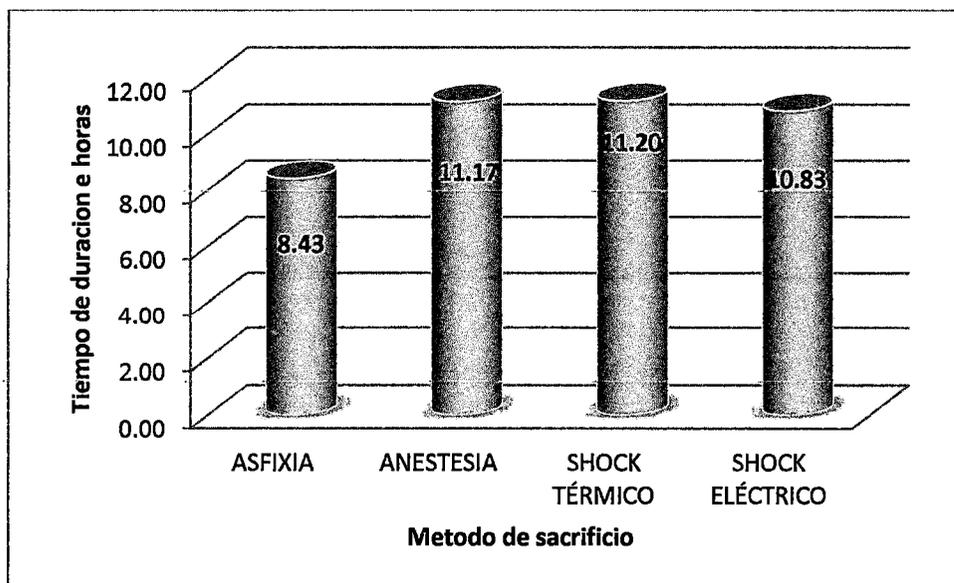
METODO DE SACRIFICIO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
ASFIXIA	16	1,62		
SHOCK TÉRMICO	16	1,70	1,70	
ANESTESICO	16		1,84	
SHOCK ELÉCTRICO	16			2,00
Sig.		,537	,098	1,000

Fuente: Elaboración propia

Tiempo total de duración del rigor mortis (pre rigor, rigor y resolución del rigor)

Al finalizar el estudio; el mayor tiempo medio de duración del rigor mortis se alcanzó con el método de sacrificio de shock térmico llegándose a obtener 11.20 horas, seguidos por los métodos de sacrificio; anestesia 11.17 horas; shock eléctrico 10.83 horas y asfixia 1.68.43 horas, respectivamente como se muestra el gráfico-N° 04.

Grafico N° 04. Tiempo total de duración en horas del rigor mortis en los diferentes métodos de sacrificio en truchas.



Fuente: Elaboración propia

Al establecer el Análisis de Varianza, se pudo observar que existen diferencias estadísticas significativa ($p < 0.05$) en el tiempo total de duración del rigor mortis por el efecto del método de sacrificio en truchas. (Cuadro N° 06)

CUADRO N° 06. Análisis de varianza para el tiempo total en horas del rigor mortis con los diferentes métodos de sacrificio en truchas.

ANAVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	84,820	3	28,273	138,463	,000
Intra-grupos	12,252	60	,204		
Total	97,072	63			

Fuente: Elaboración propia

Realizada la prueba de Tukey (Cuadro N° 07), se concluye que los métodos de sacrificio tuvieron efecto significativo sobre el tiempo total medio de duración del rigor mortis, los mayores tiempos totales medios de duración del rigor mortis fueron alcanzados por los métodos de sacrificio; shock térmico (T3) 11.20 horas, anestésico (T2) 11.17 horas, y shock eléctrico(T4) 10.83 horas; el método de sacrificio por asfixia (T1) con tiempo total medio de duración 8.43 horas constituye el tiempo de duración inferior,

El mayor tiempo total medio de duración del rigor mortis fue registrado con el método de sacrificio por shock térmico (T3) 11.20 horas.

Cuadro N° 07. Prueba Tukey para el tiempo total en horas del rigor mortis con los diferentes métodos de sacrificio en truchas.

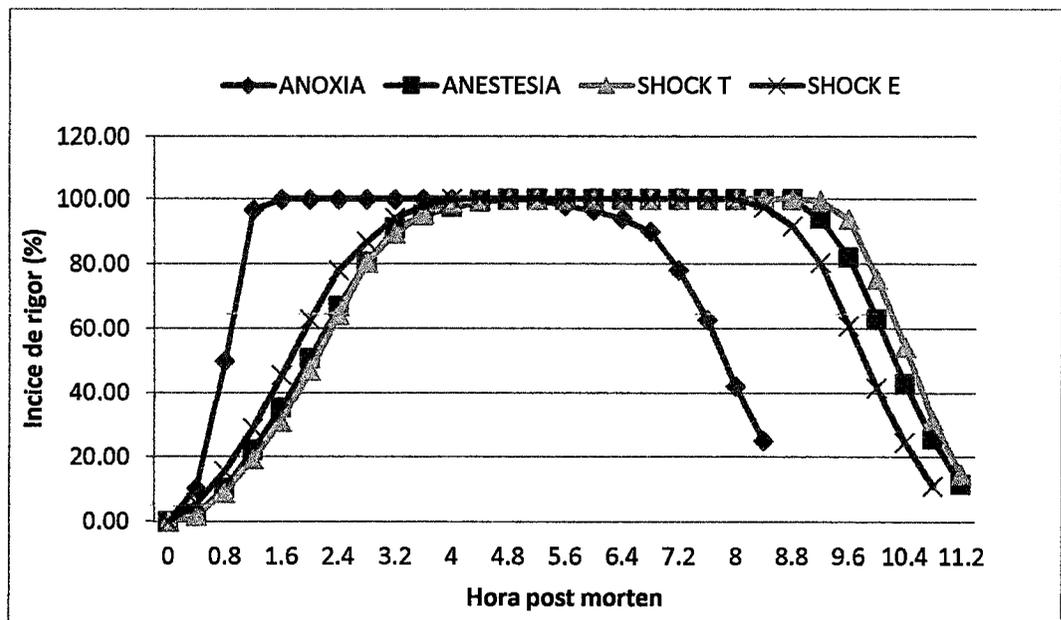
METODO DE SACRIFICIO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
ASFIXIA	16	8,43	
SHOCK ELÉCTRICO	16		10,83
ANESTESICO	16		11,17
SHOCK TÉRMICO	16		11,20
Sig.		1,000	,103

Fuente: Elaboración propia

Índice de rigor

El método de sacrificio de trucha (afixia, anestésico, shock térmico y shock eléctrico) pueden acelerar o retrasar el inicio de rigor. El rigor mortis es el evento más notable de los cambios post mortem que afecta las propiedades físicas del músculo. Este aparece en la trucha pocas horas después de su muerte y se manifiesta por la rigidez e inextensibilidad de los músculos, debido a la imposibilidad de los puentes cruzados de desunirse de los filamentos de actina a causa de ausencia de ATP. Grafico N° 05.

