



AGROCIENCIA

Cultivando el conocimiento para un mejor futuro



Año V
No. 20



AUTORIDADES ACADÉMICAS

Universidad de El Salvador

M.Sc. Roger Armando Arias Alvarado
Rector

Dr. Raúl Ernesto Azcúnaga López
Vicerrector Académico

Ing. Agr. M.Sc. Juan Rosa Quintanilla Quintanilla
Vicerrector Administrativo

Ing. Francisco Antonio Alarcón Sandoval
Secretario General

MVz. María José Vargas Artiga
Presidenta Asamblea General Universitaria

Ing. Agr. M.Sc. José Miguel Sermeño Chicas
Secretario de Investigaciones Científicas
Director Ejecutivo, Consejo de Investigaciones Científicas

Facultad de Ciencias Agronómicas

Dr. Francisco Lara Ascencio
Decano

Ing. Agr. Ludwing Vladimir Leyton Barrientos
Vicedecano

Ing. Agr. Balmore Martínez Sierra
Secretario

Ing. Agr. Enrique Alonso Alas García
Jefe de la Unidad de Investigación

EQUIPO DE REVISTA AGROCIENCIA

Editor en jefe

José Miguel Sermeño Chicas
Secretario de Investigaciones Científicas
Director Ejecutivo, Consejo de Investigaciones Científicas
jose.sermeno@ues.edu.sv

Editor adjunto

Isidro Galileo Romero Castro
Secretaría de Investigaciones Científicas (SIC-UES)
isidro.romero@ues.edu.sv

COMITÉS DE PRODUCCIÓN

Comité Técnico

Editor gráfico y maquetador

Luis Alberto Sánchez Alfaro
Secretaría de Investigaciones Científicas (SIC-UES)
luis.alfaro@ues.edu.sv

Soporte tecnológico e informático

Saúl Antonio Vega Baires
Secretaría de Investigaciones Científicas (SIC-UES)
saul.vega@ues.edu.sv

José Adán Núñez Abarca

Facultad de Ciencias Agronómicas, UES
jose.nunez@ues.edu.sv

Correctores de estilo

Cristina Isabel Guzmán Cruz
Secretaría de Investigaciones Científicas (SIC-UES)
cristina.guzman@ues.edu.sv

Selvin Mauricio Montano Quintanilla

Secretaría de Investigaciones Científicas (SIC-UES)
selvin.montano@ues.edu.sv

Comunicación y difusión

Lilian Xiomara Arévalo Benítez
Facultad de Ciencias Agronómicas, UES
lily.arevalo@ues.edu.sv

Comité Científico Internacional

Luis A. Mejía

Adjunct Professor, Department of Food Science and Human
Nutrition University of Illinois, Urbana-Champaign
lamejia@illinois.edu

Ma. Mónica Lara Uc

Profesora-Investigadora, Universidad Autónoma de Baja California
Sur, La Paz, Baja California Sur, México.
mlara@uabcs.mx

Víctor D. Carmona Galindo

Director of Sustainability and Associate Professor Biology
Department. University of Detroit Mercy, Detroit Michigan, United
States.
carmonvi@udmercy.edu

Andrea L. Joyce

Assistant Professor, University of California, Merced. United States.
ajoyce2@ucmerced.edu

Aisur Ignacio Agudo Padrón

Gerente Investigador del Projeto Brasileiro Autônomo "Avulsos
Malacológicos - AM, Brasil.
ignacioagudo@gmail.com

José Rutilio Quezada
Consultor Internacional, Manejo Integrado de Plagas y Control
Biológico, Estados Unidos
bachi930@gmail.com

Randy Atencio Valdespino
Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.
randy.atencio@gmail.com

Comité Editorial Nacional

Fidel Ángel Parada Berrios
Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de El Salvador.
fidel.parada@ues.edu.sv

Blanca Eugenia Torres de Ortiz
Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas,
Universidad de El Salvador.
blanca.bermudes@ues.edu.sv

Rudy Anthony Ramos Sosa
Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias
Agronómicas, Universidad de El Salvador.
antonioteshcal@yahoo.com

Miguel Ángel Hernández Martínez
Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Facultad
de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador.
miguel.hernandez@ues.edu.sv

Mario Ernesto Parada Jaco
Gerente de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Centro Nacional
de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), El Salvador.
paradaja2011@hotmail.com

Leopoldo Serrano Cervantes
Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Ciencias
Agronómicas, Universidad de El Salvador.
leopoldo.serrano@ues.edu.sv

Blanca Lorena Bonilla de Torres
Departamento de Química Agrícola, Facultad de Ciencias
Agronómicas, Universidad de El Salvador.
blanca.bonilla@ues.edu.sv

Universidad de El Salvador

Final Avenida Mártires del 30 de Julio de 1975, Ciudad
Universitaria "Dr. Fabio Castillo Figueroa", San Salvador, El
Salvador.

