



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA CANAL Y DE LA
CARNE DE RANA TORO (*LITHOBATES
CATESBEIANUS*), ASÍ COMO DEL ALIMENTO DE SU
DIETA, PROVENIENTES DE GRANJAS DE PRODUCCIÓN
DE LOS ESTADOS DE JALISCO Y MORELOS**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

QUÍMICO DE ALIMENTOS

PRESENTA:

RODRIGO PADILLA CEREZO



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX

AÑO 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: Eduardo Mendoza Martínez

VOCAL: Profesor: Bertha Julieta Sandoval Guillén

SECRETARIO: Profesor: Juan Carlos Ramírez Orejel (Asesor)

1ER SUPLENTE: Profesor: Sandra Guzmán Aguirre

2DO SUPLENTE: Profesor: Miguel Ángel Hernández Valdepeña

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica. Laboratorio II, dependiente de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM (Circuito Exterior S/N, Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510).

ASESOR DEL TEMA:

M. en C. Juan Carlos Ramírez Orejel

SUPERVISOR TÉCNICO:

Dr. José Enrique Javier Olloqui Pang

SUSTENTANTE:

Rodrigo Padilla Cerezo

AGRADECIMIENTOS

A la Biól. Paula Merlene Castañeda Rodríguez y al Comité Estatal de Sanidad e Inocuidad Acuícola de Jalisco (CESAJ), A. C.

Al Dr. Enrique Corona Anaya, Dr. Aldo Jorge Castrejón y al Productor Maximino Mendoza Garrido.

A las granjas de producción de rana toro “Acuícola El Saltillo”, “Bigran-Ranícola La Purísima” y “Acuícola Frog Style”.

Por recibirnos con amabilidad, proporcionar las canales de rana toro y el compromiso en la realización del proyecto.

UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO

La Universidad de Guanajuato (División de Ciencias de la Vida) y
La Universidad Autónoma de Nuevo León (Facultad de Ciencias
Biológicas) otorgan la presente constancia a:

**R. Padilla-Cerezo, P. M. Castañeda-Rodríguez y J.C.
Ramírez-Orejuel**

Constancia No. CA2021CT1034

Por su valiosa participación como ponente del trabajo libre de investigación
con clave "AF-013" titulado "*Evaluación nutrimental de la dieta, calidad
de la canal y carne de rana toro (Lithobates catesbeianus)*" en el área de
"Funcionalidad alimentaria", presentado en el marco de actividades del

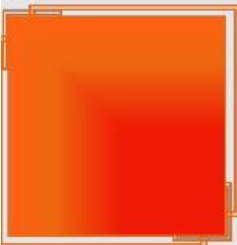
**XXII CONGRESO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
VII CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INNOVACIÓN Y
TENDENCIAS EN PROCESAMIENTO DE**

ALIMENTOS

Llevado a cabo el 16, 17 y 18 de junio del 2021 en la modalidad
virtual

Dr. Abel Cerón García
Director del Departamento de Alimentos
División Ciencias de la Vida - CIS
Universidad de Guanajuato

Dr. Juan Gabriel Báez González
Jefe del Departamento de Alimentos
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Autónoma de Nuevo León



2021

El trabajo fue presentado en el XXII CONGRESO NACIONAL DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍA DE VII CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INNOVACIÓN Y
TENDENCIAS EN PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS 2021.

UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO



La Universidad de Guanajuato (División de Ciencias de la Vida) y
La Universidad Autónoma de Nuevo León (Facultad de Ciencias
Biológicas) otorgan la presente constancia a:

**R. Padilla-Cerezo, P. M. Castañeda-Rodríguez, J. M.
Talamantes-Gómez, J.C. Ramírez-Órejel**

Constancia No. **CA2021CTI056**

Por su valiosa participación como ponente del trabajo libre de investigación con clave "TP-007" titulado "*Evaluación de la calidad de la carne de rana toro (*Lithobates catesbeianus*) almacenada en refrigeración (4° C) y congelación (-18° C)*" en el área de "*Tecnologías de procesamiento y conservación de alimentos*", presentado en el marco de actividades del

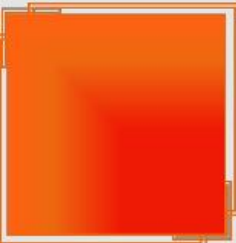
**XXII CONGRESO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE
VII CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INNOVACIÓN Y
TENDENCIAS EN PROCESAMIENTO DE**

ALIMENTOS

Llevado a cabo el 16, 17 y 18 de junio del 2021 en la modalidad virtual

Dr. Abel Cerón García
Director del Departamento de Alimentos
División Ciencias de la Vida - CIS
Universidad de Guanajuato

Dr. Juan Gabriel Báez González
Jefe del Departamento de Alimentos
Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Autónoma de Nuevo León



2021

ÍNDICE

Índice de Figuras	i
Índice de Tablas	vi
Símbolos y abreviaturas	viii
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVOS	8
Objetivo general	8
Objetivos particulares	9
HIPÓTESIS	11
Hipótesis general	11
Hipótesis particulares	12
1. CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	14
1.1. Antecedentes de la producción y consumo de la carne de la rana toro	15
1.1.1. Características fisiológicas de la rana toro	15
1.1.2. Producción de la rana toro a nivel internacional y nacional	17
1.1.3. Características de la producción de rana toro en México	18
1.1.4. Alimentación de la rana toro en granjas de producción	19
1.1.5. Proceso de la matanza de rana toro y obtención de la canal	21
1.1.6. Consumo de la carne de rana toro a nivel internacional y nacional	22
1.2. Concepto de la calidad en la cadena de suministro de carne	25
1.3. Evaluación de la calidad del alimento para la rana toro	27

1.3.1. Calidad nutricional	27
1.3.1.1. Composición química	28
1.4. Evaluación de la calidad de la canal de rana toro	31
1.4.1. Calidad de la canal	31
1.4.1.1. Rendimiento de la canal	32
1.5. Evaluación de la calidad de la carne de rana toro	39
1.5.1. Calidad de la carne	39
1.5.2. Evaluación de la frescura de la carne	40
1.5.2.1. Pruebas de la evaluación de la frescura de la carne	41
1.5.2.2. Evaluación del color	41
1.5.2.3. Determinación del pH y contenido de ácido láctico	44
1.5.3. Calidad nutricional	45
1.5.3.1. Composición química	45
1.5.3.2. Humedad	45
1.5.3.3. Proteínas	46
1.5.3.4. Lípidos	47
1.5.3.5. Cenizas	47
1.5.4. Calidad tecnofuncional	48
1.5.4.1. Propiedades tecnofuncionales de las proteínas y productos cárnicos	48
1.5.4.2. Capacidad de retención de agua	49
1.5.4.3. Capacidad de emulsión	50
1.5.5. Calidad de la carne almacenada en refrigeración	51

1.5.6. Calidad de la carne almacenada en congelación	52
1.5.6.1. Pruebas de la evaluación de la calidad en la carne almacenada	53
1.5.6.2. Determinación de bases volátiles nitrogenadas totales (BVNT)	53
1.5.6.3. Determinación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARs)	55
2. CAPÍTULO II. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	57
2.1. Sistema de estudio	60
2.2. Evaluación de la calidad del alimento para la rana toro	60
2.2.1. Recolecta de alimentos	60
2.2.2. Clasificación experimental del alimento	60
2.2.3. Determinación de la composición química	61
2.3. Granjas de producción proveedores de las canales de rana toro	62
2.4. Evaluación de la calidad de rana toro	63
2.4.1. Recolectas de las canales	63
2.4.2. Clasificación experimental de las canales	72
2.4.3. Rendimientos de la carne, canal, partes no cárnicas y rana toro	72
2.5. Evaluación de la calidad de la carne de rana toro	73
2.5.1. Preparación de las muestras y clasificación del desarrollo experimental	73
2.5.2. Evaluación de la frescura de la carne en la recepción	73
2.5.2.1. Evaluación del color	73
2.5.2.2. Determinación del pH	74
2.5.2.3. Determinación del contenido de ácido láctico	74

2.5.3. Determinación de la composición química	75
2.5.4. Determinación de las propiedades tecnofuncionales de las proteínas	75
2.5.4.1. Determinación de la capacidad de retención de agua	75
2.5.4.2. Determinación de la capacidad de emulsión	76
2.5.5. Evaluación de la calidad de la carne almacenada en refrigeración (4°C) en los días 1, 3, 5, 12, 19 y 26	77
2.5.5.1. Evaluación del cambio total del color	77
2.5.5.2. Determinación de bases volátiles nitrogenadas totales (BVNT)	77
2.5.5.3. Determinación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARs)	78
2.5.5.3.1. Preparación de la curva patrón para TBARs	79
2.5.6. Evaluación de la calidad de la carne almacenada en congelación (-18°C) en los días 1, 20, 40, 60, 80 y 100	80
2.5.7. Comparación de los tratamientos de la carne en congelación y refrigeración	80
2.6. Análisis estadístico	80
3. CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	82
3.1. Evaluación de la calidad del alimento para rana toro	83
3.1.1. Composición química de acuerdo con la etapa de crecimiento	83
3.1.2. Composición química de acuerdo con la marca comercial	87
3.2. Evaluación de la calidad de la canal de rana toro	88
3.2.1. Rendimientos en la obtención de la canal y partes no cárnicas	88
3.2.2. Rendimientos de la canal y carne respecto con la rana toro viva	91
3.2.3. Rendimientos de la media canal y carne respecto con la canal	93

3.3.	Evaluación de la calidad de la carne de rana toro	97
3.3.1.	Evaluación de la frescura en la recepción	97
3.3.2.	Composición química	100
3.3.3.	Propiedades tecnofuncionales de las proteínas	103
3.3.4.	Evaluación de la calidad de la carne almacenada en refrigeración (4°C) en los días 1, 3, 5, 12, 19 y 26	105
3.3.4.1.	Evaluación del cambio total del color	105
3.3.4.2.	Evaluación del pH y contenido de ácido láctico	109
3.3.4.3.	Evaluación de bases volátiles nitrogenadas totales (BVNT)	111
3.3.4.4.	Evaluación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARs)	112
3.3.4.5.	Evaluación de la calidad de la carne almacenada en refrigeración (4°C)	114
3.3.5.	Evaluación de la calidad de la carne almacenada en congelación (-18°C) en los días 1, 20, 40, 60, 80 y 100	115
3.3.5.1.	Evaluación del cambio total del color	115
3.3.5.2.	Evaluación del pH y contenido de ácido láctico	119
3.3.5.3.	Evaluación de bases volátiles nitrogenadas totales (BVNT)	121
3.3.5.4.	Evaluación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARs)	122
3.3.5.5.	Evaluación de la calidad de la carne almacenada en congelación (-18°C)	123
3.3.6.	Evaluación entre tratamientos de la carne en congelación y refrigeración	124
3.3.6.1.	Evaluación del cambio total del color	124
3.3.6.2.	Evaluación del pH y contenido de ácido láctico	125

3.3.6.3.Evaluación de bases volátiles nitrogenadas totales (BVNT)	128
3.3.6.4. Evaluación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARs)	129
3.3.6.5. Evaluación entre tratamientos de la carne en congelación y refrigeración	131
CONCLUSIONES	133
Conclusiones generales	134
Conclusiones particulares	134
BIBLIOGRAFÍA	137

Índice de Figuras

Figura 1.1. Diseminación de la rana toro (<i>Lithobates catesbeianus</i>) a nivel internacional	16
Figura 1.2. Metamorfosis de la rana toro	16
Figura 1.3. Producción mundial de rana toro (1981-2015)	17
Figura 1.4. Producción nacional de rana toro (2011-2020)	17
Figura 1.5. Alcance mundial del comercio de las ancas de rana (1996-2006)	23
Figura 1.6. Entidades de cultivo y comercialización (<i>Lithobates catesbeianus</i>) a nivel nacional	24
Figura 1.7. Precios por kg de ancas de rana toro en México (2011-2020)	24
Figura 1.8. Cadena de suministro de carne	25
Figura 1.9. Clasificación de la composición química del alimento	29
Figura 1.10. Características que contribuyen al valor promedio por unidad de peso de una canal	33
Figura 1.11. Partes cárnicas y no cárnicas de la canal de rana toro	33
Figura 1.12. Ilustración de la rana toro	34
Figura 1.13. Ilustración de la rana toro eviscerada	35
Figura 1.14. Canal de rana toro: división por cortes y principales músculos	36
Figura 1.15. Carne sin hueso obtenida de la rana toro	37
Figura 1.16. Ilustración del sistema esquelético de la rana toro	38
Figura 1.17. Cambios de color y estados redox de la mioglobina en la superficie de la carne	42

Figura 1.18. Formación de aminas biogénicas	54
Figura 1.19. Formación de malonaldehído (MDA)	56
Figura 1.20. Reacción del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) con el malonaldehído (MDA)	56
Figura 2.1. Diagrama general de la metodología empleada para la realización del estudio del alimento de rana toro	58
Figura 2.2. Diagrama general de la metodología empleada para la realización del estudio de la canal y carne de rana toro	59
Figura 2.3. Clasificación de los diferentes alimentos para rana toro	61
Figura 2.4. Clasificación de los diferentes alimentos para rana toro	61
Figura 2.5. Rana toro (G3: M-Fc) de la granja de producción de Morelos destinada a consumo humano	65
Figura 2.6. Ranas toro (G3: M-Fc) de la granja de producción de Morelos destinada a consumo humano	66
Figura 2.7. Rana toro (G4: M-Fp) de la granja de producción de Morelos destinada a reproducción	67
Figura 2.8. Ranas toro (G4: M-Fp) de la granja de producción de Morelos destinada a reproducción	68
Figura 2.9. Diagrama general de la metodología empleada para la realización del proceso de matanza de rana toro y obtención de la canal	69
Figura 2.10. Diagrama general de la metodología empleada para la realización del proceso de matanza de rana toro y obtención de la canal	70
Figura 2.11. Canales de rana toro provenientes de Jalisco y Morelos	71

Figura 2.12. Clasificación de las canales y carne de rana toro	72
Figura 3.1. Evaluación del parámetro L* (luminosidad) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C)	107
Figura 3.2. Evaluación del parámetro a* (enrojecimiento) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C)	107
Figura 3.3. Evaluación del parámetro b* (amarillez) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C)	108
Figura 3.4. Evaluación del cambio total del color (ΔE) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C)	108
Figura 3.5. Evaluación del pH respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C)	110
Figura 3.6. Evaluación del contenido de ácido láctico (%) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C)	110
Figura 3.7. Evaluación del contenido de BVNT (mg N/100g carne) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C)	112
Figura 3.8. Evaluación del contenido de TBARs (mg MDA/kg carne) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C)	113
Figura 3.9. Evaluación del parámetro L* (luminosidad) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C)	117
Figura 3.10. Evaluación del parámetro a* (enrojecimiento) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C)	117

Figura 3.11. Evaluación del parámetro b^* (amarillez) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C)	118
Figura 3.12. Evaluación del parámetro cambio total del color (ΔE) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C)	118
Figura 3.13. Evaluación del pH respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C)	120
Figura 3.14. Evaluación del contenido de ácido láctico (%) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C)	120
Figura 3.15. Evaluación del contenido de BVNT (mg N/100g carne) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C)	121
Figura 3.16. Evaluación del contenido de TBARs (mg MDA/kg carne) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C)	122
Figura 3.17. Comparación del cambio total del color (ΔE) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Jalisco)	124
Figura 3.18. Comparación del cambio total del color (ΔE) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Morelos)	125
Figura 3.19. Comparación del pH en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Jalisco)	126
Figura 3.20. Comparación del pH en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Morelos)	126

Figura 3.21. Comparación del contenido de ácido láctico (%) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Jalisco) 127

Figura 3.22. Comparación del contenido de ácido láctico (%) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Morelos) 127

Figura 3.23. Comparación del contenido de BVNT (mg N/100g carne) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Jalisco) 128

Figura 3.24. Comparación del contenido de BVNT (mg N/100g carne) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Morelos) 129

Figura 3.25. Comparación del contenido de TBARs (mg MDA/kg carne) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Jalisco) 130

Figura 3.26. Comparación del contenido de TBARs (mg MDA/kg carne) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Morelos) 130

Índice de Tablas

Tabla 1.1. Sistemas de producción nacional de rana toro	18
Tabla 1.2. Suministro del alimento balanceado en rana toro	19
Tabla 1.3. Alimento flotante para tilapia y bagre	20
Tabla 1.4. Alimento flotante para trucha	20
Tabla 1.5. Composición química del músculo de la rana toro alimentadas con dietas de diferentes niveles de proteínas y lípidos	30
Tabla 1.6. Composición química de la carne de diferentes especies	45
Tabla 1.7. Composición de ácidos grasos de la carne en diferentes especies	47
Tabla 1.8. Conservación de la carne en refrigeración	51
Tabla 1.9. Conservación de la carne en congelación	52
Tabla 2.1. Características de las granjas en la producción de rana toro	62
Tabla 2.2. Características de las ranas toro recolectadas	64
Tabla 2.3. Preparación de la curva patrón para TBARs	79
Tabla 3.1. Composición química del alimento de la dieta para la rana toro de acuerdo con las diferentes etapas de crecimiento	84
Tabla 3.2. Composición química del alimento de tilapia de la dieta para la rana toro en diferentes etapas de crecimiento de acuerdo con su marca comercial	84
Tabla 3.3. Composición química de los alimentos de las dietas para la rana toro elaboradas por diversos autores	86
Tabla 3.4. Composición química del alimento de la dieta para la rana toro de acuerdo con la marca comercial	87

Tabla 3.5. Peso de la rana toro viva, así como los rendimientos (% R) de la rana en la obtención de la canal y partes no cárnicas (Recolecta no.1)	90
Tabla 3.6. Pesos de la rana toro viva, así como los rendimientos (% R) de la canal y carne sin hueso respecto con la rana toro viva (Recolecta no.1)	92
Tabla 3.7. Pesos de la canal y carne, así como sus rendimientos (% R) respecto con las medias canales y canal (Recolecta no.1)	94
Tabla 3.8. Pesos de la canal y carne, así como sus rendimientos (% R) respecto con las medias canales y canal (Recolecta no.2)	96
Tabla 3.9. Pruebas de frescura en la recepción de la carne de rana toro	99
Tabla 3.10. Pruebas de frescura en la recepción de la carne de rana toro y productos derivados finales reportadas por diversos autores	99
Tabla 3.11. Composición química de la carne de rana toro	102
Tabla 3.12. Composición química de la carne en las diferentes especies	102
Tabla 3.13. Composición química del alimento de la dieta para la rana toro de acuerdo con la marca comercial	102
Tabla 3.14. Propiedades tecnofuncionales de la carne de rana toro	104
Tabla 3.15. Propiedades tecnofuncionales de la carne de rana toro reportadas por varios autores	104

Símbolos y abreviaturas

Símbolos generales

Símbolo	Significado
pH	Potencial Hidrógeno
%	Porcentaje
ΔE color	Cambio total de color
°C	Grado Celsius
n	Tamaño de muestra
p	Probabilidad
mL	Mililitro
μL	Microlitro
g	Gramos
kg	Kilogramos
h	Hora
min	Minutos
s	Segundos
μmol	Micromol (10^{-6} mol)
mM	Milimolar (10^{-3} mol/L)
N	Normalidad (eq/L)
M	Molaridad (mol/L)
rpm	Revoluciones por minuto
ppm	Partes por millón

Compuestos químicos y minerales

Símbolo	Significado
NaCl	Cloruro de sodio
CH ₃ COOH	Ácido acético
NaOH	Hidróxido de sodio
HCl _(ac)	Ácido clorhídrico acuoso
MgO	Óxido de magnesio
Na ₂ CO ₃	Carbonato de sodio
H ₃ BO ₃	Ácido bórico
TCA	Ácido tricloroacético
CO ₂	Dióxido de carbono
HOCH ₂ -CHOH-CH ₂ -OH	Glicerina
C ₂ HCl ₃ O ₂	Ácido tricloroacético
C ₄ H ₄ N ₂ O ₂ S	Ácido 2-tiobarbitúrico
TBA	Ácido 2-tiobarbitúrico
MDA	Malonaldehído o 1,3-propanodial
SFA	Ácidos grasos saturados
MUFA	Ácidos grasos monoinsaturados
PUFA	Ácidos grasos poliinsaturados
EPA	Ácido eicosapentaenoico
DHA	Ácido docosahexaenoico
N ₂	Nitrógeno
Ca	Calcio
Mg	Magnesio
K	Potasio
Na	Sodio
NH ₄ ⁺	Amonio

Abreviaturas generales

Abreviatura	Significado en inglés/español
J-Sc	Jalisco Saltillo consumo
J-Pc	Jalisco Purísima consumo
M-Fc	Morelos Frog Style consumo
M-Fp	Morelos Frog Style pie de cría
1.5-W	1.5 Winfish Zeigler
2.5-EP	2.5 El Pedregal
3.5-W	3.5 Winfish Zeigler
3.5-P	3.5 Purina
5.5-W	5.5 Winfish Zeigler
BVNT	Bases Volátiles Nitrogenadas Totales
TBARs	Sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico
CRA	Capacidad de retención de agua
CE	Capacidad de emulsión
ANOVA	Análisis de varianza
DE	Desviación estándar
CV	Coefficiente de variación

Asociaciones

Abreviatura	Significado en inglés/español
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
SNIIM	Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados
INAPESCA	Instituto Nacional de Pesca
SADER	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
ISO	Organización Internacional de Normalización
CIE	Comisión Internacional de Iluminación

RESUMEN

La rana toro (*Lithobates catesbeianus*) se comercializa en México como ancas y canal para el consumo de su carne, sin embargo, no existe información científica suficiente y actualizada en el país en su producción, procesamiento y calidad.

El objetivo de este trabajo fue evaluar y comparar la calidad de la canal, carne y alimentos de la dieta de la rana toro destinada a consumo y pie de cría provenientes de las granjas de producción de “El Saltillo”, “La Purísima” y “Frog Style”, de los estados de Jalisco y Morelos, en parámetros como el rendimiento de la canal, la frescura, la composición química, la tecnofuncionalidad y la calidad en el almacenamiento, para proporcionar información para su caracterización.

Los alimentos de la dieta se clasificaron en: G1: 1.5-W, G2: 2.5-EP, G3: 3.5-W, G4: 3.5-P y G5: 5.5-W, donde W: Winfish-Zeigler®, EP: El Pedregal®, P: Purina®. Se consideraron los siguientes criterios: 1) las etapas de crecimiento y 2) las marcas de desarrollo y finalización. El desarrollo experimental fue el análisis composicional.

Las canales y carnes se clasificaron en: G1: J-Sc (Jalisco-Saltillo consumo), G2: J-Pc (Jalisco-Purísima consumo), G3: M-Fc (Morelos-Frog Style consumo) y G4: M-Fp (Morelos-Frog Style pie de cría). El desarrollo experimental de las canales consistió en la obtención de rendimientos: 1) de la canal y partes no cárnicas, 2) de la canal y carne respecto con la rana toro viva y 3) de la media canal y carne respecto con la canal. El desarrollo experimental de la carne consistió en: 1) frescura en la recepción, 2) composición química, 3) propiedades tecnofuncionales de las proteínas, 4) y 5) calidad en refrigeración (4°C) y congelación (-18°C) y 6) comparación entre tratamientos en congelación y refrigeración.

Los porcentajes (%) de proteína y lípidos para los alimentos G1: 1.5-W y G2: 2.5-EP fueron alrededor de 44, y de 9.6 ($p>0.05$); G3: 3.5-W y G4: 3.5-P alrededor de 35 ($p>0.05$) y 6 ($p<0.05$), G5: 5.5-W de 32 y 4.5.

Los rendimientos (%) de la canal en caliente y en frío respecto con el peso vivo (G1: J-Sc y G2: J-Pc) fueron alrededor de 50-55 ($p>0.05$) y 42-47 ($p>0.05$). De las partes no cárnicas fueron alrededor de 9.9-12 ($p>0.05$) para cabeza, 13-17 ($p<0.05$) para piel, 14.4-14.6 ($p>0.05$) para vísceras y, 6.5 ($p<0.05$) para patas.

Los rendimientos (%) de las ancas respecto con la canal y rana toro fueron alrededor de 58-62 y 24-29 ($p>0.05$). Los aprovechamientos (%) de carne de las ancas y canal por cada rana toro fueron alrededor de 16.4-19.9 y 24-29 ($p<0.05$).

Respecto con la carne, los valores de color (G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp) fueron alrededor de $L^*=60-65$ ($p<0.05$), $a^*=-0.05-(-1.15)$ ($p>0.05$) y $b^*=5-9$ ($p<0.05$). Para los grupos de Jalisco y Morelos, los valores de pH fueron alrededor de 6.40-6.60 ($p<0.05$) y de 6.09-6.10 ($p>0.05$). Los porcentajes (%) de proteína fueron alrededor de 20.60 y 18.40 ($p<0.05$), y de lípidos de 0.60 y 0.48 ($p<0.05$). Los valores de retención de agua (mL/g proteína) fueron alrededor de 2.90-2.30 ($p>0.05$) y 2.70-3.70 ($p<0.05$), y de emulsión de 231-236 y 220-223 ($p<0.05$).

En la carne almacenada en refrigeración (G2: J-Pc y G3: M-Fc), los resultados indicaron que, en el cambio total del color, no presentó diferencia en el almacenamiento; en pH, presentó una disminución las primeras tres semanas y un incremento en la cuarta ($p<0.05$); en acidez, se observó un comportamiento acorde al del pH ($p<0.05$); en BVNT y TBARs, hubo un incremento continuo y rápido conforme pasaron las semanas ($p<0.05$). A pesar de que cada grupo mostró el mismo comportamiento, existió diferencia entre ellos durante el almacenamiento.

En la carne almacenada en congelación (G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp), los resultados indicaron que, en el cambio total del color, no existió diferencia en el almacenamiento, en pH y acidez, se mantuvieron en cierto intervalo de valores ($p<0.05$), en BVNT y TBARs, hubo un incremento lento y continuo conforme el tiempo ($p<0.05$). Entre grupos mostraron el mismo comportamiento con diferencias durante el almacenamiento.

En la comparación entre congelación y refrigeración los resultados indicaron que, en el cambio total del color, los grupos de Jalisco y Morelos presentaron valores mayores ($p>0.05$) en su mayoría que el día 5 (4°C); en pH, los grupos de Jalisco presentaron valores mayores ($p<0.05$) que el día 5 (4°C) y los grupos de Morelos fueron menores ($p<0.05$) que el día 3 (4°C); en acidez, los grupos de Jalisco y Morelos presentaron valores más altos en la mayoría de las fechas ($p<0.05/p>0.05$) que el día 5 (4°C), en BVNT, los grupos de Jalisco y Morelos presentaron valores

menores ($p < 0.05$) entre los días 1-60 y 1-20, que el día 5 (4°C); en TBARs, los grupos de Jalisco y Morelos presentaron valores menores ($p < 0.05$) entre los días 1-100, que el día 5 (4°C).

De acuerdo con el estudio, los grupos evaluados del alimento de la dieta al igual que de la canal y carne de rana toro destinada a consumo y pie de cría, presentaron diferencias en algunas pruebas. A pesar de éstas, los resultados se encontraron en los intervalos reportados en la literatura, así que, se pueden considerar semejantes.

Los alimentos de iniciación presentaron una relación proteica-lipídica mayor, y menor para desarrollo y finalización. Las marcas Winfish-Zeigler y Purina, fueron adecuadas para su uso en la dieta en las etapas de desarrollo y finalización.

El aprovechamiento de las canales de la rana toro fueron poco más de la mitad del peso en vivo del animal. Las ancas, y la carne de las ancas obtuvieron mayores rendimientos por lo que son el corte de mayor valor comercial.

La carne fresca presentó valores altos de luminosidad (L^*), bajos de enrojecimiento (a^*) y de amarillez (b^*) al ser una carne blanca. Además, presentaron un comportamiento de pH parecido al de los animales acuáticos. La composición química de los grupos de Jalisco presentó un mayor contenido de proteína y lípidos. En las pruebas de retención de agua y emulsión, los grupos de Jalisco presentaron mayor capacidad por la mínima acidificación *post-mortem*, además, la carne de todos los grupos es apropiada para elaborar productos cárnicos porque sus valores de pH *post-mortem* fueron a partir de 6.0. Mencionadas estas pruebas, las ranas toro de pie de cría se pueden destinar para la reproducción y el consumo humano.

La refrigeración de la carne de rana toro fue efectiva de tres a cinco días, después presentó una descomposición rápida hasta la cuarta semana. En la congelación no hubo indicios de descomposición, a pesar de que, en las pruebas de BVNT y TBA se observaron aumentos lentos, por lo que, fue efectiva durante los cien días. Por último, en la comparación de la carne almacenada en congelación y refrigeración, los valores obtenidos fueron equivalentes a los valores de la carne fresca y carne refrigerada los primeros cinco días.

INTRODUCCIÓN

La rana toro (*Lithobates catesbeianus*) es un anfibio que se ha diseminado principalmente en Brasil, China, Indonesia, Taiwán, Tailandia, Francia, Canadá, EUA y México. Su producción mundial de manera intensiva y controlada aumentó en los últimos 20 años, se reportaron aproximadamente 30,000 toneladas que abastecen el mercado con fines educativos y para consumo humano (FAO, 2005).

En la actualidad, la rana toro se comercializa principalmente como ancas y canal para el aprovechamiento de su carne destinada a consumo y, no se encuentran derivados cárnicos en el comercio por lo que se ha planteado si es apta la carne para producirlos. Por otro lado, no hay un alimento específico para la rana toro, pero se sugiere el uso de alimentos de marcas comerciales para trucha, tilapia y bagre.

Además, la comercialización mundial requiere precaución en el ámbito de la inocuidad la cual impacta en la calidad de la carne, por lo que la congelación es un método conveniente para preservarla y prolongar su relevancia comercial. Sin embargo, en el mercado europeo, los consumidores de ancas prefieren más las frescas o refrigeradas.

Principalmente, Brasil y China cuentan con los pocos estudios que describen la composición química de la carne de rana toro y dieta de la rana toro y la calidad en el almacenamiento.

Por otra parte, en México desde la década de los 40 se establecieron granjas de producción para su aprovechamiento como alimento. De esta manera, en la primera década de 2001-2010, se alcanzaron poco más de 50 toneladas de rana toro por año (INAPESCA, 2012). Asimismo, su comercialización se realiza en Jalisco, Morelos, Michoacán, Sinaloa, Ciudad de México, entre otros (SNIIM, 2020).

A pesar de que, en el país se desarrolla una actividad tanto económica como científica en los campos de calidad en la canal y en la carne, se carece de información científica enfocada en la rana toro sobre aspectos en su producción, procesamiento, rendimiento de la canal, al igual que, en términos de composición química, parámetros de frescura, posible elaboración de derivados cárnicos y, conservación en su almacenamiento.

Por ello se debe dar importancia al manejo de la carne desde el productor hasta el consumidor con base en la integración de los conocimientos generados por el campo científico para un producto de mejor calidad y mayor vida útil.

En el presente trabajo se evaluó y comparó la calidad de la canal, carne y alimento de la dieta de la rana toro destinada a consumo y pie de cría provenientes de las granjas de producción de “El Saltillo”, “La Purísima” y “Frog Style”, de los estados de Jalisco y Morelos, en parámetros como el rendimiento de la canal, la frescura en la recepción, la composición química, la tecnofuncionalidad, y los cambios que se generan durante el almacenamiento en refrigeración (4°C) y congelación (-18°C).

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar y comparar la calidad de la canal, carne y alimento de la dieta de la rana toro destinada a consumo y pie de cría provenientes de las granjas de producción de “El Saltillo”, “La Purísima” y “Frog Style”, de los estados de Jalisco y Morelos, en parámetros como el rendimiento de la canal, la frescura en la recepción, la composición química, la tecnofuncionalidad, y los cambios que se generan durante el almacenamiento en refrigeración (4°C) y congelación (-18°C), con la finalidad de proporcionar información para su caracterización.

Objetivos particulares

Calidad del alimento de la dieta para la rana toro

- Determinar la composición química de los diferentes alimentos suministrados en las etapas de crecimiento de la rana toro mediante pruebas como proteína cruda, lípidos, humedad y cenizas a fin de conocer su valor nutricional, relación proteica-lipídica y corroborar su cumplimiento con los etiquetados nutricionales correspondientes a las marcas comerciales.
- Comparar la composición química de los alimentos de la rana toro proporcionados en las etapas de desarrollo y finalización según la marca comercial para conocer si es adecuado su uso en la dieta.

Calidad de la canal de rana toro

- Determinar los rendimientos de las canales por medio de los pesos para conocer su aprovechamiento y el impacto del peso vivo de la rana toro.
- Determinar los rendimientos de los productos no cárnicos sobre la rana toro viva por medio de los pesos con la finalidad de conocer el aprovechamiento de cada uno de ellos.
- Determinar los rendimientos del tórax y ancas sobre la canal y la rana toro viva por medio de los pesos para conocer el aprovechamiento.
- Determinar los rendimientos de la carne de las ancas y canal sobre la canal y rana toro por medio de los pesos para conocer su aprovechamiento.

Calidad de la carne de rana toro

- Evaluar los rendimientos de la canal y la frescura, composición química y tecnofuncionalidad de la carne, con la finalidad de conocer si la rana toro de pie de cría en relación con la rana destinada a consumo pueden ser aprovechadas tanto para la reproducción como el consumo humano.
- Evaluar la frescura en la recepción de la carne de rana toro mediante pruebas como color, pH y acidez para comparar con valores de referencia de las carnes.

- Determinar la composición química de la carne de rana toro mediante pruebas como humedad, proteína cruda, lípidos y cenizas para conocer su valor nutricional.
- Evaluar la tecnofuncionalidad de la carne de rana toro mediante pruebas como la capacidad de retención de agua y capacidad de emulsión con la finalidad de conocer si la carne es apropiada para la elaboración de derivados cárnicos.
- Evaluar la calidad de la carne de rana toro almacenada en refrigeración (4°C) durante 26 días; con muestreos cada semana, mediante pruebas como color, pH, acidez, BVNT y TBARs, con el propósito de conocer el impacto de esta condición en su conservación.
- Evaluar la calidad de la carne de rana toro almacenada en congelación (-18°C) durante 100 días; con muestreos cada 20, mediante pruebas como color, pH, acidez, BVNT y TBARs, con la finalidad de conocer el impacto de esta condición en su conservación.
- Comparar la calidad de la carne de rana toro almacenada en congelación (-18°C) durante 100 días, contra la carne almacenada en refrigeración (4°C) durante cinco días; según las pruebas de color, pH, acidez, BVNT y TBARs realizadas, con la finalidad de conocer si los valores obtenidos en la congelación corresponden a los valores de la primera semana de evaluación en refrigeración y así conocer su impacto en la conservación.

HIPÓTESIS

Hipótesis general

Si se evalúa la calidad de la canal, de la carne y del alimento de la dieta de la rana toro destinada a consumo y pie de cría provenientes de las granjas de producción de “El Saltillo”, “La Purísima” y “Frog Style”, se podrá establecer si existen diferencias entre los grupos evaluados en las distintas pruebas.

Hipótesis particulares

Calidad del alimento de la dieta para la rana toro

- Si los animales productores de carne presentan una dieta con niveles altos de proteína, entonces, la dieta de la rana toro presentará altos niveles de proteína.
- Si las marcas comerciales de la dieta presentan niveles en el mismo intervalo recomendado y reportado de proteína y lípidos, en consecuencia, serán adecuadas para su uso.

Calidad de la canal de rana toro

- Si la alimentación es proporcional a la edad-peso de la rana toro y éstas pierden las partes no cárnicas en el proceso de la obtención de la canal, se esperaría que, el peso vivo no impacte en los rendimientos y que el aprovechamiento sea alrededor de la mitad.
- Si la piel y vísceras de la rana toro están en mayor proporción que el resto de las partes no cárnicas, entonces, obtendrán mayores rendimientos.
- Si las ancas son las partes más prominentes de la rana toro, se esperaría que, el aprovechamiento sea mayor.
- Si las ancas presentan mayor tejido muscular, en consecuencia, obtendrán mayores rendimientos de carne.

Calidad de la carne de rana toro

- Si la canal y carne de rana toro de consumo y pie de cría no presentan diferencias en sus evaluaciones, entonces, las ranas toro de pie de cría serán aprovechables para consumo humano.
- Si la rana toro es una especie tanto terrestre como acuática, se esperaría que, los valores de pH y acidez de la carne de rana toro se ubiquen en el intervalo de algunas de estas especies.
- Si la carne presenta niveles de proteína altos y se comercializa como carne magra, entonces, se obtendrán valores mayores de proteína y bajos de lípidos en la carne de rana toro.

- Si la carne presenta un menor proceso de desnaturalización de proteínas, en consecuencia, serán altas las capacidades de retención de agua y emulsión.
- Si la refrigeración desacelera la reactividad química en la carne, se esperaría que, se extienda en días la vida útil de la carne de rana toro.
- Si la congelación desarrolla reacciones químicas a un ritmo más lento en la carne, entonces, se extenderá en meses la vida útil de la carne de rana toro.
- Si la congelación desarrolla reacciones químicas a un ritmo más lento que en la carne fresca y refrigerada, entonces, los resultados de congelación corresponderán a los valores de los primeros días en refrigeración.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la producción y consumo de la carne de la rana toro

1.1.1. Características fisiológicas de la rana toro

La rana toro (*Lithobates catesbeianus*) es un anfibio de la familia *Ranidae* la cual se ha diseminado principalmente en Brasil, China, Indonesia, Tailandia, Taiwán, Francia, Canadá, EUA y México (Figura 1.1). Recibe este nombre a partir de la traducción literal de la palabra “bullfrog” con la que se conoce en Norteamérica; a su vez, también como “mugidora” en México; ambas denominaciones resultan del canto característico de los machos que parecen imitar el mugido de un toro en celo (Rubin, 1979).

Esta especie presenta una coloración verde claro a café cobrizo amarillenta en el lomo, al igual que, manchas irregulares de color más oscuro tanto en el dorso como en las extremidades. Mientras que, el vientre es de una coloración blanca cremosa. Además, las patas delanteras tienen cuatro dedos a diferencia de las traseras, con cinco. Por otro lado, los machos y las hembras alcanzan aproximadamente 15cm y entre 20-25cm de largo, respectivamente (Diesener & Reichholf, 1997; INAPESCA, 2012).

En relación con su hábitat, se desarrolla en el medio acuático como en el terrestre. De modo que, los cambios en su fisionomía (metamorfosis) le permiten sobrellevar tales condiciones, cuyas etapas son: 1) la ova, 2) la eclosión, 3) la larva, 4) el renacuajo, 5) el cambio, 6) la ranita juvenil y, 7) la rana adulta (Figura 1.2).

Por último, la reproducción comienza con los adultos una vez que alcanzan su madurez sexual, la cual se logra a los dos o tres años y, se les denomina pie de cría. Así mismo, la rana toro adquiere un mayor tamaño, por lo que su peso ronda en aproximadamente 600g; no obstante, sigue en crecimiento hasta sobrepasar incluso el kilogramo (Hernández-Briz, 1996).

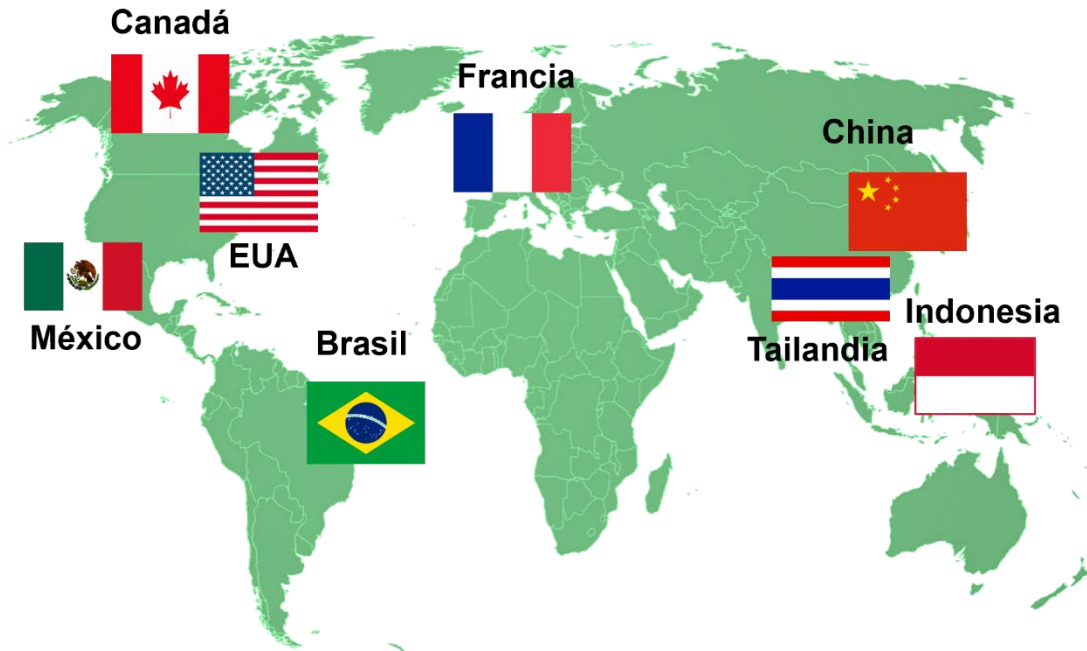


Figura 1.1. Diseminación de la rana toro (*Lithobates catesbeianus*) a nivel internacional. Elaboración propia con información de Rubin, (1979)

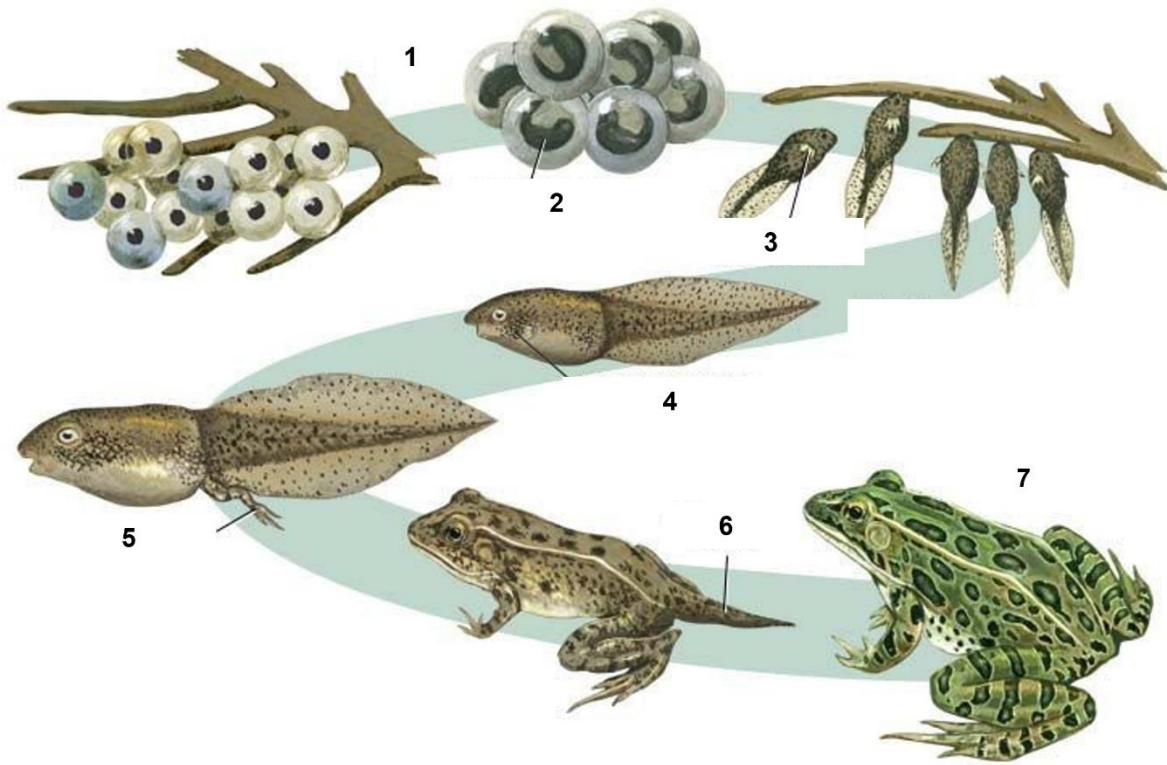


Figura 1.2. Metamorfosis de la rana toro (Brittanica, 2021)

1.1.2. Producción de la rana toro a nivel internacional y nacional

En la producción de la rana toro existen tres nichos de mercado: vivas, con fines educativos y para consumo humano; sin embargo, no hay documentación de sus estadísticas. Así mismo, la producción total de la especie es reportada a la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) solamente por Brasil y Taiwán, a pesar de que, también se lleva a cabo en países como México, Ecuador, Argentina, Indonesia y China (FAO, 2005).