Grafico 05. Efecto de los métodos de sacrificio en horas sobre los cambios en el índice de rigor en truchas.



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el progreso del rigor mortis, depende del método de sacrificio; las tasas más aceleradas de contracción muscular se presentan en las truchas sacrificados por el método de asfixia, alcanzando el 100% de rigor después de 1.6 horas. Con el método de sacrificio de anestesia el estado de máxima contracción se alcanza después de 4.4 horas, mientras con los métodos de sacrificio de shock térmico y shock eléctrico el valor máximo de contracción alcanzan a los 4.0 y 3.6 horas.

Posterior al endurecimiento muscular, se observa un periodo característico por la disminución de índice de rigor, manifestándose después de 5.6 horas con el método de anoxia y 9.2, 9.2, 8.4 horas para los métodos de anestesia, shock térmico, shock eléctrico.

La disminución en el índice de rigor podría ser el resultado de la hidrólisis no enzimática de algunas proteínas estructurales del músculo, tal es el caso de la hidrólisis en los fragmentos de la conectina, nebulina, α -actina, troponina t y troponina i, cuando se encuentran presentes en el músculo concentraciones de Ca^{2+} superiores a 0.1 mM. H.H. Huss (1999).

4.2 Discusión

- Las truchas sacrificadas por el método de sacrificio por asfixia son altamente estresadas que aquellos sacrificados por el método de anestesia, shock térmico y shock eléctrico quienes presentaron bajos niveles de estrés y como consecuencia el tiempo de duración del pre rigor y rigor es más prolongado lo mismo que compartimos con Robb, (2001) quien menciona que los peces altamente estresados, todos los músculos estable el rigor muy rápidamente y al mismo tiempo. Como resultado, el pescado entero es muy rígido y difícil de procesar. En el pescado con un bajo nivel de actividad, sólo algunos músculos se han utilizado y estos son los que primero entran en rigor mortis, mientras que los otros lo hacen más tarde. Debido a esta diferencia en el tiempo, no todos los músculos son de rigor, al mismo tiempo, de modo que los peces como un todo es menos rígida
- El método de sacrificio por asfixia produjo la agonía prolongada donde trucha muere luchando con una actividad física notable generando alto nivel de estrés y esto genera reducción de energía en los músculos y en consecuencia se da el desarrollo temprano del rigor mortis lo cual corroboramos con María C. (2004) quien menciona que muchos cambios desfavorables en el músculo del pescado post mortem, aparentemente están relacionados en primer grado de depleción de los metabolitos musculares ante mortem y esto a su vez directamente relacionado con el grado de ejercicio y/o estrés al que son sometidos los animales antes de su matanza así como el manejo ante mortem y la técnicas de matanza influyen en el inicio del rigor mortis.
- **Roth, B et al., (2002)** sostiene que el método de sacrificio por shock eléctrico es un método adecuado de insensibilización, con el fin de evitar el estrés y mejorar

la calidad de carne, además de considerar este método éticamente más aceptable que otros. Por su parte el sacrificio por hipotermia permite obtener el más rápido inicio del rigor.

- **Acerete et al., 2009.** en su trabajo de comparación de dos métodos de aturdimiento y matanza sobre respuesta al estrés y los indicadores de calidad de la lubina menciona que el método de sacrificio por shock térmico reduce rápidamente el metabolismo de los peces al disminuir la temperatura. Esto se debe a un decrecimiento de la actividad muscular, los músculos se paralizan por el frío, con el tiempo de exposición suficiente el pez termina muriendo. Se ha demostrado que la temperatura letal para los peces es 1°C. El tiempo de muerte es más largo que por asfixia ya que la tasa metabólica de los peces es menor a baja temperatura, el oxígeno se utiliza al menos durante un tiempo. El cual concordamos con los resultados obtenidos en presente trabajo donde se obtuvo el tiempo duración de muerte por el método de sacrificio por anoxia (asfixia) fue de 982.50 ± 256.32 en comparación del método de sacrificio por shock térmico 1920.00 ± 223.43 .
- En este estudio el tiempo total de duración del rigor mortis tanto para el método de sacrificio por anestesia y método de sacrificio por shock térmico fue relativamente lenta en comparación al método de sacrificio por anoxia y shock eléctrico. La resolución de rigor es principalmente debido a la acción de la proteólisis endógena que dan lugar a la rotura de las proteínas miofibrilares, en el sacrificio por anestesia y método de sacrificio por shock térmico la resolución rigor se retrasa debido al menor daños físicos de miotomas y al tejido muscular, debido a las contracciones musculares menos vigorosas en consecuencia se llevara una mínima liberación de enzimas endógenas.

CONCLUSIONES

- El endurecimiento muscular que se presenta en la trucha, a las pocas horas después que este muere, es conocido como el rigor mortis, el cual es una manifestación física de diferentes reacciones bioquímicas que se suceden en el músculo de pescado.
- La trucha que muere luchando y estresado, es una trucha en cuya carne tendrá una duración corta del rigor mortis y una aceleración del proceso de putrefacción demostrándose por la instauración del rigor mortis más rápidamente en las truchas sacrificadas por el método de asfixia que aquellos sacrificados por anestesia, shock térmico, shock eléctrico respectivamente.
- Las truchas deben de ser aturridos antes del sacrificio para que puedan ser sacrificados sin ningún estrés. Este aspecto ético asume también una importante necesidad comercial ya que la condición de estrés en el sacrificio influye en la condición endocrina y en los procesos bioquímicos post mortem, principalmente la glucólisis anaerobia y la tasa de degradación del ATP. Esto influye marcadamente en la aparición del rigor mortis y por tanto en la evolución de la frescura de la carne.
- En cuanto a los métodos que se utilizan en el sacrificio de las truchas, es evidente que aquellos que provocan un alto nivel de estrés, no solo afectan a su bienestar sino al valor de la producción. Como regla general, un método de sacrificio óptimo debería dejar al pez en un estado de inconsciencia previo a la muerte sin que exista ninguna sensación de excitación, dolor o pánico que pueda evitarse.
- Utilizar una adecuada matanza permite disminuir el nivel de estrés en los peces facilitando el posterior manejo aumentando de este modo el tiempo de inicio del rigor mortis.
- Desde el punto de vista de la frescura; es más ventajoso alargar el tiempo del inicio y la duración del rigor mortis.