Teléfonos
Facultad de Ciencias Agronómicas: (503) 2225-1506
Secretaría de Investigaciones Científicas: (503) 2225-8434

Correos electrónicos
revista.agrociencia@ues.edu.sv
ciencias.agronomicas@ues.edu.sv
sic@ues.edu.sv

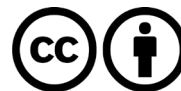
URL de la revista
<https://www.agronomia.ues.edu.sv/agrociencia>

Revista Agrociencia es el medio oficial de difusión científica de la Facultad de Ciencias Agronómicas, gestionada con apoyo de la Secretaría de Investigaciones Científicas de la Universidad de El Salvador (SIC-UES), que cumple con los principios de acceso abierto. Su periodicidad es cuatrimestral y se publica en los meses de abril, agosto y diciembre de cada año. Es gratuita, pues Agrociencia no cobra a los autores tarifas de envío y procesamiento editorial de los artículos que se publican. Acepta manuscritos de las ciencias agropecuarias, forestales, veterinarias, agroindustria, medio ambiente y seguridad alimentaria de forma continua.

Los autores son los únicos responsables de las opiniones expresadas en sus textos, que no necesariamente reflejan la opinión o política de la Universidad.

Los textos académicos que la revista admite son artículos científicos, notas técnicas, estudio de casos y revisiones bibliográficas. Si desea publicar en Revista Agrociencia, puede enviar su texto a: revista.agrociencia@ues.edu.sv

AGROCIENCIA es una revista con licencia creative commons 4.0 CC BY: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador

Fotografías de portada:

Raúl Magarín
Secretaría de Investigaciones Científicas
Universidad de El Salvador

- 6** Evaluación de la adición de diferentes dosis de aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) en la elaboración de queso semi madurado y su efecto en la conservación de sus propiedades organolépticas
Evaluation of the addition of different doses of essential oil of Oregano (*Origanum vulgare*) in the production of semi-ripened cheese and its effect on the preservation of its organoleptic properties
- 16** Efecto de la alimentación con hojas de ojushte (*Brosimum alicastrum* Swartz) y hojas de chaya (*Cnidoscolus chayamansa*) en la ganancia de peso de conejos de engorde de la raza neozelandés
Effect of feeding with ojushte leaves (*Brosimum alicastrum* Swartz) and chaya leaves (*Cnidoscolus chayamansa*) on the weight gain of New Zealand fattening rabbits
- 26** Comparación de contenido de proteína, grasa, calcio y fósforo de grillos (*Acheta domestica*), en su etapa juvenil, alimentados con diferentes sustratos
Comparison of protein, fat, calcium and phosphorus content of crickets (*Acheta domestica*), in its juvenile stage, fed with different substrates
- 35** Evaluación de los filtros de biocarbón-arcilla en la potabilización de agua de pozo en los municipios de Santiago Nonualco y en San Luis Talpa, departamento de la Paz, El Salvador
Evaluation of biochar-clay filters in the purification of well water in the municipalities of Santiago Nonualco and in San Luis Talpa, department of La Paz, El Salvador
- 51** Fármacos controlados en El Salvador
Drugs controlled in El Salvador
- 55** Comprendiendo la eutanasia humanitaria en animales de compañía
Understanding humanitarian euthanasia of companion animals
- 60** Registros de garrapatas en El Salvador
Tick records in El Salvador
- 65** Manejo analgésico integral en animales de producción y compañía
Comprehensive analgesic management in production and company animals
- 70** Epidemiología veterinaria y salud pública veterinaria
Veterinary epidemiology and veterinary public health
- 74** Parámetros de monitorización bajo anestesia de perros y gatos
Monitoring parameters under anesthesia of dogs and cats
- 79** Principios quirúrgicos de Halsted en medicina veterinaria
Halsted's surgical principles in veterinary medicine
- 84** Vacunas para el control de enfermedades en animales
Vaccines for the control of diseases in animals



Artículo científico

Evaluación de la adición de diferentes dosis de aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) en la elaboración de queso semi madurado y su efecto en la conservación de sus propiedades organolépticas

Evaluation of the addition of different doses of essential oil of Oregano (*Origanum vulgare*) in the production of semi-ripened cheese and its effect on the preservation of its organoleptic properties

Avalos-Velasco, R.A.¹, Hernández-Castro, J.A.¹, Mejía-Orellana, W.A.¹;
Torres de Ortiz, B.E.¹, Palacios-Hernández, D.J.¹

Correspondencia:
AV15002@ues.edu.sv

Presentado:
27 de septiembre de 2021
Aceptado:
24 de octubre de 2021

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Zootecnia.