En relación con la producción de rana toro a nivel mundial, se reportó un crecimiento considerable de la década de los 80 a los 90, puesto que, aumentó de 800-16,000 toneladas. (Figura 1.3). Por último, la producción de rana toro a nivel nacional, se mantuvo por arriba de las 50 toneladas por año durante la década del 2001-2010 (Figura 1.4) (INAPESCA, 2012; FAO, 2020).

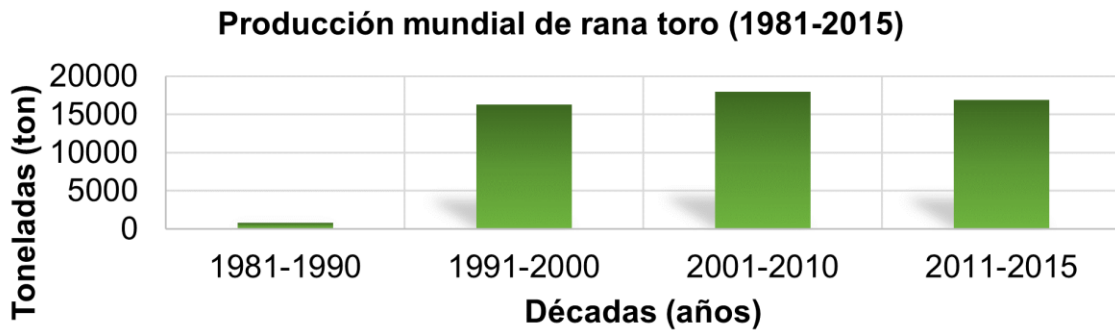


Figura 1.3. Producción mundial de rana toro (1981-2015). Elaboración propia con información de la FAO, (2020)



Figura 1.4. Producción nacional de rana toro (2001-2010). Elaboración propia con información del INAPESCA, (2012)

1.1.3. Características de la producción de rana toro en México

La producción de rana toro en México está regulada por AGRICULTURA (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural), quien define los criterios que garantizan las buenas prácticas en la producción, el correcto manejo del alimento, así como la obtención de un producto inocuo. Además, establece las áreas específicas en el interior de la granja de producción como: el área de reproducción, incubación, metamorfosis, engorda y, matanza (SAGARPA, 2016).

De igual manera, establece un conjunto de sistemas de producción que se clasifican en cuatro grupos: extensivo, semi-intensivo, intensivo e hiperintensivo, cuyas características se describen en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Sistemas de producción nacional de rana toro (SAGARPA*, 2016)

Característica	Extensivo	Semi-intensivo	Intensivo	Hiperintensivo
Carga de cultivo	<1 organismo/ m^2	1-30 organismos/ m^2	30-80 organismos/ m^2	>80 organismos/ m^2
Rendimiento (kg/m^2)	<1 kg	1-10 kg	10-28 kg	>28 kg
Poblaciones	Manejo nulo	Poco manejo	Monitoreo	Alto monitoreo
Manejo de agua	Nulo	Recambios parciales	Recambios totales	Recambios permanentes
Alimento	Natural de estanque	Parcialmente balanceado	100% balanceado	100% balanceado
Reproducción	No se controla	Poco controlada	100% controlada	100% controlada
Seguimiento sanitario	Nulo	Nulo	Alto	Muy alto
Manejo de desechos	Nulo	Poco	Alto	Muy alto

*SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, hoy en día, SADER.

1.1.4. Alimentación de la rana toro en granjas de producción

En la actualidad, no existe un alimento específico comercial para el desarrollo de la rana toro, por lo que se usa un alimento extrusionado de alto contenido proteico de marca comercial para tilapia, bagre y trucha (SEDER, 2005).

Por otro lado, la alimentación en el renacuajo se suministra en un 8% de la biomasa inicial hasta un 1%. Mientras que, para la rana, la biomasa inicial y final, se basa de un 4-5% hasta un 2.5-1.5%, respectivamente (Tabla 1.2) (SAGARPA, 2016).

Además, en la etapa de la rana juvenil, se añaden lombrices y gusanos; como la lombriz roja de California (*Eisenia foetida*) y el gusano Tenebrio (*Tenebrio molitor*), en combinación con el alimento, puesto que, la vista de la rana toro es poco desarrollada, así que necesita ver su presa en movimiento para capturarla (SEDER, 2005; SAGARPA, 2016).

Por último, se presentan las composiciones químicas de los alimentos que se suministran a las ranas toro, de acuerdo con sus diferentes presentaciones en el mercado, según la marca comercial Winfish Zeigler, Belenes® (Tabla 1.3 y 1.4).

Tabla 1.2. Suministro del alimento balanceado en rana toro (SAGARPA, 2016)

Peso renacuajo (g)	0.1	1	3	9	12
% de biomasa	8	5.5	4	2	1.7
Peso rana (g)	<15	15-30	30-60	60-120	120-240
% de biomasa	4-6	3-4	2-3	3-2	2-1
% de larva	15	5	3	0	0

Tabla 1.3. Alimento flotante para tilapia y bagre (Belenes®, 2021)

(g/100g)	Presentación según su tamaño de partícula (mm)			
	1.5mm	2.5mm	3.5mm	5.5mm
Proteína mín.	43	40	35-6	30-2
Lípidos mín.	10	10	6	5
Fibra máx.	4	4	6	6
Ceniza máx.	10	10	10	10-2
E.L.N.	21	24	31-2	33-7
Humedad máx.	12	12	12	12
Etapas	Iniciación	Iniciación	Desarrollo	Finalización
Peso tilapia (g)	5-30	30-100	100-250	250-mercado
Peso bagre (g)	5-31	31-97	97-204	204-mercado

Tabla 1.4. Alimento flotante para trucha (Belenes®, 2021)

(g/100g)	Presentación según su tamaño de partícula (mm)			
	1.5mm	2.5mm	3.5mm	5.5mm
Proteína mín.	45	45	42	40
Lípidos mín.	16	16	16	10
Fibra máx.	2	2	4	4
Ceniza máx.	10	10	12	10
E.L.N.	15	15	14	24
Humedad máx.	12	12	12	12
Etapas	Iniciación	Iniciación	Desarrollo	Finalización
Peso trucha (g)	5-50	5-50	50-200	200-mercado

1.1.5. Proceso de la matanza de rana toro y obtención de la canal

En las granjas de producción de rana toro, una parte de las ranas adultas se destina para consumo, con una edad de 8 meses y un intervalo de peso de 150-250g; mientras que, otra parte se contempla para reproducción, con una edad de uno a dos años, así como un intervalo de peso de 250-500g (Hernández-Briz, 1996).

Una vez que, las ranas toro alcanzan las condiciones necesarias para su consumo, se realiza la matanza del animal para la obtención de la canal. Esto se lleva a cabo en una planta certificada para la transformación del animal vivo a carne.

El proceso de la obtención de la canal se lleva a cabo de la siguiente manera: en primer lugar, la rana toro se insensibiliza por hipotermia (4°C) o por un golpe en la región anterior dorsal. Enseguida, se realiza el desangrado, desollado, corte de extremidades y eviscerado; con su respectiva limpieza de la canal. Después, dependiendo de la presentación del producto, se destina como ancas o canal completa. Por último, se realiza el empacado en congelación (-18°C) para su almacenamiento, transporte y distribución (FAO, 2005).

Así mismo, el faenado se debe cumplir de manera rápida para evitar el deterioro de la carne. Por lo cual, cada etapa debe considerar las adecuadas medidas de higiene que minimicen los riesgos de contaminación del producto, como el agua utilizada y el ambiente operatorio. Además, se considera desde la propia rana, por lo cual sólo deben faenarse los animales sanos con su correspondiente ayuno establecido (Berhouet *et al.*, 2000).

La obtención de las canales de rana toro con mayor rendimiento es determinante para la comercialización de la carne, al igual que, contemplar el aprovechamiento de las partes no comestibles. Por ejemplo, el uso de la piel de rana para productos de marroquinería o como extracto para el tratamiento de la mastitis en bovinos (México Patente nº MX 351747 B, 2017), la elaboración de harina con las cabezas y vísceras, el hígado en la confección de productos tipo paté, así como, la fabricación de ensilados químicos de los mismos para destinarlos a la alimentación animal (Berhouet *et al.*, 2000).

1.1.6. Consumo de la carne de rana toro a nivel internacional y nacional

A nivel internacional en el periodo de 1996 al 2006 se importaron más de 100,000 toneladas métricas de ancas de rana, tanto silvestres como cultivadas, por un valor neto cercano a los 500 millones de dólares estadounidenses (Figura 1.5) (Gratwicke *et al.*, 2009).

En el mismo periodo, un kilogramo de ancas de rana ganó un promedio de USD\$3,83 (exportado) y USD\$4,17 (importado). Por otro lado, un kilogramo de ancas de rana con calidad de exportación requiere de 10 a 40 animales individuales, por lo que son aproximadamente 100 a 400 millones de animales por año, predominantemente de Indonesia (Gratwicke *et al.*, 2009). Por otra parte, es enorme la extensión global del comercio, con la mayoría de los países de todo el mundo participando en algún nivel (Figura 1.5). No está determinada la proporción de las ranas importadas, si son de animales salvajes o animales de granja, pero la importancia de los animales de granja aumentó, particularmente en América del Sur y Asia (FAO 2005-2009).

En México, el consumo de esta especie radica desde la época prehispánica en que las ranas, renacuajos y ajolotes, fueron la base de la alimentación. Hoy en día, lo más consumido de la rana toro son sus ancas, reservando el resto de su cuerpo en la preparación de complementos para otros alimentos (Rubin, 1979).

Por otro lado, las ancas de rana toro se comercializan congeladas en pescaderías, supermercados, mercados locales y regionales, en las zonas rurales del estado de México, Jalisco, Morelos, Nuevo León, Michoacán, Hidalgo, Chiapas, al igual que, en la Ciudad de México (Figura 1.6) (INAPESCA, 2012; SNIIM, 2020).

En los últimos diez años, el precio promedio anual por kilogramo de ancas de rana toro en el mercado de La Nueva Viga; Ciudad de México, aumentó de \$131.44 (2011) a \$149.08 (2020). A su vez, en el mercado de Monterrey; Nuevo León, aumentó de \$98.88 (2011) a \$120.53 (2017), sin embargo, su mayor incremento fue en los últimos tres años (2018-2020) dado que se reportaron precios de \$193.45 a \$231.67 (Figura 1.7) (SNIIM, 2020).

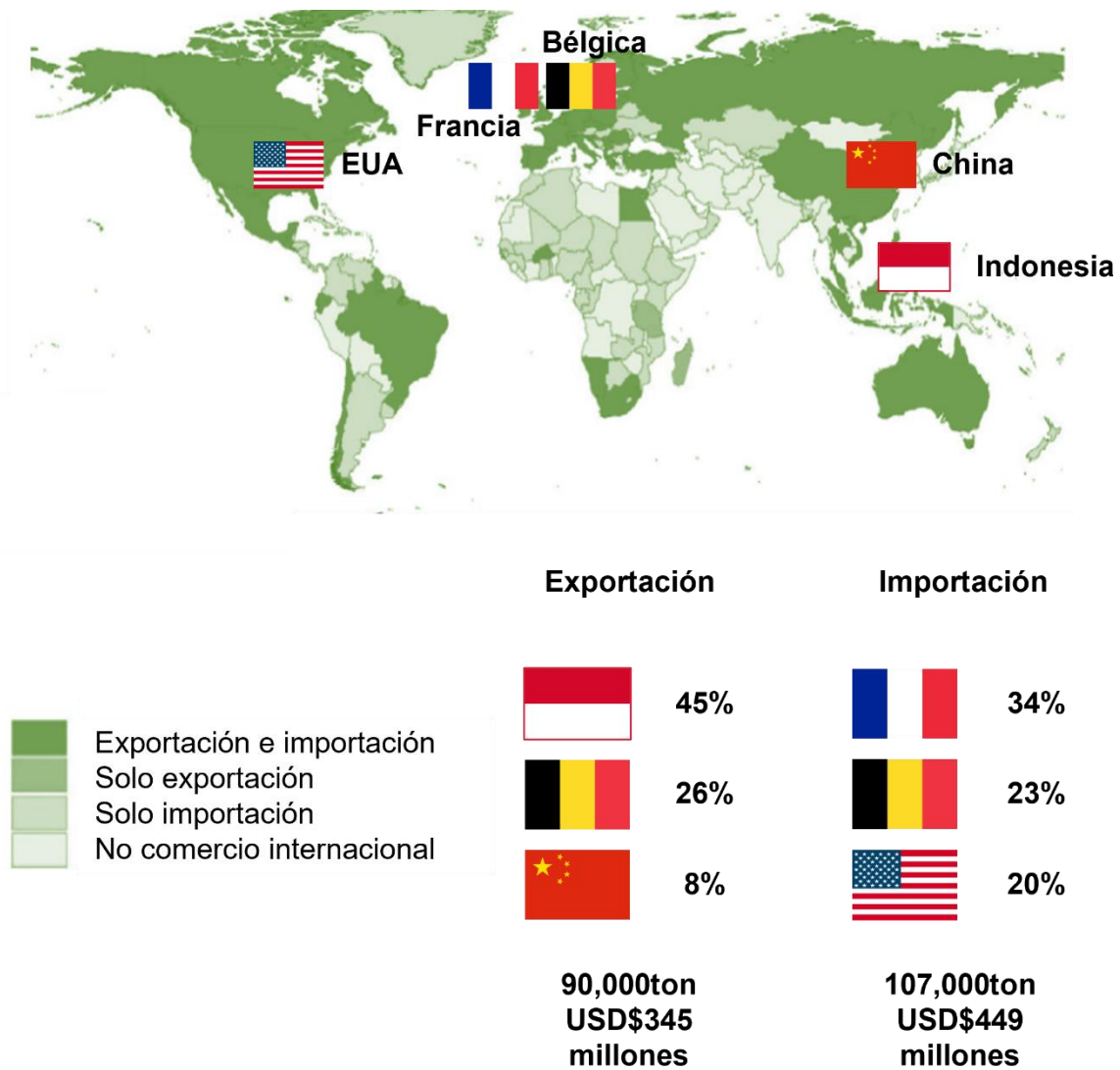


Figura 1.5. Alcance mundial del comercio de las ancas de rana (1996-2006).
 Modificado a partir de la base de datos de estadísticas del comercio de productos básicos de las Naciones Unidas, Gratwicke *et al.*, (2009)

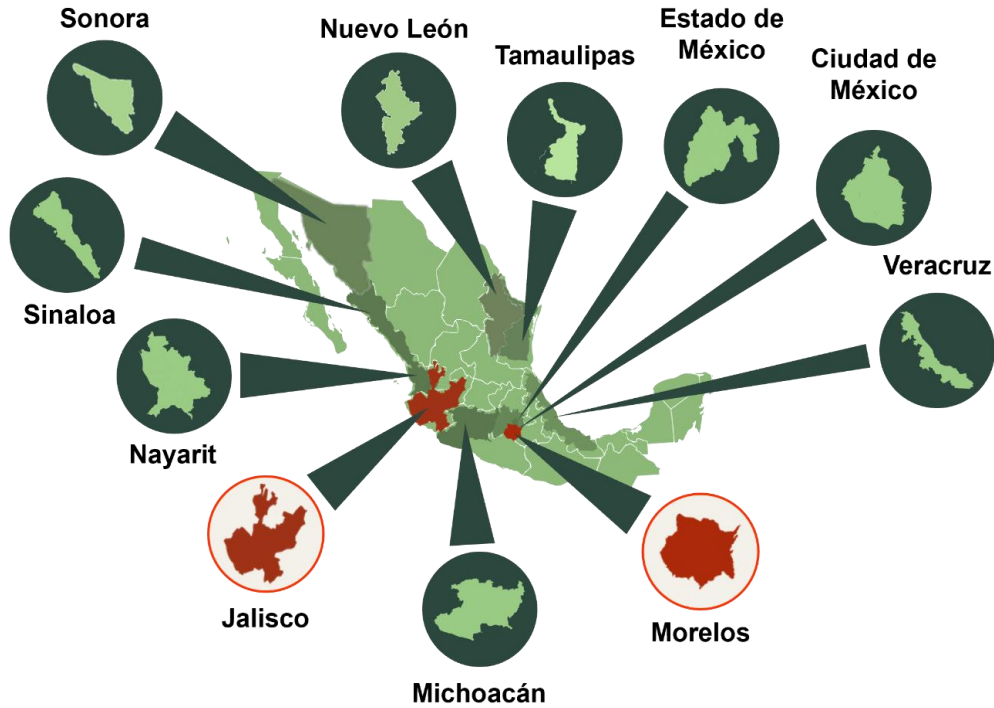


Figura 1.6. Entidades de cultivo y comercialización (*Lithobates catesbeianus*) a nivel nacional. Elaboración propia con información de SEMARNAT, (2017); CONAPESCA, (2017); INAPESCA, (2018); SNIIM, (2020)

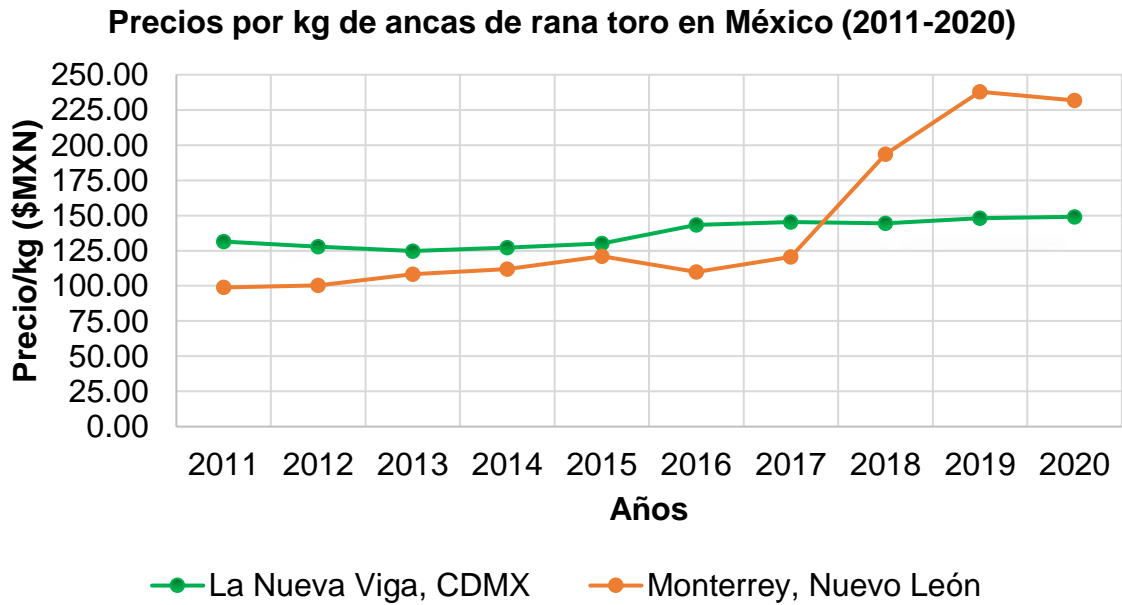


Figura 1.7. Precios por kg de ancas de rana toro en México (2011-2020)
 Elaboración propia con información del SNIIM, (2020)

1.2. Concepto de la calidad en la cadena de suministro de carne

El precio y la calidad son elementos clave en el mercado de la carne, los cuales son relevantes tanto para la competitividad como la eficiencia económica de la cadena de suministro a fin de satisfacer las demandas de los consumidores (Becker, 2002).

La prima de precio que reciben los productos de alta calidad en comparación con los productos de bajo precio es una medida financiera de la calidad de un producto. Esto es el resultado de la interacción entre la oferta y la demanda de calidad (Becker, 2002).

De manera que, la calidad puede considerarse como una construcción en la mente del cliente, la cual es subjetiva puesto que depende de sus percepciones, necesidades, así como deseos. De igual modo, también es objetiva, pues existe sólo en la medida en que sea científicamente medible. Si bien el concepto objetivo de calidad predomina en la cadena de suministro y en las ciencias de la carne, el concepto subjetivo de calidad impulsa la demanda del consumidor (Becker, 2002).

Dicho lo anterior, se utilizan los siguientes términos para la distinción de estos enfoques: 1) atributos de calidad; para denotar aquellas características del producto percibidas como importantes por el consumidor, y 2) características de calidad; para denotar aquellas que se pueden medir científicamente (Becker, 2002).

De acuerdo con la ISO (Organización Internacional de Normalización), la calidad se refiere al conjunto de características inherentes a un producto que cumple con los requisitos (ISO 9000, 2021). Con respecto al mercado de la carne, los miembros de la cadena de suministro (Figura 1.8) poseen sus propios intereses económicos y se dividen en: 1) industrias de insumos, 2) sector ganadero o acuícola, 3) industrias de procesamiento, 4) comerciantes y 5) consumidores.

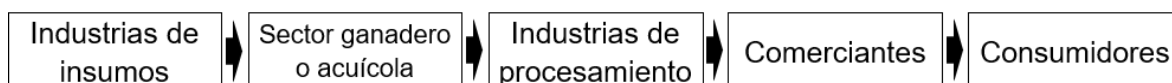


Figura 1.8. Cadena de suministro de carne (Becker, 2002)

Los consumidores desean pagar precios bajos, mientras que los comerciantes prefieren precios altos por los productos. El sector comerciante prefiere comprar a precios bajos en el mercado de alimentos, mientras que la industria intenta maximizar sus retornos. A su vez, la industria prefiere comprar a bajo costo del sector ganadero, el cual intenta obtener el mejor precio. Por último, este desea comprar materias primas de otras industrias. Así mismo, los intereses estratégicos están en conflicto con respecto al precio y la calidad (Becker, 2002).

Además, cada miembro de la cadena de suministro de carne posee su propio concepto de calidad. Por ejemplo, los consumidores solicitan calidad sensorial (color, terneza, jugosidad, sabor, aroma), productos que sean seguros de consumir (inocuidad), calidad nutricional (efectos sobre la salud) y, estándares de bienestar animal. De esta manera, los consumidores definen la calidad de acuerdo con sus propias preferencias (Becker, 2002).

Por otro lado, los comerciantes se interesan en productos baratos de comprar pero que alcanzan un precio superior, una larga vida útil y favorecen positivamente a su imagen. Es decir, el precio es relevante por lo que la calidad se define de acuerdo con la contribución de un producto a sus objetivos económicos (Becker, 2002).

Mientras que, la industria de procesamiento se interesa en la adquisición de animales con buen rendimiento en su transformación en canal, como la proporción máxima de músculo, mínima de hueso y una cantidad de grasa acorde con los requisitos del mercado, lo cual favorece la imagen de su marca (Becker, 2002).

Los productores se interesan en la obtención de un animal con el menor costo de producción y que reúna las características de peso y estado de engrasamiento estimados por la industria. Entonces, la calidad se refiere a la velocidad de crecimiento del animal y su rendimiento máximo al gancho (Becker, 2002).

Por lo tanto, una respuesta eficiente de la cadena a la demanda de calidad del consumidor implica una comunicación a través de todas las etapas de la cadena de suministro (Becker, 2002).

1.3. Evaluación de la calidad del alimento para la rana toro

1.3.1. Calidad nutricional

La capacidad de producción de los animales con interés zootécnico se determina por medio del potencial genético, la alimentación, así como por las condiciones medioambientales donde éstos se encuentren (INATEC, 2016).

Así mismo, la alimentación es el suministro de alimentos a dichos animales. Además, el alimento debe contener un correcto valor nutritivo, no obstante, el volumen de alimentos que los animales pueden consumir está sujeto por las características fisiológicas de la especie.

De esta manera, los alimentos que se utilizan para la alimentación del sector ganadero o acuícola se dividen en: 1) voluminosos (forrajes, pastos, subproductos del procesamiento de productos agrícolas) y 2) concentrados (proteicos o energéticos y aditivos tanto nutricionales como no nutricionales) (INATEC, 2016).

Los alimentos concentrados son de origen animal y vegetal los cuales se caracterizan como proteicos o energéticos. Están contenidos en frutos, granos, subproductos de procesamiento de grano o en alimentos basados en harinas de algunos animales como es el caso de la harina de pescado. Por lo general, presentan una mayor digestibilidad y valor nutritivo.

A su vez, el valor nutritivo es la cantidad adecuada de los nutrientes en un alimento que satisfacen los requerimientos de la crianza de los animales. Así, el requerimiento nutricional se refiere a la cantidad de alimento necesario para que los animales alcancen un estado de desarrollo fisiológico lo cual permita su crecimiento, al mismo tiempo que expresen su potencial productivo (INATEC, 2016).

Por último, en la alimentación de las ranas, se establece el uso de valores cuantitativos de energía y proteínas en los alimentos para la evaluación del rendimiento de los animales en la etapa post-metamórfica. Empero, para establecer el valor nutricional de los alimentos, se debe conocer el análisis composicional de cada uno de estos alimentos al igual que, su uso efectivo al organismo animal (Braga *et al.*, 1998).

1.3.1.1. Composición química

La composición química de los alimentos en el sector ganadero o acuícola se clasifica en agua, ceniza, proteína cruda, lípidos crudos, fibra cruda y otro extracto soluble libre de nitrógeno (Figura 1.9). Así mismo, la composición de estos varía en gran medida por la etapa de crecimiento del animal (INATEC, 2016).

Por otro lado, la proteína es un compuesto el cual contiene nitrógeno, principal componente del músculo y la sangre. Además, compone a los órganos como músculos, tejidos, enzimas, hormonas, entre otros.

Los carbohidratos son sustancias que se consumen como energía, tales se encuentran en los músculos en forma de glucógeno. También, se transforman en fuente de energía para el cuerpo y el cerebro.

Los lípidos se utilizan en la elaboración de la energía, el cuerpo de la membrana celular y las hormonas, mientras que la energía no consumida en el cuerpo se almacena tanto en forma de grasa visceral como subcutánea.

Los minerales corresponden a la materia no orgánica de la materia seca del alimento y son elementos como Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) que son los componentes en la formación de los huesos al igual que dientes, así mismo tanto el Potasio (K) como el Sodio (Na) participan en la regulación de la presión osmótica.

Desde la perspectiva nutricional, la fibra alimentaria no es un nutriente ya que no participa directamente en los procesos metabólicos del organismo. Se puede clasificar la fibra en: verdadera (celulosa, hemicelulosa y lignina), dietética total (compuestos no digeribles por las enzimas del intestino humano) y fibra cruda (residuo libre de cenizas que resulta del tratamiento en caliente con ácidos y bases, constituye el 20-50% de la fibra dietética) (Moron *et al.*, 1997).

El agua no es un nutriente, pero tiene una función importante de mantener vivos los organismos. El agua está involucrada en el metabolismo de las sustancias presentes en el cuerpo de los animales. Por otra parte, mantiene la temperatura corporal constante a través de diferentes mecanismos (salivación, jadeo, respiración, sudoración, entre otros) (INATEC, 2016).

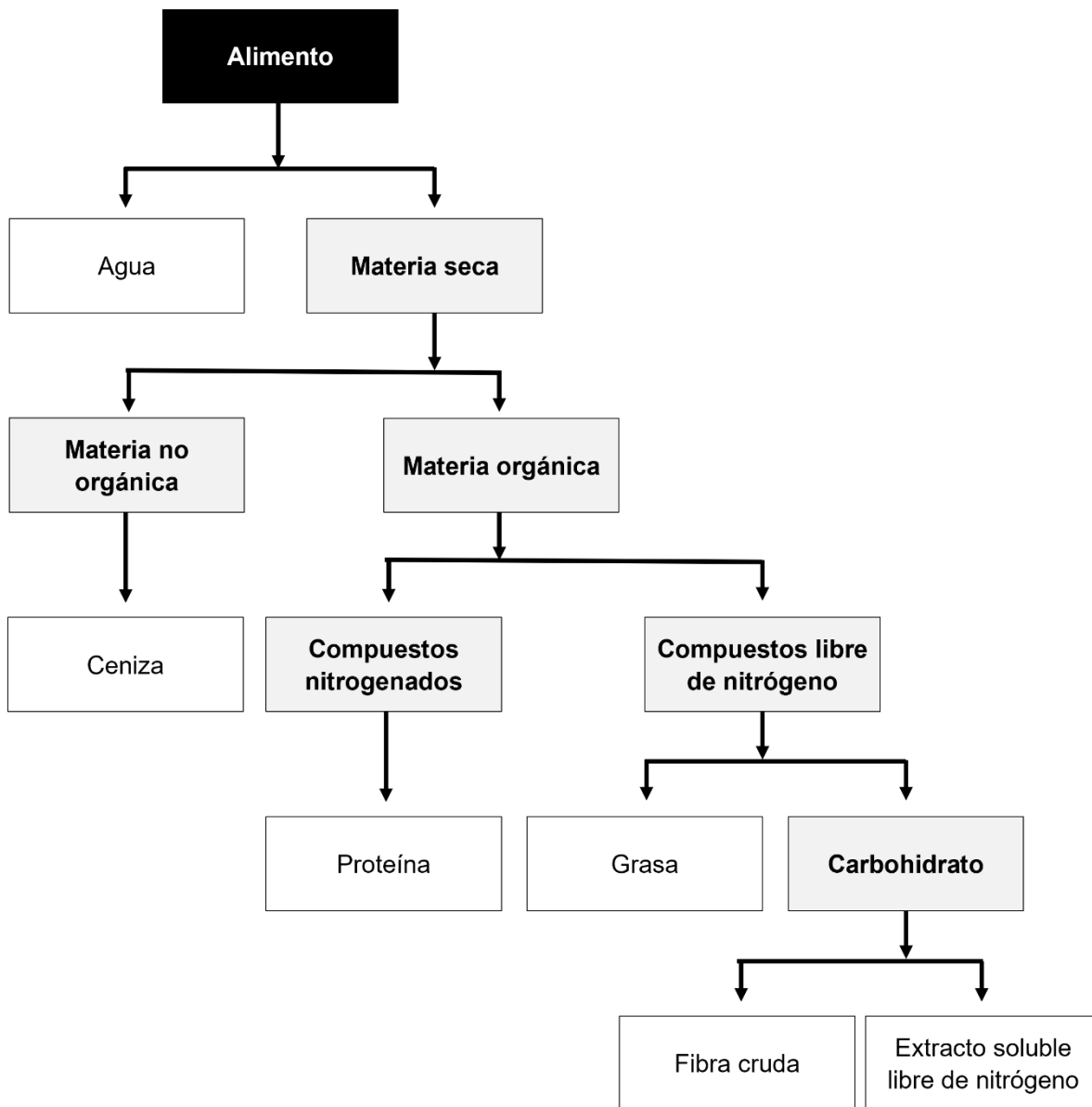


Figura 1.9. Clasificación de la composición química del alimento (INATEC, 2016)

En la Tabla 1.5 se muestra la composición química del músculo de la rana toro alimentadas con dietas de diferentes niveles de proteínas y lípidos (Huang *et al.*, 2014).

Tabla 1.5. Composición química del músculo de la rana toro alimentadas con dietas de diferentes niveles de proteínas y lípidos (Huang <i>et al.</i>, 2014)				
De acuerdo con el % proteína				
Proteína	35	40	45	
Lípidos	4, 7, 10, 13	4, 7, 10, 13	4, 7, 10, 13	
Proteína	18.68 ^a	19.34 ^b	18.76 ^a	
Lípidos	1.21 ^b	1.26 ^b	1.08 ^a	
Cenizas	1.02	1.00	1.05	
Humedad	79.09	78.36	78.95	
De acuerdo con el % lípidos				
Lípidos	4	7	10	13
Proteína	35, 40, 45	35, 40, 45	35, 40, 45	35, 40, 45
Proteína	18.61 ^a	18.99 ^{bc}	19.16 ^c	18.94 ^b
Lípidos	1.19 ^b	1.21 ^b	1.19 ^b	1.13 ^a
Cenizas	1.05	0.96	1.05	1.04
Humedad	79.28	78.73	78.48	78.72

1.4. Evaluación de la calidad de la canal de rana toro

1.4.1. Calidad de la canal

La obtención de la canal es el objetivo final de todo sistema de producción de carne y representa la parte comercializable más relevante de un animal. A su vez, determina el valor cárnico en función de su calidad, así como la eficiencia del sistema utilizado en su producción (Consigli, 2001).

De esta manera, la canal de un animal productor de carne se refiere a su cuerpo desprovisto de piel, vísceras, patas y cabeza (NOM-030-ZOO-1995). Es decir, en un sentido tradicional, se refiere a las cantidades absolutas de músculo, grasa al igual que hueso. Lo anterior, se puede refinar en cortes primarios con o sin hueso (Greenwood *et al.*, 2009).

Por otra parte, los criterios de valoración de la calidad de la canal son dinámicos puesto que cambian de acuerdo con las épocas, países, regiones y exigencias de los diversos mercados.

De igual manera, el concepto de calidad de la canal resulta complejo, ya que está sujeta tanto a la subjetividad de su apreciación como a la diferencia de aspectos que afectan a los sectores implicados. Sin embargo, se considera como un alto grado de calidad el desarrollo de un buen color, buenas características sensoriales, la textura de la carne, proporciones máximas de músculo y mínimas de hueso, así como el grado de engrasamiento acorde a los requisitos del mercado (Consigli, 2001).

Así mismo, las características que impactan en dicha calidad presentan una amplia variabilidad y son producto de la interacción de un gran número de factores como la edad, el peso, la raza, el sexo, la alimentación, entre otros, los cuales contribuyen a delimitar el valor comercial del animal (Rubio *et al.*, 2012).

Por último, el productor como iniciador de la cadena cárnica requiere conocer las exigencias de la demanda del consumidor para que la obtención de las canales se ajuste a la misma. En consecuencia, orienta su producción con la finalidad del aumento de la rentabilidad (Consigli, 2001).

1.4.1.1. Rendimiento de la canal

La composición de la canal es importante para el sector productor por la engorda del animal y la eficiencia del suministro de nutrientes. En la industria cárnica, por el cumplimiento de las especificaciones del mercado, así como, el aumento del rendimiento de la carne. Por otro lado, en los comercializadores, por la proporción de cortes de primera calidad y, por último, en el consumidor, por la aceptación de las características de la carne.

Por otro lado, los tejidos musculares de la canal tienen un crecimiento de comportamiento alométrico, es decir, generalmente el crecimiento relativo del hueso precede al del músculo que precede al de la grasa. Descrito lo anterior, se establece que, a edades más tempranas y pesos corporales más bajos, el hueso se encuentra en mayor proporción que el músculo y la grasa respectivamente, que, en edades y pesos mayores (Greenwood *et al.*, 2009).

Para la evaluación de una canal, es necesaria la consideración de aquellas características que afectan su valor por unidad de peso (Figura 1.10). Asimismo, la composición de la canal de la rana toro consiste solamente en la carne y los huesos ya que no presenta grasa, a su vez, según sus grupos musculares, se divide en tórax y ancas (Figura 1.11-1.16) (Berhouet *et al.*, 2000; Cesnik *et al.*, 2015).

Así, el rendimiento de la canal expresa el peso de la canal con respecto al peso vivo del animal previamente a la matanza y, de acuerdo con los valores publicados, los rendimientos de la canal de la rana toro oscilan entre un 52 y 57%. Mientras que, el rendimiento por grupo muscular expresa el peso del músculo con hueso con respecto al peso vivo del animal. Por ejemplo, en el caso de las ancas se encuentra reportado en un 33% (Berhouet *et al.*, 2000).

Por último, otros rendimientos posibles de determinar son la carne sin hueso del animal con respecto a la canal o con algún corte de la canal. En particular, para la rana toro, son los rendimientos de la carne sin hueso ya sea de las ancas o tórax con respecto a su media canal o, con respecto a la canal completa, sin embargo, no se encuentran reportados dichos valores.