RECOMENDACIONES

- El aceite de clavo es una sustancia empleada como aditivo alimentario puede ser utilizado con garantías de seguridad por los manipuladores, e incluso se usa en el sacrificio de los peces para el consumo humano al no tener periodo de retención, contribuyendo a una mejora de la calidad de la carne del pescado al eliminar los efectos secundarios del estrés de la captura. Sería interesante estudiar, asimismo, los posibles efectos positivos adicionales de este producto ya que en humanos se han descrito sus beneficios en el alivio de enfermedades digestivas, musculares, respiratorias y de la piel (Soto y Burhanuddin, 1995). De igual manera, sería aconsejable estudiar el olor o sabor que pudiera adquirir el pescado al emplear el aceite de clavo y su incidencia en la comercialización.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abe, H. y E. Okuma (1991). Progreso de rigidez cadavérica de carpa aclimatada a temperaturas diferentes de aguas, *Japón Suisan Gakkaishi*, 57, 2095-2100.
- Acerete, L., Reig, L., Álvarez, D., Flos, R., Tort, L. 2009. Comparación de dos métodos de aturdimiento / matanza en respuesta al estrés y los indicadores de calidad de la lubina (*Dicentrarchus labrax*). *Acuicultura* 287 139-144.
- Águila, M. (2003). "Competencia internacional en el mercado del salmón". *Revista Aquanoticias*. Vol 15 (75): 47 – 49.
- Anderson, W. G., R. S. McKinley, M. Colavecchia. 1997. The use of clove oil as an anesthetic for rainbow trout and its effects on swimming performance. *North American Journal of Fisheries Management*, 17: 301-307.
- Aoshima, H., y K. Hamamoto. 1999. Potentiation of GABAA receptors expressed in *Xenopus oocytes* by perfume and phytoncid. *Bioscience, biotechnology and biochemistry* 64: 743-748.
- Avila M., Bravo, S. (2005). "Cosecha, calidad y welfare". *Revista Versión diferente*. Vol 2(3): 13 – 15.
- Avila M., Bravo, S. (2005). "Rigor mortis y calidad en el proceso del salmón". *Revista Versión diferente*. Vol 2 (3): 9 – 11.
- Azam, K., I.M. Mackie y J. Smith 1990. Efecto de métodos aturdidores durante el tiempo de inicio, duración y resolución de rigor en trucha de arco iris (*Salmo gairdneri*) como medido por observación visual y análisis para ácido láctico, productos de degradación de nucleótido y glycogen.
- PBito M, Yamada K, Mikumo Y, and Amano K. (1983). Studies on rigor mortis of fish I. Difference in the mode of rigor mortis among some varieties of fish by modified Cutting's method. *Bull Tokai Reg Fish Res Lab*;109:89-96.

- Bito, M., Yamanada, K., Mikumo, Y. and Amano, K. 1983. Studies on rigor mortis of fish. I. Difference in the mode of rigor mortis among some varieties of fish by modified Cutting's methods. Bulletin Tokai Reg Fish Res Lab. 109: 89-96.
- Carlos Olivera, (2000). Guía didáctica de deterioro del pescado, Universidad la República.
- Chiba, A., M. Hamaguchi, M. Kosaka, T. Tokuno, T. Asai, y S. Chichibu (1991). Evaluación de calidad de carne por ³¹phosphorus-resonancia-magnética-nuclear. J. FoodSci. 56, 660-664.
- Cho, G. K., y D. D. Heath. 2000. Comparison of tricainemethanesulphonate (MS222) and clove oil anaesthesia effects on the physiology of juvenile chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum). Aquaculture Research, 31: 537-546.
- Chrousos, G. P., y P. W. Gold. 1992. The concepts of stress and stress system disorders. Overview of physical and behavioral homeostasis. Journal of the American Medical Association, 267: 1244-1252.
- Dag Moller. 2005. Procedimiento Para Sacrificar Pescado, Revista Científica, N° Publicación 2 235 541- España.
- Departamento de investigación Aquastar – Chile. (2005). "Sistema noqueador" Revista Versión diferente.". Vol 2 (2):22 – 23.
- Elisabetta Tomé, Manuel Perez y Makie Kodaira 2001. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la degradación de ATP y sus metabolitos en la chacama (*Cachama* sp.) cultivada. Revista científica, FCV – LUZ/ Vol. XI, N° 4. Universidad Central de Venezuela.
- Elisabetta Tomé, Maybelyn Iglesias, Makie Kodaira y Anibal Gonzalez. 2000. Efecto de almacenamiento en el rigor mortis y en la estabilidad de la tilapia (*Oreochromis* spp.) cultivada. Revista científica, FCV – LUZ/ Vol. X, N° 4. Universidad Central de Venezuela.
- Erikson, U., Hultmann, L., Steen, J.E., 2006. Live chilling of Atlantic salmon (*Salmo*

- salar) combined with mild carbon dioxide anaesthesia I. Establishing a method for largescale processing of farmed fish. *Aquaculture* 252, 183–198.
- García-Gómez, A., F. Gándara, T. Raja. 2002. Utilización del aceite de clavo, *Syzygium aromaticum* L. (Merr. & Perry), como anestésico eficaz y económico para labores rutinarias de manipulación de peces marinos cultivados. *Boletín Instituto Español de Oceanografía*, 18: 21-23.
 - Guenette, S. A., F. Beaudry, J. F. Marier, P. Vachon. 2006. Pharmacokinetics and anesthetic activity of eugenol in male Sprague-Dawley rats. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 29: 265-270.
 - H.H. Huss 1999 *El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de su Calidad* FAO Laboratorio Tecnológico Ministerio de Pesca Dinamarca
 - Hajek, G. J., B. Kłyszajko, R. Dziaman. 2006. The anaesthetic effect of clove oil on common carp, *Cyprinus carpio* L. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 36: 93-97.
 - Héctor S. M., Alicia F., Luis H., Sandra P., Misael C., (2007) pérdida de textura post mortem de la carne de pescado durante el almacenamiento en frío. *Acta biológica, Colombia*, Vol. 12 N° 1.
 - Huidobro, A., R. Mendes y M.L. Nunes. 2001. Slaughtering of gilthead seabream (*Sparus aurata*) in liquid ice: influence on fish quality. *Eur. Food Res. Technol.* 213:267-272.
 - Iversen, M., B. Finstad, R. S. MacKinley, R. A. Eliassen. 2003. The efficacy of metomidate, clove oil, Aqui-S™ and Benzoak® as anaesthetics in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts, and their potential stress-reducing capacity. *Aquaculture*, 221: 549-566.
 - J.V. McLoughlin y J.A. Ryan y (1992). Los efectos de atontar y métodos de matanza sobre cambios de músculo esquelético y calidad de pescado cultivado. *Actas de TNO, Países Bajos. Mejora de Conferencia Internacional y Utilización de Productos de Piscifactoría.*
 - Keene, J. L., y D. L. G. Noakes, R. D. Moccia, C. G. Soto. 1998. The efficacy of

- clove oil as an anaesthetic for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 29: 89-101.
- King, W. V., B. Hooper, S. Hills Grove, C. Benton, D. L. Berlinsky. 2005. The use of clove oil, metomidate, tricainemethanesulphonate and 2-phenoxyethanol for inducing anaesthesia and their effect on the cortisol stress response in black sea bass (*Centropristis striata* L.). *Aquaculture Research*, 36: 1442- 1449.
 - Lowe, T.E., J.M. Ryder, J.F. Carragher y R.M.G. Wells. 1993. Flesh quality in snapper (*Pagrus auratus*), affected by capture stress. *Journal of Food Science* 58 (4): 770-774.
 - Maria C. G. P. (2004) estrés en salmonídeos: sus efectos sobre la variable fisiológicas y calidad de la carne. Tesis Universidad Austral de Chile.
 - Morzel, M. and van de Vis, H. 2003. Effects of the slaughter method on the quality of raw and smoked eels (*Anguilla Anguilla* L.). *Aquac Res*, 34: 1-11.
 - Mylonas, C. C., G. Cardinaletti, I. Sigelaki, A. Polzonetti-Magni. 2005. Comparative efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol as anesthetics in the aquaculture of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) at different temperatures. *Aquaculture*, 246: 467- 481.
 - Riquelme, E. (2005). "Cosecha la hora de la verdad". *Revista de Salmonicultura*. Vol 7 (66): 14-16
 - Olsen, S.H., Sorensen, N.K., Stonno, S.K., Elvevoll, E.O., 2006. Effect of slaughter methods on blood spotting and residual blood in fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 258, 462–469.
 - Regost, C.; Arzel, J.; Cardinal, M.; Laroche, M. Y Kaushik, S.J. 2001. Fat deposition and flesh quality in seawater reared, triploid brown trout (*Salmo trutta*) as affected by dietary fat levels and starvation. *Aquaculture* 193: 325-345
 - Riquelme, E. (2005). "Cosecha la hora de la verdad". *Revista de Salmonicultura*. Vol 7 (66): 14 – 16.
 - Robb, D. 2001 la relación entre métodos de sacrificio y la calidad sobre la calidad

del Pez Cultivado (ed. S. C. El Kestin y P. D. Warriss), pp. 220-233. Oxford: Blackwell La ciencia.

- Robb, D.H.F., Phillips, A.J., Kestin, S.C., 2003. Evaluation of methods for determining the prevalence of blood spots in smoked Atlantic salmon and the effect of exsanguination method on prevalence of blood spots. *Aquaculture* 217, 125-138.
- Ross, L. G., y B. Ross. 1999. *Anaesthetic and Sedative Techniques for Aquatic Animals*. BlackwellScience, Oxford, pp. 5-88.
- Roth B. Moeller, J. Veland, A. Imsland, E. Slinde, (2002). El efecto del método de sacrificio sobre el rigor mortis y propiedades de textura del salmon atlántico (*Salmo salar*). *J. Food Sci* 67:1462-1466.
- Saito, T., K., Arai and M. Matsuyoshi (1959). A new method for estimating the freshness offish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 24, 749- 50.
- Sigholt, T., U. Erikson, T. Rustad, S. Johansen, T.S. Nordvedt y A. Seland. 1997. Handling stress and storage temperature affect meat quality of farmed-raised atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Food Science* 62 (4): 898-905.
- Skjervold PO, SO Fjara, PB Ostby. 1999. Rigor in Atlantic salmon as affected by crowding stress prior to chilling before slaughter. *Aquaculture* 175, 93-101.
- Soto, C. G. y C. G. Burhanuddin. 1995. Clove oil as a fish anaesthetic for measuring length and weight of rabbitfish (*Siganus lineatus*). *Aquaculture* 136: 149-152.
- Suárez, M.D. et al 2004. Cambios bioquímicos post mortem en el músculo de la dorada, departamento de biología aplicada. la cañada de san urbano sn. Universidad de Almería. 04120almería (españa) dsuarez@ual.es
- Uchiyama, H. and S. Ehira (1974). Relation between freshness and acid-soluble nucleotides in aseptic cod and yellowtail muscles during ice storage. *Bull. Tokai Reg. Fish. Lab.* 78, 23-31.
- Urbieta, F.J. y R. Ginés. 2000. Optimization of slaughtering method in gilthead sea

bream (*Sparus aurata*). Industrial application in fish farms. *Cahiers Options Méditerranéennes* 51: 71-77.