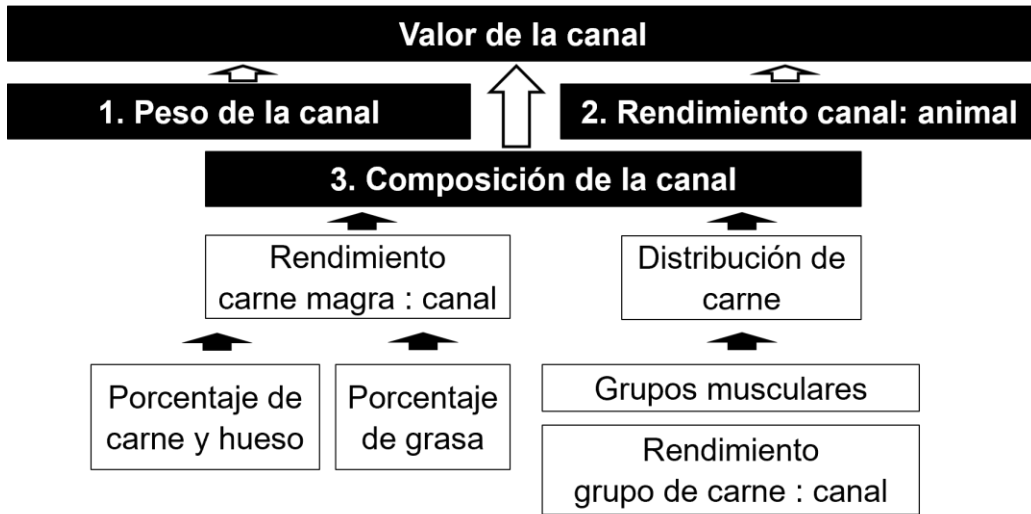


Figura. 1.10. Características que contribuyen al valor promedio por unidad de peso de una canal. Modificado de Purchas, (2012)

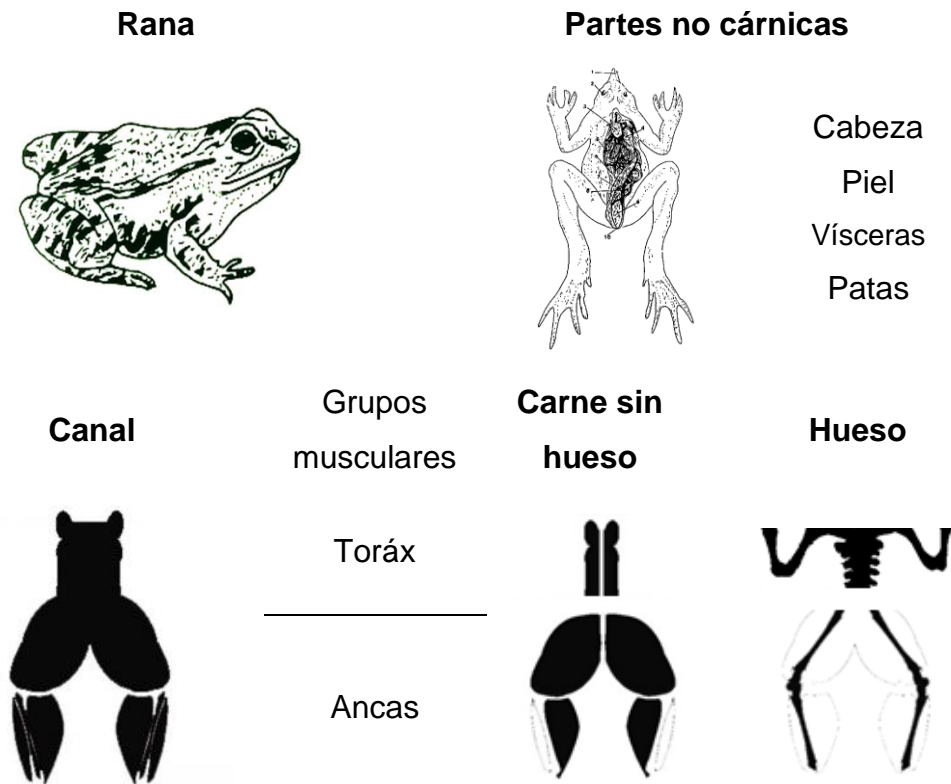


Figura 1.11. Partes cárnicas y no cárnicas de la canal de la rana toro. Modificado de Hernández-Briz, (1996) y Singular, (2021)



Figura 1.12. Ilustración de la rana toro. Modificada de Toronto Zoo, (2021)

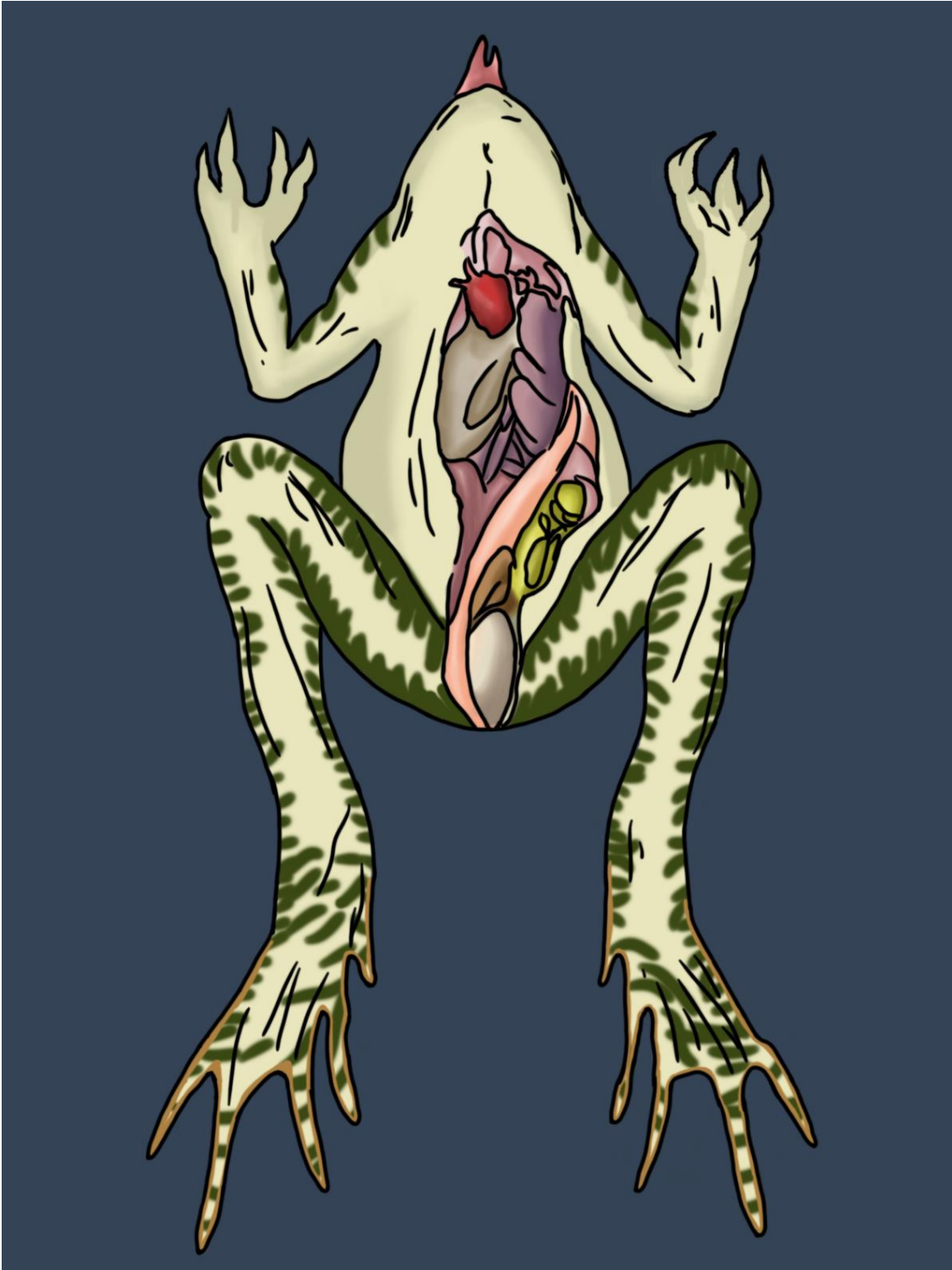


Figura 1.13. Ilustración de la rana toro eviscerada. Elaboración propia a partir de Hernández-Briz, (1996)

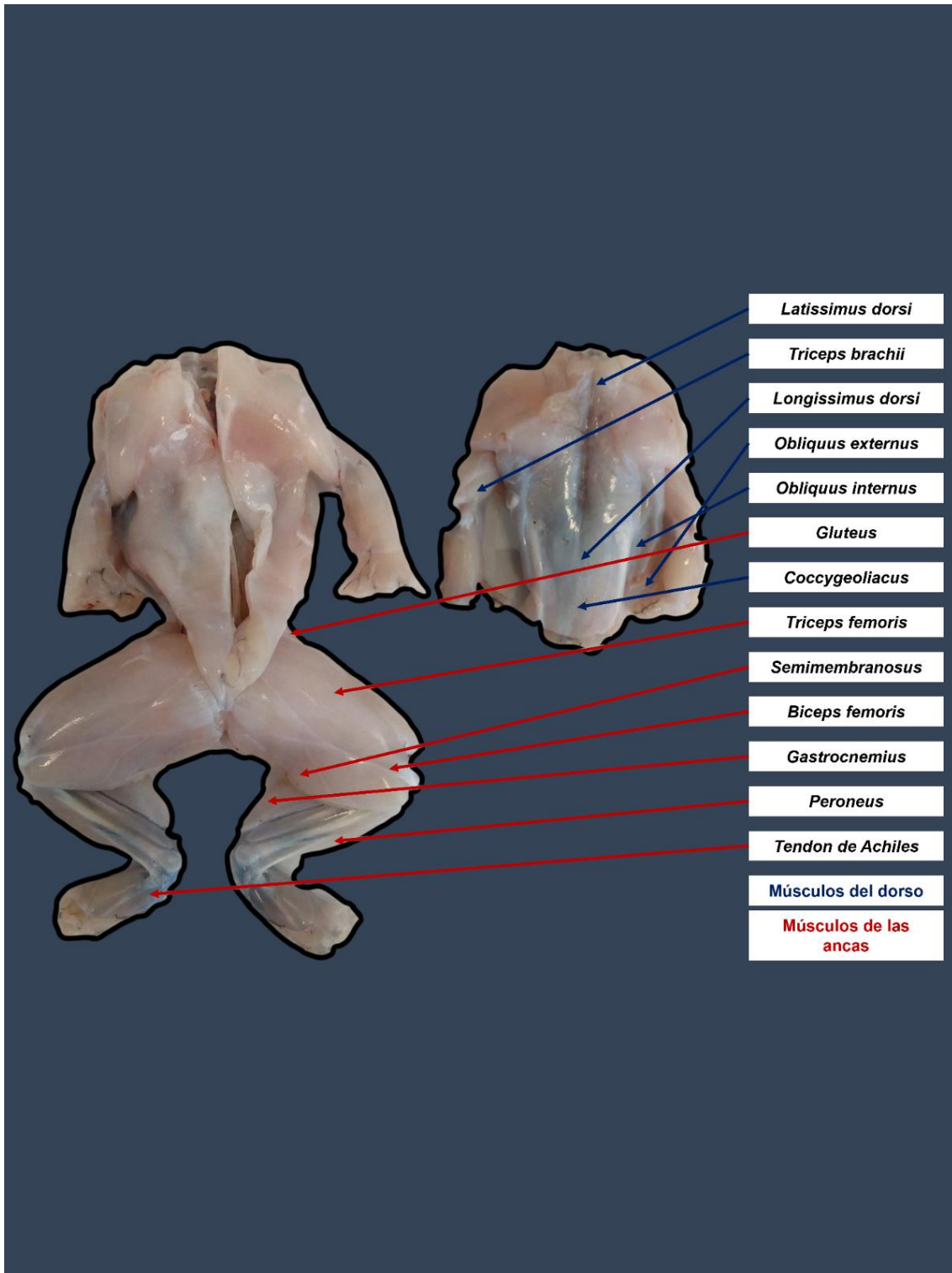


Figura 1.14. Canal de rana toro: división por cortes y principales músculos.
Elaboración propia con información de Pereira, (2017)

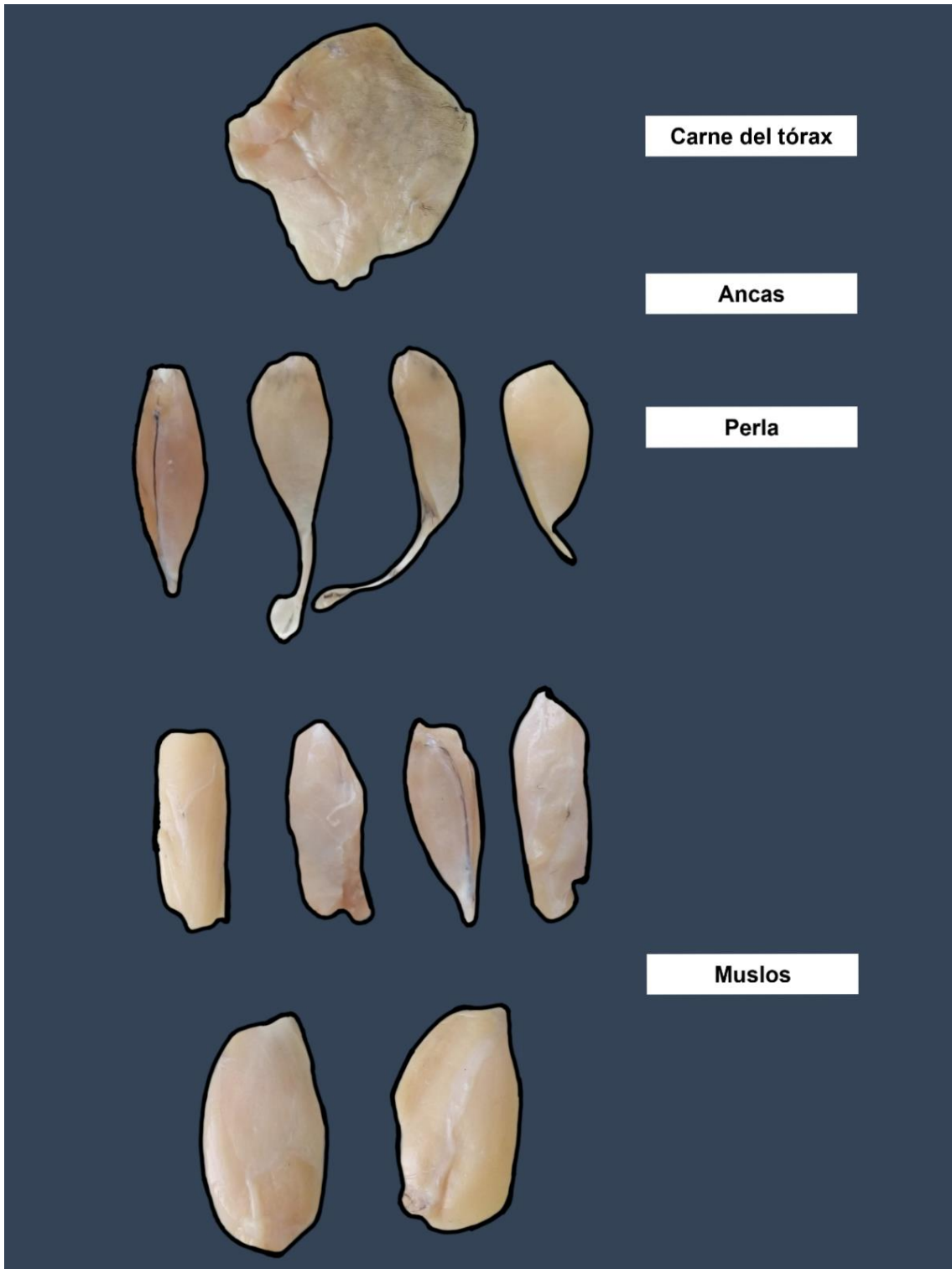


Figura 1.15. Carne sin hueso obtenida de la rana toro. Elaboración propia con información de Singular, (2021)

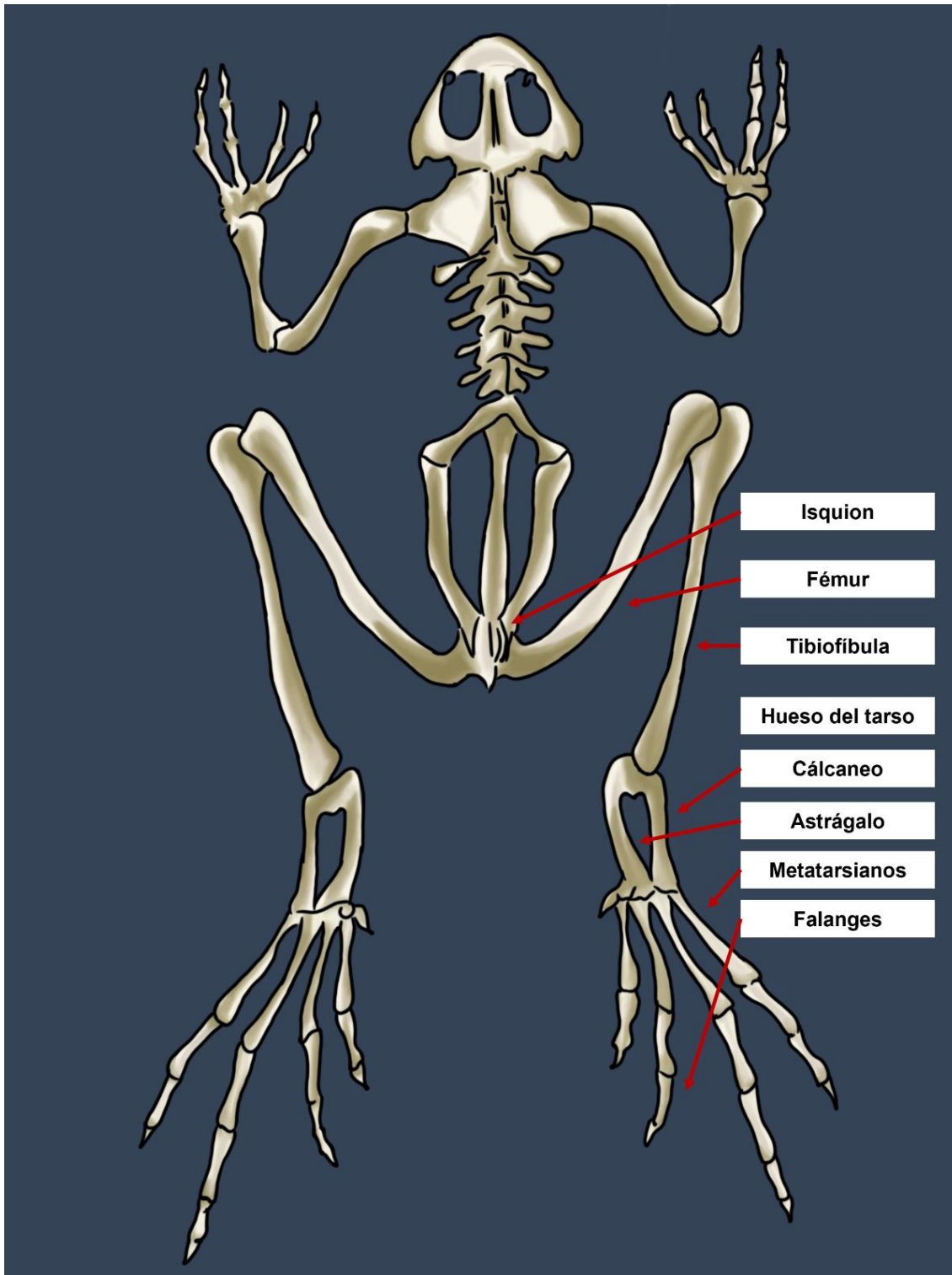


Figura 1.16. Ilustración del sistema esquelético de la rana toro. Elaboración propia a partir de Hernández-Briz, (1996)

1.5. Evaluación de la calidad de la carne de rana toro

1.5.1. Calidad de la carne

La carne es el producto resultante de la compleja cascada de cambios energéticos, bioquímicos y físicos en el músculo después de la matanza del animal. Así mismo, se define como la estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conjuntivo elástico, grasa, hueso, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos de las especies animales autorizadas para el consumo humano (NOM-030-ZOO-1995; Matarneh *et al.*, 2017).

De esta manera, la calidad de la carne está sujeta a factores como la especie, la raza, la edad, el sexo, el sistema de producción, la alimentación, el tipo de matanza, así como el sistema de comercialización, entre otros (Rubio *et al.*, 2012).

La calidad de la carne se refiere a la idoneidad de las características de esta para su consumo o uso en un producto en específico. Entonces, si la carne es adecuada a lo que está destinada, la calidad se define como buena, mientras que, si la carne es menos adecuada, la calidad es pobre (Matarneh *et al.*, 2017).

Por lo que se refiere a la calidad de la carne, se clasifica en la calidad de almacenamiento de la carne, la calidad higiénico-sanitaria, la calidad sensorial, la calidad nutricional, la calidad tecnológica y el valor ético.

La calidad de almacenamiento de la carne describe las características idóneas para el consumo y conservación de los productos frescos durante cierto tiempo bajo ciertas condiciones de almacenamiento (Taheri-Garavand *et al.*, 2019).

Por otro lado, la calidad nutricional está dada por su contenido que responden a las distintas necesidades metabólicas del organismo (agua, proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales) (Consigli, 2001).

Por último, la calidad tecnológica se refiere al rendimiento fisicoquímico de las propiedades de las proteínas musculares en el procesamiento de la carne. La mayoría de los productos cárnicos procesados son una combinación de varias funcionalidades de proteínas (Xiong, 2014; Xiong, 2018).

1.5.2. Evaluación de la frescura de la carne

La carne es fuente de proteínas, lípidos, minerales y vitaminas, sin embargo, debido a su alto contenido como disponibilidad de nutrientes al igual que humedad, esta es susceptible a un rápido deterioro (Ponce *et al.*, 2013).

De esta manera, la calidad de frescura de la carne aumenta significativamente por la mejora de las operaciones de matanza que contribuyen en el bienestar animal, al igual que, en el control de la higiene y el manejo de temperaturas tanto en la cadena de distribución como en la comercialización.

Por otro lado, el deterioro de la calidad se refleja en la reducción del grado de aceptación, así como del detrimento del valor nutrimental, el cual se asocia en la producción de compuestos tóxicos. De esta forma, se monitorea de forma integral y objetiva la frescura de la carne con ciertos indicadores para señalar el momento en que se inicia su deterioro, con la finalidad de un mayor control para la prolongación de la vida útil (Ponce *et al.*, 2013).

Los mecanismos que implican la reducción de la vida útil y pérdida de la frescura incluyen el desarrollo de microorganismos, la oxidación lipídica y otros procesos autolíticos. Sin embargo, la velocidad con la que ocurren las reacciones depende de las características intrínsecas de la carne (especie, raza, edad, etcétera), así como de los factores extrínsecos (tipo de matanza, condiciones higiénicas, temperatura de almacenamiento, sistema de empaque, etcétera).

Durante el almacenamiento de la carne, el pH aumenta gradualmente debido a la generación de bases volátiles al mismo tiempo que se originan reacciones de proteólisis, descarboxilación y oxidación, las cuales en un estado avanzado son las responsables tanto del deterioro como del cambio en el aroma, color, jugosidad y textura, entre otras cosas.

Por último, las reacciones de oxidación son de relevancia ya que modifican estas características incluso durante el almacenamiento a bajas temperaturas como la refrigeración y congelación (Ponce *et al.*, 2013).

1.5.2.1. Pruebas de la evaluación de la frescura de la carne

1.5.2.2. Evaluación del color

El color de la carne es el principal atributo que influye en la decisión de compra, puesto que la apariencia es crítica para la percepción de calidad de frescura del consumidor. De esta manera, el color de la carne fresca se debe a la desnaturalización de proteínas como resultado del cambio de pH, así como la concentración y el estado oxidativo de la mioglobina (Ramos *et al.*, 2005; Braña *et al.*, 2011; Faustman *et al.*, 2017).

La mioglobina es la principal proteína sarcoplasmática que confiere color a la carne, la cual está constituida por una cadena polipeptídica (globina) y un anillo protoporfirina (hemo). Ubicado en el centro, se encuentra un átomo de hierro el cual puede existir en estado ferroso (Fe^{2+}) o férrico (Fe^{3+}). Además, este puede formar seis enlaces de los cuales, cuatro con nitrógenos de pirrol, a su vez, el quinto enlace con la histidina proximal, mientras que el sexto enlace está disponible para la unión del ligando (Mancini, 2009; Faustman *et al.*, 2017).

El ligando presente y el estado redox del hierro resultan en una de las cuatro formas químicas de mioglobina, responsables del color de la carne. Además, una caída rápida del pH a principios del *post-mortem* resulta en un color pálido, mientras que un pH final alto resulta en un rojo oscuro (Aaslyng, 2002; Mancini, 2009).

Por debajo de la superficie de la carne fresca, la mioglobina está presente de una forma no oxigenada (DMb [Fe^{2+}]) y es de color rojo violáceo o púrpura (Figura 1.17). A medida que la carne se corta y se expone al aire, el oxígeno atmosférico se une al hierro hemo para formar oximioglobina roja ferrosa (OMb [Fe^{2+}]). Durante el almacenamiento, la oxidación eventual del hierro a un estado férrico ($\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$) conduce a la disociación del oxígeno y la posterior unión del agua por el hierro para formar metamioglobina marrón férrica (metMb [Fe^{3+}]).

Igualmente, en el empaqueo de la carne con CO_2 , el monóxido de carbono se une a la mioglobina ferrosa y produce la carboximioglobina rojo cereza (COMb [Fe^{2+}]) (Faustman *et al.*, 2017).

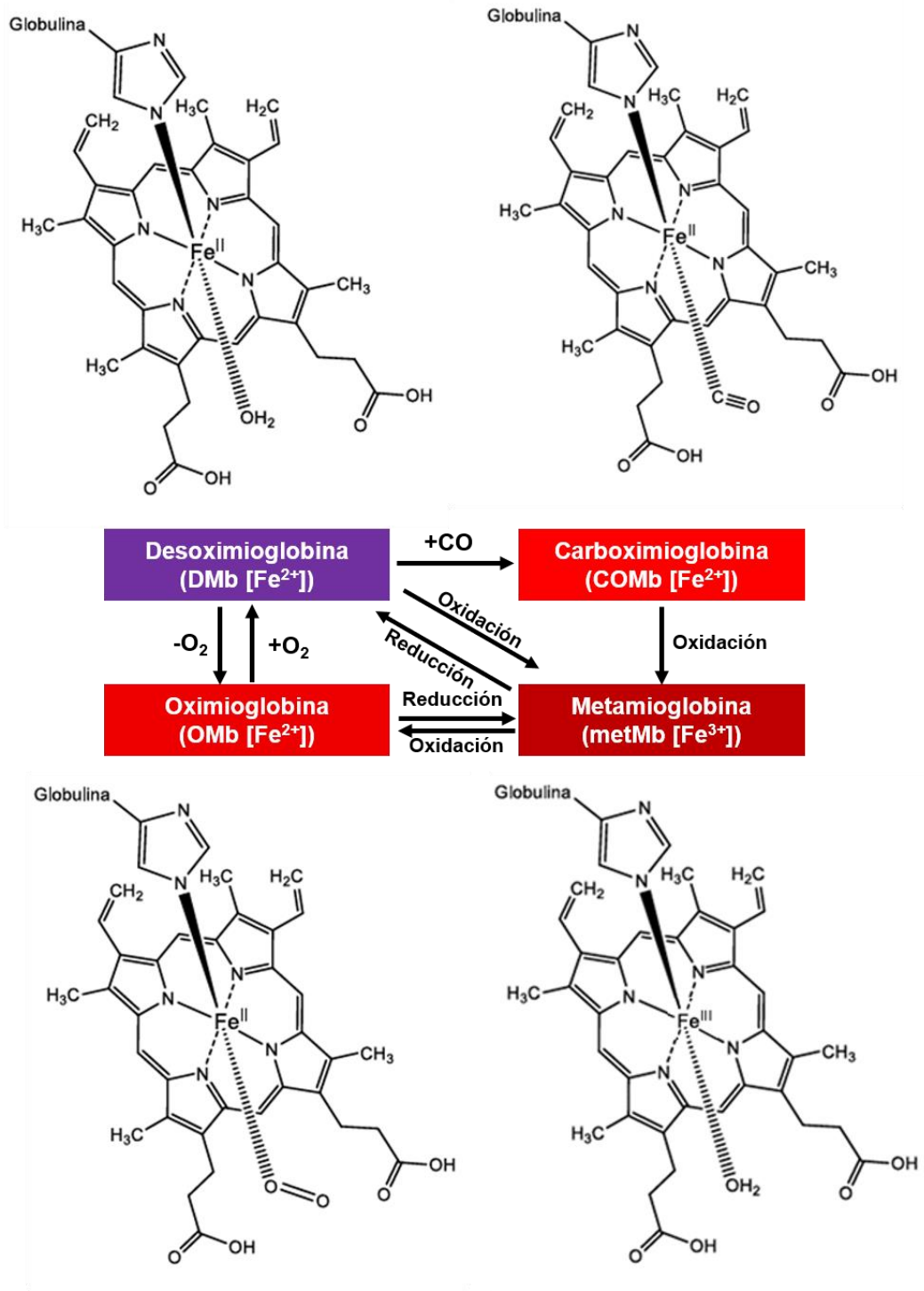


Figura 1.17. Cambios de color y estados redox de la mioglobina en la superficie de la carne. Modificado de Faustman *et al.*, (2017) y Rodríguez, (2018)

Por otra parte, el color es definido por la CIE (Comisión Internacional de Iluminación) como el atributo visual del cual se compone de la combinación de componentes tanto cromáticos como acromáticos (Braña *et al.*, 2011).

En la actualidad, para la generación de información reproducible de forma universal, se utilizan tres características físicas que definen al color. La primera característica es el Tono o también llamado Hue, el cual se refiere al nombre del color (amarillo, rojo, azul, verde). La segunda se denomina Croma o Saturación, en donde estos colores presentan diferente intensidad. La última es la Luminosidad, la cual indica qué tan claro u oscuro es el color (Braña *et al.*, 2011).

En general, para medir el color instrumentalmente existe la reflectancia de superficie, la cual se usa comúnmente debido a su naturaleza rápida y no destructiva, al igual que a su capacidad para caracterizar el color de la superficie, lo que indica una mayor precisión que del juicio de un consumidor (Mancini, 2009).

Asimismo, la colorimetría de triestímulo utiliza información obtenida del análisis objetivo de la reflectancia de la luz e intenta correlacionarla con la percepción del color por parte de un observador. Esta técnica mide la cantidad relativa y el tipo de color presente (Faustman *et al.*, 2017).

Por otro lado, las variables de reflectancia más utilizadas son: 1) L^* , indica luminosidad, 100 (blanco) 0 (negro), se correlaciona con el estado físico de la carne por su pH final; 2) a^* , mide el enrojecimiento y está influenciado por el pH de la carne por los procesos tanto de oxidación como de reducción de la mioglobina, (+ rojo y - verde); y 3) b^* , mide la amarillez, (+ amarillo y - azul). Además, el tono en la carne fresca se relaciona con los factores *post-mortem*, mientras que el croma con la concentración de mioglobina (Braña *et al.*, 2011; Faustman *et al.*, 2017).

Por último, las mediciones de color en la carne cruda son afectadas por la nutrición del animal, la velocidad de enfriamiento de la canal, el tipo de músculo, el pH del músculo, el tiempo, así como la temperatura de almacenamiento *post-mortem*, el tiempo de exposición del músculo al oxígeno, la humedad de la superficie y la concentración de mioglobina (Braña *et al.*, 2011).

1.5.2.3. Determinación del pH y contenido de ácido láctico

Uno de los cambios con mayor relevancia en la bioquímica celular es la acumulación gradual de ácido láctico la cual origina una progresiva acidificación en el músculo que se refleja en la disminución del pH (Andújar *et al.*, 2003).

La medición del pH es un indicador para la evaluación de la calidad de la carne, el cual es definido como el logaritmo negativo de la concentración de protones la cual tiene una escala entre 0 y 14. Es decir, un valor de pH por debajo de 7 se considera como ácido y, por encima de 7 como básico (Braña *et al.*, 2011).

Por otro lado, la evolución *post-mortem* del pH en la carne se caracteriza por la rapidez y cuantía de su disminución. De esta manera, el pH muscular en animales nutridos y en reposo antes de la matanza, es aproximadamente entre 6.8 a 7.2 y disminuye a 5.6 o 5.7 en 6-8 horas *post-mortem*. Mientras que en 24 horas disminuye entre 5.3 a 5.7 en dependencia tanto del músculo como de la especie.

Así mismo, tal disminución se debe principalmente a la degradación del glucógeno a ácido láctico; una reacción en la que el músculo produce energía en ausencia de oxígeno. La velocidad esta disminución es variable, puesto que está influenciada por factores intrínsecos tales como la especie animal, el tipo de músculo y la susceptibilidad al estrés, entre otros (Andújar *et al.*, 2003; Braña *et al.*, 2011).

Por otra parte, durante el almacenamiento de la carne, el pH aumenta gradualmente debido al desarrollo microbiano acompañado por la generación de amoníaco y otros compuestos que alcalinizan la carne. Cuando el pH de la carne refrigerada alcanza valores próximos a 6.2, se sospecha de una alteración, mientras que en valores de 6.5, es evidente la descomposición de la matriz alimentaria (Ponce *et al.*, 2013).

La velocidad con la que el pH aumenta durante su almacenamiento depende principalmente de la especie del animal, la carga microbiana, el nivel de glucógeno en la etapa pre-rigor, del pH a las 24 horas y de las condiciones tanto de empaquetado como de la temperatura de almacenamiento (Ponce *et al.*, 2013).

1.5.3. Calidad nutricional

1.5.3.1. Composición química

La carne es principalmente el tejido muscular de un animal y se consume en la mayor parte del mundo por su alto valor nutritivo. La calidad de la carne depende de los cambios en sus componentes químicos: proteínas, humedad, lípidos y cenizas. A su vez, este contenido depende de la especie, edad, raza, suplementación de alimento y peso corporal del animal (Manik *et al.*, 2020).

El músculo de la mayoría de los animales contiene 75% de agua, 20% de proteínas y 5% de lípidos, carbohidratos, una variedad de vitaminas, así como minerales, mientras que, la composición química de la carne de rana toro se caracteriza por ser magra, es decir, su contenido de lípidos es bajo (Zhang *et al.*, 2016). En la Tabla 1.6 se muestra la composición química de la carne en diferentes especies.

Tabla 1.6. Composición química de la carne de diferentes especies (Huss, 1998; Zhang *et al.*, 2016; Manik *et al.*, 2019)

Composición (g/100g)	Res (magra)	Ternera (magra)	Cerdo (magro)	Pollo	Pescado (magro)	Rana toro
Humedad	75.0	76.4	75.1	75.0	78-82	80.17
Proteína	22.3	21.3	22.8	22.8	16-20	18.61
Lípidos	1.8	0.8	1.2	0.9	<2.5	0.39
Cenizas	1.2	1.2	1.0	1.2	1.2-1.5	0.94

1.5.3.2. Humedad

El componente principal de la carne es la humedad la cual tiene un papel relevante en los aspectos sensoriales como el sabor, textura y apariencia. También, impacta en los parámetros de calidad como la ternura, jugosidad y, vida útil de la carne, es decir, un exceso de humedad conduce al deterioro de la carne por probabilidad de crecimiento microbiano, a su vez, una humedad baja puede afectar la consistencia del producto final. Además, la humedad contribuye al peso de la carne ya que, si su contenido en la carne es menor, afectará el peso de la carne (Manik *et al.*, 2019).

Por último, es el único componente de la carne que es muy volátil a temperaturas superiores a 100°C, por lo tanto, el contenido de humedad de la carne se puede cuantificar mediante secado en un horno de aire caliente (Manik *et al.*, 2019).

1.5.3.3. Proteínas

La carne se compone alrededor del 20% de proteínas, las cuales se clasifican en: estructurales, sarcoplásmicas y tejidos conectivos. Las proteínas estructurales representan el 12% y se conforman por la actina y miosina (miofibrilar); las proteínas sarcoplásmicas solubles son el 6% las cuales se encuentran en el jugo muscular, mientras que, los tejidos conectivos representan el 2%, que son el colágeno y la elastina (Manik *et al.*, 2019).

La proteína es el componente principal en la carne que contiene nitrógeno, y este contenido es aproximadamente constante en la carne. De esta manera, el contenido de proteína en la carne se determina en relación con la base del contenido de nitrógeno total. Por lo que, el método de Kjeldahl se aplica para determinar el contenido de nitrógeno.

Así que, el contenido de nitrógeno se multiplica por un factor para obtener el contenido de proteína. Entonces, este método se sustenta en los siguientes supuestos: tanto los carbohidratos como los lípidos no contienen nitrógeno mientras que el nitrógeno recuperado durante la digestión es principalmente amino nitrógeno de las proteínas (nitrógeno orgánico total) y, que la contribución del nitrógeno inorgánico (nitrito, amonio) u orgánico (nucleótidos, ácidos nucleicos) es insignificante.

El contenido promedio de nitrógeno de las proteínas es de alrededor del 16%, lo que condujo al uso del cálculo $N \times 6.25$ ($1 / 0.16 = 6.25$) para convertir el contenido de nitrógeno en contenido de proteína. También, el factor 6.25 se usa para convertir el nitrógeno total en la carne en el contenido total de proteínas de la carne.

Por último, el método Kjeldahl consiste en una etapa de digestión donde el nitrógeno se convierte en amonio (NH_4^+) y otra etapa analítica donde el NH_4^+ se cuantifica por titrimetría o colorimetría (Manik *et al.*, 2019).

1.5.3.4. Lípidos

El contenido al igual que la composición de lípidos en la carne varía de acuerdo con factores como la especie animal, la edad, la alimentación y parte de la canal. El contenido total de lípidos de las carnes varía de alrededor de 0,8 a 48g/100g.

La extracción de Bligh y Dyer (Bligh & Dyer, 1959) se aplica a muestras grandes de alto contenido de humedad en la carne. Se basa en la combinación de diclorometano-metanol para extraer lípidos. El procedimiento es rápido, así como adecuado para muestras bajas en lípidos (Manik *et al.*, 2019).

La composición de lípidos (Tabla 1.7) comprende de ácidos grasos saturados (SFA: sin doble enlace), monoinsaturados (MUFA: un doble enlace) y poliinsaturados (PUFA: más de un doble enlace), en los que se incluyen el ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) (Wood, 2017).

Tabla 1.7. Composición de ácidos grasos de la carne en diferentes especies (Aaslyng, 2009; Zhang *et al.*, 2016)

Ácido graso (%)	Cerdo	Res	Pollo	Ácido graso (%)	Rana toro
SFA	39.8	45-49	22.0	SFA	44.74
MUFA	46.0	43-50	42.9	MUFA	19.68
PUFA	12.2	2-10	33.5	PUFA	30.86
				EPA+DHA	9.78

1.5.3.5. Cenizas

La carne contiene cenizas que rara vez supera el 5% la cual comprende de una variedad de minerales como hierro, zinc y cobre. La ceniza es el residuo inorgánico una vez que el agua y la materia orgánica se eliminan por incineración a altas temperaturas (500°-600°C) en presencia de oxígeno en el aire a CO₂ y óxidos de N₂. Esto proporciona un parámetro de la cantidad total de minerales presentes en la carne. Además, la alimentación con altos niveles de minerales en el alimento no necesariamente incrementa el nivel de minerales en la carne (Manik *et al.*, 2019).

1.5.4. Calidad tecnofuncional

1.5.4.1. Propiedades tecnofuncionales de las proteínas y productos cárnicos

Las proteínas son los principales componentes del músculo que comprenden aproximadamente el 20% del peso muscular total o el 80% de la masa seca en el tejido magro. Estas contienen todos los aminoácidos esenciales con un perfil de composición similar al del cuerpo humano y, por tanto, altamente nutritivos. Por otro lado, imparten funcionalidades específicas en la carne y los productos cárnicos (gelificación, emulsificación, retención de agua, etcétera) (Xiong, 2018).

El término funcionalidad se refiere al rendimiento fisicoquímico de las propiedades de las proteínas musculares en el procesamiento de la carne. Estas son conferidas por tres grupos de proteínas musculares: proteínas sarcoplasmáticas, proteínas miofibrilares y proteínas estromales (Xiong, 2014).

Las sarcoplasmáticas tienen una alta actividad superficial y, por ello, actúan como emulsionantes. Mientras que, las del estroma son principalmente moléculas de colágeno que se encuentran en los tejidos conectivos y, participan en la estructura y formación de textura en carnes trituradas. Por último, las miofibrilares imparten varias funcionalidades como la gelificación, emulsificación, unión al agua y adhesión. De esta manera, se presta al desarrollo de una variedad de productos cárnicos texturizados y reestructurados, como los embutidos (Xiong, 2014). Por otro lado, de acuerdo con la formulación del producto y sus protocolos de procesamiento, las proteínas musculares presentan cambios estructurales específicos e interacciones para permitir una variedad de características físicas de las carnes (Xiong, 2018).

Por último, la mayoría de los productos cárnicos procesados son una combinación de varias funcionalidades de proteínas. Por ejemplo, las características de la textura de los productos como albóndigas, salchichas, chorizos, surimis o Nuggets se atribuyen entre diversos factores como a una red de proteínas a través de la interacción proteína-proteína (gelificación), interacción proteína-grasa (emulsificación) e interacción proteína-agua (unión al agua) (Xiong, 2018).

1.5.4.2. Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua se define como la capacidad de la carne para retener el agua durante el corte, el picado, el prensado y, también, durante el transporte y, almacenamiento. Esto incluye a la humedad inherente al tejido muscular, así como cualquier líquido que pueda agregarse a la carne durante el procesamiento posterior. Además, es esencial para la calidad del producto en la jugosidad y ternura de la carne cocida (Huff-Lonergan, 2009; Warner, 2017).

Por definición, el agua “unida” es la que existe en la vecindad de constituyentes no acuosos (como las proteínas), tiene movilidad reducida y es resistente a la congelación y el calentamiento. Mientras que, el agua “libre” es la fracción de agua que puede fluir sin obstáculos desde la estructura.

Otra fracción se denomina “inmovilizada”, en la cual las moléculas de agua pueden mantenerse ya sea por efectos estéricos y/o por atracción hacia el agua unida. Esta agua se mantiene dentro de la estructura del músculo. Tras la alteración de la estructura de las células musculares y la disminución del pH, esta agua también puede eventualmente escapar como purga (Huff-Lonergan *et al.*, 2005).

El pH de la capacidad de retención de agua mínima de las proteínas musculares de la carne es 5.0, que coincide con el punto isoeléctrico de la actomiosina. La precipitación máxima de las proteínas sarcoplasmáticas ocurre entre pH 4.8 y 5.2. La precipitación inducida por el pH de las proteínas sarcoplasmáticas sobre las miofibrilares disminuye la capacidad de retención de agua (Brewer, 2014).

Por otra parte, algunos métodos para medir la capacidad de retención de agua implican la aplicación de fuerza para medir el agua liberada y, generalmente miden el agua libre en la estructura muscular.

Por último, la salchicha es un ejemplo de producto cárnico en el que se puede aprovechar esta funcionalidad de las proteínas. Estas y las carnes trituradas son, por un lado, más propensas a exudar líquido (incluso si la retención de agua es alta) porque la estructura de la carne se destruye en su preparación, eliminando así su contribución a la retención física del líquido (Warner, 2017).

1.5.4.3. Capacidad de emulsión

La capacidad de emulsión es una propiedad funcional la cual se define como la cantidad de grasa que se puede emulsionar por gramo de carne. Esta es importante para evaluar la calidad tecnológica de la carne cuando se destina en la elaboración de productos finamente picados o triturados en presencia de grasa, como, las salchichas (Pérez *et al.*, 2013; Xiong, 2014).

En una emulsión cárnica los glóbulos de grasa se dispersan y estabilizan en un sistema de matriz acuoso el cual se conforma de proteínas miofibrilares solubles en sal, al igual que, en segmentos de fibras musculares y miofibrillas, fibras de tejido conectivo y, fragmentos de colágeno (Xiong, 2014).

Así mismo, las proteínas miofibrilares son las de mayor importancia en el desarrollo de emulsionantes para la unión de piezas musculares en carnes procesadas. Además, estas son moléculas anfóteras que poseen grupos polares y no polares. Por ello, en la entrada de energía mecánica a través del proceso de emulsificación, las proteínas se adsorben en la interfaz grasa-agua donde los grupos hidrófobos se anclan en la grasa mientras que, los grupos hidrófilos se extienden en la fase acuosa (Xiong, 2014; Mandigo *et al.*, 2014).

Por otro lado, un proceso de corte lento y continuo es adecuado para la reducción del tamaño de partícula de grasa al intervalo de micrómetro mientras se extrae la miosina o actomiosina para la generación de un recubrimiento el cual rodea las partículas de grasa.

La capacidad de las proteínas musculares para la generación de una membrana viscoelástica y flexible alrededor del glóbulo graso es un factor crítico para la formación y estabilización de la emulsión. Así, la contribución de las proteínas musculares en individual a la estabilidad de la emulsión de carne sigue el orden: miosina> actomiosina> proteína sarcoplásmica> actina> colágeno (Xiong, 2014).

Por último, la capacidad de emulsión de la carne disminuye en el punto isoeléctrico (pH=5.5) de las proteínas miofibrilares y aumenta los valores de pH cercanos a la neutralidad (Pérez *et al.*, 2013).

1.5.5. Calidad de la carne almacenada en refrigeración

Por lo general, la carne se somete a un método de conservación dado que de lo contrario su deterioro avanza rápidamente, perjudicando a su calidad y seguridad hasta el punto en que sea desagradable para el consumo (Lovatt, 2014).

La refrigeración tiene como finalidad extender la vida útil y preservación de características del producto tras la limitación del crecimiento de organismos y la reducción del deterioro debido a reacciones químicas (oxidación de lípidos, por ejemplo), con poco efecto sobre sus características sensoriales (Lovatt, 2014).

Además, en el proceso ocurre la reducción de la temperatura de la carne a un valor por debajo del cual la tasa de crecimiento se desacelera. En general, se lleva a cabo a temperaturas en el intervalo de 0°C a 8°C (es decir, por encima del punto de congelación de los alimentos) (James, *et al.*, 2009; Lovatt, 2014; Berk, 2018).

Así, la refrigeración se describe como el proceso en el cual se transfiere calor de un objeto a otro, es decir, el calor fluye de los objetos más calientes a los más fríos y no se requiere ningún mecanismo para lograrlo (Lovatt, 2014).

De esta manera, la conservación de la carne por refrigeración se basa en que la movilidad molecular se abate y, en consecuencia, tanto las reacciones químicas como los procesos biológicos se ralentizan a baja temperatura. A diferencia del tratamiento térmico, la baja temperatura no destruye microorganismos o enzimas, sino que simplemente disminuye su actividad. Así mismo, retrasa el deterioro de la carne, pero no puede mejorar la calidad inicial (Berk, 2018).

Por último, en la Tabla 1.8 se presentan los tiempos de conservación de la carne de diferentes especies en refrigeración.

Tabla 1.8. Conservación de la carne en refrigeración (USDA, 2015)			
	Carne de res	Carne de cerdo	Carne de pollo
Refrigeración (2-8°C)	3 a 5 días	3 a 5 días	1 a 2 días

1.5.6. Calidad de la carne almacenada en congelación

El periodo de conservación es el tiempo en el que un alimento se almacena en condiciones ambientales específicas sin que afecte en su calidad a nivel sensorial, química y microbiológica. Así mismo, una de estas condiciones es la congelación, la cual preserva las características del producto a un nivel deseable durante mayor tiempo (Alarcón-Rojo *et al.*, 2010; Rosenvold, 2014).

Por otra parte, la calidad de la carne en congelación depende de tres cosas; 1) la congelación, es decir, la reducción de la temperatura de la carne a la temperatura de su almacenamiento (comúnmente -18°C); 2) el tiempo de almacenamiento en congelación y, por último, 3) la descongelación (Rosenvold, 2014).

El proceso de congelación comienza una vez que la carne alcanza una temperatura por debajo de su temperatura de congelación inicial y tiene lugar la nucleación (aparición del primer cristal llamado núcleo) de cristales de hielo. Ahí, la congelación progresa mediante el crecimiento de un cristal de hielo existente o la nucleación de un nuevo cristal. Ambos procesos reducen las tasas de cambios tanto físicos como químicos y se mejora la vida útil del producto (Rosenvold, 2014).

La carne congelada desarrolla reacciones químicas a un ritmo mucho más lento que en la carne fresca y refrigerada. Sin embargo, es posible que impacte negativamente en la apariencia, sabor, color y valor nutritivo (Rosenvold, 2014).

Por último, la descongelación requiere más tiempo y es difícil su control porque las temperaturas superiores a 0°C aumentan el riesgo de crecimiento microbiano, la pérdida por goteo y la apariencia del producto. Estos cambios se agregan a los cambios iniciados antes y durante la congelación (Rosenvold, 2014). En la Tabla 1.9 se presentan los tiempos de conservación de la carne en congelación.

Tabla 1.9. Conservación de la carne en congelación (USDA, 2015)			
	Carne de res	Carne de cerdo	Carne de pollo
Congelación (-18°C)	6 a 12 meses	4 a 6 meses	12 meses

1.5.6.1. Pruebas de la evaluación de la calidad en la carne almacenada

1.5.6.2. Determinación de bases volátiles nitrogenadas totales (BVNT)

El desarrollo tanto de olores como sabores desagradables durante el almacenamiento de la carne se debe a la formación de metabolitos de bajo peso molecular derivados de reacciones químicas, de la actividad enzimática endógena y principalmente del desarrollo de microorganismos (Stadnik *et al.*, 2010; Ponce *et al.*, 2013).

De esta manera, la cuantificación del nitrógeno básico volátil total se conforma por las aminas biogénicas derivadas de las reacciones de descarboxilación de aminoácidos; al amoníaco producido por desaminación de aminoácidos y catabolitos de nucleótidos; la trimetilamina por deterioro bacteriano, así como la dimetilamina por enzimas autolíticas durante el almacenamiento en congelación (Huss, 1998; Ponce *et al.*, 2013).

Las aminas biogénicas que se encuentran principalmente tanto en la carne fresca como procesada son la putrescina, la cadaverina, la histamina y la tiramina, mientras que los niveles de la espermidina como la espermina cambian ligeramente durante el almacenamiento o procesamiento (Figura 1.18) (Galgano *et al.*, 2009; Stadnik *et al.*, 2010).

Así, la formación de las aminas biogénicas se da por la disponibilidad de precursores, es decir, aminoácidos libres, el pH de la carne, la presencia de microorganismos con descarboxilasas de aminoácidos al igual que las condiciones favorables para su crecimiento (Stadnik *et al.*, 2010; Jairath *et al.*, 2015).

Así mismo, la diferencia en la concentración de estos compuestos en carne fresca se debe a las diferentes propiedades de los sustratos en la carne de diferentes especies, así como por microorganismos (*Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas spp.* y ciertos *lactobacilos*, *enterococos* y *estafilococos*) con potencial bioquímico para metabolizar los aminoácidos. También, estos microorganismos están presentes de forma natural en los productos cárnicos o se introducen por contaminación antes, durante o después del procesamiento (Galgano *et al.*, 2009).

La carne al ser rica en proteínas es un producto más relevante con respecto a la descarboxilación de amina. Por lo tanto, la determinación de estos compuestos es de gran interés, debido a su riesgo potencial para la salud humana, es decir, por la histamina y la tiramina. Además de la intoxicación, las aminas biogénicas también son indicadores de la frescura de la carne ya que se asocia con el deterioro de esta (Galgano *et al.*, 2009; Jairath *et al.*, 2015).

Por último, el nivel de pH neto impacta en el nivel de las aminas biogénicas puesto que el pH afecta a la producción por dos mecanismos. Uno está afectando el crecimiento de microorganismos por la acidez en la carne mientras que la disminución del pH produce un aumento de la actividad descarboxilasa de las bacterias. En dichas condiciones, las bacterias aumentan la producción de descarboxilasas como parte de su mecanismo de protección (Galgano *et al.*, 2009; Jairath *et al.*, 2015; Köse, 2017).

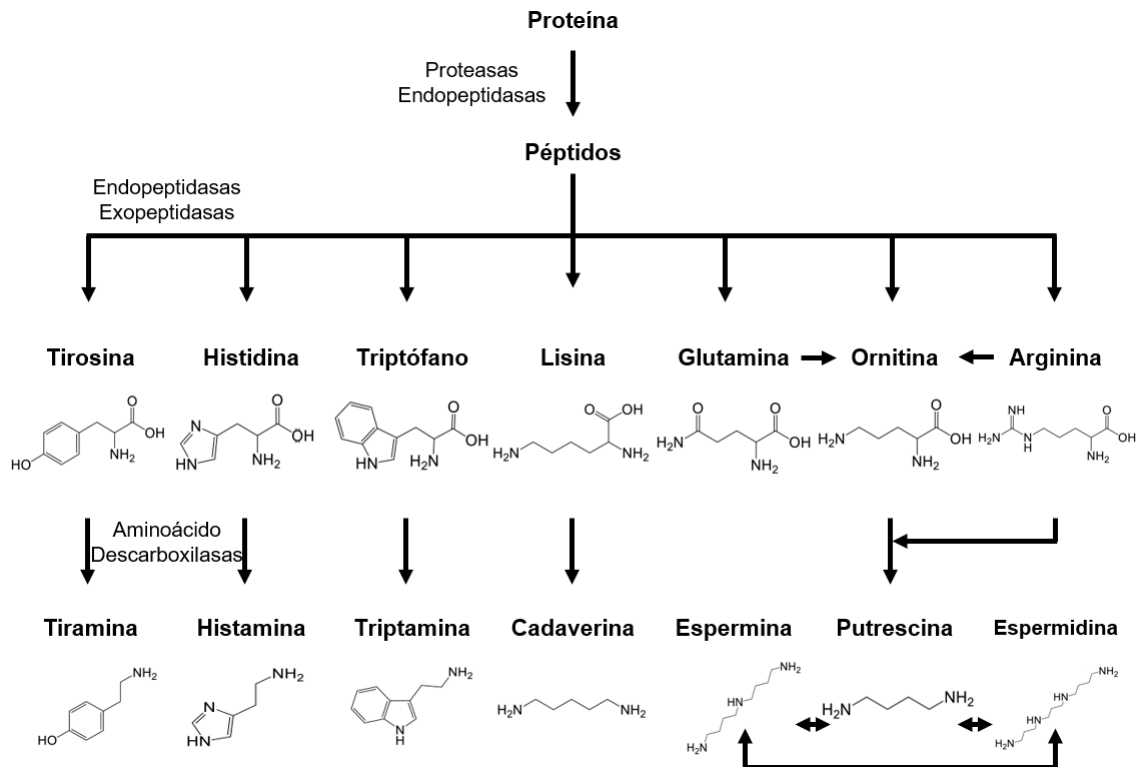


Figura 1.18. Formación de aminas biogénicas. Modificado de Jairath *et al.*, (2015), Köse, (2017) y Rodríguez, (2018)

1.5.6.3. Determinación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARs)

Las reacciones de oxidación son la forma más frecuente del deterioro de los lípidos principalmente por los ácidos grasos poliinsaturados los cuales conducen al desarrollo de enranciamiento, es decir, compuestos que provocan sabores y aromas indeseables lo que conlleva una alteración en la calidad de la carne que provoca la reducción de la vida útil y el valor nutritivo de la carne (Ponce *et al.*, 2013).

Los lípidos durante su degradación producen varios compuestos volátiles como los hidroperóxidos que son productos de la oxidación primaria que no tienen aroma. A su vez, la degradación de estos conlleva a la formación de productos secundarios tales como aldehídos, cetonas, ácidos, entre otros (Domínguez *et al.*, 2019).

Así mismo, el malonaldehído (1,3-propanodial, MDA) es uno de los aldehídos más importantes que se producen durante la oxidación lipídica secundaria de los ácidos grasos poliinsaturados. A su vez, en pequeñas cantidades produce aromas rancios y se considera el principal marcador de oxidación de lípidos (Figura 1.19) (Domínguez *et al.*, 2019; Pérez-Palacios *et al.*, 2020).

De esta manera, el grado de oxidación de lípidos de la carne se determina con la prueba de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbiturico (TBA) expresadas en equivalentes de malonaldehído (MDA)/kg de muestra.

Esta prueba consiste en una medida colorimétrica del complejo formado entre el TBA y el MDA. Sin embargo, aunque el MDA es la principal sustancia reactiva de TBA, la reacción no es específica para el MDA, puesto que existen múltiples aldehídos otros productos de oxidación que igualmente reaccionan con el TBA. Debido a que el TBA no es específico para el MDA y puede reaccionar con otros compuestos, el procedimiento de TBARs se usa para la evaluación de la oxidación lipídica general, en lugar de la cuantificación del MDA (Domínguez *et al.*, 2019).

Así, los aldehídos reaccionan con el ácido tiobarbitúrico para originar complejo de color rosado cuya concentración es proporcional a la absorbancia entre 530-535 nm (Figura 1.20) (Ponce *et al.*, 2013; Domínguez *et al.*, 2019).

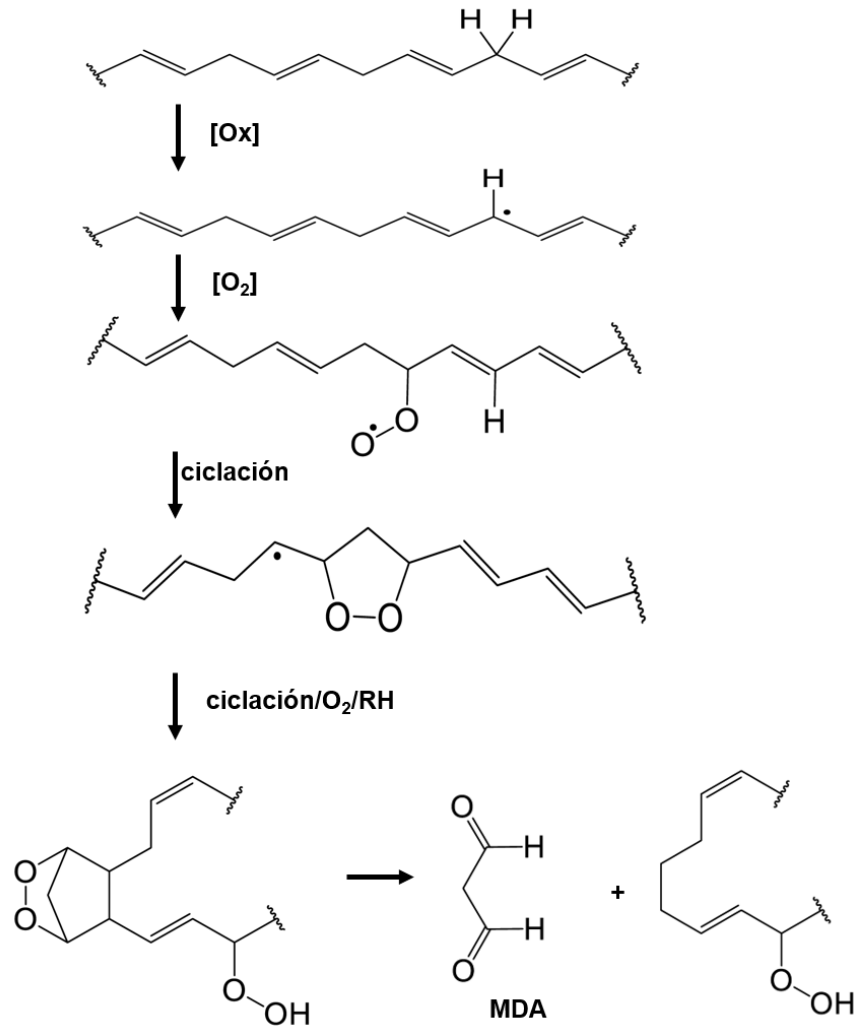


Figura 1.19. Formación de malonaldehído (MDA). Modificado de Marnett, (1999) y Rodríguez, (2018)

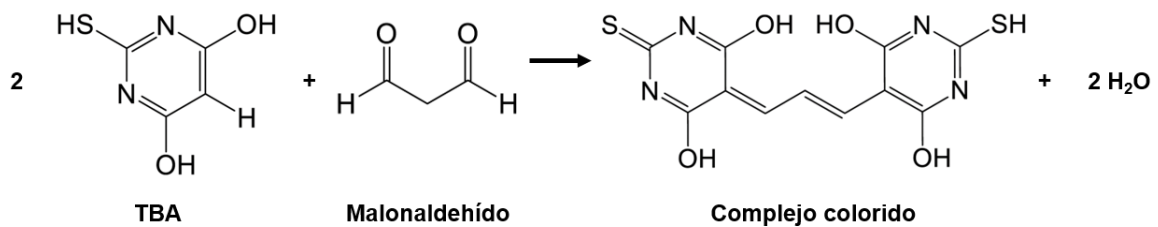


Figura 1.20. Reacción del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) con el malonaldehído (MDA) (Ponce *et al.*, 2013) y Rodríguez, (2018)

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL



Figura 2.1. Diagrama general de la metodología empleada para la realización del estudio del alimento de rana toro

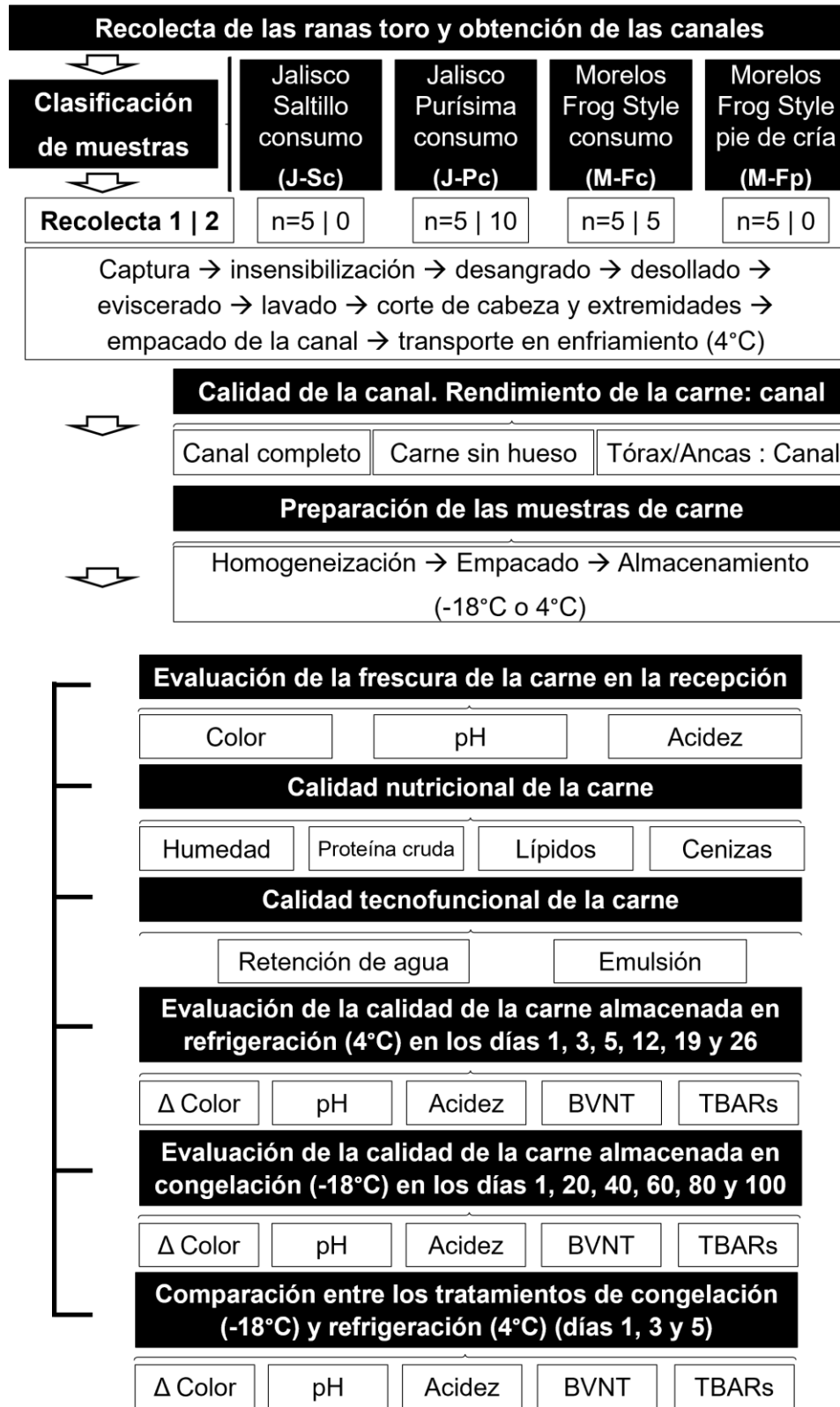


Figura 2.2. Diagrama general de la metodología empleada para la realización del estudio de la canal y carne de rana toro

2.1. Sistema de estudio

El desarrollo experimental del proyecto sobre la rana toro versaron en tres objetos de estudio; el primero, radicó en el alimento proporcionado durante las diferentes etapas del desarrollo de éste, el segundo, en la canal obtenida a partir del animal, y el tercero, en la carne obtenida a partir de la canal.

Como se muestra en la Figura 2.1, con la finalidad de caracterizar los alimentos proporcionados en el crecimiento de la rana toro, se realizó un análisis composicional de los diferentes alimentos.

Por otro lado, como se muestra en la Figura 2.2, con el objetivo de caracterizar la canal de rana toro de diferente lugar de origen, se evaluaron los rendimientos de la canal, mientras que, con el objetivo de caracterizar la carne, se evaluaron seis aspectos, los cuales fueron: 1) frescura en su recepción, 2) composición química, 3) propiedades tecnofuncionales de las proteínas, 4) calidad en el almacenamiento en refrigeración (4°C) a lo largo de 26 días, 5) calidad en el almacenamiento en congelación (-18°C) durante 100 días y, por último 6) la comparación entre los tratamientos en congelación (-18°C) y refrigeración (4°C) (días 1, 3 y 5).

2.2. Evaluación de la calidad del alimento para la rana toro

2.2.1. Recolecta de los alimentos

En las granjas de producción de los estados de Jalisco y Morelos, se recolectaron los alimentos balanceados para las diferentes etapas de desarrollo de las ranas toro. Se recolectaron 50g por cada alimento. La denominación del alimento de acuerdo con las marcas es “alimento para tilapia”.

2.2.2. Clasificación experimental del alimento

Como se muestra en la Figura 2.3 y 2.4, en la clasificación de muestras, cada grupo fue nombrado por el número del diámetro de partícula del alimento, seguido por un guion medio y, las iniciales del nombre de la marca del alimento.

Fase de desarrollo	Diámetro de partícula (mm)	Marca	Granja de producción	Clasificación
Crías	1.5	Winfish Zeigler (W)	El Saltillo (S)	1.5-W
Crías	2.5	El Pedregal (EP)	La Purísima (P)	2.5-EP
Engorda	3.5			3.5-W
Engorda	5.5	Purina (P)	Frog Style (F)	3.5-P
				5.5-W

Figura 2.3. Clasificación de los diferentes alimentos para rana toro

2.2.3. Determinación de la composición química

El tratamiento de la muestra consistió en moler el alimento en una licuadora hasta obtener un polvo homogéneo.

Las determinaciones correspondientes al análisis químico proximal se realizaron de acuerdo con los Métodos Oficiales del AOAC International, 15ª edición según el Apartado 4. Alimentos para Animales (AOAC, 1990).

Humedad: Método Oficial AOAC 930.15, Humedad de Alimentos para animales.

Cenizas: Método Oficial AOAC 942.05, Ceniza de Alimentos para animales.

Proteína: Método Oficial AOAC 954.01, Proteína Cruda en Alimentos para animales.

Grasa: Método de Soxhlet (James, 1999).

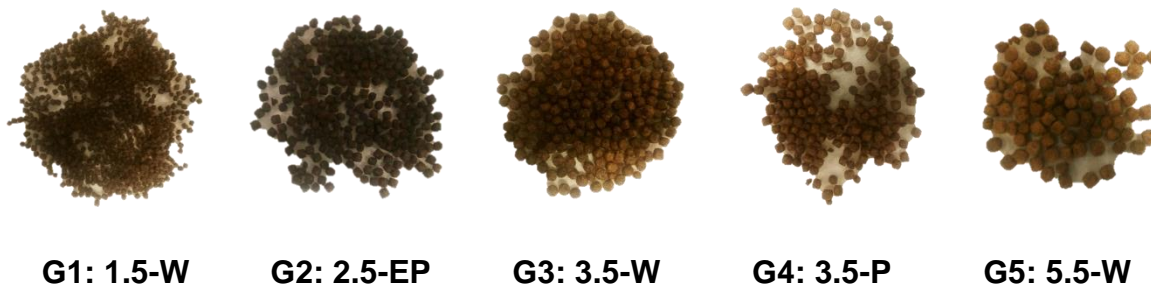


Figura 2.4. Clasificación de los diferentes alimentos para rana toro

2.3. Granjas de producción proveedoras de las canales de rana toro

Las canales de rana toro se obtuvieron en tres granjas de producción localizados en los estados de Jalisco y Morelos. El primero de ellos, el centro “Acuícola El Saltillo” se encuentra ubicado en Rancho San José del Salto #3 C.P. 45470, Acatic; mientras que el segundo, el centro “Bigran-Ranícola La Purísima” está situado en calle Morelos #55, La Purísima, C.P. 45443, Zapotlanejo; ambas granjas están situadas en el estado de Jalisco; cuyas muestras fueron proporcionadas por el CESAJ (Comité Estatal de Sanidad e Inocuidad Acuícola de Jalisco).

Por otro lado, las muestras provenientes del estado de Morelos fueron proporcionadas por la granja de producción “Acuícola Frog Style” ubicada en Cerrada Nixcomitl s/n número, Jacarandas, Yautepec de Zaragoza, Morelos.

En la Tabla 2.1, se presenta un cuadro comparativo de las granjas mencionadas anteriormente, indicando las características en los sistemas de producción, actividad acuícola, tanque y alimento.

Característica	Granjas de producción		
	“El Saltillo”	“La Purísima”	“Frog Style”
Sistema de producción	Intensivo	Intensivo	Intensivo
Actividad	Zootécnica de reproducción y engorda	Zootécnica de reproducción y engorda	Zootécnica de reproducción y engorda
Tipo de tanque	Semiseco	Semiseco	Semiseco
Alimento	Para tilapia Purina® El Pedregal®	Para tilapia Winfish Zeigler Belenes®	Para tilapia Purina®

2.4. Evaluación de la calidad de la canal de rana toro

2.4.1. Recolectas de las canales

En las granjas de producción de los estados de Jalisco y Morelos, se recolectaron las ranas toro bajo el estatus de su destino, ya sea para consumo humano o pie de cría (reproducción) (Figuras 2.5-2.8). En la Tabla 2.2 se presenta un cuadro comparativo de las características de las ranas toro según su procedencia. En la recolecta no.2 no se llevó a cabo en la granja de producción de “El Saltillo” debido a que las ranas toro no tuvieron la edad y peso adecuado, y en “Frog Style” ya que estuvieron en temporada de celo-reproducción.

Se realizó el proceso de la matanza y obtención de la canal de rana toro en las granjas de producción, de acuerdo con lo descrito por el Código de Prácticas de Higiene para la Elaboración de Ancas de Rana y con el Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Rana Toro (CXC-30-1983; SAGARPA, 2016).

En la Figura 2.9 y 2.10, se presenta el diagrama del proceso de la matanza de la rana toro. En primer lugar, una vez que fueron identificadas las ranas toro bajo el estatus requerido para el estudio, se procedió a su captura manual y su insensibilización. Después, fueron transportadas al área de matanza y eviscerado. Posteriormente, se manejaron de forma manual y se llevó a cabo su desangrado. Una vez inmovilizados, se realizó el desollado y terminado, se efectuó el eviscerado y remoción de la cabeza, al igual que su limpieza con agua clorada 10mL/100L. Enseguida, se procedió a la remoción de extremidades y un último lavado. Por último, se llevó a cabo el empacado individual de las canales (Figura 2.11) en bolsas Ziploc® y su almacenamiento en enfriamiento (4°C) para su transporte.

En las granjas de producción de “El Saltillo” y “La Purísima” en la recolecta no.1 se obtuvieron los pesos en cada etapa en la obtención de la canal de rana toro, es decir, la rana toro sin cabeza, sin piel, eviscerada, sin extremidades/canal en caliente. Sin embargo, no se llevó a cabo el pesaje para “Frog Style” en la recolecta no.1 y las tres granjas de producción en la recolecta no.2 debido a que no se tuvo la balanza.

Tabla 2.2. Características de las ranas toro recolectadas

Características de la rana toro	Granja de producción			
	“El Saltillo”	“La Purísima”	“Frog Style”	
Estatus	Consumo	Consumo	Consumo	Pie de cría
Edad	7-8 meses	7-8 meses	6 meses	1 año
Peso (g)	160-250	150-220	150-250	250-350
Sexo	Ambos	Ambos	Ambos	Ambos
Cantidad (Recolecta 1)	5	5	5	5
Mes de recolecta 1	Julio	Julio	Septiembre	Septiembre
Cantidad (Recolecta 2)	/	10	5	/
Mes de recolecta 2	/	Enero	Marzo	/



Figura 2.5. Rana toro (G3: M-Fc) de la granja de producción de Morelos destinada a consumo humano



Figura 2.6. Ranas toro (G3: M-Fc) de la granja de producción de Morelos destinadas a consumo humano

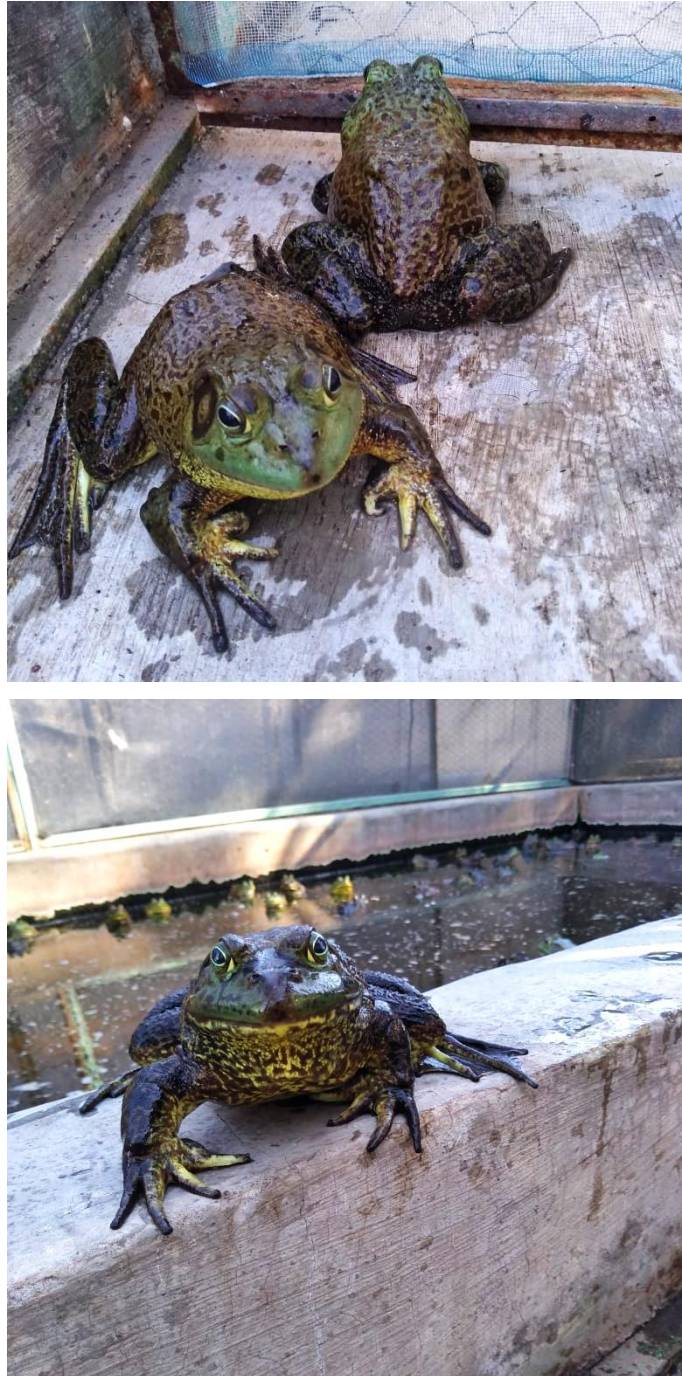


Figura 2.7. Rana toro (G4: M-Fp) de la granja de producción de Morelos destinada a reproducción



Figura 2.8. Rana toro (G4: M-Fp) de la granja de producción de Morelos destinada a reproducción

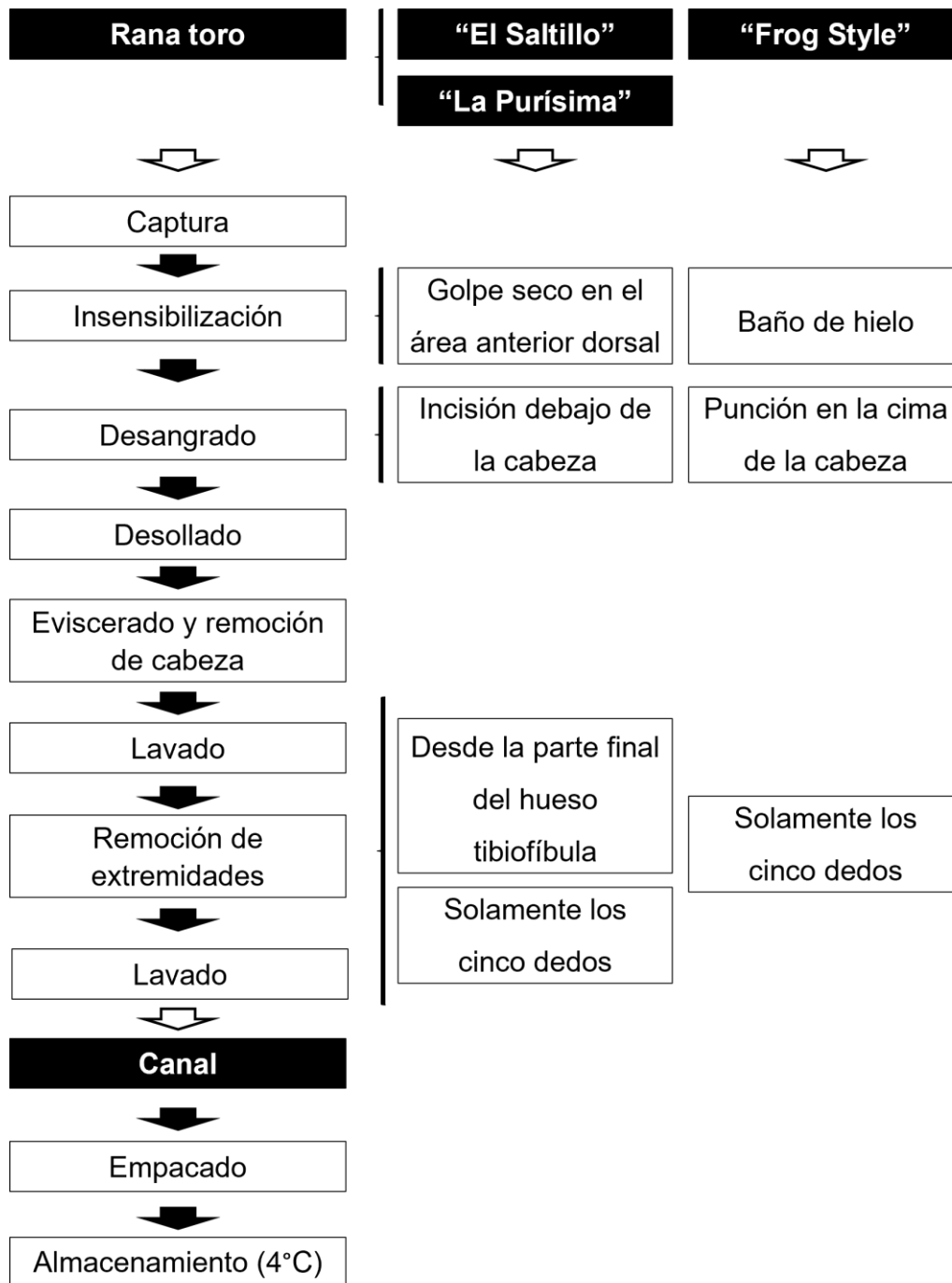


Figura 2.9. Diagrama general de la metodología empleada para la realización del proceso de matanza de rana toro y obtención de la canal

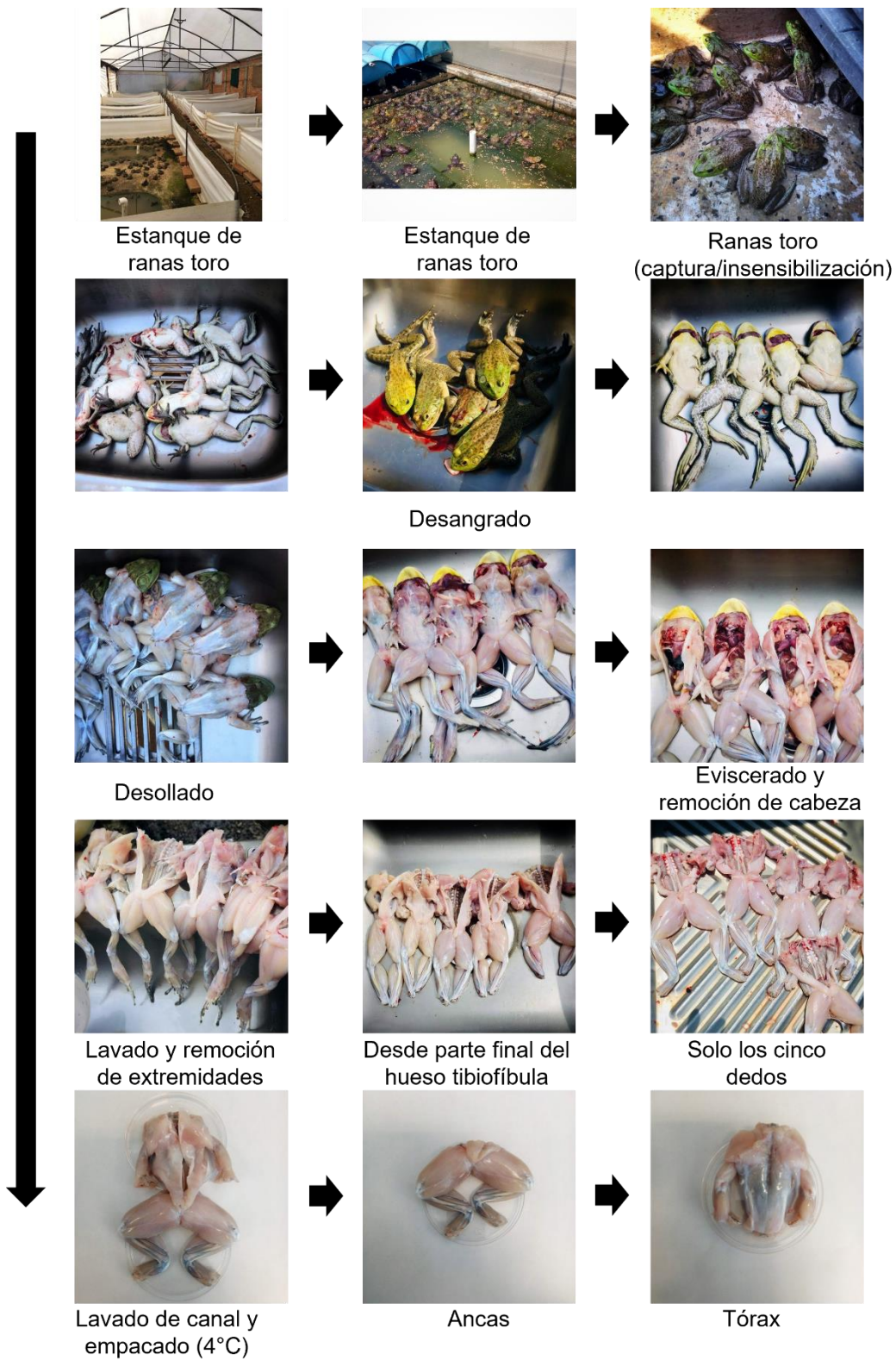


Figura 2.10. Diagrama general de la metodología empleada para la realización del proceso de matanza de rana toro y obtención de la canal



Figura 2.11. Canales de rana toro provenientes de Jalisco y Morelos

2.4.2. Clasificación experimental de las canales

Como se muestra en la Figura 2.12, cada grupo fue nombrado por la inicial en mayúsculas del estado de la granja de producción, seguido por un guión medio y, las iniciales en mayúsculas del nombre de la granja de producción y el estatus de la rana toro en minúsculas.

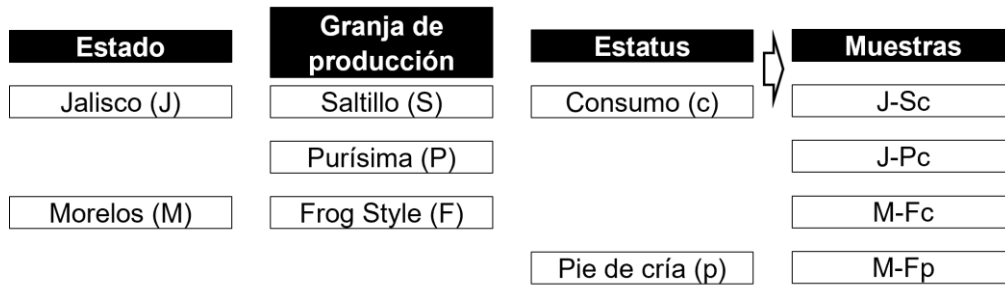


Figura 2.12. Clasificación de las canales y carne de rana toro

2.4.3. Rendimientos de la carne, canal, partes no cárnicas y rana toro

Se obtuvieron los rendimientos de la rana toro sin cabeza, sin piel, eviscerada, sin extremidades/canal en caliente, en frío, la merma, ancas, tórax y de la carne al igual que las partes no cárnicas (cabeza, piel, vísceras y patas). Según el caso, estos rendimientos estuvieron en relación con el peso vivo (g) de la rana toro, de la canal y medias canales.

Por ejemplo, se obtuvieron los rendimientos de todas las canales de rana toro de acuerdo con los pesos de la carne de cada canal deshuesada con relación al peso de su canal, además, se obtuvieron los rendimientos a partir de las dos medias canales (tórax y ancas), también respecto con el peso del animal vivo.

El resultado se reporta como el porcentaje de la relación de la carne sin hueso (ya sea de la canal, tórax o ancas) respecto a la canal (con hueso) y se expresa en % de rendimiento de carne.

Para calcular el porcentaje del rendimiento de la canal de rana toro se empleó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento de la carne} = \frac{\text{Peso de la carne (g)}}{\text{Peso de la canal de rana toro (g)}} \times 100$$

2.5. Evaluación de la calidad de la carne de rana toro

2.5.1. Preparación de las muestras y clasificación del desarrollo experimental

La carne obtenida de las canales de cada grupo de estudio se homogeneizó. Enseguida, se empacó la carne de manera representativa en diferentes bolsas Ziploc®, de acuerdo con la clasificación experimental (Figura 2.1) y con las cantidades de muestra, así como el número de repeticiones requeridos para las correspondientes pruebas de la metodología experimental.

Finalmente, las muestras de las pruebas de evaluación de frescura, calidad nutricional, tecnofuncional y evaluación de la calidad de la carne almacenada en congelación se almacenaron a -18°C , mientras que, las muestras de la evaluación de la calidad de la carne fueron almacenadas en refrigeración a 4°C .

De esta manera, una vez descongeladas las muestras, se almacenaron en refrigeración (4°C) mientras se realizaron las determinaciones.

2.5.2. Evaluación de la frescura de la carne en la recepción

En la determinación de la frescura de la carne, en cada grupo estudiado se midió el color, el pH, y el contenido de ácido láctico.

2.5.2.1. Evaluación del color

En la evaluación de color se empleó la metodología por AMSA (*American Meat Science Association*) descrita en el Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne (Braña *et al.*, 2011), la cual se realizó por triplicado de muestra.