- Valdimarsson, G., A. Matthiasson and G. Stefansson (1984). The effect of onboard bleeding and gutting on the quality of fresh, quick frozen and salted products. In: A. Moller (ed.) *Fifty-years of fisheries research in Iceland*. Icelandic Fisheries Laboratory, Reykjavik, Iceland. 61-72.
- Wie, M. B., M. H. Won, K. H. Lee, J. H. Shin, J. C. Lee, H. H. Suh, D. K. Song, Y. H. Kim. 1997. Eugenol protects neuronal cells from excitotoxic and oxidative injury in primary cortical cultures. *Neuroscience Letters*, 225: 93- 96.
- Woolsey, J., M. Holcomb, R. L. Ingermann. 2004. Effect of temperature on clove oil anesthesia in steelhead fry. *North American Journal of Aquaculture*, 66: 35-41.
- Yang, B. H., Z. G. Piao, Y. B. Kim, C. H. Lee, J. K. Lee, J. S. Kim, S. B. Oh. 2003. Activation of vanilloid receptor 1 (VR1) by eugenol. *Journal of Dental Research*, 82: 781-785.

ANEXO

CUADROS

REGISTROS**Cuadro N° 08. Tiempo de sedación de truchas en los diferentes métodos de sacrificio.**

	Tiempo de sedación en s.			
	ASFIXIA	ANESTESIA	SHOCK T	SHOCK E
1	1560	240	1920	5
2	600	240	1680	5
3	1020	240	1800	5
4	720	270	1800	5
5	1080	276	2220	5
6	600	300	1740	5
7	780	240	2100	5
8	900	240	1980	5
9	1140	240	2340	5
10	1140	240	2280	5
11	900	276	1920	5
12	960	288	1680	5
13	780	240	1860	5
14	1080	252	1620	5
15	1200	240	1740	5
16	1260	240	2040	5
PROMEDIO	982.50	253.88	1920.00	5.00
Ds	256.32	20.75	223.43	0.00

**Cuadro N° 09. Peso de las unidades muestrales (truchas) en los
diferentes métodos de sacrificio.**

Repetición	Peso en Kg.			
	ASFIXIA	ANESTESIA	SHOCK T	SHOCK E
1	245	243	263	259
2	254	253	257	246
3	263	248	246	255
4	248	256	264	264
5	253	255	257	249
6	239	248	245	248
7	256	243	245	251
8	243	245	246	257
9	267	256	254	257
10	245	259	253	263
11	257	258	251	241
12	258	256	244	240
13	249	249	246	255
14	261	247	248	253
15	256	261	255	251
16	265	255	249	249
PROMEDIO	253.69	252.00	251.44	252.38
Ds	8.25	5.83	6.43	6.92

Cuadro N° 10. Registro de duración del pre-rigor en horas en los diferentes métodos de sacrificio en truchas (asfixia, anestesia, shock térmico, shock eléctrico).

N°	METODO DE SACRIFICIO			
	ASFIXIA	ANESTESIA	SHOCK T	SHOCK E
1	1.42	4.52	2.92	2.25
2	1.28	4.02	2.98	2.28
3	0.88	3.08	3.40	4.02
4	1.42	3.37	2.83	2.30
5	0.95	3.47	2.57	3.10
6	1.53	3.45	4.48	4.02
7	1.53	3.37	4.48	3.10
8	1.47	2.78	3.38	2.28
9	0.95	3.13	2.78	3.27
10	0.95	2.63	3.47	2.60
11	1.38	3.15	3.78	2.60
12	1.23	2.75	3.15	3.13
13	1.30	2.83	3.73	3.48
14	0.98	3.00	2.52	2.02
15	0.95	3.53	2.70	2.60
16	0.98	3.78	2.80	2.33
PROMEDIO	1.20	3.30	3.25	2.84

Cuadro n° 11. Registro de duración del rigor en horas en los diferentes métodos de sacrificio en truchas (asfixia, anestesia, shock térmico, shock eléctrico).

N°	METODO DE SACRIFICIO			
	ASFIXIA	ANESTESIA	SHOCK T	SHOCK E
1	4.95	4.97	6.85	6.85
2	4.58	5.05	6.62	6.70
3	5.85	6.00	6.28	4.92
4	6.10	6.08	6.63	6.92
5	6.25	5.42	6.98	5.08
6	5.83	5.55	4.88	5.32
7	6.20	6.58	5.02	5.20
8	6.15	6.10	6.40	6.75
9	5.72	6.18	6.83	5.87
10	5.70	6.43	5.92	6.42
11	5.32	6.07	5.65	5.95
12	3.87	6.90	6.22	5.58
13	5.97	6.90	5.55	5.82
14	5.72	7.00	6.88	6.00
15	5.82	5.33	6.98	5.82
16	5.73	5.92	6.33	6.65
PROMEDIO	5.61	6.03	6.25	5.99

CUADRO N° 12. Registro de duración del post-rigor en horas en los diferentes métodos de sacrificio en truchas (asfixia, anestesia, shock térmico, shock eléctrico).

Repetición	METODO DE SACRIFICO			
	ASFIXIA	ANESTESIA	SHOCK T	SHOCK E
1	1.67	1.93	1.68	1.98
2	1.42	1.82	1.55	1.90
3	1.70	1.73	1.55	1.98
4	1.58	2.10	1.75	1.98
5	1.62	1.62	2.08	1.88
6	1.73	1.97	1.57	1.97
7	1.48	1.92	1.83	2.18
8	1.60	1.93	1.52	1.83
9	1.77	1.70	1.60	1.77
10	1.57	1.67	1.63	1.92
11	1.80	2.23	1.93	2.25
12	1.48	1.82	1.75	1.92
13	1.25	1.73	1.72	1.92
14	1.65	1.63	1.92	2.22
15	1.63	1.90	1.47	2.18
16	1.97	1.68	1.63	2.17
PROMEDIO	1.62	1.84	1.70	2.00

CUADRO N° 13. Registro de duración total del rigor mortis en horas en los diferentes métodos de sacrificio en truchas (asfixia, anestesia, shock térmico, shock eléctrico).