Se utilizó un colorímetro (Spectrophotometer Konika Minolta CM-600d, No. 21011486) calibrado previamente con un blanco incluido en el equipo. Para la obtención de los parámetros L^* (luminosidad), a^* (cambio de verde a rojo/enrojecimiento) y b^* (cambio de azul a amarillo/amarillez), se realizaron capturas de zonas aleatorizadas a partir de la superficie de la carne. Dichas lecturas fueron por quintuplicado en cada corte de carne.

2.5.2.2. Determinación del pH

En la determinación de pH se empleó la metodología del Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne (Braña *et al.*, 2011), la cual se realizó por triplicado de muestra.

Se licuaron 3g de carne con 30mL de agua destilada durante un minuto. Enseguida, se filtró la suspensión de carne en un pedazo de manta cielo para remover el tejido conectivo. Por último, se determinó el pH con un potenciómetro (HI 2211, Hanna, México) calibrado en las soluciones estándar de pH 4 y 7.

2.5.2.3. Determinación del contenido de ácido láctico

En la determinación del contenido de ácido láctico se empleó la metodología del Manual de Evaluación de Frescura de la Carne (Ponce *et al.*, 2013), la cual se realizó por triplicado de muestra.

Para lo cual se licuaron 3g de carne con 30mL de agua destilada durante un minuto. Después, se filtró la suspensión de carne en un pedazo de manta de cielo, Enseguida, se tomó una alícuota de 25mL y se transfirió a un matraz Erlenmeyer de 125mL, además, se añadieron 2 gotas de fenolftaleína al 1%.

Por último, se homogeneizó y tituló con una solución de NaOH 0.1N, hasta la obtención de una coloración rosa pálido. También, se realizó un blanco de muestra.

Para la determinación del porcentaje de ácido láctico (g ácido láctico/g carne), se empleó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ ácido láctico } [=] \left(\frac{\text{g ácido láctico}}{100\text{g carne}} \right)$$

$$\% \text{ ácido láctico } =$$

$$\frac{(A - B) \left(\frac{0.1\text{mol NaOH}}{1000\text{mL NaOH}} \right) \left(\frac{1\text{mol ácido láctico}}{1\text{mol NaOH}} \right) \left(\frac{90.08\text{g ácido láctico}}{1\text{mol ácido láctico}} \right)}{\text{g carne}} * 100$$

Donde: A-B (mL) = volumen corregido (volumen gastado de NaOH – volumen del blanco).

2.5.3. Determinación de la composición química

Las determinaciones correspondientes al análisis químico proximal se realizaron de acuerdo con los Métodos Oficiales del AOAC International, 15ª edición según el apartado 39. Carne y productos cárnicos (AOAC, 1990). Asimismo, todas las determinaciones se realizaron por triplicado de muestra.

Humedad: Método Oficial AOAC 950.46, Sólidos (Total en Carne). El resultado se reporta como el porcentaje de la relación del peso de la muestra seca entre peso de la muestra húmeda.

Cenizas: Método Oficial AOAC 920.153, Cenizas en Carne. El resultado se reporta como el porcentaje de la relación del peso de las cenizas entre peso de la muestra húmeda.

Nitrógeno: Método Oficial AOAC 928.02, Nitrógeno (Total) en Carne. El resultado se reporta como el porcentaje del producto del % del nitrógeno total por 6.25.

Grasa: El contenido de grasa se realizó de acuerdo con la metodología reportada por Bligh and Dyer (Bligh & Dyer, 1959). El resultado se reporta como el porcentaje de la diferencia de 100 menos la relación del peso del sólido obtenido entre el peso de la muestra húmeda.

Carbohidratos: Se calculó por diferencia.

2.5.4. Determinación de las propiedades tecnofuncionales de las proteínas

En cada grupo estudiado se determinó la capacidad tecnofuncional de la carne fresca, igualmente, se realizaron dos pruebas, las cuales midieron los siguientes parámetros: 1) la capacidad de retención del agua propia cuando se le sometió a un esfuerzo mecánico y, 2) la cantidad de grasa emulsionada por gramo de carne.

2.5.4.1. Determinación de la capacidad de retención de agua

En la determinación de la capacidad de retención de agua por centrifugación, se empleó la metodología del Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne (Braña *et al.*, 2011), la cual se realizó por triplicado de muestra.

En primer lugar, se pesaron 5g de carne y se molió. Enseguida, se colocó la muestra en un tubo para centrifuga con 8mL de solución de NaCl 0.6M. Posteriormente, se agitó con una varilla de vidrio durante 1min.

Después, se colocaron los tubos en un baño de hielo durante 30min y se agitó durante 1min nuevamente con la varilla de vidrio. La muestra se centrifugó durante 15min a 10,000rpm y se recogió el sobrenadante por decantación. Por último, se midió el volumen final y se restó el volumen inicial (8mL).

Para la determinación de la capacidad de retención de agua por centrifugación se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{CRA [=]} \frac{\text{mL de NaCl 0.6M retenidos}}{\text{g proteína carne rana}} = \frac{[(8\text{mL} - \text{mL recuperados en el sobrenadante})]}{5\text{g carne}} * \frac{1\text{g carne}}{\text{g proteína carne rana}}$$

2.5.4.2. Determinación de la capacidad de emulsión

En la determinación de la capacidad de emulsión, se empleó la metodología del Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne (Braña *et al.*, 2011), la cual se realizó por triplicado de muestra.

Se licuaron 25g de carne en una licuadora con 100mL de solución fría de NaCl 1.0M, hasta la obtención de una pasta. La mezcla estuvo a una temperatura máxima de 5°C. Enseguida, se pesó 12.5g de pasta y se adicionaron 37.5mL de NaCl 1.0M, a 5°C. Se mezcló en la licuadora durante 3min a baja velocidad y se colocó un baño de hielo alrededor del vaso de la licuadora.

Después, se añadieron 50mL de aceite de maíz con una bureta y se mantuvo encendida la licuadora hasta que se formó una emulsión. De esta manera, se adicionó en forma continua más aceite hasta la ruptura de la emulsión.

Para la determinación de la capacidad de emulsión se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{CE [=]} \frac{\text{mL aceite incorporado}}{\text{g proteína carne rana}} = \frac{\text{mL aceite} \times 125\text{g pasta}}{12.5\text{g pasta} \times 25\text{g carne}} * \frac{1\text{g carne}}{\text{g proteína carne rana}}$$

2.5.5 Evaluación de la calidad de la carne almacenada en refrigeración (4°C) en los días 1, 3, 5, 12, 19 y 26

En cada grupo estudiado se determinó la calidad de la carne en refrigeración (4°C) durante 26 días para los grupos G2: J-Pc y G3: M-Fc. Se realizaron cinco pruebas, las cuales midieron los siguientes parámetros: 1) el color, 2) el pH, 3) el contenido de ácido láctico, 4) la formación de bases volátiles nitrogenadas totales y 5) la oxidación lipídica. De esta manera, se realizaron seis muestreos por triplicado, siendo las siguientes fechas de pruebas: días 1, 3, 5, 12, 19 y 26.

2.5.5.1. Evaluación del cambio total del color

En la evaluación del cambio total de color se empleó la metodología mencionada en el apartado 2.5.2.1 (véase pág. 73).

Para la determinación del cambio total de color (ΔE) se utilizó la siguiente ecuación:

$$\Delta E \text{ color} = \sqrt{(L_{\text{final}} - L_{\text{inicial}})^2 + (a_{\text{final}} - a_{\text{inicial}})^2 + (b_{\text{final}} - b_{\text{inicial}})^2}$$

2.5.5.2. Determinación de bases volátiles nitrogenadas totales (BVNT)

En la determinación de bases volátiles nitrogenadas totales, se empleó la Norma Mexicana NMX-F-362-S-SCFI-2011 con algunas modificaciones, la cual se realizó por triplicado de muestra.

En primer lugar, se pesaron 3g de carne y se añadieron 12mL de agua destilada y 0.24g de óxido de magnesio (MgO) en un matraz Erlenmeyer de 125mL. Posteriormente, se agitó por 30 minutos evitando el calentamiento. A continuación, se centrifugó por 15min a 2,000rpm hasta la precipitación del exceso de MgO.

Después, se transfirieron 10mL del filtrado claro sin burbujas a la base de una caja Petri de 10cm de diámetro cuyos bordes fueron recubiertos con vaselina, y se añadieron 2mL de una solución saturada de carbonato de sodio (Na_2CO_3); se mezcló y se cubrió con la tapa de la caja Petri, en la cual se le colocaron 13 gotas de solución saturada de ácido bórico (H_3BO_3) en glicerina ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$).

Se dejó en reposo por 24 horas a temperatura ambiente y, posteriormente, las gotas se transfirieron a un matraz Erlenmeyer de 250mL con ayuda de 60mL de agua destilada con pH a 5.1.

A dicha muestra, se añadieron volúmenes de 0.1mL de soluciones alcohólicas de rojo de metilo al 0.5% y verde de bromocresol al 0.4%. Por último, se tituló con ácido clorhídrico, $\text{HCl}_{(\text{ac})}$, 0.01N hasta la obtención de una coloración rosada cenicienta. También, se preparó un blanco sin muestra.

Para la determinación del contenido de bases volátiles nitrogenadas totales se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{BVNT [mg N]} = \left(\frac{(A - B) \left(\frac{0.01 \text{ mol HCl}}{1000 \text{ mL HCl}} \right) \left(\frac{1 \text{ mol N}}{1 \text{ mol HCl}} \right) \left(\frac{14.01 \text{ g N}}{1 \text{ mol N}} \right) \left(\frac{1000 \text{ mg N}}{1 \text{ g N}} \right)}{\text{g carne}} \right) * 100$$

Donde A-B (mL) = Volumen corregido (volumen gastado de HCl – volumen de blanco)

2.5.5.3. Determinación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARs)

En la determinación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico, se empleó el procedimiento descrito por el manual de la Evaluación de la Frescura de la Carne (Pérez & Ponce, 2013) y con las modificaciones de Rosmini (1996), la cual se realizó por triplicado de muestra.

En primer lugar, se licuaron 3g de carne en 12mL de ácido tricloroacético al 5% durante minuto y medio. Enseguida, se centrifugó a 10,000rpm durante 15min. Después, el sobrenadante se filtró a través de papel Whatman No. 4.

Del filtrado se tomaron 2mL, que se mezclaron con 2mL de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) a 80mM. La reacción se llevó a cabo en un baño de agua a 94°C por 30min.

Posteriormente, se dejó enfriar en un baño de hielo y, enseguida se tomó la lectura de absorbancia a 532nm, calibrándose con un blanco de reactivos, en un espectrofotómetro (PERKIN ELMER UV/VIS Lambda 2S) utilizando celdas de cuarzo (PERKIN ELMER UV/VIS cells No. B0631009).

A partir de la ecuación de la recta, se empleó una curva patrón para malonaldehído (MDA), con lo cual, la determinación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico se calculó con la siguiente ecuación:

$$y = mx + b; \quad x = \frac{y - b}{m}$$

$$[\text{MDA}] [=] (\mu\text{M}) = \frac{(\text{Abs} - b)}{m}$$

Donde: b = ordenada al origen; m = pendiente; Abs = absorbancia a 532nm

$$\text{TBARs} [=] \left(\frac{\text{mg MDA}}{\text{kg carne}} \right) = \left(\frac{\mu\text{mol MDA}}{1000\text{mL}} \right) * \left(\frac{72.0636 * 10^{-3} \text{mg MDA}}{1 \mu\text{mol MDA}} \right) * \left(\frac{\text{mL extrcto}}{\text{kg carne}} \right)$$

2.5.5.3.1. Preparación de la curva patrón para TBARs

Como se muestra en la Tabla 2.3, en la preparación de la curva patrón para TBARs se preparó la reacción en tubos de ensayo por duplicado de acuerdo con un intervalo específico de concentraciones.

Tabla 2.3. Preparación de la curva patrón para TBARs

Punto de la curva patrón	TBA 0.8%	Ácido acético 20%	TEP 0.1mM
Blanco	1mL	2mL	---
1	1mL	2mL	80μL
2	1mL	2mL	180μL
3	1mL	2mL	300μL
4	1mL	2mL	480μL
5	1mL	2mL	840μL

Una vez preparados los diferentes puntos de la curva patrón, los tubos se colocaron en agua hirviendo durante 45-60min. Enseguida, se enfriaron con un baño de hielo. Posteriormente, se agregaron 5mL de n-butanol a cada tubo y, se agitó por 12s.

Después se centrifugó a 4000rpm por 10min, donde sobrenadante quedó libre de partículas. Por último, se tomó el sobrenadante butanol + complejo TBA-MDA y, se transfirió a celdas en la que se tomaron lecturas espectrofotométricas a 532nm.

2.5.6. Evaluación de la calidad de la carne almacenada en congelación (-18°C) en los días 1, 20, 40, 60, 80 y 100

En cada grupo de carne estudiado se determinó la calidad en la carne bajo las condiciones de congelación (-18°C) durante 100 días para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4:M-Fp. De esta forma, se realizaron cinco pruebas, las cuales midieron los siguientes parámetros: 1) el color, 2) el pH, 3) el contenido de ácido láctico, 4) la formación de bases volátiles nitrogenadas totales y 5) la oxidación lipídica. De esta manera, se realizaron seis muestreos por triplicado en las siguientes fechas: días 1, 20, 40, 60, 80 y 100.

2.5.7. Comparación de los tratamientos de la carne en congelación y refrigeración

Se compararon los resultados de los tratamientos de la carne en congelación durante los 100 días (días: 1, 20, 40, 60, 80 y 100) contra la carne sometida en refrigeración la primera semana (días 1, 3 y 5). Las pruebas que se compararon fueron: 1) el color, 2) el pH, 3) el contenido de ácido láctico, 4) la formación de bases volátiles nitrogenadas totales y 5) la oxidación lipídica.

2.6. Análisis estadístico

En la determinación de las diferencias entre tratamientos se realizaron análisis de varianza (ANOVA) de un factor y posteriormente, una prueba de Tukey para diferencias de medias significativa; para los diferentes parámetros evaluados de cada grupo y se utilizaron letras (abecedario) diferentes para indicar diferencia significativa entre las muestras. El programa que se utilizó fue GraphPad Prism 8® con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ (95% de confianza).

Por último, los estadísticos de las evaluaciones de calidad de la carne almacenada en refrigeración y congelación se realizaron bajo dos criterios: 1) entre grupos, indicándolo con asterisco o el alfabeto griego y 2) entre fechas, indicándolo con abecedario y el código de color correspondiente al grupo. Mientras que, en la comparación entre estos tratamientos de la carne almacenada, se realizaron bajo el criterio de cada fecha en congelación (-18°C) (días: 1, 20, 40, 60, 80 y 100) contra cada fecha en refrigeración (4°C) (días: 1, 3 y 5) indicándolo con asterisco.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evaluación de la calidad del alimento de la dieta para la rana toro

3.1.1. Composición química de acuerdo con las etapas de crecimiento

Los resultados relacionados con el estudio de la composición química de los alimentos de la dieta para la rana toro suministrados en las etapas de crecimiento (iniciación, desarrollo y finalización) para los grupos G1: 1.5-W, G2: 2.5-EP, G3: 3.5-W, G4: 3.5-P y G5: 5.5-W, se observan en la Tabla 3.1, mientras que los etiquetados nutricionales de acuerdo con la marca comercial en la Tabla 3.2, a su vez, las dietas de la rana toro reportadas en la literatura se observan en la Tabla 3.3.

De acuerdo con los resultados, los porcentajes (%) de proteína, lípidos, cenizas y humedad del alimento G1: 1.5-W, suministrado en la etapa de iniciación, fueron de 44.63, 9.72, 11.11 y 6.13, respectivamente. Estos valores concuerdan con los reportados en el etiquetado nutricional de la marca comercial Winfish-Zeigler®. A su vez, el alimento G2: 2.5-EP, suministrado en la misma etapa, presentó valores de 44.04, 9.50, 7.28 y 6.59, de manera respectiva, cuyos valores concuerdan con los reportados en el etiquetado nutricional de la marca comercial El Pedregal®, a excepción de los lípidos, donde el valor obtenido se encuentra por debajo de lo establecido (16%), por lo que no cumple con el mínimo del componente.

Por otro lado, los porcentajes (%) de proteína, lípidos, cenizas y humedad del alimento G3: 3.5-W, suministrado en la etapa de desarrollo, fueron de 34.27, 6.47, 6.26 y 7.08, respectivamente. Estos valores concuerdan con los reportados en el etiquetado nutricional de la marca comercial Winfish-Zeigler®. A su vez, el alimento G4: 3.5-P, suministrado en la misma etapa, presentó valores de 35.58, 5.91, 7.91 y 6.73, de manera respectiva, cuyos valores concuerdan con los reportados en el etiquetado nutricional de la marca comercial Purina®, señalando que, presenta poco más de proteína que el establecido mínimo (32%) por la marca.

Por otra parte, los porcentajes (%) de proteína, lípidos, cenizas y humedad del alimento G5: 5.5-W, suministrado en la etapa de finalización, fueron de 32.96, 4.53, 8.00 y 6.69, respectivamente. Estos valores concuerdan con los reportados en el etiquetado nutricional de la marca comercial Winfish-Zeigler®.

Tabla 3.1. Composición química del alimento de la dieta para la rana toro de acuerdo con las diferentes etapas de crecimiento *

g/100g	Iniciación		Desarrollo		Finalización
	G1: 1.5-W	G2: 2.5-EP	G3: 3.5-W	G4: 3.5-P	G5: 5.5-W
Proteína	44.63 ^c ±0.44	44.04 ^c ±1.01	34.27 ^{ab} ±0.51	35.58 ^b ±0.51	32.96 ^a ±0.25
Lípidos	9.72 ^d ±0.17	9.50 ^d ±0.18	6.47 ^c ±0.21	5.91 ^b ±0.01	4.53 ^a ±0.01
Cenizas	11.11 ^e ±0.03	7.28 ^b ±0.02	6.26 ^a ±0.00	7.91 ^c ±0.02	8.00 ^d ±0.05
Humedad	6.13 ^a ±0.03	6.59 ^b ±0.05	7.08 ^c ±0.17	6.73 ^b ±0.03	6.69 ^b ±0.03

*Los datos se presentan como los promedios ± desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

Tabla 3.2. Composición química del alimento de tilapia de la dieta para la rana toro en diferentes etapas de crecimiento de acuerdo con su marca comercial

Alimento	1.5	2.5	3.5	3.5	5.5
Marca	Winfish-Zeigler®	El Pedregal®	Winfish-Zeigler®	Purina®	Winfish-Zeigler®
Proteína mín.	43	45	35-36	32	30-32
Lípidos mín.	10	16	6	6	5
Ceniza máx.	10	12	10	10	10-12
Humedad máx.	12	12	12	12	12

Así que, los alimentos de estas marcas comerciales evaluadas cumplieron con lo reportado en el etiquetado nutricional, salvo alguna excepción en cierto componente para un grupo evaluado (G2: 2.5-EP).

El comportamiento de los alimentos de la dieta de rana toro indica que los alimentos de la etapa de iniciación presentaron un mayor contenido proteico y lipídico en comparación a los correspondientes de las etapas de desarrollo y finalización. Estos porcentajes (%) de proteínas y lípidos van desde los 44 hasta los 32-35, y de los 9.6 hasta 4.5-6.5, respectivamente.

Esta disminución se puede explicar debido a los requerimientos óptimos para el organismo, es decir, a menor edad (rana joven) se requiere un mayor porcentaje de proteína y lípidos, y a mayor edad (rana adulta) uno menor (Walton, 1987; Carmona-Osalde *et al.*, 1996), por lo que la relación proteica lipídica es inversamente proporcional a la edad.

Por otro lado, de acuerdo con la literatura, el intervalo de proteína adecuado para un crecimiento óptimo comprende desde 36 a 39% (Verardino, 1995; Olvera-Novoa *et al.*, 2007). Mencionado esto, los alimentos cumplen con el comportamiento descendente a través de las etapas y se aproximan con los valores proteicos de los requerimientos óptimos. De esta manera, se realizó un análisis estadístico en el cual se obtuvo que existe diferencia significativa entre los alimentos de las etapas de iniciación, desarrollo y finalización.

Por otra parte, al no existir un alimento específico para la rana toro, diversos autores han realizado intentos por elaborarlos y los porcentajes en sus composiciones químicas se observan en la Tabla 3.3. Estos alimentos los han proporcionado a las ranas toro con pesos iniciales alrededor de 40g y han finalizado su suministro alrededor de los 100 a 170g. Por lo que, debido al intervalo de los pesos iniciales y finales, dichos alimentos comprenden a las etapas de iniciación y desarrollo según el marco de referencia de la marca comercial del alimento para tilapia (peso tilapia, iniciación: 5-30-100g; desarrollo: 100-250g; véase Tabla 1.3) cuyos alimentos fueron evaluados en este estudio (Belenes®, 2021).

De esta manera, los porcentajes (%) de proteína cruda y lípidos de los grupos G1: 1.5-W y G2: 2.5-EP, correspondientes a la etapa de iniciación, fueron de 44.63 y 44.04, y 9.72 y 9.50, cuyos valores son mayores que 35-40 y 6-7, respectivamente, reportados en las diferentes dietas. A su vez, los porcentajes de los grupos G3: 3.5-W y G4: 3.5-P, correspondientes a la etapa de desarrollo, fueron de 34.27 y 35.58, y 6.47 y 5.91, respectivamente, cuyos valores son menores que 40; a excepción de la dieta de 35, y menores que 7, a excepción de la dieta de 5.96.

Las composiciones de los alimentos evaluados no concuerdan con los criterios fijados por los autores en la elaboración de un alimento específico para la rana toro, por lo que, estos ajustes en los porcentajes de las dietas reportadas en la literatura se pueden deber a que suministran el alimento para abarcar en una sola etapa lo que en este estudio se trató como dos etapas diferentes, lo que explicaría la diferencia de los niveles proteicos lipídicos.

Tabla 3.3. Composición química de los alimentos de las dietas para la rana toro elaboradas por diversos autores

	Zhang et al., 2016	Zhang et al., 2016	Lin et al., 2020	Wang et al., 2020	Lin et al., 2021
	Intervalo de peso rana toro (Peso inicial-Peso final (g))				
g/100g	40-160	80	42-91	40-170	51-107
Proteína	40.40	40.10	39.94	40.74	35.41
Lípidos	5.96	7.03	7.07	7.07	7.55
Ceniza	6.90	8.10	7.90	8.55	6.41
Humedad	7.65	9.60	13.2	11.05	9.69

3.1.2. Composición química de acuerdo con la marca comercial

Los resultados relacionados con el estudio de la composición química de los alimentos proporcionados en la etapa de desarrollo y finalización de la rana toro (100-250g/250g-mercado) según la marca comercial para los grupos G3: 3.5-W, G4: 3.5-P y G5: 5.5-W, se observan en la Tabla 3.4.

Los porcentajes (%) de proteína cruda fueron de 34.27, 35.58 y 32.96 ($p < 0.05$), de manera respectiva, los cuales concuerdan con los niveles de proteína del etiquetado nutricional (35 y 32%) y del requerimiento para un crecimiento óptimo (36 y 39%) (Verardino, 1995; Olvera-Novoa *et al.*, 2007), a excepción del alimento G5: 5.5-W, sin embargo, este alimento solo es para mantener el peso en la etapa final de la engorda, por lo que no es necesario que alcance ese nivel proteico.

Por otro lado, los porcentajes (%) de lípidos fueron de 6.47, 5.91 y 4.53, respectivamente, con diferencia significativa, cuyos valores concuerdan con los niveles de lípidos del etiquetado nutricional (6 y 5%).

Por último, las marcas comerciales Winfish-Zeigler y Purina mantuvieron de manera general la misma relación de proteína-lípidos, y cumplieron con lo reportado en su etiquetado nutricional y requerimientos para un crecimiento óptimo, por lo que, ambas marcas comerciales fueron adecuadas para su uso en la dieta.

Tabla 3.4. Composición química del alimento de la dieta para la rana toro de acuerdo con la marca comercial *

g/100g	Desarrollo		Finalización
	G3: 3.5-W	G4: 3.5-P	G5: 5.5-W
Proteína	34.27 ^b ±0.51	35.58 ^c ±0.51	32.96 ^a ±0.25
Lípidos	6.47 ^c ±0.21	5.91 ^b ±0.01	4.53 ^a ±0.01
Cenizas	6.26 ^a ±0.00	7.91 ^b ±0.02	8.00 ^c ±0.05
Humedad	7.08 ^b ±0.17	6.73 ^a ±0.03	6.69 ^a ±0.03

*Los datos se presentan como los promedios ± desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.2. Evaluación de la calidad de la canal de rana toro

3.2.1. Rendimientos en la obtención de la canal y partes no cárnicas

Los resultados relacionados con el estudio de los rendimientos de la canal y partes no cárnicas para los grupos G1: J-Sc y G2: J-Pc se observan en la Tabla 3.5, en la cual se utilizaron ranas toro con una categoría de peso para cada grupo (160-250g y 150-220g, respectivamente).

De acuerdo con los resultados, los pesos (g) promedio de la rana toro viva fueron de 210.60 y 193.20, respectivamente, en la cual no hubo diferencia significativa. Por otro lado, en el proceso de obtención de la canal, los valores de rendimiento de la rana toro sin cabeza, sin piel, eviscerada y sin patas no difirieron estadísticamente. Los rendimientos (%) de las canales en caliente fueron de 55.31 y 51.03, respectivamente y no hubo diferencia significativa. De acuerdo con la literatura, los rendimientos de las canales de rana toro se encuentran en un intervalo de 52 a 57% (Berhouet *et al.*, 2000), además, según estudios por Casali *et al.*, (2005) y Assis *et al.*, (2009) señalan los rendimientos (%) de la canal en un 54 y 57 en promedio, los cuales fueron independientes del peso vivo (g) de la rana cuyos valores medios fueron de 192 y 235, respectivamente. Esto a su vez lo señala en su estudio Ayres *et al.*, (2015) en el cual los rendimientos (49% en promedio) no tienen diferencias estadísticas entre las diferentes clases de peso (g) de la rana toro (<100, 101-150, 151-200, 201-250, >251).

En el proceso de la obtención de la canal se pueden aprovechar otros productos como la cabeza, la piel, las vísceras y las patas. Los rendimientos (%) del total de las partes no cárnicas en relación con la rana toro viva fueron de 44.69 y 48.97, respectivamente sin diferencia estadística. Por otro lado, los rendimientos (%) de las partes no cárnicas de acuerdo con Ayres *et al.*, (2015) en un intervalo de peso de rana toro viva de 151-250g, fue de 50.53.

Ayres *et al.*, (2015) reportan los rendimientos de cabeza, piel, hígado, grasa visceral y patas en relación con la rana toro viva (151-250g), por lo cual estos valores se toman como referencia en la comparación de lo obtenido en este trabajo.

Para los rendimientos (%) de la cabeza (11.91 y 9.87, respectivamente) no se observaron diferencias significativas y concuerdan con el 10.08 en promedio reportado (Ayres *et al.*, 2015).

Para los rendimientos (%) de la piel se observó diferencia estadística (13.17 y 16.67, respectivamente) y estos a su vez son mayores que el promedio reportado de 9.7 (Ayres *et al.*, 2015). El grupo G2: J-Pc dista del rendimiento menor esperado al tener un promedio de peso vivo menor.

En el caso de los rendimientos de las vísceras, Ayres *et al.*, (2015) lo reporta en su estudio como el rendimiento de hígado y grasa visceral por separado, excluyendo el resto del sistema digestivo conocido como vísceras blancas. En este estudio, no se realizó esta diferenciación, por lo que los rendimientos de vísceras incluyen al sistema digestivo completo. De esta manera, los rendimientos (%) de vísceras fueron de 14.62 y 14.42 respectivamente, sin diferencia estadística, mientras que los rendimientos (%) promedio de hígado y grasa visceral fueron de 3.7 y 6.12, así como en su conjunto de estos dos de 9.82.

Para los rendimientos (%) de las patas hubo diferencia significativa, en el cual el grupo G1: J-Sc (4.98) es menor que el G2: J-Pc (8.02) debido a la diferencia de la zona de los cortes realizados entre granjas de producción. En el primer caso se realizó el corte desde la parte final del hueso tibiofíbula donde se eliminaron los huesos calcáneo, astrágalo, así como los dedos, mientras que, en el otro, se eliminan exclusivamente los cinco dedos unidos mediante las membranas natatorias de las extremidades posteriores. En el caso del grupo G2: J-Pc coincide con el valor promedio reportado de 8.69 (Ayres *et al.*, 2015).

Se obtuvieron las equivalencias de los rendimientos (%) de cada una de las partes no cárnicas en relación con el total de éstas, para ambos grupos. Los valores de las cabezas fueron de 26.75 y 20.59 ($p > 0.05$), respectivamente y coincide con lo reportado (19.95). Los valores de la piel de 29.42 y 34.05 ($p < 0.05$) son mayores que lo reportado (19.19). Los valores de las vísceras fueron de 32.68 y 28.73 ($p > 0.05$), por encima de lo reportado de hígado y grasa (19.42), y los valores de las patas de 11.55 y 16.64 ($p < 0.05$) coincide con lo reportado (17) (Ayres *et al.*, 2015).

Tabla 3.5. Peso de la rana toro viva, así como los rendimientos (% R) de la rana en la obtención de la canal y partes no cárnicas (Recolecta no.1) *

Grupo	G1: J-Sc	G2: J-Pc
Categoría peso rana (g)	160-250	150-220
Promedio rana toro viva (g)	210.60±39.28	193.20±29.15
Rendimientos (% R) de la rana sin las partes no cárnicas en la obtención de la canal respecto con la rana toro viva		
Rana toro sin cabeza	88.09±1.35	90.13±2.22
Rana toro sin piel	74.92±0.96	73.46±1.43
Rana toro eviscerada	60.30±1.52	59.04±5.16
Rana toro sin patas / canal caliente	55.31±1.81	51.03±4.02
Rendimientos (% R) de las partes no cárnicas respecto con la rana toro viva		
Partes no cárnicas	44.69±1.18	48.97±4.02
Cabeza	11.91±1.35	9.87±2.22
Piel	13.17 ^a ±1.64	16.67 ^b ±1.44
Vísceras	14.62±1.50	14.42±6.15
Patas	4.98 ^a ±0.38	8.02 ^b ±1.27
Rendimientos (% R) de cada una de las partes no cárnicas respecto con el total de las partes no cárnicas		
Cabeza	26.75±4.00	20.59±6.69
Piel	29.42 ^a ±3.01	34.05 ^b ±1.39
Vísceras	32.68±2.36	28.73±11.30
Patas	11.55 ^a ±0.55	16.64 ^b ±4.21

*Los datos se presentan como los promedios ± desviación estándar de quintuplicados. Las medias en la misma fila con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.2.2. Rendimientos de la canal y carne respecto con la rana toro viva

Los resultados relacionados con el estudio de los rendimientos de la canal y carne respecto con la rana toro viva para los grupos G1: J-Sc y G2: J-Pc se observan en la Tabla 3.2.

Los rendimientos (%) de las canales en caliente fueron de 55.31 y 51.03, respectivamente sin diferencia significativa, mientras que los pesos de las canales en frío fueron de 47.44 y 42.35, de manera respectiva sin diferencia estadística. Por otro lado, la merma (%) por enfriado para ambos casos (14.26 y 17.00; $p>0.05$) sobrepasó el límite considerado como normal de 1.8-2.2 para los animales productores de carne en general (Torrescano *et al.*, 2010), por lo que la canal pudo verse afectada en algún punto de la cadena de frío como en el transporte, almacenamiento o manipulación, al igual que, el sistema de enfriamiento no pudo tener buena capacidad para evitar la pérdida de humedad en las canales (Dassatti, 2002).

Por otra parte, los rendimientos (%) de las medias canales en relación con la rana toro viva indican que las canales del tórax fueron de 18.37 y 17.80, respectivamente sin diferencia estadística los cuales están por debajo del valor promedio reportado de 21.96 (151-250g rana toro viva) (Ayres *et al.*, 2015). A su vez, el producto principal obtenido de las ranas toro es el corte de muslo y los rendimientos (%) de las ancas fueron de 29.07 y 24.55, respectivamente sin diferencia significativa, mismos que están por debajo de los valores promedio reportados de 31.05 y 33 (Ayres *et al.*, 2015; Berhouet *et al.*, 2000).

Por último, los rendimientos (%) de la carne de la canal en relación con la rana toro viva fueron de 29.03 y 23.98, de manera respectiva difiriendo estadísticamente. Los rendimientos (%) de la carne del tórax fueron de 9.16 y 7.53 ($p>0.05$), mientras que los rendimientos (%) de la carne de las ancas fueron de 19.87 y 16.45 ($p<0.05$), respectivamente. Por lo que, según este estudio, por cada rana toro dependiendo de la presentación de la canal (completa o ancas) solamente se extrajo de 15-20 a 25-30% de carne.

Además, un intervalo de pesos menor de las ranas toro no impactó en los rendimientos de las canales, sin embargo, presentaron menores rendimientos en la carne lo que puede ser un factor limitante en el mercado de consumo.

Tabla 3.6. Pesos de la rana toro viva, así como los rendimientos (% R) de la canal y carne sin hueso respecto con la rana toro viva (Recolecta no.1) *

Grupo	G1: J-Sc	G2: J-Pc
Rana toro viva (g)	210.60±39.28	193.20±29.15
Canal en caliente (g)	116.00±18.80	97.80±9.93
Canal en frío (g)	99.267±16.73	81.149±8.34
Rendimientos (% R) de la canal respecto con la rana toro viva		
Canal en caliente	55.31±1.81	51.03±4.02
Canal en frío	47.44±3.89	42.35±3.51
% Merma	14.26±6.10	17.00±2.63
Rendimientos (% R) de media canal respecto con la rana toro viva		
Tórax	18.37±1.80	17.80±1.66
Ancas	29.07±4.08	24.55±2.07
Rendimientos (% R) de la carne sin hueso respecto con la rana toro viva		
Carne de la canal	29.03 ^b ±3.52	23.98 ^a ±1.41
Carne del tórax	9.16±1.86	7.53±1.31
Carne de las ancas	19.87 ^b ±2.82	16.45 ^a ±0.64

*Los datos se presentan como los promedios ± desviación estándar de quintuplicados. Las medias en la misma fila con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.2.3. Rendimientos de la media canal y carne respecto con la canal

Los resultados relacionados con el estudio de los rendimientos de las medias canales y la carne para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp de la recolecta no.1 se observan en la Tabla 3.7.

De acuerdo con los resultados, los promedios de los pesos (g) de las canales en frío fueron de 99.27, 81.15 y 99.31, de manera respectiva. Entre cada uno de los grupos evaluados no existe diferencia significativa. Cabe señalar que el G4: M-Fp no se comparó por no pertenecer al mismo intervalo de peso de la rana toro destinada a consumo 150-250g (250-350g peso pie de cría).

Los promedios de los pesos (g) de la carne de la canal fueron de 60.70, 46.54 y 65.88, respectivamente. Entre estos grupos existe diferencia estadística dado por el G2: J-Pc y el G3: M-Fc, lo cual se explica porque el G2: J-Pc obtuvo una menor cantidad de carne debido a que provino de una canal de menor peso (81.15g), mientras que el G1: J-Sc y G2: J-Pc, no son diferentes entre ellos porque provienen de un peso de canal similar (99g), sin embargo, el G3: M-Fc, obtuvo mayor cantidad de carne extraída (5g).

Por otra parte, los rendimientos (%) de la canal del tórax y de las ancas respecto con la canal fueron de 38.90, 42.03, 38.08 y 38.93 y de 61.10, 57.97, 61.92 y 61.07, de manera respectiva, sin diferencia estadística entre los cuatro grupos evaluados, por lo que la parte mayoritaria de la canal está conformada por las ancas.

Los rendimientos (%) de la carne respecto con la canal para los cuatro grupos fueron de 61.05, 56.94, 66.30 y 64.72, respectivamente sin diferencia significativa, del cual se conforma proveniente del tórax de 19.30, 17.96, 21.07 y 17.42 sin diferencia estadística, y proveniente de las ancas de 41.75, 38.98, 45.23 y 47.30, la cual presentó diferencia entre los grupos G2: J-Pc (38.98) y G4: M-Fp (47.30), mientras que, los grupos G1: J-Sc (41.75) y G3: M-Fc (45.23) no presentaron diferencia con los grupos ya mencionados. Por otro lado, del total de la carne, la proveniente del tórax representa 31.51, 31.26, 31.89 y 26.74 ($p>0.05$) y de las ancas de 68.49, 68.74, 68.11 y 73.26 ($p>0.05$), de manera respectiva.

Tabla 3.7. Pesos de la canal y carne, así como sus rendimientos (% R) respecto con las medias canales y canal (Recolecta no.1) *

Grupo	G1: J-Sc	G2: J-Pc	G3: M-Fc	G4: M-Fp
Canal fría (g)	99.27±16.63	81.15±8.34	99.31±8.93	165.55±31.74
Carne sin hueso (g)	60.70 ^{ab} ±11.63	46.54 ^a ±8.91	65.88 ^b ±9.29	106.81±21.67
Rendimientos (% R) de las medias canales respecto con la canal				
Tórax	38.90±4.64	42.03±1.55	38.08±4.51	38.93±2.24
Ancas	61.10±4.64	57.97±1.55	61.92±4.51	61.07±2.24
Rendimientos (% R) de la carne respecto con la canal				
Carne	61.05±3.37	56.94±5.80	66.30±6.60	64.72±6.24
Carne tórax	19.30±3.76	17.96±3.86	21.07±1.44	17.42±3.26
Carne ancas	41.75 ^{ab} ±3.02	38.98 ^a ±2.32	45.23 ^{ab} ±5.53	47.30 ^b ±3.34
Rendimientos (% R) de la carne del tórax y ancas respecto con la carne de la canal				
Carne tórax	31.51±5.07	31.26±3.95	31.89±1.93	26.74±2.75
Carne ancas	68.49±5.07	68.74±3.95	68.11±1.93	73.26±2.75
Rendimientos (% R) de la carne del tórax y ancas respecto con el tórax y las ancas				
Carne tórax	49.50±6.22	42.66±8.48	56.11±9.15	45.17±10.62
Carne ancas	68.39 ^a ±2.40	67.25 ^a ±4.03	72.89 ^{ab} ±4.62	77.39 ^b ±2.77

*Los datos se presentan como los promedios ± desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

Los rendimientos (%) de la carne del tórax respecto con el tórax representa 49.50, 42.66, 56.11 y 45.17 ($p>0.05$), mientras que, los rendimientos (%) de la carne de las ancas respecto con las ancas difirió estadísticamente ya que el G4: M-Fp obtuvo el mayor rendimiento (77.39) contra los grupos G1: J-Sc (68.39) y G2: J-Pc (67.25).

Así mismo, el peso de la rana toro de pie de cría (250-350g) mantuvo los mismos rendimientos que las de consumo (150-250g), excepto en la proporción de la carne de ancas con respecto a las ancas, en la cual fue mayor.

Los resultados relacionados con el estudio de los rendimientos de las medias canales y la carne para los grupos G2: J-Pc (1 y 2) y G3: M-Fc de la recolecta no.2 se observan en la Tabla 3.8.

De acuerdo con los resultados, los promedios de los pesos (g) de las canales en frío fueron de 105.64, 110.06 y 111.55, ($p>0.05$), de manera respectiva. Por otro lado, los promedios de los pesos (g) de la carne de la canal fueron de 55.95, 59.93, y 65.37, ($p>0.05$), respectivamente.

Los rendimientos (%) de la canal del tórax y de las ancas respecto con la canal fueron de 39.47, 39.69 y 39.09 y de 60.53, 60.31 y 60.91, sin diferencia estadística.

Por otro lado, los rendimientos (%) de la carne respecto con la canal fueron de 52.81, 54.68 y 58.74 ($p>0.05$), del cual se conforma proveniente del tórax de 15.93, 16.04 y 19.19 ($p>0.05$). A su vez, se conforma de las ancas de 36.88, 38.64 y 39.55 ($p>0.05$). Así mismo, del total de la carne, la del tórax representa 30.12, 29.30 y 32.62 ($p>0.05$) y de las ancas de 69.88, 70.70 y 67.38 sin diferencia significativa.

Los rendimientos (%) de la carne del tórax respecto con el tórax representa 40.33, 40.66 y 49.06 ($p>0.05$), mientras que, los rendimientos de la carne de las ancas respecto con las ancas representa 60.87, 64.08 y 64.92 sin diferencia estadística.

De esta manera, las ranas toro destinadas a consumo mantuvieron los mismos rendimientos en la segunda recolecta con respecto a la primera. Así mismo, los diferentes alimentos suministrados para los grupos de ranas toro para ambas recolectas no impactó en los rendimientos de las canales ni de la carne, por lo que no es un factor limitante en la producción de éstas.

Tabla 3.8. Pesos de la canal y carne, así como sus rendimientos (% R) respecto con las medias canales y canal (Recolecta no.2) *

Grupo	G2: J-Pc (1)	G2: J-Pc (2)	G3: M-Fc
Canal fría (g)	105.64±10.28	110.06±19.08	111.55±7.31
Carne sin hueso (g)	55.95±8.82	59.93±9.54	65.37±3.11
Rendimientos (% R) de las medias canales respecto con la canal			
Tórax	39.47±3.03	39.69±3.07	39.09±2.10
Ancas	60.53±3.03	60.31±3.07	60.91±2.10
Rendimientos (% R) de la carne respecto con la canal			
Carne	52.81±4.72	54.68±3.53	58.74±3.90
Carne tórax	15.93±2.68	16.04±1.60	19.19±2.50
Carne ancas	36.88±3.68	38.64±2.42	39.55±2.65
Rendimientos (% R) de la carne del tórax y ancas respecto con la carne de la canal			
Carne tórax	30.12±3.95	29.30±1.74	32.62±3.02
Carne ancas	69.88±3.95	70.70±1.74	67.38±3.02
Rendimientos (% R) de la carne del tórax y ancas respecto con el tórax y las ancas			
Carne tórax	40.33±5.46	40.66±5.50	49.06±5.58
Carne ancas	60.87±4.43	64.08±2.34	64.92±3.42

*Los datos se presentan como los promedios ± desviación estándar de quintuplicados. Las medias en la misma fila con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.3. Evaluación de la calidad de la carne de rana toro

3.3.1. Evaluación de la frescura en la recepción

Los resultados relacionados con el estudio del color, pH y acidez en la evaluación de la frescura de la carne en la recepción (48h *post-mortem*) para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp, se observan en la Tabla 3.9, mientras que, los valores reportados por diversos autores se encuentran en la Tabla 3.10.