Repetición	METODO DE SACRIFICIO			
	ASFIXIA	ANESTESIA	SHOCK T	SHOCK E
1	8.03	11.42	11.45	11.08
2	7.28	10.88	11.15	10.88
3	8.43	10.82	11.23	10.92
4	9.10	11.55	11.22	11.20
5	8.82	10.50	11.63	10.07
6	9.10	10.97	10.93	11.30
7	9.22	11.87	11.33	10.48
8	9.22	10.82	11.30	10.87
9	8.43	11.02	11.22	10.90
10	8.22	10.73	11.02	10.93
11	8.50	11.45	11.37	10.80
12	6.58	11.47	11.12	10.63
13	8.52	11.47	11.00	11.22
14	8.35	11.63	11.32	10.23
15	8.40	10.77	11.15	10.60
16	8.68	11.38	10.77	11.15
PROMEDIO	8.43	11.17	11.20	10.83

Cuadro N° 14. Registro de índice de rigor por el método de sacrificio de asfixia

Tiempo en horas																									
	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4	2.8	3.2	3.6	4	4.4	4.8	5.2	5.6	6	6.4	6.8	7.2	7.6	8	8.4	8.8	9.2	
1	0.0	9.8	48.5	93.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.5	72.4	51.0	35.2	18.0	0.0	0.0	
2	0.0	9.5	55.3	97.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.0	85.0	68.2	42.4	21.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3	0.0	10.5	55.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.0	75.0	53.1	36.5	15.0	0.0	0.0	
4	0.0	11.0	56.0	91.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.0	78.4	54.2	38.7	28.0	
5	0.0	11.5	48.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.0	53.2	24.0	0.0	0.0
6		9.8	48.5	93.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.0	68.0	45.2	31.4	15.0
7	0.0	9.7	49.9	89.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.0	69.5	39.2	19.0
8	0.0	11.5	54.6	98.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	78.0	62.4	38.0	19.0
9	0.0	12.0	61.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.3	78.2	56.3	35.0	24.0	0.0	0.0	
10	0.0	13.0	53.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.5	69.1	53.4	34.0	13.0	0.0	0.0	
11	0.0	9.4	43.5	93.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.8	73.0	45.3	29.5	9.8	0.0	0.0	
12	0.0	8.9	43.5	98.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.0	68.0	48.0	21.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
13	0.0	9.5	44.6	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	86.0	43.0	24.0	0.0	0.0
14	0.0	9.8	43.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.1	73.2	51.4	32.3	11.0	0.0	0.0	
15	0.0	9.3	38.8	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.0	51.3	25.6	10.0	0.0	0.0
16	0.0	10.5	51.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	94.8	76.3	58.0	36.0	21.0	8.0	0.0	
ȳ	0	10.4	49.8	96.9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99.9	98.0	96.6	94.1	90.1	78.0	62.7	42.1	25.1	9.7	5.1	

Cuadro N° 15. Registro de índice de rigor por el método de sacrificio de anestesia

Tiempo en horas																															
	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4	2.8	3.2	3.6	4	4.4	4.8	5.2	5.6	6	6.4	6.8	7.2	7.6	8	8.4	8.8	9.2	9.6	10	10.4	10.8	11.2		
1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	11.5	21.5	35.5	48.7	60.7	75.8	87.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.5	67.5	45.6	25.3	16.9	
2	0.0	0.0	0.0	8.5	13.4	21.5	35.4	50.5	62.4	73.8	86.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.3	63.5	43.5	27.5	15.8	0.0	
3	0.0	0.0	8.7	11.5	21.5	49.8	68.9	86.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	85.4	71.0	49.7	27.6	13.8	0.0	
4	0.0	0.0	6.5	15.5	35.4	51.3	65.3	78.5	89.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.4	64.2	45.2	28.3	19.8	
5	0.0	0.0	8.7	18.5	38.2	51.3	68.5	78.5	98.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	83.8	65.2	42.1	21.1	9.4	0.0
6	0.0	0.0	11.2	23.5	31.5	48.9	63.5	78.8	95.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	92.1	71.2	53.4	34.2	17.6	0.0
7	0.0	0.0	7.0	24.3	30.2	45.3	61.5	83.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	83.7	64.2	43.5	31.2	
8	0.0	9.8	18.7	36.5	46.8	69.7	86.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	83.2	65.2	41.2	25.4	10.5	0.0
9	0.0	0.0	15.3	39.5	48.7	68.7	79.5	93.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	81.2	61.3	38.5	23.4	9.3
10	0.0	9.8	18.0	36.8	53.5	72.3	95.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	86.2	65.4	46.5	22.3	8.6	0.0
11	0.0	0.0	11.2	21.7	39.5	51.2	69.5	85.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	87.6	67.3	47.8	32.3	18.4
12	0.0	7.1	25.4	43.5	59.8	71.5	98.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	82.7	59.7	38.5	21.3
13	0.0	8.7	21.5	35.6	52.3	68.7	87.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	83.4	65.4	42.3	24.3
14	0.0	0.0	12.3	24.5	35.4	56.7	74.1	85.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	78.5	56.5	31.5
15	0.0	0.0	0.0	15.4	35.7	45.3	58.4	72.5	87.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	85.0	65.4	38.8	22.6	11.2	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	15.8	28.7	36.8	61.2	75.6	86.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	82.1	61.2	32.5	14.2
ȳ	0.0	2.2	10.3	22.2	35.3	50.8	66.9	80.6	91.1	95.1	97.6	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	94.1	82.2	63.0	42.9	25.6	11.7

Cuadro N° 16. Registro de índice de rigor por el método de sacrificio shock térmico

Tiempo en horas																														
	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4	2.8	3.2	3.6	4	4.4	4.8	5.2	5.6	6	6.4	6.8	7.2	7.6	8	8.4	8.8	9.2	9.6	10	10.4	10.8	11.2	
1	0.0	0.0	12.3	24.5	35.4	56.7	74.1	85.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	91.5	73.4	45.8	27.4
2	0.0	0.0	10.5	21.5	32.4	53.8	73.5	98.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	81.5	58.4	35.7	10.2
3	0.0	0.0	0.0	16.4	26.5	36.6	57.5	75.6	91.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	85.4	62.5	39.5	12.3
4	0.0	0.0	14.2	24.6	34.5	54.8	75.6	97.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.7	72.5	56.4	31.7	13.5
5	0.0	9.3	18.3	29.3	43.4	68.5	89.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.2	73.8	62.5	43.5	23.4
6	0.0	0.0	0.0	8.6	18.5	26.4	37.5	48.7	62.5	75.8	92.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.4	73.5	53.4	27.4	10.3
7	0.0	0.0	0.0	7.9	15.7	28.4	41.5	54.6	67.7	82.4	92.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	91.5	69.2	48.9	24.5	17.9
8	0.0	0.0	8.9	18.3	29.7	41.5	56.4	71.7	86.7	97.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.7	65.1	38.4	18.3
9	0.0	0.0	10.3	23.1	37.5	52.5	72.8	95.3	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	86.5	59.7	35.7	15.6
10	0.0	0.0	0.0	14.3	26.4	41.2	56.7	70.5	86.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	91.8	71.5	49.7	24.4	10.3
11	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	25.1	37.8	51.6	68.5	89.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.5	67.5	41.7	29.5	18.7
12	0.0	0.0	15.2	25.4	36.0	53.4	71.7	88.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.9	68.7	39.7	18.8	12.3
13	0.0	0.0	0.0	5.8	13.5	25.6	38.8	51.7	68.7	85.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.9	63.5	45.6	23.4	11.2
14	0.0	9.7	18.8	31.5	45.7	62.8	82.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	91.8	72.4	52.3	32.5	15.7
15	0.0	10.0	22.7	34.3	51.4	68.7	87.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	88.5	65.7	43.5	18.8
16	0.0	0.0	12.4	25.6	39.4	56.4	75.0	98.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.4	75.3	51.8	35.4	13.4	0.0
Y	0.0	1.8	9.0	19.4	31.0	47.0	64.2	80.5	89.5	95.7	99.1	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	93.9	75.5	54.4	31.7	14.7