Se evaluaron los parámetros L* (luminosidad), a* (enrojecimiento) y b* (amarillez) en la carne. Los valores del parámetro L* fueron de 60.69, 64.36, 64.87 y 62.13 con diferencia estadística. El grupo G2: J-Pc (64.36) no presenta diferencia con los grupos G3: M-Fc (64.87) y G4: M-Fp (62.13), a su vez, el grupo G4: M-Fp tampoco con los grupos G1: J-Sc (60.69) y G2: J-Pc. Por otro lado, los valores obtenidos concuerdan con los reportados para carne de rana toro y productos derivados como surimi y albóndigas (Tabla 3.10) de 54-58 y 60-67, respectivamente y son superiores a los reportados para carne blanca de res de 56.1 (De Moura, 2000; Ramos *et al.*, 2005; Hsu *et al.*, 2011; Albertí *et al.*, 2016; Pereira, 2017).

Los valores del parámetro a* (enrojecimiento) fueron alrededor de -0.58, -1.13, -0.49 y -1.05 sin diferencia significativa. De esta manera, los valores obtenidos concuerdan con los reportados para carne de rana toro y productos derivados como surimi (Tabla 3.10) de 1.9 a 3.0 y 1.0 a -1.5, respectivamente y son inferiores a los reportados para carne blanca de res de 6.3 (De Moura, 2000; Ramos *et al.*, 2005; Hsu *et al.*, 2011; Albertí *et al.*, 2016; Pereira, 2017).

Los valores del parámetro b* (amarillez) fueron de 8.68, 6.87, 7.47 y 4.95 con diferencia estadística debido al grupo G1: J-Sc (8.68) y el grupo G4: M-Fp (4.95). De esta manera, los valores obtenidos de los grupos G1: J-Sc (8.68), G2: J-Pc (6.87) y G3: M-Fc (7.47) concuerdan con los reportados para surimi de rana toro de 6.0-11.0, mientras que, el grupo G4: M-Fp concuerda para carne de rana toro de 0.01-1.24 y 2.70, mientras que, los valores obtenidos de todos los grupos son inferiores a los reportados para carne blanca de res de 10.3 (De Moura, 2000; Ramos *et al.*, 2005; Albertí *et al.*, 2016; Pereira, 2017).

Por otra parte, los valores de pH fueron de 6.42, 6.63, 6.09 y 6.10, respectivamente con diferencia estadística. Los grupos que no presentan diferencia entre ellos son G1: J-Sc y G2: J-Pc, mientras que, los grupos G3: M-Fc y G4: M-Fp presentan entre sí y con los demás.

Los valores obtenidos de pH están en el intervalo de los pescados (6.2-6.6) y son superiores al de los animales de sangre caliente (5.3-5.5), por lo que, presentan un comportamiento parecido al de los animales acuáticos (Eskin, 1990).

Por otro lado, la evolución *post-mortem* del pH en la carne se caracteriza por la rapidez de su disminución debido a la degradación del glucógeno a ácido láctico. La velocidad de esta disminución es variable, ya que está influenciada por la especie animal, el tipo de músculo, el ayuno y, la susceptibilidad al estrés, entre otras (Braña *et al.*, 2011). Por lo que, el pH muscular en animales nutridos y en reposo antes de la matanza, es alrededor de 6.8-7.2 y disminuye a 5.3-5.7 a las 24 horas. En el caso del muslo de la rana toro, los valores de disminución reportados se encuentran a partir de 7.12 (recién matanza), 6.58 (16h) hasta 6.21 (56h) (Pereira, 2012).

De esta manera, los valores obtenidos son similares a los reportados para carne de rana toro (Tabla 3.10) (5.90-6.60) (Da Silva, 1988; Nóbrega *et al.*, 2007; De Oliveira *et al.*, 2010; Pereira, 2012; Lin *et al.*, 2021). Sin embargo, los valores correspondientes a los grupos G1: J-Sc (6.42) y G2: J-Pc (6.63) provenientes de Jalisco, son mayores que los de Morelos, lo cual se puede explicar debido a que, las ranas toro que se capturaron para su insensibilización y matanza, tuvieron ayuno a diferencia de las de Morelos, así que, las reservas de glucógeno permanecieron en pequeñas cantidades o se consumieron en su totalidad en el momento de la matanza, provocando en el estado *post-mortem* una mínima producción de ácido láctico por lo que la acidificación de la carne fue deficiente.

El anterior comportamiento se corrobora con la prueba de acidez debido a que los valores expresados en porcentaje (%) fueron de 0.29, 0.29, 0.36 y 0.37, respectivamente, con diferencia estadística entre los grupos de Jalisco y Morelos. Por otro lado, no existen datos de acidez en esta especie reportados en la literatura.

Tabla 3.9. Pruebas de frescura en la recepción de la carne de rana toro *

		G1: J-Sc	G2: J-Pc	G3: M-Fc	G4: M-Fp
	L*	60.69 ^a ±3.04	64.36 ^{bc} ±1.30	64.87 ^c ±0.89	62.13 ^{ab} ±3.77
Color	a*	-0.58±0.63	-1.13±0.77	-0.49±0.90	-1.05±1.86
	b*	8.68 ^b ±2.78	6.87 ^{ab} ±2.70	7.47 ^{ab} ±3.36	4.95 ^a ±5.31
	pH	6.42 ^b ±0.00	6.63 ^c ±0.01	6.09 ^a ±0.02	6.10 ^a ±0.02
	Ácido láctico (%)	0.29 ^a ±0.02	0.29 ^a ±0.00	0.36 ^b ±0.02	0.37 ^b ±0.00

*Los datos se presentan como los promedios ± desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

Tabla 3.10. Pruebas de frescura en la recepción de la carne de rana toro y productos derivados finales reportadas por diversos autores

		De Moura, 2000	Ramos <i>et al.</i> , 2005	Hsu <i>et al.</i> , 2011	Pereira <i>et al.</i> , 2017
		Carne de rana toro	Carne de rana toro	Albóndigas de rana toro	Surimi de rana toro
	L*	54-55	57-58	60-64	60-67
Color	a*	-0.27	1.90-3.00	2.3-2.8	-1.5-1.5
	b*	2.70	0.01-1.24	11.5-11.8	6-11
		Correa <i>et al.</i> , 1988	De Moura, 2000	Oliveira <i>et al.</i> , 2010	Lin <i>et al.</i> , 2021
		Carne de rana toro			
	pH	6.28-6.51	6.7	6.16-6.44	5.90-6.06
		Pereira, 2012			
		Carne de rana toro 56h <i>post-mortem</i>			
		Muslo	Muslo abdominal	Dorso	
		6.21	6.43	6.77	

3.3.2. Composición química

Los resultados relacionados con el estudio de la composición química de la carne de rana toro para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp se observan en la Tabla 3.11.

De acuerdo con los resultados, los porcentajes (%) de proteína cruda fueron de 20.65, 20.51, 18.45 y 18.31 de manera respectiva con diferencia estadística la cual se puede atribuir al impacto del nivel y calidad proteica de la dieta. Es decir, los grupos G1: J-Sc y G2: J-Pc obtuvieron mayores porcentajes proteicos en la carne, sin embargo, el nivel proteico de la dieta (Tabla 3.13) fue menor (34.27) que la suministrada al grupo G3: M-Fc (35.58). Mientras que, los grupos G3: M-Fc y G4: M-Fp, obtuvieron los mismos porcentajes en la carne, a pesar de que los niveles proteicos de la dieta fueron diferentes (32.96). Se debe tener en cuenta que, esta relación es especulativa ya que se debe considerar la proteína verdadera del alimento de la dieta y el porcentaje de consumo de la dieta del animal. Por otro lado, los valores obtenidos concuerdan con los reportados (Tabla 3.12) de 18.61 y 19.4 (Nóbrega *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2016). Además, los porcentajes son inferiores entre los cortes magros de otras especies como res, cerdo, pollo y pescado (~22%) (Huss, 1998; Manik *et al.*, 2019).

Por otra parte, los porcentajes (%) de lípidos fueron de 0.59, 0.61, 0.45 y 0.52, respectivamente con diferencia estadística de los grupos G3: M-Fc (0.45) y G4: M-Fp (0.52), entre sí y con los demás. Es decir, los grupos G1: J-Sc y G2: J-Pc obtuvieron mayores porcentajes lipídicos en la carne la cual corresponde con el nivel lipídico de la dieta que fue mayor (6.47) que la suministrada a los demás grupos. Mientras que, el grupo G3: M-Fc, obtuvo un menor porcentaje en la carne que el grupo G4: M-Fp, a pesar de que los niveles lipídicos de la dieta fueron mayores (5.91/4.53, respectivamente). Por otro lado, los porcentajes obtenidos concuerdan con los reportados de 0.39 y 0.6 (Nóbrega *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2016), por lo que se considera magra, a su vez, estos porcentajes incluso son inferiores entre los cortes magros de otras especies como res, cerdo, pollo y pescado (<2.5%) (Huss, 1998; Manik *et al.*, 2019).

Los porcentajes (%) de cenizas fueron de 0.95, 0.94, 0.87 y 0.86, de manera respectiva con diferencia significativa. Es decir, los grupos G1: J-Sc y G2: J-Pc obtuvieron mayores porcentajes en la carne, sin embargo, el nivel de cenizas de la dieta fue menor (6.26) que la suministrada al grupo G3: M-Fc (7.91). Mientras que, los grupos G3: M-Fc y G4: M-Fp, obtuvieron los mismos porcentajes en la carne, a pesar de que los niveles de la dieta fueron diferentes (8.00). Los valores obtenidos coinciden con los reportados de 0.94 y 1.0 (Nóbrega *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2016). Mientras que, estos porcentajes son inferiores entre los cortes magros de otras especies (~1.2%) (Huss, 1998; Manik *et al.*, 2019).

Los porcentajes (%) de humedad fueron de 77.30, 77.45, 79.02 y 79.13 respectivamente con diferencia estadística. Estos valores coinciden con los reportados de 80.17 y 79.64 (Ayres *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2016). Por otro lado, estos porcentajes son superiores entre los cortes magros de otras especies (~75%) (Huss, 1998; Manik *et al.*, 2019).

De esta manera, la composición química de la carne de rana toro pertenecientes a los grupos de Jalisco presentaron un mayor contenido de proteína y lípidos, mientras que los de Morelos mostraron el comportamiento contrario.

Por último, el grupo G4: M-Fp obtuvo un menor porcentaje (%) de proteína (18.3) respecto con los grupos de Jalisco ($p < 0.05$), pero fue igual al grupo G3: M-Fc ($p > 0.05$). Por otro lado, el porcentaje de lípidos (0.51) resultó menor que los grupos de Jalisco, pero mayor al G3: M-Fc ($p < 0.05$). Es decir, de manera general se mantuvo en el intervalo de valores contra los demás grupos de consumo, por lo que la composición química de la carne fue independiente del peso de la rana toro.

Tabla 3.11. Composición química de la carne de rana toro *

g/100g	G1: J-Sc	G2: J-Pc	G3: M-Fc	G4: M-Fp
Proteína	20.65 ^b ±0.25	20.51 ^b ±0.25	18.45 ^a ±0.47	18.31 ^a ±0.00
Lípidos	0.59 ^c ±0.01	0.61 ^c ±0.01	0.45 ^a ±0.02	0.52 ^b ±0.02
Cenizas	0.95 ^b ±0.01	0.94 ^b ±0.04	0.87 ^a ±0.01	0.86 ^a ±0.00
Humedad	77.30 ^a ±0.42	77.45 ^a ±0.37	79.02 ^b ±0.52	79.13 ^b ±0.85

*Los datos se presentan como los promedios ± desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

**Los carbohidratos se calcularon por diferencia.

Tabla 3.12. Composición química de la carne de diferentes especies (Huss, 1998; Nóbrega et al., 2007; Zhang et al., 2016; Manik et al., 2019)

Composición (g/100g)	Res (magra)	Cerdo (magro)	Pollo	Pescado (magro)	Rana toro (g)	
					83	180-250
Proteína	22.3	22.8	22.8	16-20	18.61	19.4
Lípidos	1.8	1.2	0.9	<2.5	0.39	0.6
Cenizas	1.2	1.0	1.2	1.2-1.5	0.94	1.0
Humedad	75.0	75.1	75.0	78-82	80.17	74.1

Tabla 3.13. Composición química del alimento de la dieta para la rana toro de acuerdo con la marca comercial *

g/100g	Desarrollo		Finalización
	G3: 3.5-W	G4: 3.5-P	G5: 5.5-W
Proteína	34.27 ^b ±0.51	35.58 ^c ±0.51	32.96 ^a ±0.25
Lípidos	6.47 ^c ±0.21	5.91 ^b ±0.01	4.53 ^a ±0.01
Cenizas	6.26 ^a ±0.00	7.91 ^b ±0.02	8.00 ^c ±0.05
Humedad	7.08 ^b ±0.17	6.73 ^a ±0.03	6.69 ^a ±0.03

*Los datos se presentan como los promedios ± desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.3.3. Propiedades tecnofuncionales de las proteínas

Los resultados relacionados con el estudio de las propiedades tecnofuncionales de las proteínas de la carne de rana toro para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp se observan en la Tabla 3.13, mientras que, los valores reportados por diversos autores se encuentran en la Tabla 3.14.

De acuerdo con los resultados, los valores de retención de agua (mL/g proteína) fueron de 2.91, 2.99, 2.67 y 3.75, respectivamente con diferencia estadística entre los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc contra G3: M-Fc, G4: M-Fp. Así mismo, los valores concuerdan con los reportados de 1.01-1.26 y 2.83-3.04 para carne de rana toro y de pollo (Abdullah & Al-Najdawi, 2005), al igual que, son superiores a los valores de 1.01-1.37 de carne de albóndigas de rana toro (30% carne agregada) (Hsu *et al.*, 2011).

Por otra parte, los valores de emulsión (mL/g proteína) fueron de 231.41, 236.70, 220.63 y 223.19, respectivamente con diferencia estadística entre los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc contra G3: M-Fc, G4: M-Fp. De esta manera, los valores concuerdan con los reportados de 222.60 y 243.65-302.31 para carne de rana toro y de pollo (De Moura, 2000; Abdullah & Al-Najdawi, 2005). Además, según los valores obtenidos para los grupos de Jalisco, son más apropiadas para formar una emulsión debido a que poseen un elevado contenido de proteínas contráctiles que recubren los glóbulos de grasa y su posterior formación de una matriz rígida (Schmidt, 1984).

Los grupos G3: M-Fc y G4: M-Fp tuvieron valores menores en las propiedades tecnofuncionales debido a que después de la matanza del animal y durante el desarrollo del “*rigor mortis*” la acidez del músculo aumentó. Así que, al no quedar cargas libres para atraer el agua se produjo su liberación y por ello, la carne perdió lentamente su capacidad de retención, el cual en carnes de otras especies alcanza su mínima expresión en el punto isoeléctrico (pH=5.3-5.5). A su vez, los grupos G1: J-Sc y G2: J-Pc presentaron valores mayores (excepto CRA-G4: M-Fp) debido a que los valores de pH fueron mayores, esto debido a su mínima acidificación *post-mortem*, así que el proceso de desnaturalización de las proteínas fue menor, originando una mayor capacidad de retención de agua y emulsión (Schmidt, 1984).

Por último, la carne de los cuatro grupos es apropiada para elaborar productos cárnicos ya que sus valores de pH se encontraron a partir de 6.0, por lo que, el proceso de desnaturalización de proteínas no impactó tanto en las propiedades tecnofuncionales, en comparación con otras especies. Además, que la carne proveniente de un animal recién matado es más apropiada para la elaboración de un embutido, debido a la disminución del ATP que conlleva a la estructura cerrada de la actomiosina, poco apta para absorber agua (Schmidt, 1984).

Tabla 3.14. Propiedades tecnofuncionales de la carne de rana toro *

	G1: J-Sc	G2: J-Pc	G3: M-Fc	G4: M-Fp
pH	6.42 ^b ±0.00	6.63 ^c ±0.01	6.09 ^a ±0.02	6.10 ^a ±0.02
CRA (mL NaCl 0.6M/g proteína)	2.91 ^b ±0.00	2.99 ^b ±0.13	2.67 ^a ±0.05	3.75 ^d ±0.06
CE (mL aceite/g proteína)	231.41 ^b ±2.07	236.70 ^b ±2.26	220.63 ^a ±2.80	223.19 ^a ±0.88

*Los datos se presentan como los promedios ± desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

Tabla 3.15. Propiedades tecnofuncionales de la carne de rana toro reportadas por varios autores

	Abdullah, B. & Al-Najdawi, R., 2005	Hsu <i>et al.</i>, 2011
CRA (mL NaCl 0.6M/g proteína)	Pollo 2.83-3.04	Albóndigas de rana toro (7.5-30% carne rana toro añadida) 1.01-1.26
CE (mL aceite/g proteína)	De Moura, 2000 Rana toro 222.60	Abdullah, B. & Al-Najdawi, R., 2005 Pollo 243.65-302.31 (pH=6.32-6.48)

3.3.4. Evaluación de la calidad de la carne almacenada en refrigeración (4°C) en los días 1, 3, 5, 12, 19 y 26

Los resultados relacionados con el estudio de la evaluación de los parámetros de L* (luminosidad), a* (enrojecimiento), b* (amarillez), cambio total del color (ΔE), pH, contenido de ácido láctico, BVNT y TBARs, respecto con el almacenamiento de la carne de rana toro (días 1 a 26) en refrigeración (4°C) para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp se observan en las Figuras 3.1-3.8.

3.3.4.1. Evaluación del cambio total del color

Los resultados del parámetro L* (Figura 3.1) de la primera semana para los grupos G2: J-Pc y G3: M-Fc fueron alrededor de 68.40-68.80 ($p>0.05$) y de 61.20-62.70 ($p>0.05$), respectivamente. Así mismo, los valores obtenidos son similares a los reportados para carne de rana toro y productos derivados (surimi y albóndigas) ($L^*=54-58, 60-66$) (De Moura, 2000; Ramos *et al.*, 2005; Hsu *et al.*, 2011; Pereira, 2017). Por otro lado, a partir de la segunda semana mostraron un ligero aumento hasta valores de 71.00-72.00 ($p>0.05$) y 65.00-68.00 ($p<0.05$), respectivamente. De esta manera, el comportamiento en el almacenamiento concuerda con lo reportado para surimi de rana toro almacenada (2°C), donde L* aumenta en función del tiempo ($L^*=62.00/66.00-66.00/69.00$; $t=1-30$ días) (Pereira, 2017). Finalmente, entre grupos mostraron un comportamiento ascendente, pero con diferencias estadísticas.

Por otra parte, los resultados del parámetro a* (Figura 3.2) que se obtuvieron para los grupos G2: J-Pc y G3: M-Fc en la primera semana fueron alrededor de -0.80-(-0.85) ($p>0.05$) y de 0.50-(-0.55) ($p>0.05$), de manera respectiva. De esta manera, los resultados son parecidos a los reportados para carne y surimi de rana toro ($a^*=1.0-(-1.5)$) (De Moura, 2000; Pereira, 2017). A partir de la segunda semana mostraron una ligera disminución hasta valores cercanos de -0.90-(-0.95) ($p>0.05$) y -1.00-(-1.20) ($p>0.05$), respectivamente. El comportamiento observado durante el almacenamiento corresponde con lo reportado para surimi de rana toro almacenada (2°C), donde a* se mantiene en función del tiempo ($a^*=-1.0/-0.05-(-0.05/0.00)$; $t=1-30$ días) (Pereira, 2017). Así mismo, entre grupos mostraron un comportamiento descendente similar sin diferencias estadísticas durante el almacenamiento.

Los resultados del parámetro b^* (Figura 3.3) de la primera semana para los grupos G2: J-Pc y G3: M-Fc fueron alrededor de 8.00-8.80 ($p > 0.05$) y de 4.50-4.80 ($p > 0.05$), respectivamente. Estos valores obtenidos son similares a los reportados para carne de rana toro y productos derivados (surimi y albóndigas) ($b^* = 0.01-3.0$ y $6.0-11.0$) (De Moura, 2000; Ramos *et al.*, 2005; Hsu *et al.*, 2011; Pereira, 2017). Por otro lado, a partir de la segunda semana mostraron un ligero aumento hasta valores cercanos de 8.90-9.40 ($p > 0.05$) y 6.60-8.90 ($p > 0.05$), respectivamente. Así, el comportamiento concuerda con lo reportado para surimi de rana toro almacenada (2°C), donde b^* se mantiene en función del tiempo ($b^* = 6/8-6/8$; $t = 1-30$ días) (Pereira, 2017). Finalmente, entre grupos mostraron un comportamiento ascendente similar con diferencias estadísticas durante el almacenamiento.

Los resultados del color de los diferentes parámetros para los grupos G2: J-Pc y G3: M-Fc, de manera respectiva, fueron alrededor de: $L^* = 68-71$ ($p < 0.05$), $a^* = -0.80-(-0.90)$ ($p > 0.05$), $b^* = 8.00-9.40$ ($p > 0.05$) y $L^* = 61-68$ ($p < 0.05$), $a^* = -0.50-(-1.30)$ ($p < 0.05$), $b^* = 4.50-9.00$ ($p < 0.05$). Así mismo, los valores obtenidos concuerdan con los valores para carne de rana toro y productos derivados (surimi y albóndigas) ($L^* = 54-58, 60-66$, $a^* = 1.9-3.0$ y $1.0-(-1.5)$, $b^* = 0.01-3.0$ y $6.0-11.0$) (De Moura, 2000; Ramos *et al.*, 2005; Hsu *et al.*, 2011; Pereira, 2017). De la misma manera, concuerdan con los valores para surimi de rana de toro almacenado (2°C) ($L^* = 62-70$, $a^* = -1.5-1.5$ y $b^* = 6-10$; $t = 30$ días) (Pereira, 2017).

Por último, los valores del cambio total del color (Figura 3.4) para el G2: J-Pc fueron alrededor de 2-5 ($p > 0.05$) mientras que para el G3: M-Fc de 3-9 ($p < 0.05$), de esta manera, el G3: M-Fc presentó mayor variación de color a partir de la segunda semana. Finalmente, ambos grupos mostraron un comportamiento similar al inicio y contrario al final sin diferencias estadísticas durante el almacenamiento.

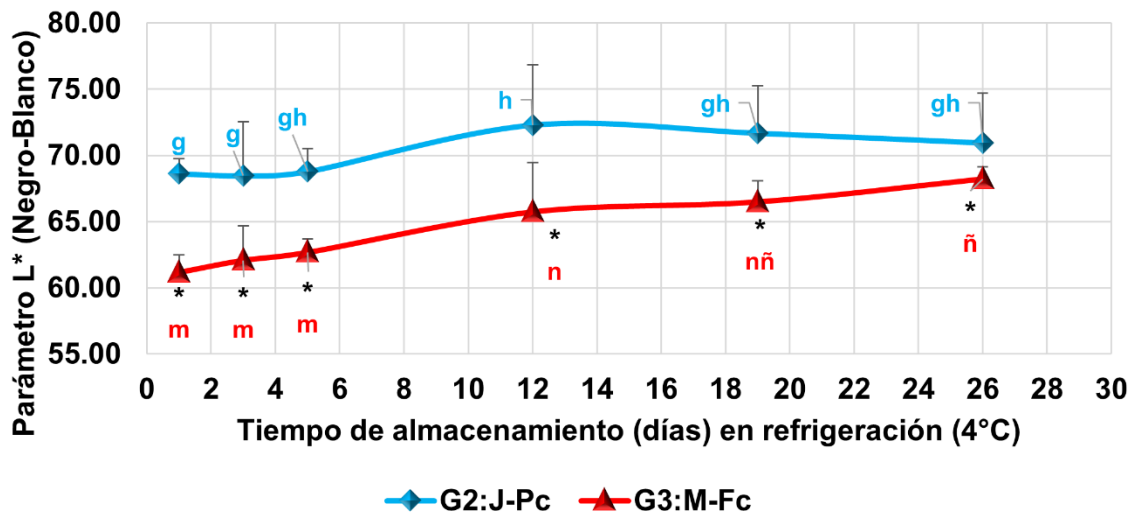


Figura 3.1. Evaluación del parámetro L* (luminosidad) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C) *

*Los datos se presentan como los promedios ± desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes (p<0.05) de acuerdo con la prueba Tukey.

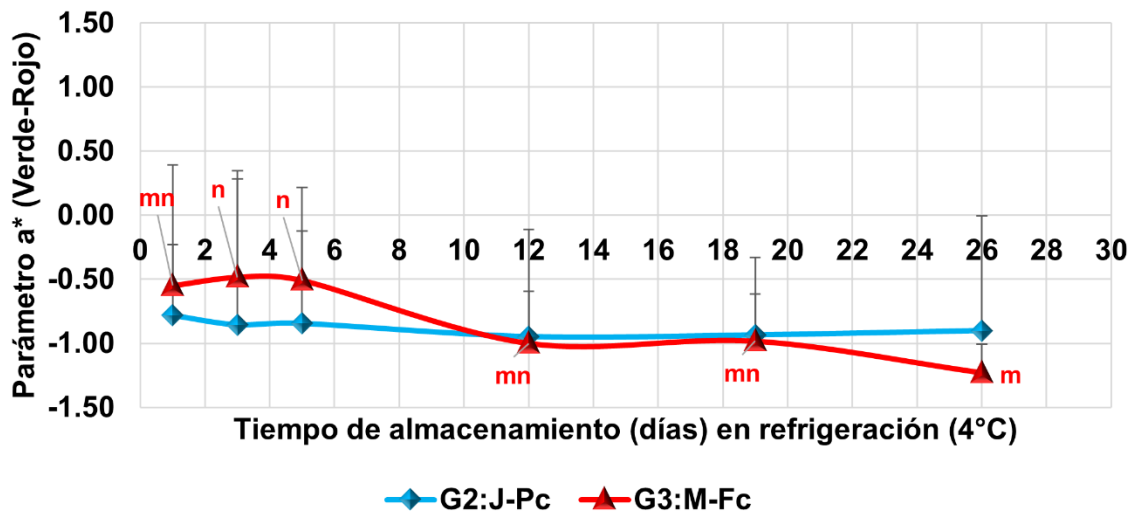


Figura 3.2. Evaluación del parámetro a* (enrojecimiento) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C) *

*Los datos se presentan como los promedios ± desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes (p<0.05) de acuerdo con la prueba Tukey.

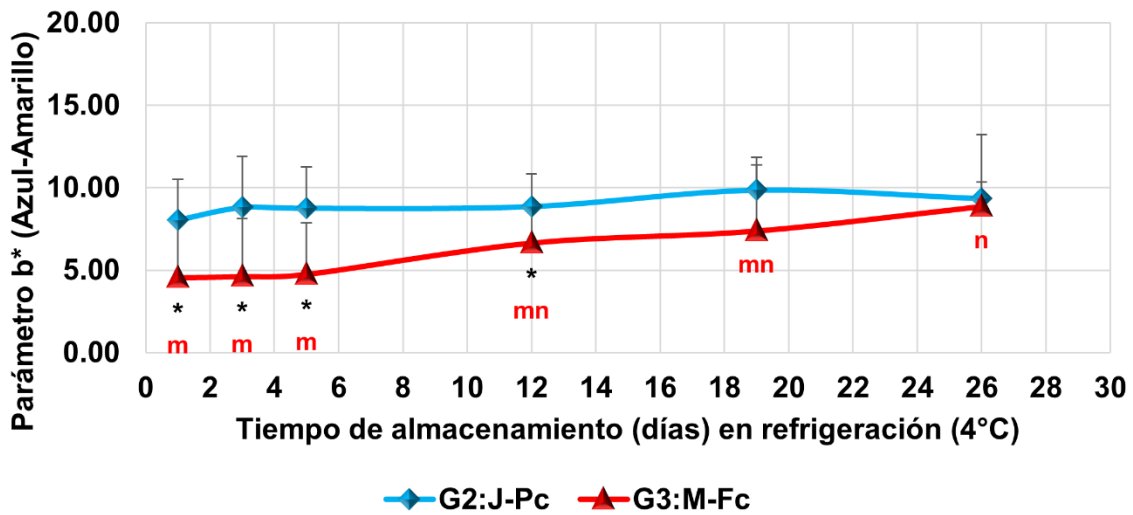


Figura 3.3. Evaluación del parámetro b* (amarillez) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

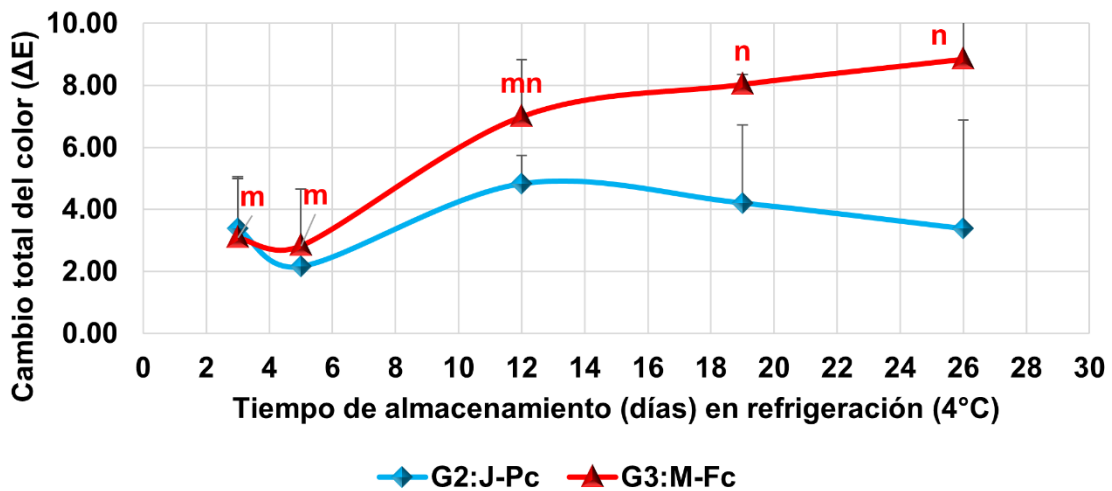


Figura 3.4. Evaluación del cambio total del color (ΔE) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.3.4.2. Evaluación del pH y contenido de ácido láctico

Los valores de pH (Figura 3.5) de la primera semana para los grupos G2: J-Pc y G3: M-Fc fueron alrededor de 6.10-6.20 ($p>0.05$) y de 6.15-6.30 ($p<0.05$), respectivamente. Así mismo, los valores obtenidos son similares a los reportados para carne de rana toro (pH=5.90-6.60) (Da Silva, 1988; De Oliveira *et al.*, 2010). Además, los valores están en el intervalo de la mayoría de los pescados (6.2-6.6) y son superiores al de los animales de sangre caliente (pH=5.3-5.5) (Eskin, 1990).

Por otro lado, en la segunda y tercera semana mostraron una disminución hasta valores cercanos a 5.70-5.90 ($p<0.05$) y, a partir de la cuarta semana se mostró un aumento hasta alrededor de 6.10 ($p>0.05$), el cual se debe a la acumulación de constituyentes básicos volátiles que resultan de la descomposición de las proteínas con el comienzo de la degradación (Büyükdeveci *et al.*, 2019). De esta manera, el comportamiento de las primeras tres semanas no concuerda con los valores reportados para carne de rana toro y rana esculenta almacenada (2°C), donde el pH aumenta en función del tiempo (pH=6.16-6.44; t=1-31 días y pH=6.6-7.1; t=1-10 días) (De Oliveira *et al.*, 2010; Büyükdeveci *et al.*, 2019). Esto puede deberse a que, en la primera semana, la carne seguía en maduración, lo que originaría la disminución en su pH principalmente por la degradación del glucógeno a ácido láctico; una reacción en la que el músculo produce energía en ausencia de oxígeno (Andújar *et al.*, 2003) y de esta manera, su posterior aumento de pH tardío por inicio de descomposición de la carne en el almacenamiento. Finalmente, entre grupos mostraron un comportamiento descendente y ascendente con diferencias estadísticas durante el almacenamiento.

Por último, los porcentajes de acidez (%) (Figura 3.6) de la primera semana para los grupos G2: J-Pc y G3: M-Fc fueron alrededor de 0.28-0.31 ($p<0.05$) y de 0.29-0.31 ($p<0.05$), respectivamente. Por otro lado, en la segunda y tercera semana ambos grupos mostraron un aumento hasta valores cercanos a 0.40% ($p<0.05$) y, a partir de la cuarta semana se mostró una disminución ($p>0.05$). Finalmente, entre grupos mostraron un comportamiento ascendente y descendente similar con diferencias estadísticas durante el almacenamiento.

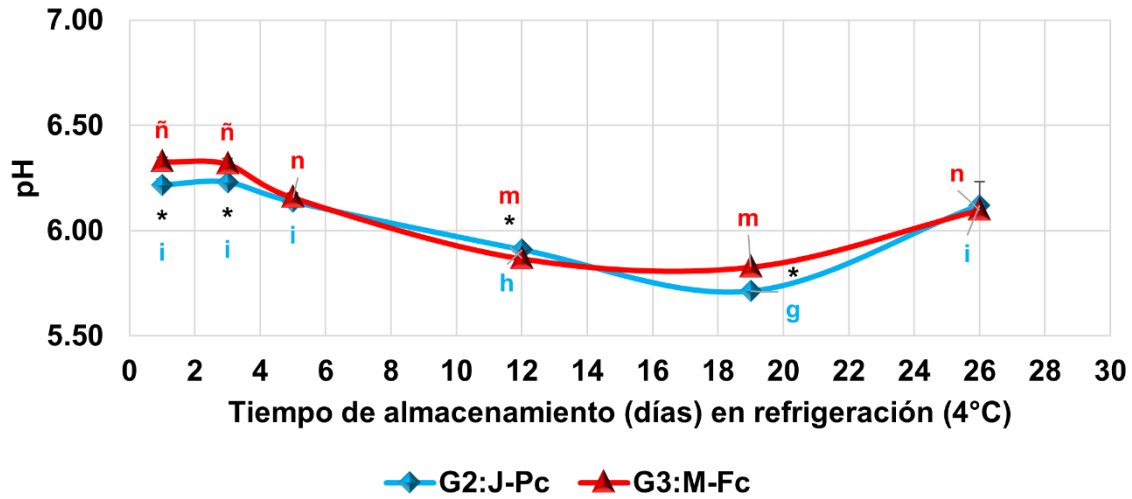


Figura 3.5. Evaluación del pH respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C) *

*Los datos se presentan como los promedios ± desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

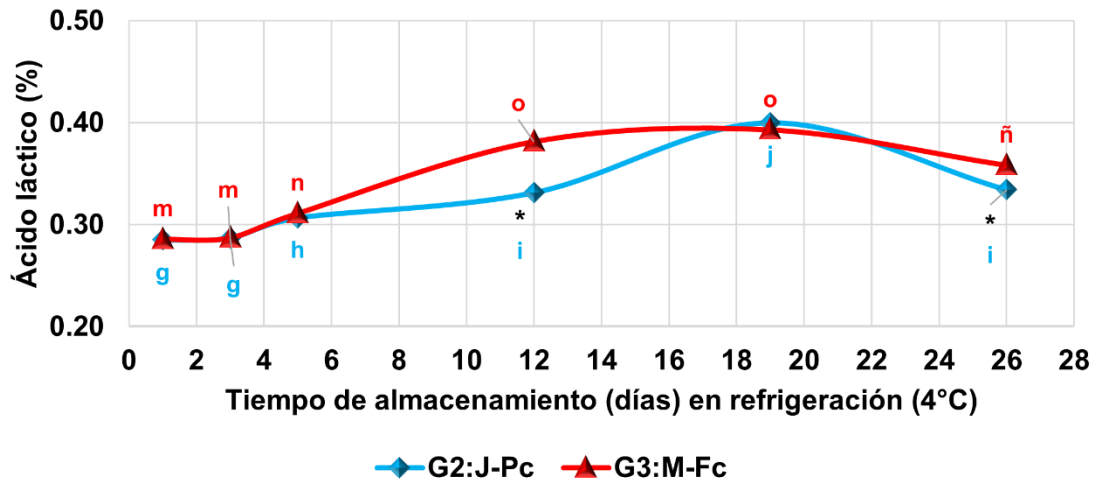


Figura 3.6. Evaluación del contenido de ácido láctico (%) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C) *

*Los datos se presentan como los promedios ± desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.3.4.3. Evaluación de bases volátiles nitrogenadas totales (BVNT)

Los valores de BVNT (mg N/100g) (Figura 3.7) de la primera semana para los grupos G2: J-Pc y G3: M-Fc fueron alrededor de 2.30-3.40 ($p < 0.05$) y de 1.90-2.40 ($p < 0.05$), respectivamente, los cuales están en el intervalo de los valores reportados (10.0, 6,0-7.0 y 2.0-4.0) para carne de rana toro, albóndiga y surimi de carne de rana toro (De Oliveira *et al.*, 2010; Hsu *et al.*, 2011; Pereira, 2017).

Por otro lado, a lo largo de las cuatro semanas ambos grupos mostraron un aumento hasta valores alrededor de 8.5-10 ($p < 0.05$). De esta manera, el comportamiento concuerda en la evaluación de las BVNT de la carne, albóndigas y surimi de rana toro almacenada (2°C), en la cual aumenta en función del tiempo (BVNT=10.0-40.0; t=1-21 días; BVNT=6.0-9.0; t=1-14 días; BVNT=2.0-9.0mg N/100g; t=1-30 días) (De Oliveira *et al.*, 2010; Hsu *et al.*, 2011; Pereira, 2017).

El aumento de estos valores se debe a las aminas biogénicas derivadas de las reacciones de descarboxilación de aminoácidos, estos compuestos (putrescina, cadaverina, histamina, tiramina, entre otros) son tóxicos y provocan cambios considerables de color y sabor que afectan la aceptabilidad de la carne (Huss, 1998; Ponce *et al.*, 2013; Bekhit *et al.*, 2021).

Por último, el límite máximo permitido por los estándares nacionales de China para carne de cerdo, cordero y res fresco y congelado es de <15mg N/100g (GB/T 9956.2-2008, GB/T 9961-2008, GB/T 9960-2008), mientras que, para la FAO es: fresco: <20mg y viejo: 30mg N/100g y, para el caso del pescado es de 25mg para alta calidad y 35mg como límite de aceptabilidad (Lang, 1983). Por lo que, los valores obtenidos para ambos grupos no sobrepasan estos límites máximos. Finalmente, entre grupos mostraron el mismo comportamiento ascendente con diferencias estadísticas durante el almacenamiento.

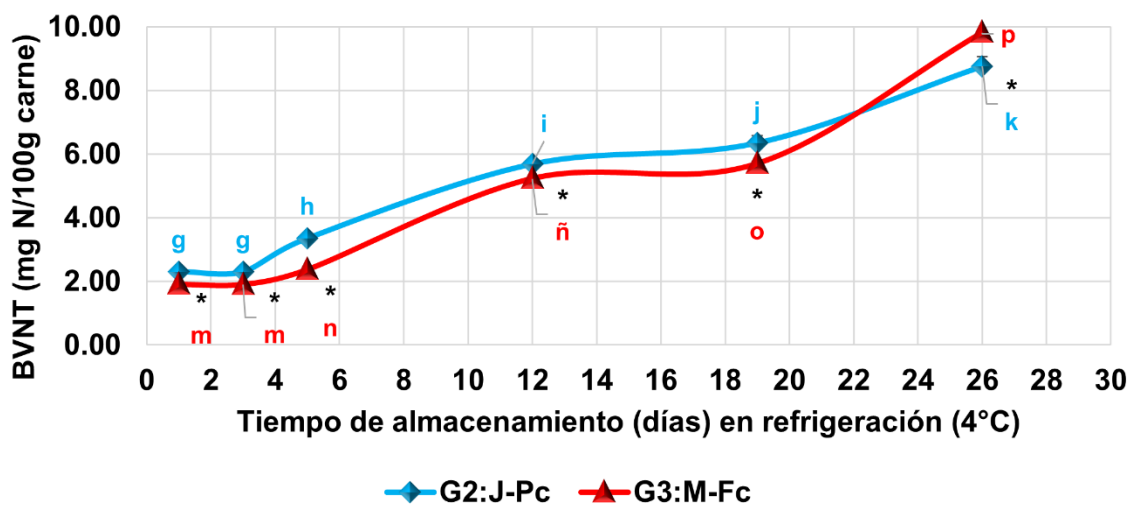


Figura 3.7. Evaluación del contenido de BVNT (mg N/100g carne) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.3.4.4. Evaluación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARs)

La oxidación de lípidos es una de las principales causas del deterioro de la calidad de la carne. A pesar de que el contenido de lípidos en la carne de rana toro fue bajo (G1: J-Sc=0.59; G2: J-Pc=0.61; G3: M-Fc=0.45 y G4: M-Fp=0.52), es un parámetro sensible a los cambios del estado oxidativo durante el tiempo de almacenamiento en el cual el enranciamiento provoca la reducción en la vida útil y la generación de sabores y aromas indeseables (Ponce *et al.*, 2013).

Los valores de TBARs (mg MDA/kg) (Figura 3.8) de la primera semana para los grupos G2: J-Pc y G3: M-Fc fueron alrededor de 0.150-0.240 ($p < 0.05$) y de 0.100-0.240 ($p < 0.05$), respectivamente. Estos resultados están en el intervalo de valores reportados (0.400 y 0.050-0.100) para carne de rana esculenta y surimi de rana toro (Pereira, 2017; Büyükdeveci *et al.*, 2019). Por otro lado, a lo largo de las cuatro semanas ambos grupos mostraron un aumento hasta valores alrededor de 0.750-0.950 ($p < 0.05$). De esta manera, el comportamiento concuerda en la evaluación de TBARs de la carne de rana esculenta y surimi de rana toro almacenada (2°C), en la cual aumenta en función del tiempo (TBARs=0.400-0.600; t=1-10 días y TBARs=0.050-0.150; t=1-30 días) (Pereira, 2017; Büyükdeveci *et al.*, 2019).

Este aumento de TBARs también se debió a la generación de compuestos como hidroperóxidos que generaron cetonas, ácidos y aldehídos además del malonaldehído (1,3-propanodial, MDA) (Ponce *et al.*, 2013; Domínguez *et al.*, 2019; Pérez-Palacios *et al.*, 2020). Sin embargo, el principal problema es la falta de especificidad debido a que existen compuestos interferentes que reaccionan con el TBA, dichos compuestos que tienen grupos carbonilos como azúcares y aminos como prolina y arginina. Además, los valores altos en las determinaciones se pueden deber a las reacciones de interferencia en presencia de glucosa derivada del glucógeno en la generación de ácido láctico en la carne, además que, la reacción a altas temperaturas (100°C) es más susceptible a la interferencia de productos que no se oxidan, pero que pueden ser más selectivas para MDA (Decker, 1998).

El límite máximo permitido por la normatividad brasileña es de 1.59mg MDA/kg (Torres *et al.*, 1997), por lo que no es sobrepasado, a su vez, la Ingesta Diaria Admisible (IDA) es de 0.7mg MDA/kg (Ponce *et al.*, 2013). Mientras que, el límite a partir del cual el sabor rancio prevalece sobre el sabor de la carne es de 2mg MDA/kg (Campo *et al.*, 2006). Por último, entre grupos mostraron el mismo comportamiento ascendente con diferencias estadísticas en el almacenamiento.

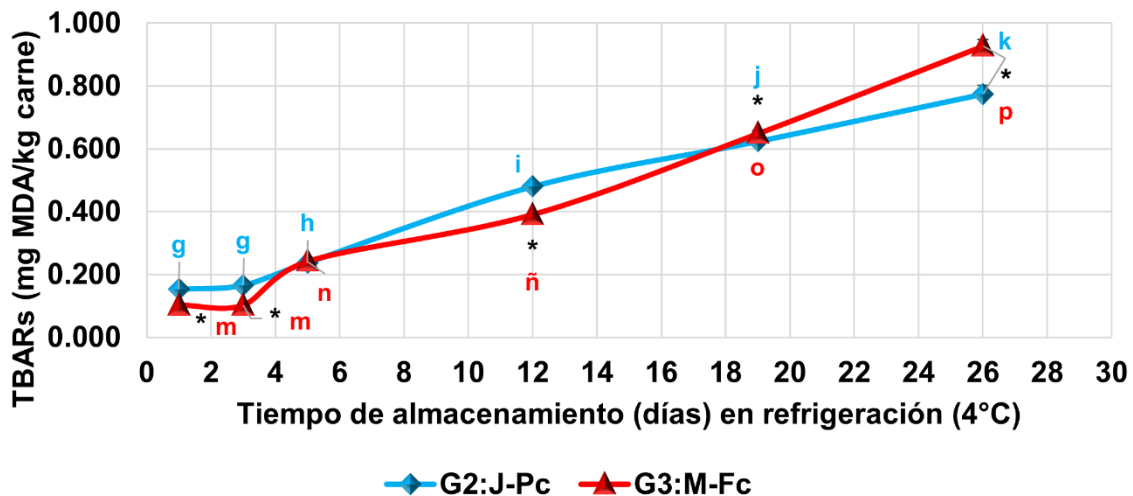


Figura 3.8. Evaluación del contenido de TBARs (mg MDA/kg carne) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 26) en refrigeración (4°C) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.3.4.5. Evaluación de la calidad de la carne almacenada en refrigeración (4°C)

La carne de rana toro presenta una matriz alta en humedad (G2, G3: 77, 79%) en conjunto con un alto contenido de nitrógeno proteico y no proteico (G2, G3: 20.5, 18.5%), lípidos y minerales, dado esto, es susceptible a un rápido deterioro, por lo que la refrigeración es una alternativa para extender su vida útil desacelerando su reactividad química (Ponce *et al.*, 2013).

Esta descomposición tardía se observó en los resultados para los grupos G2: J-Pc y G3: M-Fp de carne de rana toro almacenada en refrigeración (4°C), ya que, en las pruebas de color, pH y acidez se mantuvieron casi constantes los valores en la primera semana (días 1, 3 y 5), y fue a partir de la segunda semana en la que el comportamiento cambió, mientras que, en la cuarta semana se notaron resultados diferenciales que llevaron al inicio de la descomposición de la carne.

Por otro lado, las pruebas de BVNT y TBA permitieron observar que los cambios diferenciales drásticos en los comportamientos radicaron de la primera a la segunda semana, acompañado de un rápido aumento hasta la cuarta semana, lo cual condujo al inicio y desarrollo de la descomposición que incluso rebasó el límite máximo para la Ingesta Diaria Admisible (Pérez & Ponce, 2013).

Los resultados obtenidos corresponden con los valores de referencia para carne de rana toro y esculenta al igual que albóndigas y surimi de rana toro, asimismo, concuerda con la vida útil de la carne de res y cerdo de tres a cinco días y, es superior a la de pollo de 1 a 2 días (De Moura, 2000; Ramos *et al.*, 2005; De Oliveira *et al.*, 2010; Hsu *et al.*, 2011; USDA, 2015; Pereira, 2017; Büyükdeveci *et al.*, 2019). De esta manera, la refrigeración fue efectiva para la carne de rana toro (G2: J-Pc y G3: M-Fp) solamente para la primera semana, esto es, de tres a cinco días.

3.3.5. Evaluación de la calidad de la carne almacenada en congelación (-18°C) en los días 1, 20, 40, 60, 80 y 100

Los resultados relacionados con el estudio de la evaluación de los parámetros de L* (luminosidad), a* (enrojecimiento), b* (amarillez), cambio total del color (ΔE), pH, contenido de ácido láctico, BVNT y TBARs, respecto con el tiempo de almacenamiento de la carne de rana toro (días 1 a 100) en congelación (-18°C) para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp se observan en las Figuras 3.9-3.16.

3.3.5.1. Evaluación del cambio total del color

Los resultados del parámetro L* (Figura 3.9) de los primeros 40 días para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp fueron alrededor de 60.00-61.30 ($p>0.05$); 63.00-65.00 ($p>0.05$); 61.00-65.00 ($p<0.05$) y 61.00-63.00 ($p>0.05$), respectivamente. Así mismo, los valores obtenidos son similares a los reportados para carne de rana toro y productos derivados (surimi y albóndigas) ($L^*=54-58, 60-66$) (De Moura, 2000; Ramos *et al.*, 2005; Hsu *et al.*, 2011; Pereira, 2017). Por otro lado, a partir del día 60 hasta el 100 se mantuvo el comportamiento a valores cercanos de 60.00-61.50 ($p>0.05$); 63.00-65.00 ($p>0.05$); 60.00-66.00 ($p<0.05$) y 62.00-64.00 ($p>0.05$), respectivamente. Finalmente, entre grupos mostraron un comportamiento delimitado en ciertos valores con diferencias estadísticas durante el almacenamiento.

Por otro lado, los resultados del parámetro a* (Figura 3.10) de los primeros 40 días para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp fueron alrededor de -0.40-(-0.60) ($p>0.05$); -1.00-(-1.40) ($p>0.05$); -0.47-(-0.50) ($p>0.05$) y -1.00-(-1.30) ($p>0.05$), respectivamente. Los valores obtenidos son similares a los reportados para carne y surimi de rana toro ($a^*=1.0-(-1.5)$) (De Moura, 2000; Pereira, 2017). A partir del día 60 hasta el 100 se mantuvo el comportamiento a valores cercanos de -0.40-(-0.60) ($p>0.05$); -1.20-(-1.40) ($p>0.05$); -0.20-(-0.30) ($p>0.05$) y -0.90-(-1.30) ($p>0.05$), respectivamente. De esta manera, entre grupos mostraron un comportamiento delimitado en ciertos valores en el almacenamiento con diferencias estadísticas.

Los resultados del parámetro b^* (Figura 3.11) de los primeros 40 días para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp fueron alrededor de 8.00-9.00 ($p>0.05$); 7.00-7.30 ($p>0.05$); 7.00-7.50 ($p>0.05$) y 5.00-7.00 ($p>0.05$), de manera respectiva. De esta manera, los valores obtenidos son similares a los reportados para carne de rana toro y productos derivados (surimi y albóndigas) ($b^*=0.01-3.0$ y $6.0-11.0$) (De Moura, 2000; Ramos *et al.*, 2005; Hsu *et al.*, 2011; Pereira, 2017). Por otro lado, a partir del día 60 hasta el 100 se mantuvo el comportamiento a valores cercanos de 10.00-12.50 ($p<0.05$); 7.00-8.00 ($p>0.05$); 7.00-7.20 ($p>0.05$) y 4.70-6.60 ($p>0.05$), respectivamente. Finalmente, entre grupos mostraron un comportamiento similar con diferencias estadísticas durante el almacenamiento.

Los resultados del color en congelación (-18°C) durante el almacenamiento para los diferentes parámetros de los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp, fueron alrededor de: $L^*=60-65$ ($p<0.05$), $a^*=-0.40-(-1.40)$ ($p<0.05$), $b^*=4-12$ ($p<0.05$). Así mismo, los valores obtenidos concuerdan con los valores para carne de rana toro y productos derivados (surimi y albóndigas) ($L^*=54-58, 60-66$, $a^*=1.9-3.0$ y $1.0-(-1.5)$, $b^*=0.01-3.0$ y $6.0-11.0$) (De Moura, 2000; Ramos *et al.*, 2005; Hsu *et al.*, 2011; Pereira, 2017).

Por último, los valores del cambio total del color (Figura 3.12) para todos los grupos fueron alrededor de 2-6 unidades sin diferencia estadística entre grupos y, para cada grupo durante el almacenamiento.

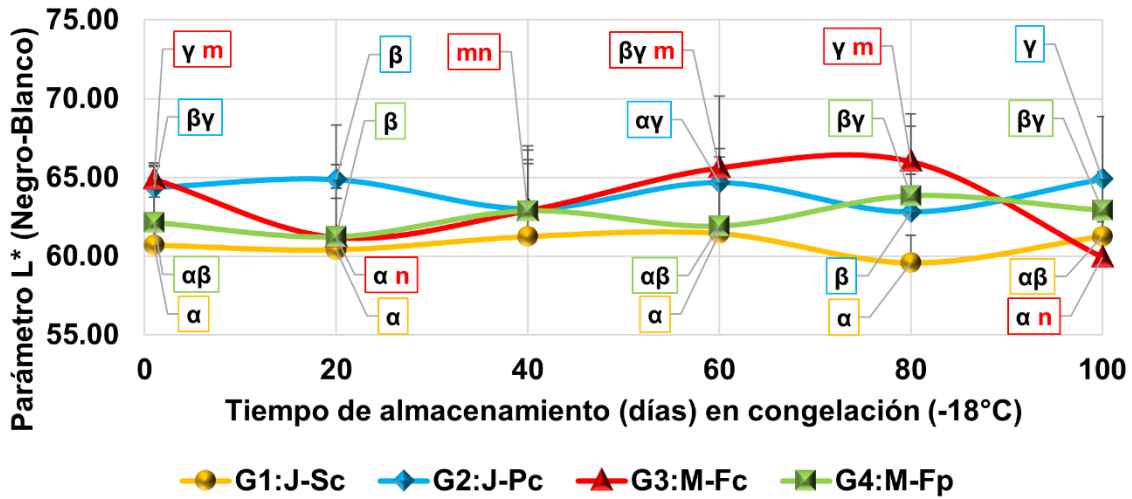


Figura 3.9. Evaluación del parámetro L* (luminosidad) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

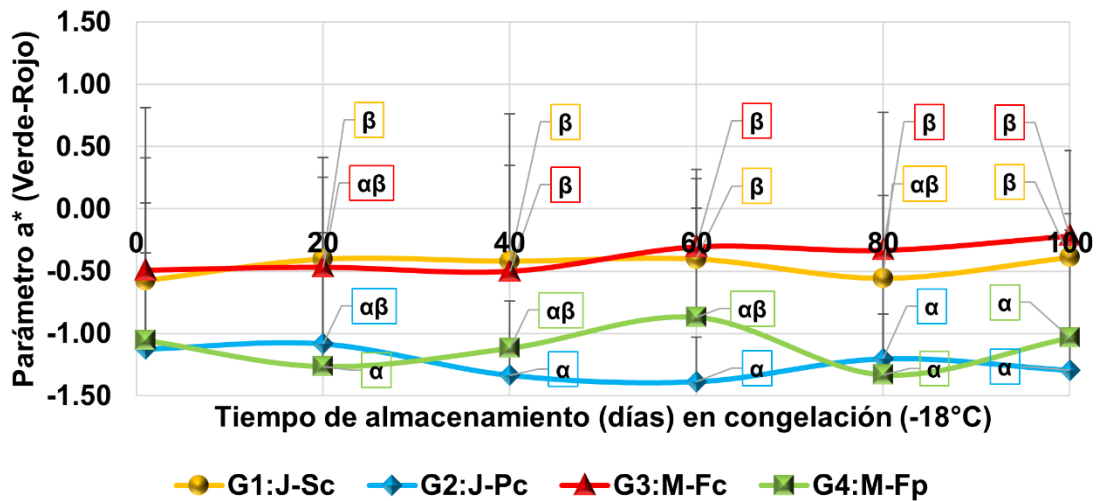


Figura 3.10. Evaluación del parámetro a* (enrojecimiento) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

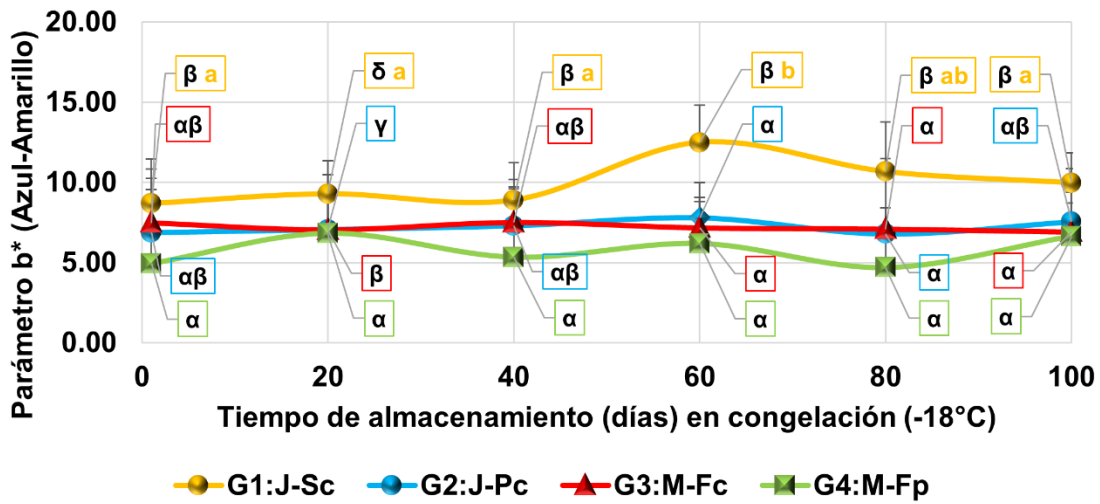


Figura 3.11. Evaluación del parámetro b* (amarillez) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

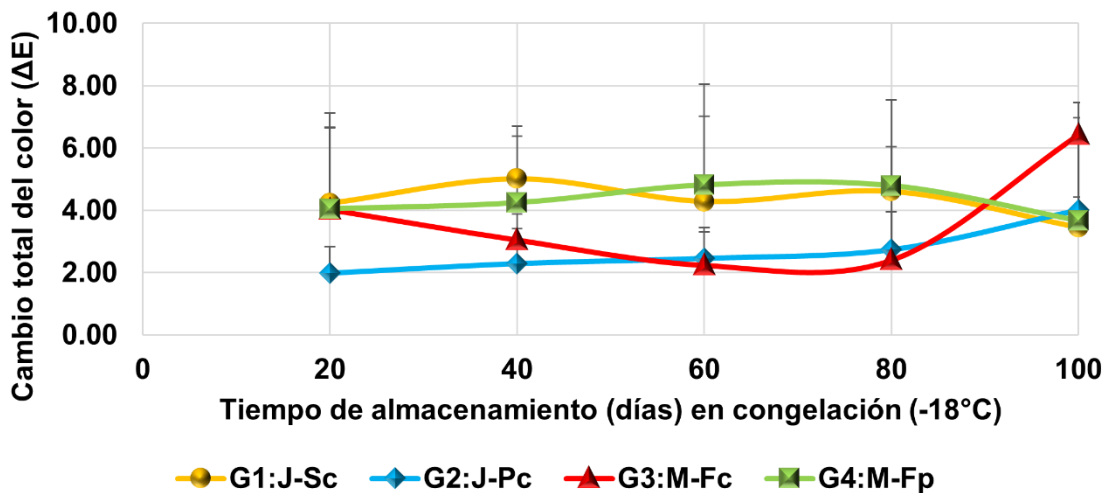


Figura 3.12. Evaluación del parámetro cambio total del color (ΔE) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.3.5.2. Evaluación del pH y contenido de ácido láctico

Los valores de pH (Figura 3.13) a lo largo de los 100 días para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp fueron alrededor de 6.38-6.42 ($p<0.05$); 6.50-6.60 ($p<0.05$); 5.90-6.11 ($p<0.05$) y 6.10-6.22 ($p<0.05$), respectivamente. El intervalo de valores de pH para todos los grupos durante el almacenamiento fue alrededor de 5.90-6.60 ($p<0.05$), en donde los grupos G1: J-Sc y G2: J-Pc presentaron valores mayores producto de una mínima acidificación dada por la poca cantidad de glucógeno tras el ayuno de las ranas previo a la matanza.

Así mismo, este comportamiento en los cuatro grupos concuerda con la evaluación de pH en la carne de rana toro almacenada (-18°C), en el cual se mantienen en el mismo intervalo en función del tiempo (pH=6.28-6.46; $t=1-124$ días) (Da Silva, 1988). Finalmente, entre grupos mostraron un comportamiento delimitado en ciertos valores similares con diferencias estadísticas durante el almacenamiento.

Por otra parte, los porcentajes (%) de acidez (Figura 3.14) a lo largo de los 100 días para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp fueron alrededor de 0.29-0.40 ($p<0.05$); 0.29-0.37 ($p<0.05$); 0.36-0.40 ($p<0.05$) y 0.33-0.37% ($p<0.05$), respectivamente, en donde los grupos G1: J-Sc y G2: J-Pc presentaron valores menores debido a la mínima conversión de glucógeno a ácido láctico explicada anteriormente. Finalmente, entre grupos mostraron un comportamiento similar con diferencias estadísticas durante el almacenamiento.

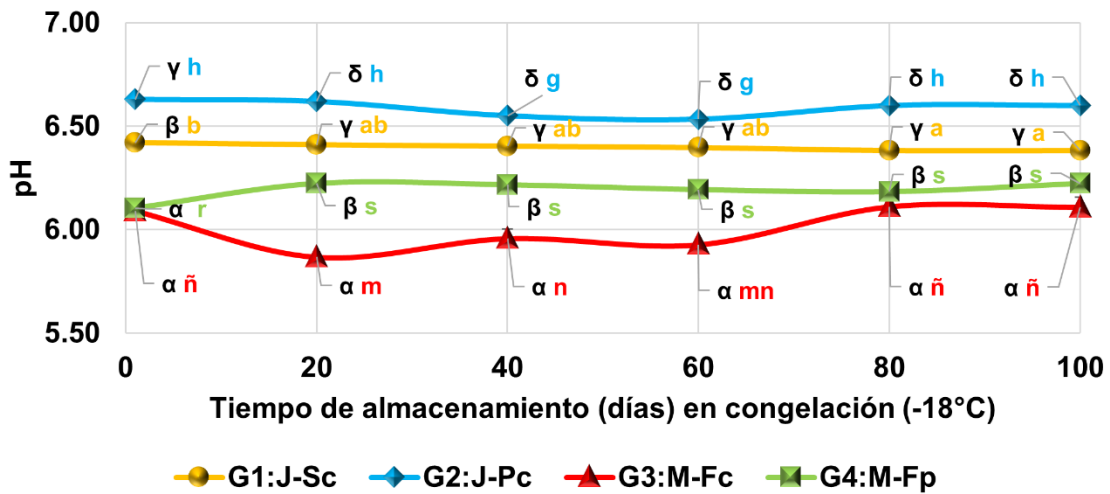


Figura 3.13. Evaluación del pH respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

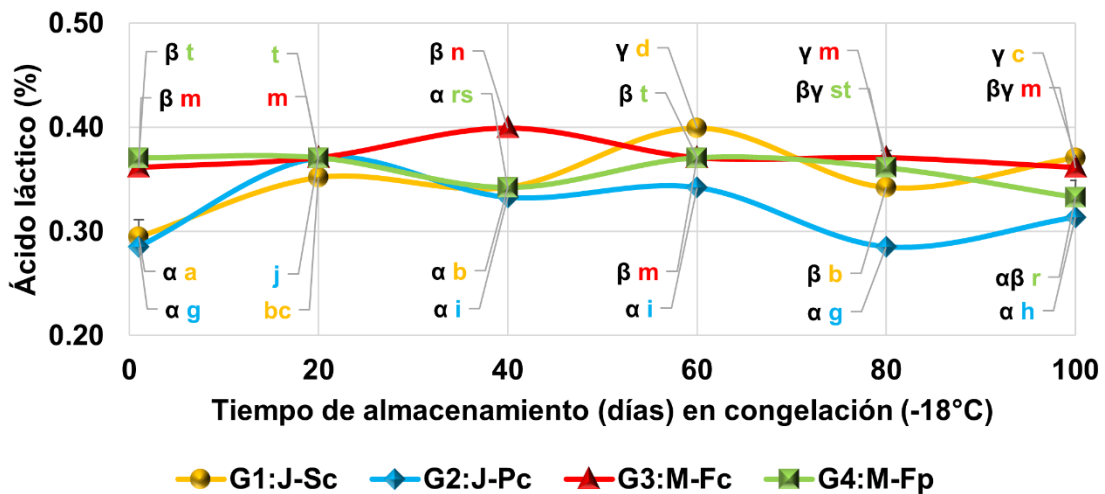


Figura 3.14. Evaluación del contenido de ácido láctico (%) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.3.5.3. Evaluación de bases volátiles nitrogenadas totales (BVNT)

Los valores de BVNT (mg N/100g) (Figura 3.15) los primeros 20 días para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp fueron alrededor de 1.40 ($p>0.05$); 1.40 ($p>0.05$); 0.90-1.20 ($p>0.05$) y 1.10-1.40 ($p>0.05$), de manera respectiva, que concuerdan con lo reportado (2.0-4.0) para surimi de carne de rana toro (Pereira, 2017).

Por otro lado, los valores para todos los grupos en el almacenamiento fueron alrededor de 1.00-5.00mg ($p<0.05$), con un comportamiento ascendente con diferencia estadística entre grupos y, para cada grupo, donde los valores obtenidos son menores que los límites máximos (15, 25 y 35mg N/100g).

Finalmente, la acumulación de BVNT en el almacenamiento es indicativo de la continuidad de las actividades proteolíticas y la disponibilidad de fracciones en el agua no congelada a temperaturas bajo cero $>-22^{\circ}\text{C}$ donde aún ocurren reacciones enzimáticas (Rahelić *et al.*, 1985; Medić *et al.*, 2018).

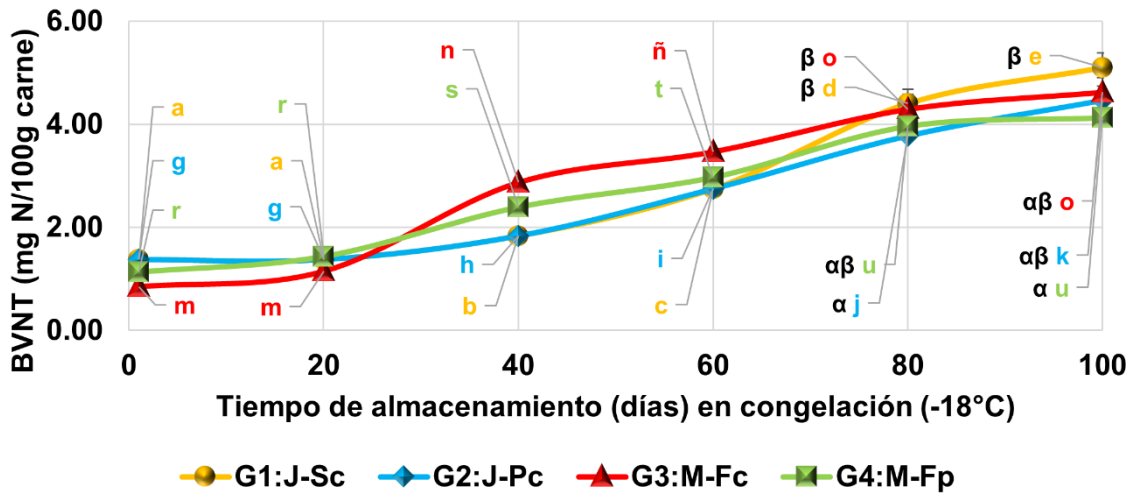


Figura 3.15. Evaluación del contenido de BVNT (mg N/100g carne) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p<0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.3.5.4. Evaluación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARs)

Los valores de TBARs (mg MDA/kg) (Figura 3.16) los primeros 20 días para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp fueron alrededor de 0.138 ($p>0.05$); 0.137 ($p>0.05$); 0.138 ($p>0.05$) y 0.101 ($p<0.05$), respectivamente, los cuales concuerdan con lo reportado (0.400 y 0.050-0.100) para carne de rana esculenta y surimi de rana toro (Pereira, 2017; Büyükdeveci *et al.*, 2019).

Los valores para todos los grupos en el almacenamiento fueron alrededor de 0.100-0.240 ($p<0.05$) con un comportamiento ascendente con diferencia estadística entre grupos y, para cada grupo. Este incremento es debido a que la congelación y posterior descongelación del tejido muscular provoca una acumulación acelerada de TBARs debido al daño de las membranas celulares por los cristales de hielo (Benjakul & Bauer, 2001). De esta manera, lo obtenido se encuentra por debajo del límite máximo por la normatividad brasileña (1.59mg MDA/kg) (Torres *et al.*, 1997).

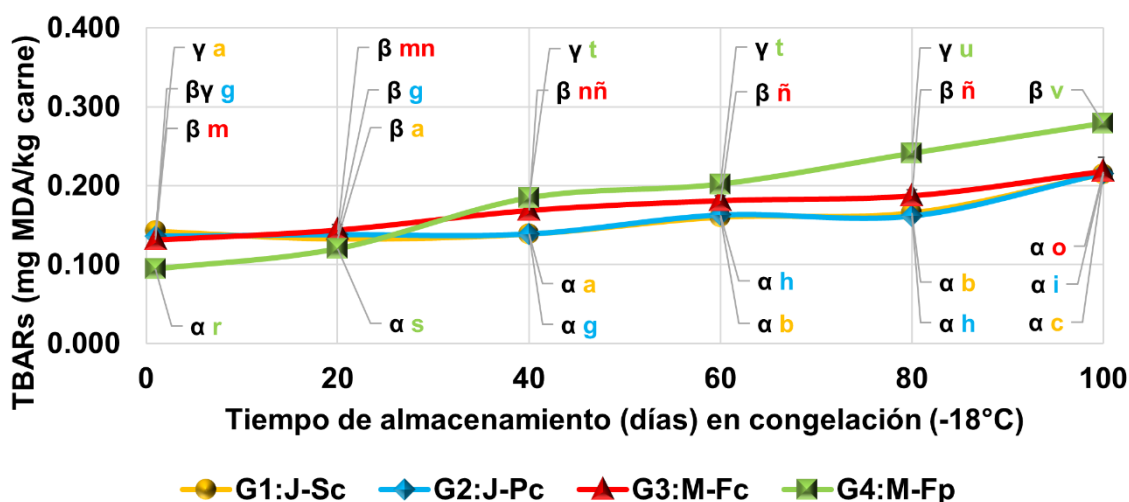


Figura 3.16. Evaluación del contenido de TBARs (mg MDA/kg carne) respecto con el tiempo de almacenamiento (días 1 a 100) en congelación (-18°C) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p<0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.3.5.5. Evaluación de la calidad de la carne almacenada en congelación (-18°C)

La carne de rana toro presenta una matriz alta en humedad (G1-G4: 77-79%) en conjunto con un alto contenido de nitrógeno proteico y no proteico (G1-G4: 18.5-20.5%), lípidos (G1-G4: 0.45-0.60%) y minerales, así que, su deterioro es rápido, por lo que, en la congelación, la carne desarrolla reacciones químicas a un ritmo mucho más lento que en la carne fresca y refrigerada, mientras que, en el caso de la oxidación de lípidos y la formación de hidroperóxidos, estas reacciones se encuentran favorecidas cuando la actividad del agua disminuye o es nula, es decir, los productos de oxidación primaria reaccionan para generar productos de oxidación secundaria como pentanal, hexanal y malonaldehído (MDA) (Campo *et al.*, 2006; Medić *et al.*, 2018).

Esta preservación de características se observó en los resultados para los grupos G1-G4 de carne de rana toro almacenada en congelación (-18°C), debido a que, en las pruebas de color, pH y acidez se mantuvieron en un mismo intervalo de valores a lo largo de los cien días, que condujeron a valores correspondientes de carne fresca, por lo que no hubo indicios de descomposición en la carne.

Por otro lado, en las pruebas de BVNT y TBA se observaron en los comportamientos ligeros aumentos conforme transcurrieron los días de almacenamiento, debido a la fuente de proteínas y lípidos en conjunto con la lenta reactividad química y actividad enzimática proteolítica y oxidativa lipídica, a pesar del aumento, no representaron indicios de descomposición y fueron muy inferiores a los límites máximos permitidos (Torres *et al.*, 1997; Rosenvold, 2014).

Los valores obtenidos concuerdan con la vida útil de los primeros tres meses de la carne de res, cerdo y pollo (USDA, 2015). Así mismo, la congelación fue efectiva para la carne de rana toro (G1-G4) a lo largo de los cien días de almacenamiento.

3.3.6 Evaluación entre tratamientos de la carne en congelación y refrigeración

Los resultados relacionados con el estudio de la evaluación de los parámetros del cambio total del color (ΔE), pH, acidez, BVNT y TBARs, para la comparación en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp se observan en las Figuras 3.17-3.26.

3.3.6.1 Evaluación del cambio total del color

Los valores del cambio total del color (ΔE) (Figura 3.17) para G1: J-Sc fueron mayores ($p>0.05$) en los 100 días respecto con los días 3 y 5 en refrigeración (4°C), mientras que, para G2: J-Pc fueron mayores ($p>0.05$) los días 40-80 respecto con el día 3 y el día 100 mayor ($p>0.05$) respecto con el día 5 (4°C).

Por otro lado, los valores para G3: M-Fc (Figura 3.18) fueron menores ($p>0.05$) los días 40-80 respecto con el día 3 y el día 100 mayor ($p>0.05$) respecto con el día 5 en refrigeración (4°C), por otro lado, para G4: M-Fp fueron mayores ($p>0.05$) los días 20-100 respecto con el día 3 y 5 (4°C).

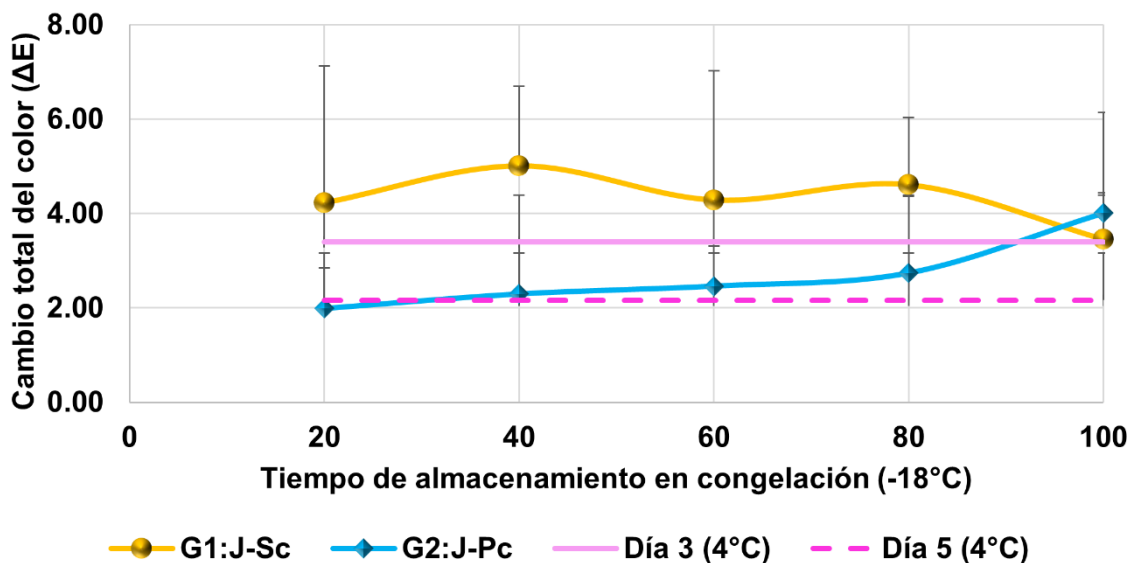


Figura 3.17. Comparación del cambio total del color (ΔE) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Jalisco) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p<0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

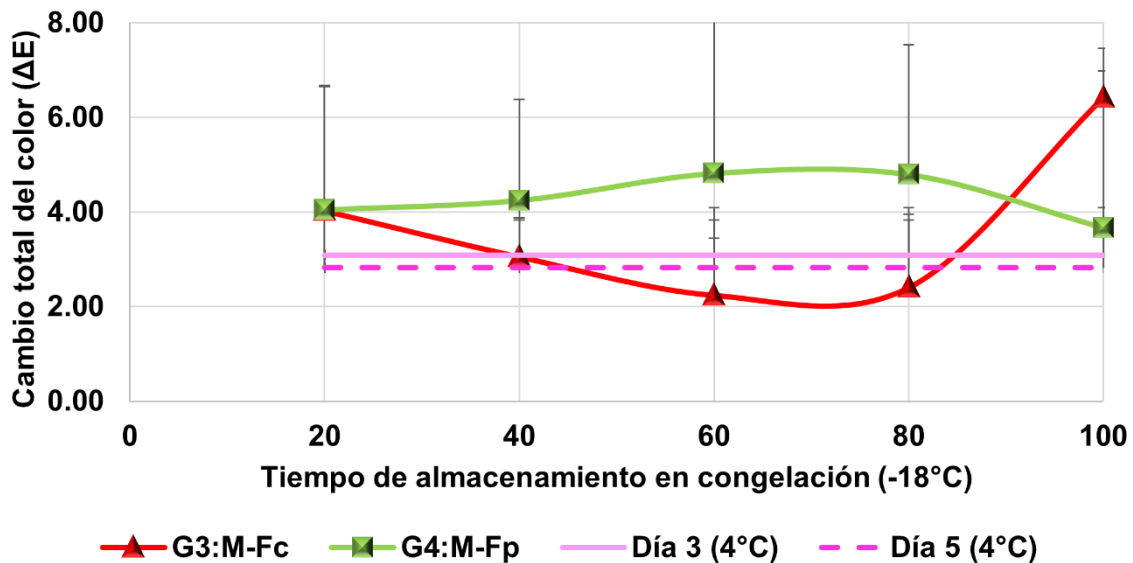


Figura 3.18. Comparación del cambio total del color (ΔE) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Morelos) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.3.6.2 Evaluación del pH y contenido de ácido láctico

Los valores de pH (Figura 3.19) para G1: J-Sc y G2: J-Pc fueron mayores ($p < 0.05$) en los 100 días respecto con los días 1, 3 y 5 en refrigeración (4°C). Mientras que, los valores de pH (Figura 3.20) para G3: M-Fc fueron menores ($p < 0.05$) que los días 1, 3 y 5 en refrigeración (4°C) y para G4: M-Fp, fueron mayores ($p < 0.05$) que el día 5 y menores ($p < 0.05$) que los días 1 y 3 en refrigeración (4°C).

Por otro lado, los porcentajes (%) de ácido láctico (Figura 3.21) para G1: J-Sc y G2: J-Pc fueron mayores ($p < 0.05$) a lo largo de los 100 días respecto con los días 1, 3 y 5 en refrigeración (4°C). A su vez, para G3: M-Fc y G4: M-Fp (Figura 3.22) fueron mayores ($p < 0.05$) que los días 1, 3 y 5 en refrigeración (4°C).

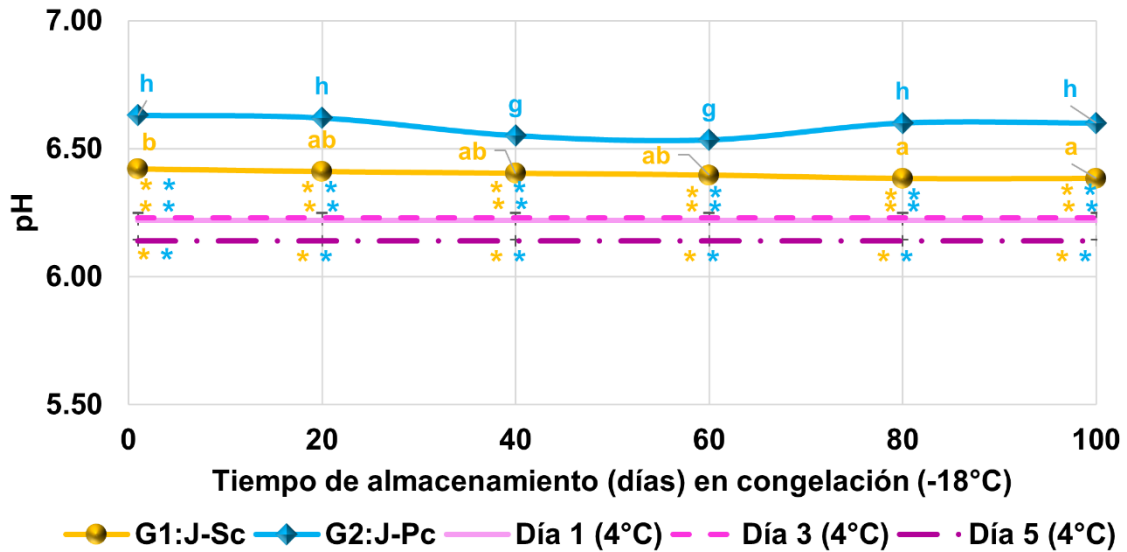


Figura 3.19. Comparación del pH en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Jalisco) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

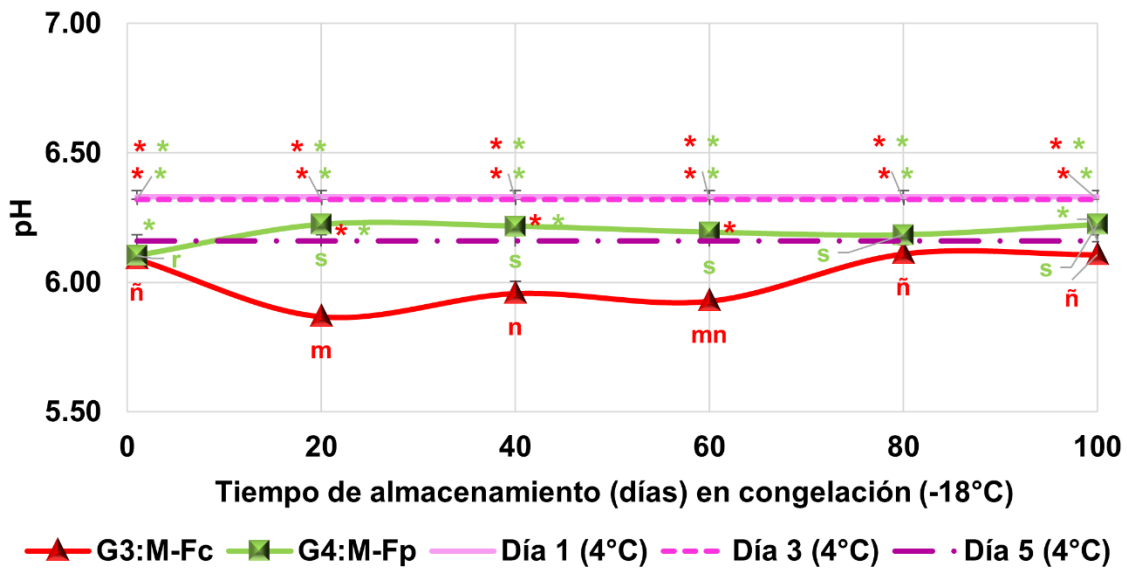


Figura 3.20. Comparación del pH en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Morelos) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

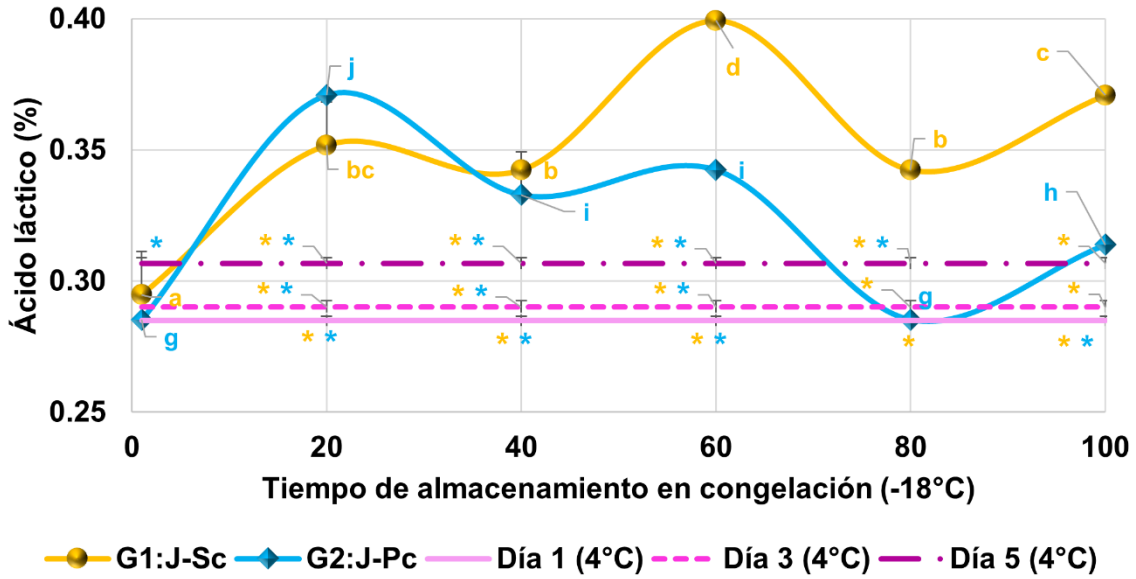


Figura 3.21. Comparación del contenido de ácido láctico (%) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Jalisco) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

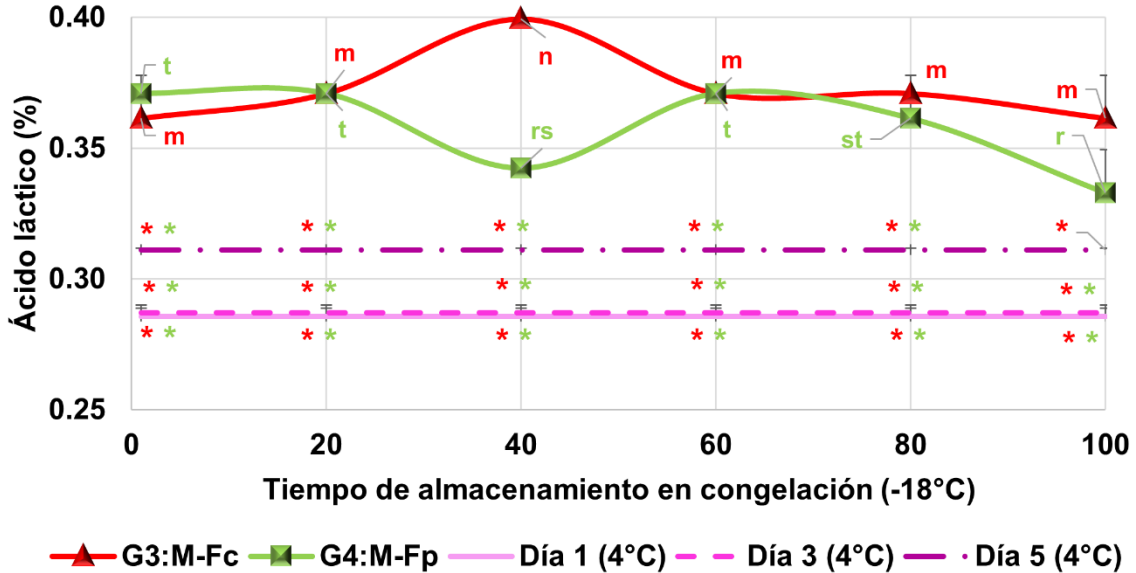


Figura 3.22. Comparación del contenido de ácido láctico (%) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Morelos) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.3.6.3 Evaluación de bases volátiles nitrogenadas totales (BVNT)

Los valores de BVNT (mg/100g) (Figura 3.23) para G1: J-Sc y G2: J-Pc fueron menores ($p<0.05$) en los 40 días respecto con los días 1 y 3 en refrigeración (4°C), el día 60 fueron menores ($p<0.05$) que el día 5 y, por último, los días 80 y 100 fueron mayores ($p<0.05$) del día 5 (4°C).