Cuadro N° 17. Registro de índice de rigor por el método de sacrificio shock eléctrico

Tiempo en horas																																
	0	0.4	0.8	1.2	1.6	2	2.4	2.8	3.2	3.6	4	4.4	4.8	5.2	5.6	6	6.4	6.8	7.2	7.6	8	8.4	8.8	9.2	9.6	10	10.4	10.8	11.2			
1	0.0	9.7	21.5	45.2	67.6	89.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.7	68.7	51.8	35.7	24.5	9.8		
2	0.0	10.7	25.7	47.8	68.7	87.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	91.5	72.6	50.4	29.7	10.5	0.0		
3	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	20.5	36.5	46.8	65.4	87.4	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	89.2	66.7	41.5	20.8	10.2	0.0		
4	0.0	11.3	26.4	41.8	63.4	81.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	81.5	60.4	43.2	21.5	11.2		
5	0.0	0.0	9.8	19.7	31.6	55.7	65.5	81.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.6	72.8	50.4	25.3	10.3	0.0	0.0	
6	0.0	0.0	0.0	0.0	11.4	19.3	32.7	47.8	66.7	83.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	86.7	63.5	45.7	21.4	12.7		
7	0.0	0.0	8.4	14.6	28.7	43.5	63.4	81.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	87.5	69.7	51.4	32.5	21.5	14.3	0.0	0.0
8	0.0	9.8	18.7	38.7	65.6	82.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	91.8	70.8	49.5	24.5	13.7	0.0		
9	0.0	0.0	0.0	11.2	21.5	32.5	50.6	71.8	91.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	95.4	71.6	51.8	28.5	14.7	0.0		
10	0.0	11.3	23.6	35.7	52.7	70.8	91.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	90.5	72.5	51.6	30.4	14.3	0.0		
11	0.0	9.5	18.4	31.5	48.7	69.8	90.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	91.7	72.5	50.6	30.4	19.4	9.6	0.0	
12	0.0	0.0	15.4	29.5	41.5	57.4	71.5	85.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	92.7	69.4	49.7	29.7	14.5	0.0	0.0	
13	0.0	0.0	0.0	13.4	27.4	43.8	61.5	75.5	85.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	85.4	66.7	43.5	21.6	10.5		
14	0.0	10.4	38.4	56.4	81.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	81.5	60.8	41.5	23.7	13.5	0.0	0.0	0.0
15	0.0	9.8	15.6	30.5	43.6	68.3	86.7	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	81.9	61.8	43.8	22.5	11.2	0.0	0.0	
16	0.0	9.0	28.4	48.7	63.5	82.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	91.5	72.6	50.8	33.4	15.4	0.0		
ȳ	0.0	5.7	15.6	29.0	45.5	62.8	78.2	86.9	94.3	98.2	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	97.7	91.9	80.4	60.9	41.6	24.7	11.1	2.8