Mientras que, para G3: M-Fc y G4: M-Fp (Figura 3.24), fueron menores ($p<0.05$) en los 20 días respecto con los días 1 y 3 en refrigeración (4°C), por último, los días 40-100 fueron mayores ($p<0.05$) que el día 5 (4°C).

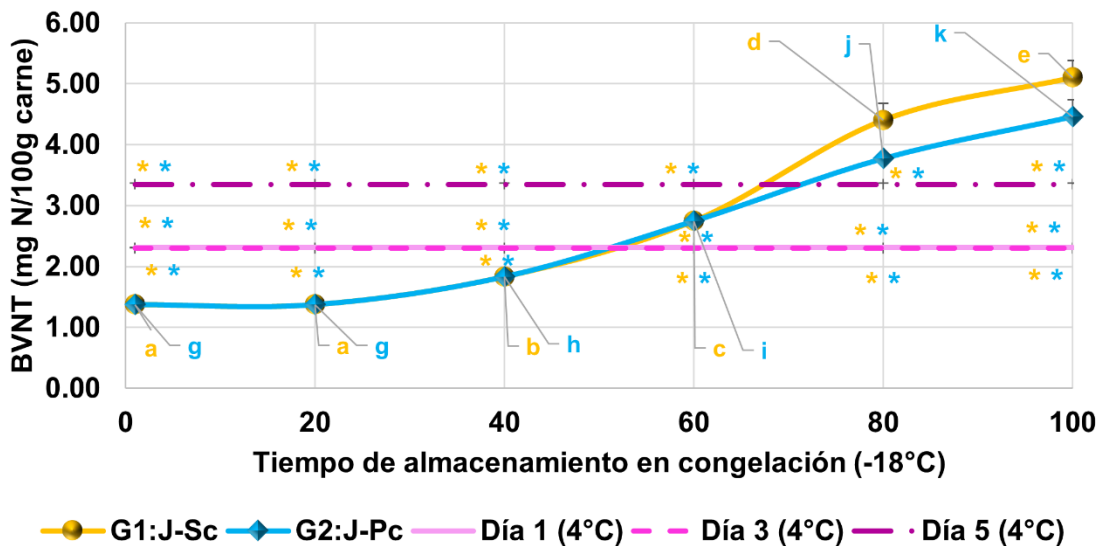


Figura 3.23. Comparación del contenido de BVNT (mg N/100g carne) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Jalisco) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p<0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

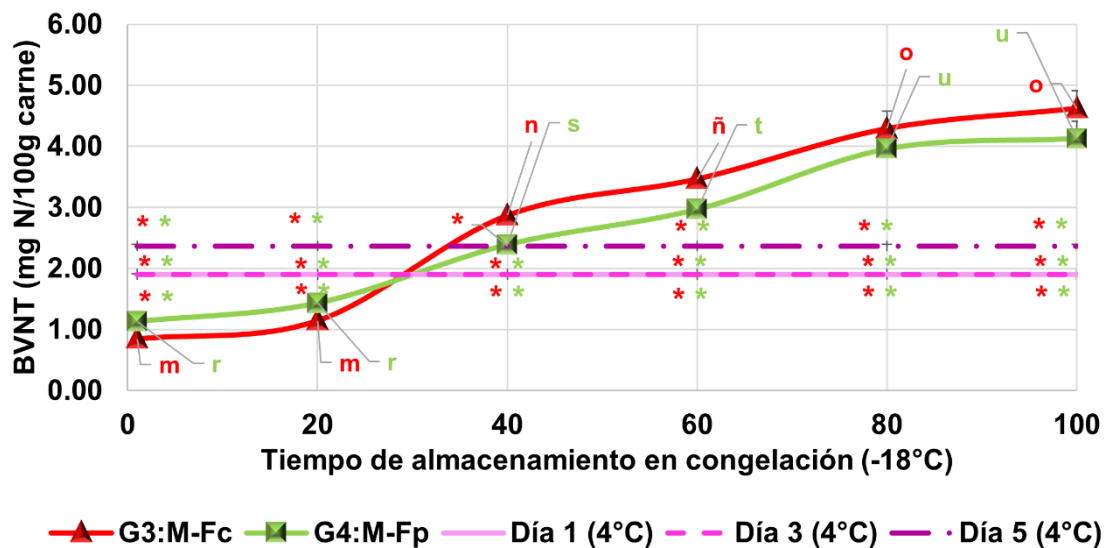


Figura 3.24. Comparación del contenido de BVNT (mg N/100g carne) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Morelos) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.3.6.4 Evaluación de sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARs)

Los valores de TBARs (mgMDA/kg) (Figura 3.25) para G1: J-Sc y G2: J-Pc fueron menores ($p < 0.05$) en los 40 días respecto con los días 1 y 3 en refrigeración (4°C), el día 60 y 80 fueron iguales ($p > 0.05$) que el día 5 (4°C) y, por último, el día 100 fueron menores ($p < 0.05$) que el día 5 (4°C).

Por otro lado, para G3: M-Fc y G4: M-Fp (Figura 3.26), fueron mayores ($p < 0.05$) a lo largo de los 100 días respecto con los días 1 y 3 en refrigeración (4°C) y menores ($p < 0.05$) que el día 5 (4°C).

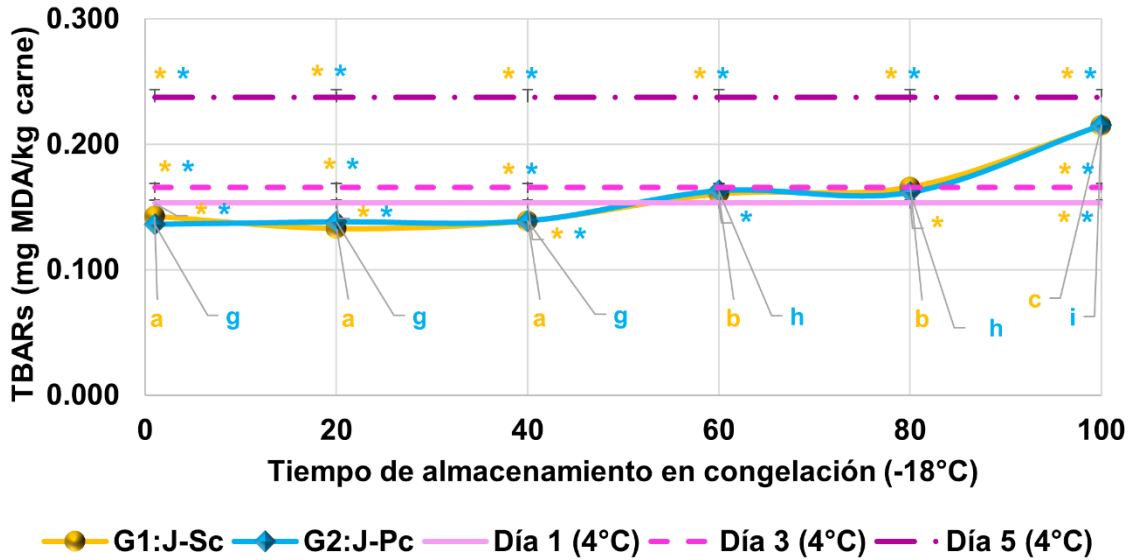


Figura 3.25. Comparación del contenido de TBARs (mg MDA/kg carne) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Jalisco) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

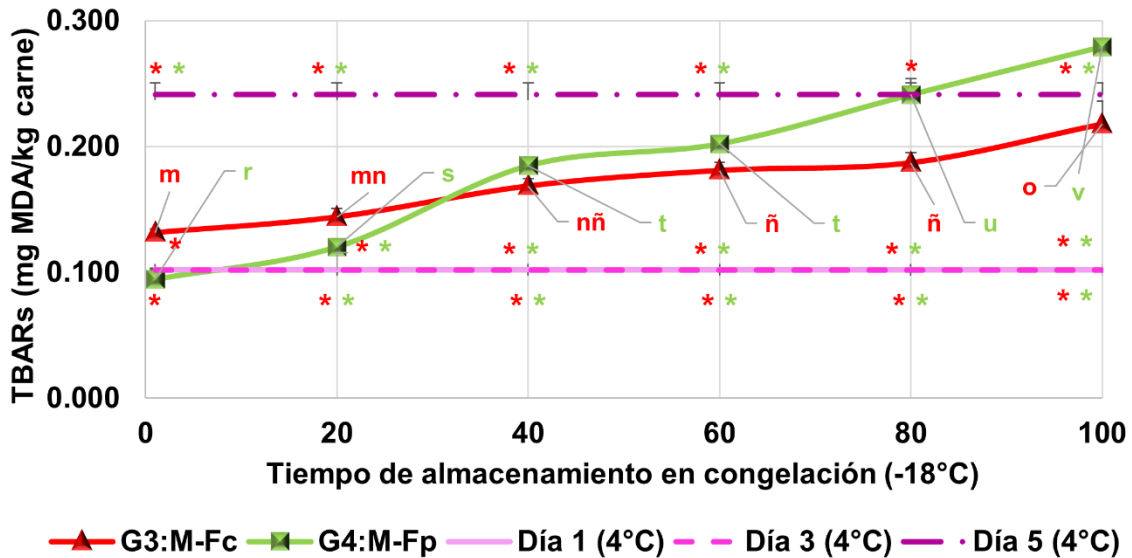


Figura 3.26. Comparación del contenido de TBARs (mg MDA/kg carne) en el almacenamiento de congelación (-18°C) respecto con el de refrigeración (4°C) (Morelos) *

*Los datos se presentan como los promedios \pm desviación estándar de triplicados. Las medias en la misma fila y columna con letras distintas son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$) de acuerdo con la prueba Tukey.

3.3.6.5. Evaluación entre tratamientos de la carne en congelación y refrigeración

La evaluación de la calidad de la carne almacenada en refrigeración (4°C) y congelación (-18°C) mostró que la preservación de las características idóneas que son equivalentes a las obtenidas en la carne fresca se presentó en los primeros cinco días en refrigeración y durante los cien días en congelación. Dado esto se compararon entre sí para conocer a partir de qué días sobrepasaron los valores de los días 1, 3 y 5, o si son inferiores en todo momento.

Los resultados de congelación para los grupos G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp, en las pruebas de color, pH y acidez no representaron indicios de descomposición en la carne, a pesar de que para algunos grupos los valores obtenidos fueron mayores o menores, que los obtenidos a los del día 5 (4°C).

En la prueba de BVNT, la conservación de la carne se logró durante todo el almacenamiento, sin presentar indicios de descomposición, sin embargo, los valores en los días 40 y 80 (-18°C) sobrepasaron a los del día 5 (4°C), lo cual se puede explicar debido a que la reactividad, aunque se desarrolla lentamente, continúa, por lo que se espera que sobrepase dichos valores de refrigeración sin afectar en el desarrollo de aromas desagradables.

Por otro lado, en la prueba de TBARs, la reducción de la oxidación de lípidos fue más efectiva en la congelación, debido a que los valores en los 100 días (-18°C) fueron inferiores a los obtenidos por el día 5 (4°C) (salvo por el día 100 para el grupo G4: M-Fp), a pesar de que, es una reacción que se encuentra favorecida con una actividad de agua baja o nula, además que, debido a los valores menores de TBARs en comparación con los de refrigeración, pudo haber presentado reacciones de interferencia de unos aldehídos con otros compuestos presentes, generando productos que no reaccionan con el ácido tiobarbitúrico (Campo *et al.*, 2006; Medić *et al.*, 2018). Por lo que no presentaron indicios de descomposición en la carne ni desarrollo de aromas de enranciamiento.

De esta manera, el periodo de conservación efectivo de cien días en congelación en la carne de rana toro, presentó valores que se mantuvieron casi constantes y en algunas de las pruebas por debajo de los valores del día 5 en refrigeración, esto es, que solo no se desarrollaron colores y aromas desagradables, si no, incluso, los valores obtenidos fueron equivalentes a los de la carne fresca o almacenada en refrigeración los primeros cinco días.

CONCLUSIONES

Conclusiones generales

De acuerdo con la evidencia hallada a lo largo de este estudio, en los grupos evaluados del alimento de la dieta de la rana toro, se encontraron diferencias en algunas pruebas. No obstante, los resultados se encontraron en los intervalos reportados en los etiquetados nutrimentales de las marcas comerciales, así que, los grupos evaluados se pueden considerar semejantes y adecuados para su uso.

En los grupos evaluados de la canal y carne de rana toro destinada a consumo y pie de cría se encontraron diferencias en algunas pruebas. Éstas se debieron al impacto del alimento de la dieta y las condiciones previas a la matanza del animal. A pesar de estas diferencias, los resultados se encontraron en los intervalos reportados en la literatura, por lo que, los grupos evaluados se pueden denominar semejantes.

Conclusiones particulares

Calidad del alimento de la dieta para la rana toro

Los alimentos en las etapas de iniciación, desarrollo y finalización (G1: 1.5-W, G2: 2.5-EP, G3: 3.5-W, G4: 3.5-P y G5: 5.5-W), en la composición química se caracterizaron por un mayor contenido de proteína, seguido por menores contenidos de lípidos, cenizas y humedad. Además, entre dietas presentaron diferentes niveles de proteína según los requerimientos óptimos de la rana toro. Se observó que, la relación proteica-lipídica fue mayor para iniciación y menor para desarrollo y finalización. Por otro lado, los alimentos de estas marcas comerciales cumplieron con el etiquetado nutricional, salvo alguna excepción.

Los alimentos de las marcas comerciales Winfish-Zeigler y Purina (G3: 3.5-W, G4: 3.5-P y G5: 5.5-W), en la composición química mantuvieron de manera general la misma relación de proteína-lípidos, y cumplieron con el etiquetado nutricional y requerimientos para un crecimiento óptimo, por lo que, ambas marcas comerciales fueron adecuadas para su uso en la dieta en las etapas de desarrollo y finalización.

Calidad de la canal de rana toro

El aprovechamiento de las canales (G1: J-Sc y G2: J-Pc) entre los grupos evaluados fueron poco más de la mitad del peso en vivo del animal sin diferencia alguna y los rendimientos fueron independientes del peso vivo. A su vez, la mitad restante obtenida, se encontró conformada por cabeza, patas y, en su mayoría por piel y vísceras, por lo que éstas se suman al aprovechamiento.

La canal se encontró conformada por las ancas y el tórax (G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp), donde la primera obtuvo mayores rendimientos respecto con la canal y el animal vivo debido al mayor desarrollo muscular. El aprovechamiento de la carne proveniente de ésta fue el doble en relación con la del tórax. De esta manera, las ancas son el corte de la canal donde radica el mayor valor comercial.

Calidad de la carne de rana toro

La carne fresca en la recepción (48h *post-mortem*) (G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp), presentó valores altos de luminosidad (L^*), bajos de enrojecimiento (a^*) y de amarillez (b^*), debido a que es una carne blanca y, por ende, con poca concentración de mioglobina. Por otro lado, el ayuno, como una condición previa a la matanza del animal, impactó en los comportamientos de pH y acidez en los grupos de Jalisco, debido a que, las reservas de glucógeno permanecieron en pequeñas cantidades, provocando *post-mortem* una mínima producción de ácido láctico. A su vez, los grupos de Morelos presentaron una adecuada acidificación durante la maduración. Además, los cuatro grupos presentaron un comportamiento de pH parecido al de los animales acuáticos.

La carne de los grupos de Jalisco presentó en la composición química mayor contenido de proteína y lípidos a los grupos de Morelos. Además, el grupo G4: M-Fp se mantuvo en el intervalo de valores contra los demás grupos de consumo, así que la composición química de la carne es independiente del peso de la rana toro.

En las pruebas de capacidad de retención de agua y emulsión de la carne, los valores de los grupos de Jalisco fueron más altos que los grupos de Morelos debido a que los valores de pH fueron mayores por la deficiente acidificación *post-mortem*,

provocando un proceso de desnaturalización de las proteínas menor. Además, la carne de todos los grupos es apropiada para elaborar productos cárnicos ya que sus valores de pH *post-mortem* se encontraron a partir de 6.0.

De acuerdo con los resultados anteriormente mencionados en las evaluaciones de la canal y de la carne, las ranas toro de pie de cría se pueden destinar como doble propósito, es decir, tanto para la reproducción como para el consumo humano.

La carne almacenada en refrigeración (4°C) (G2: J-Pc y G3: M-Fc), presentó una descomposición tardía debido a que, en las pruebas de color, pH y acidez se mantuvieron casi constantes los valores en la primera semana. Esto pudo deberse a que, en la primera semana, la carne siguió en maduración, y de esta manera, en la cuarta semana se observó su posterior aumento de pH tardío por inicio de descomposición. En las pruebas de BVNT y TBA se observaron que los cambios drásticos radicaron de la primera a la segunda semana, seguido de un rápido aumento, lo cual explicó el inicio y desarrollo de la descomposición. Por lo que, la refrigeración fue efectiva la primera semana, es decir, de tres a cinco días.

La carne almacenada en congelación (-18°C) (G1: J-Sc, G2: J-Pc, G3: M-Fc y G4: M-Fp), se caracterizó por la preservación de características debido a que, en las pruebas de color, pH y acidez se mantuvieron en un mismo intervalo de valores durante el almacenamiento, por lo que no hubo indicios de descomposición. En las pruebas de BVNT y TBA se observaron aumentos lentos debido a la fuente de proteínas y lípidos en conjunto con la lenta reactividad química y actividad enzimática proteolítica y oxidativa lipídica, pero que no implicaron indicios de descomposición. Así que, la congelación fue efectiva durante los cien días de almacenamiento.

En el análisis comparativo de la carne almacenada en refrigeración y congelación, la conservación efectiva de los cien días en congelación presentó valores que se mantuvieron casi constantes y en algunas de las pruebas inferiores a los valores del día 5 en refrigeración, es decir, que los valores obtenidos fueron equivalentes a los de la carne fresca o almacenada en refrigeración los primeros cinco días.

BIBLIOGRAFÍA

- Aaslyng, M. (2002). 8 - Quality indicators for raw meat. En J. Kerry, J. Kerry, & D. Ledward, *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Meat Processing*. (págs. 157-174). Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1533/9781855736665.2.157>.
- Aaslyng, M. (2009). 1 - Trends in meat consumption and the need for fresh meat and meat products of improved quality. En J. Kerry, & D. Ledward, *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Improving the Sensory and Nutritional Quality of Fresh Meat*. (págs. 3-18). Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1533/9781845695439.1.3>.
- Abdullah, B., & Al-Najdawi, R. (2005). Functional and sensory properties of chicken meat from spent-hen carcasses deboned manually or mechanically in Jordan. *International Journal of Food Science and Technology*, 40(5), 537-543.
- Alarcón-Rojo, A., & Janacua-Vidales, H. (2010). Physicochemical changes during freezing and thawing of poultry meat. En I. Guerrero-Legarreta, *Handbook of Poultry Science and Technology, Volume 1* (págs. 243-261). John Wiley & Sons, Inc. doi:<https://doi.org/pbidi.unam.mx:2443/10.1002/9780470504451.ch13>
- Al-Bachir, M., & Mehio, A. (2001). Irradiated luncheon meat: microbiological, chemical and sensory characteristics during storage. *Food Chemistry*, 75(2), 169-175. doi:[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00192-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00192-3)
- Al-Bachir, M., & Zeinou, R. (2009). Effect of gamma irradiation on microbial load and quality characteristics of minced camel meat. *Meat Science*, 82(1), 119-124. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.12.012>
- Al-Bachir, M., Farah, S., & Othman, Y. (2010). Influence of gamma irradiation and storage on the microbial load, chemical and sensory quality of chicken kabab. *Radiation Physics and Chemistry*, 79(8), 900-905. doi:<https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2010.02.010>

- Albertí, P., Ripoll, G., & Panea, B. (2016). Clasificación objetiva del color de la carne de las denominaciones de venta de vacuno. *eurocarne*, 131-142.
- Andújar, G., Pérez, D., & Venegas, O. (2003). *Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos*. Cuba: Editorial Universitaria.
- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (15th ed.). USA.
- Assis, M., Rodrigues, M., Verardino, M., Prado, N., Godoy, L., Oliveira, A., . . . Vieira, A. (2009). Efeito do alecrim na defumação da carne de rã (*Rana catesbeiana*): características sensoriais, composição e rendimento. *Food Science and Technology*, 29(3), 553-556. doi:<https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000300016>
- Ayres, A., Zanerato, D., Bilha, E., & Rorato, G. (2015). Carcass yield and proximate composition of bullfrog (*Lithobates catesbeianus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 37(4), 329-333. doi:<https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i4.28196>
- Becker, T. (2002). 2 - Defining meat quality. En J. Kerry, J. Kerry, & D. Ledward, *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Meat Processing. Improving quality*. (págs. 3-24). Woodhead Publishing.
- Bekhit, A., Holman, B., Giteru, S., & Hopkins, D. (2021). Total volatile basic nitrogen (TVB-N) and its role in meat spoilage: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 280-302. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.006>.
- Belenes. (2021). *Acuicultura: Tilapia, Trucha, Bagre y Especies Marinas*. Recuperado el 1 de Junio de 2021, de <http://www.losbelenes.com.mx/acuicultura.php>
- Benjakul, S., & Bauer, F. (2001). Biochemical and physicochemical changes in catfish (*Silurus glanis* Linne) muscle as influenced by different freeze-thaw cycles. *Food Chemistry*, 72(2), 207-217. doi:[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00222-3](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00222-3)

- Berhouet, D., Carnevia, D., & Mazzoni, R. (2000). Cría comercial de ranas en Uruguay. En INIA, *Producciones alternativas: ranas, martineta y carpincho* (págs. 5-26). Montevideo: Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA.
- Berk, Z. (2018). Chapter 19 - Refrigeration: Chilling and Freezing. En Z. Berk, *In Food Science and Technology, Food Process Engineering and Technology*. (3rd ed., págs. 439-461). Academic Press. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812018-7.00019-1>.
- Bligh, E., & Dyer, W. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian journal of biochemistry and physiology*, 37(8), 911-917.
- Braga, L., Lima, S., Donzele, J., & Castro, J. (1998). Valor nutritivo de alguns alimentos para rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802) na fase de recria. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 23(2), 203-209.
- Braña, D., Ramírez, E., Rubio, M., Sánchez, A., Torrescano, G., Arenas, M., . . . Ríos, F. (2011). *Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne*. México: SAGARPA.
- Brewer, M. (2014). CHEMICAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF MEAT | Water-Holding Capacity. En M. Dikeman, & C. Devine, *Encyclopedia of Meat Sciences* (2nd ed., págs. 274-282). Academic Press. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00247-6>.
- Brittanica. (2021). *Bullfrog. Ranidae. Brittanica*. Recuperado el 08 de Agosto de 2021, de <https://www.britannica.com/animal/Ranidae>
- Büyükdeveci, M., Boga, E., & Ozyurt, G. (2019). Gamma-irradiation induced effects on biogenic amine formation and quality of frog legs (*Rana esculenta*) during storage. *LWT*, 99, 379-386. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.001>
- Campo, M., Nute, G., Hughes, S., Enser, M., Wood, J., & Richardson, R. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303-311.

- Carmona-Osalde, C., Olvera-Novoa, M., Rodríguez-Serna, M., & Flores-Nava, A. (1996). Estimation of the protein requirement for bullfrog (*Rana catesbeiana*) tadpoles, and its effect on metamorphosis ratio. *Aquaculture*, 141(3-4), 223-231. doi:[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01232-X](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01232-X)
- Casali, A., Moura, O., & Lopes, S. (2005). Rações comerciais e o rendimento de carcaça e subprodutos de rã-touro. *Ciência Rural*, 35(5), 1172-1178. doi:<https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000500029>
- Cesnik, A., Zanerato, D., Bilha, E., Rorato, G., Losch, J., & Bittencourt, F. (2015). Carcass yield and proximate composition of bullfrog (*Lithobates catesbeianus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 37(4), 329-333.
- CONAPESCA. (2017). *Ranicultura produce 228 toneladas anuales con valor superior a 10 mdp*. Recuperado el 1 de Junio de 2021, de <https://www.gob.mx/conapesca/articulos/ranicultura-produce-228-toneladas-anuales-con-valor-superior-a-10-mdp>
- Consigli, R. (2001). *¿Qué es la calidad de la carne?* Córdoba: Universidad Católica de Córdoba.
- CXC-30-1983. (s.f.). *Código de Prácticas de Higiene para la Elaboración de Ancas de Rana*. CAC/RCP 30-1983.
- Da Silva, A. (1988). *Avaliação composicional de diferentes espécies de rãs e efeitos do armazenamento a -18°C sobre frações proteicas e lipídicas do músculo de ra touro (Rana catesbeiana)*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas.
- Dassatti, G. (2002). *Pérdida de humedad durante el proceso de enfriado o congelado de productos*.
- De Moura, O. (2000). *Efeito de métodos de insensibilização e sangria sobre características de qualidade da carne de ra-touro e perfil das indústrias de abate*. Minas Gerais: Universidade Federal de Vicosa.

- De Oliveira, F., Mesquita, E., Miranda, Z., Rodrigues, E., de Jesus, E., & Teixeira, D. (2010). Evaluation of total volatile bases and pH of irradiated and cooled giant bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) meat. *Revista Higiene Alimentar*, 24(190-191), 149-155.
- de Oliveira, F., Mesquita, E., Miranda, Z., Rodrigues, E., de Jesus, E., & Teixeira, D. (2010). Evaluation of total volatile bases and pH of irradiated and cooled giant bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) meat. *Revista Higiene Alimentar*, 24(190/191), 149-155.
- Decker, E. (1998). TBA as an Index of Oxidative Rancidity in Muscle Foods. *Reciprocal Meat Conference Proceedings* (pág. 66). USA: American Meat Science Association.
- Diesener, G., & Reichholf, J. (1997). *Reptiles y anfibios*. Barcelona: BLUME.
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F., Zhang, W., & Lorenzo, J. (2019). A Comprehensive Review on Lipid Oxidation in Meat and Meat Products. *Antioxidants*, 8(10), 429. doi:10.3390/antiox8100429
- Eskin, N. (1990). *Biochemical changes in raw foods: meat and fish*. (N. Eskin, Ed.) San Diego: Academic Press.
- FAO. (2005). *Programa de información de especies acuáticas. Rana catesbeiana. Texto de Flores Nava, A.* Recuperado el 1 de Junio de 2021, de http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Rana_catesbeiana/es
- FAO. (2020). *Estadísticas de Producción. Programa de información de especies acuáticas. Rana catesbeiana. Programa de información de especies acuáticas. Texto de Flores Nava, A. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea].* Recuperado el 1 de Junio de 2021, de http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Rana_catesbeiana/es
- Faustman, C., & Suman, S. (2017). Chapter 11 - The Eating Quality of Meat: I—Color. En F. Toldra, *In Woodhead Publishing Series in Food Science*,

- Technology and Nutrition*, (8th ed., págs. 329-356). Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00011-X>.
- Galgano, F., Favati, F., Bonadio, M., Lorusso, V., & Romano, P. (2009). Role of biogenic amines as index of freshness in beef meat packed with different biopolymeric materials. *Food Research International*, 42(8), 1147-1152. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.05.012>.
- Gratwicke, B., Evans, M., Jenkins, P., Kusriani, M., Moore, R., Sevin, J., & Wildt, D. (2009). Is the international frog legs trade a potential vector for deadly amphibian pathogens? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 8(8), 438-442.
- Greenwood, P., & Dunshea, F. (2009). 2 - Biology and regulation of carcass composition. En J. Kerry, & D. Ledward, *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Improving the Sensory and Nutritional Quality of Fresh Meat*. (págs. 19-60). Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1533/9781845695439.1.19>.
- Hernández-Briz, F. (1996). *La rana: cría y explotación*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Hsu, K.-C., Liu, D.-C., Ockerman, H., & Tan, F.-J. (2011). Potential uses of mechanically deboned bullfrog (*Rana catesbeiana*) meat to partially replace lean pork to produce emulsified meatballs. *Journal of Food Quality*, 34, 245-251.
- Huang, K., Zhang, C., Wang, L., Song, K., Song, K., & Huang, F. (2014). Effects of dietary protein and lipid levels on growth of bullfrog (*Rana catesbeiana*). *Journal of Fisheries of China*, 38(6), 877-887.
- Huff-Lonergan, E. (2009). 6 - Fresh meat water-holding capacity. En J. Kerry, & D. Ledward, *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Improving the Sensory and Nutritional Quality of Fresh Meat*. (págs.

- 147-160). Woodhead Publishing.
doi:<https://doi.org/10.1533/9781845695439.1.147>.
- Huff-Lonergan, E., & Lonergan, S. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71(1), 194-204. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.022>.
- Huss, H. (1998). *El pescado fresco: su calidad y cambios de su calidad*. Roma: FAO.
- INAPESCA. (2012). *Carta Nacional Acuícola 2012*. (SAGARPA, Ed.) Recuperado el 1 de Junio de 2021, de <https://www.gob.mx/inapesca/documentos/carta-nacional-acuicola-2012>
- INAPESCA. (2018). *Acuicultura Rana toro*. Recuperado el 1 de Junio de 2021, de <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-rana-toro>
- INATEC. (2016). *Manual del protagonista. Nutrición animal*. Nicaragua: INATEC.
- Islas, A. (2017). *México Patente nº MX 351747 B*.
- ISO 9000. (2021). *Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario. ISO 9000*. Recuperado el 1 de Junio de 2021, de <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-4:v1:es>
- Jairath, G., Singh, P., & Dabur, R. (2015). Biogenic amines in meat and meat products and its public health significance: a review. *J Food Sci Technol*, 52, 6835–6846. doi:<https://doi-org.pbidi.unam.mx:2443/10.1007/s13197-015-1860-x>
- James, C. S. (1999). *Analytical Chemistry of Foods*. New York: New York: ASPEN Publishers.
- James, S., & James, C. (2009). 23 - Chilling and freezing of meat and its effect on meat quality. En J. Kerry, & D. Ledward, *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Improving the Sensory and Nutritional*.

- Quality of Fresh Meat*. (págs. 539-560). Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1533/9781845695439.4.539>.
- Kose , S. (2017). Biogenic Amines. En A. Witczak, & Z. Sikorski, *Toxins and other harmful compounds in foods* (págs. 85-152). CRC Press.
- Lang, K. (1983). Der flüchtige basenstickstoff (TVB-N) bei im binnenland in den verkehr gebrachten frischen seeficchen. 11. Mitteilung. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 34, 7-10.
- Lin, J., Zhang, C., Lu, K., Song, K., & Wang, L. (2021). Effect of guanidinoacetic acid and betaine supplementation in soybean meal-based diets on growth performance, muscle energy metabolism and methionine utilization in the bullfrog *Lithobates catesbeianus*,. *Aquaculture*, 533. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736167>
- Lovatt, S. (2014). Refrigeration and freezing technology | Principles. En C. Devine, & M. Dikeman, *Encyclopedia of meat sciences* (2nd ed.).
- Mancini, R. (2009). 4 - Meat color. En J. Kerry, & D. Ledward, *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Improving the Sensory and Nutritional. Quality of Fresh Meat*. (págs. 89-110). Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1533/9781845695439.1.89>.
- Mandigo, R., & Sullivan, G. (2014). CHEMISTRY AND PHYSICS OF COMMINUTED PRODUCTS | Emulsions and Batters. En M. Dikeman, & C. Devine, *Encyclopedia of Meat Sciences* (2nd ed., págs. 283-288). Academic Press. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00138-0>.
- Manik, N., & Kumar, A. (2020). Chapter 2 - Methods for nutritional quality analysis of meat. En A. Kumar, & P. Kumar, *Meat Quality Analysis* (págs. 21-36). Academic Press. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819233-7.00002-1>.

- Marnett, L. (1999). Lipid peroxidation—DNA damage by malondialdehyde. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 424(1-2), 83-95. doi:doi: 10.1016/s0027-5107(99)00010-x. PMID: 10064852.
- Matarneh, K., England, E., Scheffler, T., & Gerrard, D. (2017). Chapter 5 - The Conversion of Muscle to Meat. En F. Toldra, *In Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Lawrie's Meat Science* (págs. 159-185). Woodhead Publishing. doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00005-4.
- Medić, H., Pleadin, J., Kozačinski, L., Njari, B., Hengl, B., & Kušec, G. (2018). The impact of frozen storage duration on physical, chemical and microbiological properties of pork. *Meat Science*, 140, 119-127. doi:https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.03.006
- Moron, C., Zacarias, I., & Pablo, S. (1997). *Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición*. FAO, Dirección de Alimentación y Nutrición.
- NMX-F-362-S-SCFI-2011. (s.f.). Productos de la pesca-determinación de bases volátiles totales método de prueba.
- Nóbrega, I., Ataíde, C., Moura, O., Livera, A., & Menezes, P. (2007). Volatile constituents of cooked bullfrog (*Rana catesbeiana*) legs. *Food Chemistry*, 102(1), 186-191.
- NOM-030-ZOO-1995. (s.f.). *Especificaciones y procedimientos para la verificación de carne, canales, vísceras y despojos de importación en puntos de verificación zoonosanitaria*. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.
- Olvera-Novoa, M., Ontiveros-Escutia, V., & Flores-Nava, A. (2007). Optimum protein level for growth in juvenile bullfrog (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). *Aquaculture*, 266(1-4), 191-199.

- Pereira, S. (2012). *Avaliação de características físico-químicas da carne de ra-touro (Lithobates catesbeianus) liofilizada de pigmentação normal e albina*. Bananeiras: Universidade federal da Paraíba.
- Pereira, S. (2017). *Aproveitamento do dorso mecanicamente separado da ra-touro (Lithobates catesbeiana) na elaboração de surimi*. Joao Pessoa: Universidade Federal da Paraíba .
- Pérez, M., & Ponce, E. (2013). *Manual de buenas prácticas de laboratorio*. México: UAM.
- Pérez-Palacios, T., & Estévez, M. (2020). Chapter 13 - Analysis of lipids and lipid oxidation products. En A. Kumar, & P. Kumar, *Meat Quality Analysis* (págs. 217-239). Academic Press. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819233-7.00013-6>.
- Ponce, E., Braña, D., López, L., & Delgado, E. (2013). *Evaluación de la frescura de la carne*. México: SAGARPA.
- Purchas, R. (2012). 18 - Carcass Evaluation. En Y. Hui, *Handbook of Meat and Meat Processing* (págs. 333-356). CRC Press.
- Rahelić, S., Puač, S., & Gawwad, A. (1985). Structure of beef Longissimus dorsi muscle frozen at various temperatures: Part 1—histological changes in muscle frozen at -10, -22, -33, -78, -115 and -196°C. *Meat Science*, 14, 63-72. doi:[https://doi.org/10.1016/0309-1740\(85\)90082-8](https://doi.org/10.1016/0309-1740(85)90082-8)
- Ramos, E., Gomide, L., Fontes, P., Ramos, A., & Peternelli, L. (2005). Meat color evaluation and pigment levels in bullfrog (*Rana catesbeiana*) slaughtered by different methods. *Aquaculture*, 245(1-4), 175-182. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.12.018>
- Rodríguez, H. (2018). *Evaluación del efecto conservador de la solución electrolizada de superoxidación (SES) con pH neutro en pechuga de pollo almacenada en refrigeración*. Ciudad de México: UNAM.

- Rosenvold, K. (2014). REFRIGERATION AND FREEZING TECHNOLOGY | Freezing and Product Quality. En M. Dikeman, & C. Devine, *Encyclopedia of Meat Sciences* (2nd ed., págs. 191-195). Academic Press. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00126-4>.
- Rosmini, M., Perlo, F., Pérez-Alvarez, J., Pagán-Moreno, M., Gago-Gago, A., López-Santoveña, F., & Aranda-Catalá, V. (1996). TBA test by an extractive method applied to 'paté'. *Meat science*, 42(1), 103-110.
- Rubin, R. (1979). *La rana y su explotación*. Ciudad de México: Compañía Editorial Continental.
- Rubio, M., Braña, D., & Méndez, R. (2012). *Carne de res mexicana*. México: SAGARPA.
- SAGARPA. (2016). *Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Rana Toro*. México: SAGARPA-SENASICA.
- Schmidt, H. (1984). *Carne y productos cárnicos: su tecnología y análisis*. Santiago de Chile: Universitaria.
- SEDER. (2005). *Manual para el cultivo de Rana toro (Rana catesbeiana)*. Nayarit: SEDER.
- SEMARNAT. (2017). *Lista de las Especies Exóticas Invasoras para México. Lithobates catesbeianus*. Recuperado el 1 de Junio de 2021, de <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/lista-de-anfibios>
- Singular. (2021). *Ancas de Rana en Singular. Cortes - Ancas de Rana Premium*. Recuperado el 1 de Junio de 2021, de <https://ancasderana.com/inspiracion/cortes/>
- SNIIM. (2020). *Anuarios Estadísticos de Mercados Nacionales: Ancas de rana. Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados*. Recuperado el

- 5 de Abril de 2020, de http://www.economia-sniim.gob.mx/SNIIM-pesca/estadisticas/e_pez.asp?
- Stadnik, J., & Dolatowski, Z. (2010). Biogenic amines in meat and fermented meat products. *ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 251-263.
- Taheri-Garavand, A., Fatahi, S., Omid, M., & Makino, Y. (2019). Meat quality evaluation based on computer vision technique: A review. *Meat Science*, 183-195. doi:<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.06.002>.
- Toronto Zoo. (2021). *Rana mugidora*. *Guía de especies*. Toronto Zoo. Recuperado el 08 de Agosto de 2021, de <https://www.torontozoo.com/adoptapond/speciesguides/bullfrog>
- Torres, E., & Okani, E. (1997). *TBA Test. Rancidity in food*. Revista Nacional da Carne.
- Torrescano, G., Sánchez, A., Vázquez, M., Paz, R., & Pardo, D. (2010). Caracterización de canales y de carne de bovino de animales engordados en la zona centro de Sonora. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1(2), 157-168. doi:http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242010000200007&lng=es&tlng=es
- USDA. (2015). *Refrigeration and food safety*. Recuperado el 1 de Junio de 2021, de <https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/informational/en-espanol/hojasinformativas/manejo-adeecuado-de-alimentos/la-refrigeracion>
- Verardino, M. (1995). Niveles de proteína adecuada ao crecimiento de ra-touro (Rana catesbeiana Shaw, 1802). *First Internacional Meeting on Frog Research and Technology* (págs. 65-66). Vicosa, Brazil: Proc.
- Walton, M. J. (1987). Metabolismo de proteínas y aminoácidos en peces. En U. Labarta, & J. Espinosa de los Monteros, *Nutrición en Acuicultura* (págs. 225-272, 99-149). España: CAICYT.

- Warner, R. (2017). Chapter 14 - The Eating Quality of Meat—IV Water-Holding Capacity and Juiciness. En F. Toldra, *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Lawrie's Meat Science*. (8th ed., págs. 419-459). Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00014-5>.
- Wood, J. (2017). Chapter 20 - Meat Composition and Nutritional Value. En F. Toldra, *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Lawrie's Meat Science* (págs. 635-659). Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00020-0>.
- Xiong, Y. (2014). CHEMICAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF MEAT | Protein Functionality. En M. Dikeman, & C. Devine, *Encyclopedia of Meat Sciences* (2nd ed., págs. 267-273). Academic Press. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00088-X>.
- Xiong, Y. (2018). 5 - Muscle proteins. En R. Yada, *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Proteins in Food Processing*. (2nd ed., págs. 127-148). Woodhead Publishing. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100722-8.00006-1>.
- Zhang, C., Huang, K., Lu, K., Wang, L., Song, K., Zhang, L., & Li, P. (2016). Effects of different lipid sources on growth performance, body composition and lipid metabolism of bullfrog *Lithobates catesbeiana*. *Aquaculture*, 457, 104-108. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.023>.