GALERIA DE FOTOGRAFIAS



FOTO 01. Piscigranja de la Municipalidad Distrital de Acoria



FOTO 02. Preparación para el ayuno

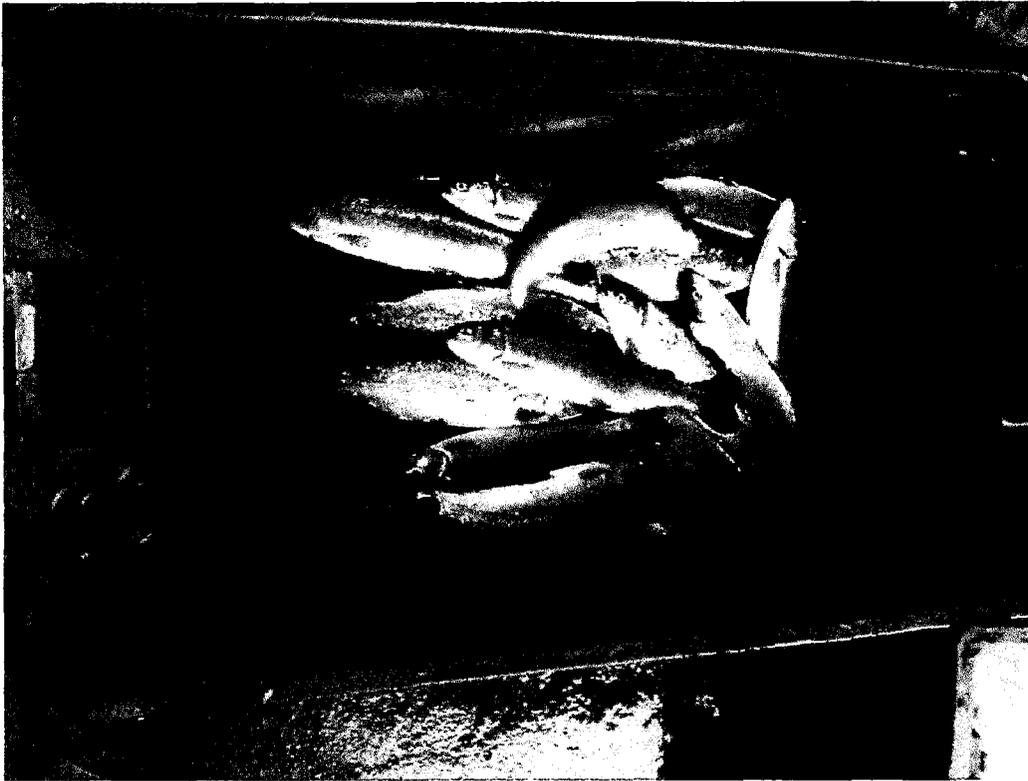


FOTO 03. Sacrificio de truchas por el método de anoxia



FOTO 04. Sacrificio de truchas por el método de anestesia



FOTO 05. Sacrificio de truchas por el método de shock térmico

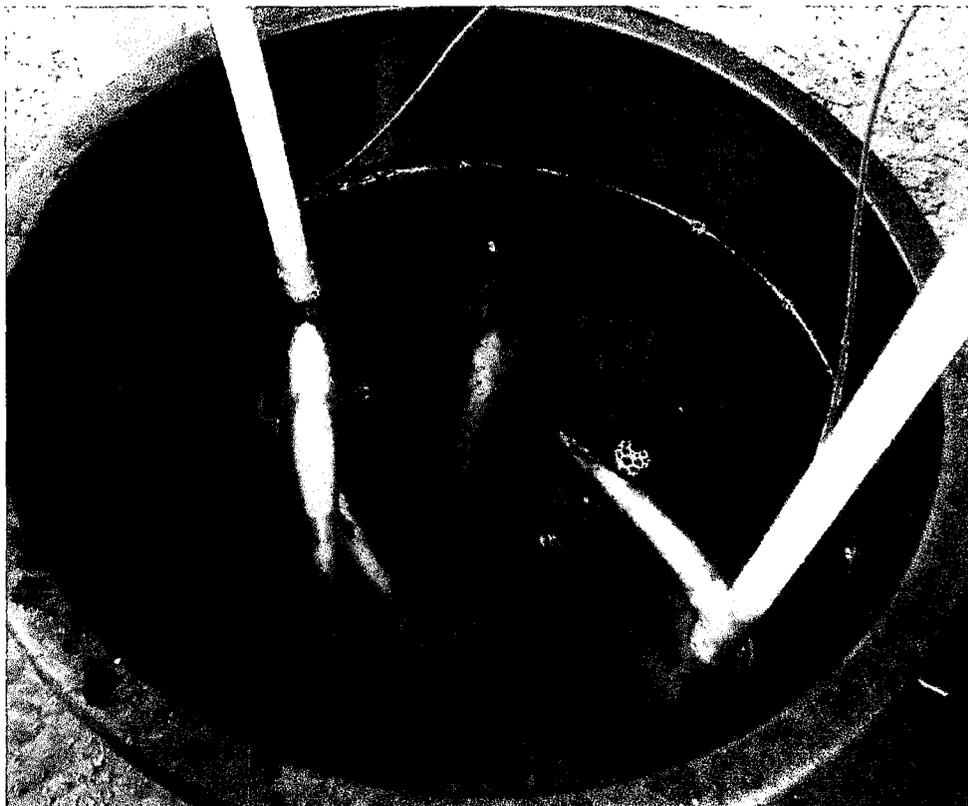


FOTO 06. Sacrificio de truchas por el método de shock eléctrico



FOTO 07. Indicador que los peces están inconcientes



FOTO 08. Sangrado e identificación



FOTO 09. Determinación del índice de rigor

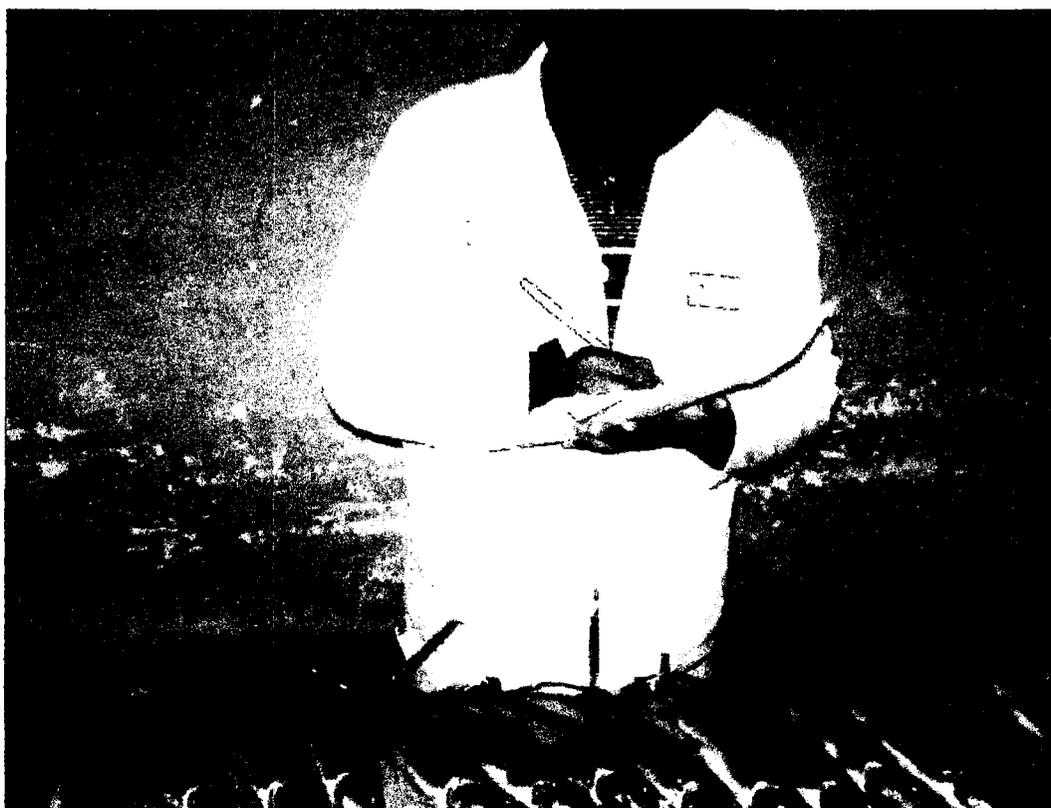


FOTO 10. Control de tiempo de rigor mortis