RESUMEN

La investigación científica se realizó en el Laboratorio de ELISA del Departamento de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador, entre los meses de octubre de 2020 a junio de 2021. Para la elaboración de los quesos semi madurados fue utilizada leche pasteurizada de vaca y se evaluaron 5 tratamientos de dosis diferentes (T0: 0.0%, T1: 10%, T2: 7.5%, T3: 5% y T4: 2.5%) cada uno con 6 repeticiones. Las variables microbiológicas evaluadas en estos tratamientos fueron el recuento de mesófilos aerobios y recuento de coliformes totales, realizados en tres ocasiones durante el período de maduración a los cero, siete y quince días. El T1 con mayor porcentaje de adición de aceite esencial de orégano presentó una tendencia de disminución considerable en cuanto al recuento de mesófilos, seguidos del T2 y T3. Por su parte, en el recuento de coliformes totales los tratamientos con adición de dosis de aceite esencial de orégano controlaron el crecimiento de los mismos, mientras que el Testigo (T0) presentó crecimiento en el tercer punto de muestreo. Las variables organolépticas de olor, sabor, color, aspecto y textura se evaluaron a través de una cata a los 15 días de maduración; para ello se utilizó la prueba de escala hedónica de nueve puntos; los resultados se presentaron en un gráfico de BoxPlot, para tener una mejor visualización de los datos y también se aplicó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis procesándolos en el software estadístico InfoStat V9 con un nivel de significancia del 5%. Al analizar los resultados se observó que el porcentaje de adición de aceite esencial de orégano si influyen en el grado de aceptabilidad. Siendo el T3 mejor aceptado por los catadores. A partir del Análisis Costo-Beneficio, se determinó que el tratamiento que presentó mejor beneficio neto parcial fue el T0, mientras que los tratamientos T3 y T4 generaron los mejores beneficios económicos entre los tratamientos con adición de aceite esencial de orégano.

Palabras clave: aceite esencial, queso semi madurado, análisis sensorial, mesófilos aerobios, coliformes.

ABSTRACT

The scientific research was carried out in the laboratory of (ELISA) of the Department of Zootechnics, of the Faculty of Agronomic Sciences at the University of El Salvador, between the months of October 2020 to June 2021. For the production of semi-ripened cheeses Pasteurized cow's milk was used and 5 different dose treatments were evaluated (T0: 0.0%, T1: 10%, T2: 7.5%, T3: 5% and T4: 2.5%) each with 6 repetitions. The microbiological variables evaluated in these treatments were the aerobic mesophilic count and the Total Coliform Count, performed on three occasions during the maturation period at 0, 7 and 15 days. Treatment 1 with the highest percentage of oregano essential oil addition showed a considerable downward trend in terms of mesophil count, followed by T2 and T3. On the other hand, in the total coliform count, the treatments with the addition of doses of essential oil of oregano controlled their growth, while the control (T0) presented growth at the third sampling point. The organoleptic variables odor, flavor, color, appearance and texture were evaluated through a cupping test at 15 days of maturation; For this, the nine-point hedonic scale test was used; The results are presented in a BoxPlot graph, to have a better visualization of the data and the Kruskal-Wallis non-parametric statistical test was also applied, processing them in the statistical software InfoStat V9 with a significance level of 5%. When analyzing the results, the percentage of oregano essential oil addition will be shown if they influence the degree of acceptability. Being the T3 best accepted by tasters. From the Cost-Benefit Analysis, it was determined that the treatment that presented the best partial net benefit was T0, while the treatments T3 and T4 generated the best economic benefits among the treatments with the addition of oregano essential oil.

Keywords: Essential oil, semi-ripened cheese, sensory analysis, aerobic mesophilic count, coliform.

INTRODUCCIÓN

Los quesos son productos de gran importancia en los bienes de consumo de la población salvadoreña, muy superior a otros productos lácteos como la crema, la mantequilla, el yogurt, entre otros. El 79.5% de hogares consumen quesos y cuajada, con un promedio mensual de gasto de USD 8.61. Es importante destacar que, aunque los quesos no forman parte de la canasta básica alimentaria, son consumidos por una mayor cantidad de hogares (Superintendencia de Competencia de El Salvador 2010).

El Salvador depende en gran medida de las importaciones de lácteos, ya que internamente no es capaz de abastecer la demanda del mercado nacional. Con relación a la producción de leche a nivel nacional, para el 2010 se estimaron 556 millones de litros aproximadamente, esperando un crecimiento gradual del 10% hasta alcanzar los 611.6 millones para el 2011. En tanto que las 10 importaciones tienden al alza a un ritmo mayor y actualmente representan cerca de 1/3 del consumo aparente (FAO 2018).

El queso, al ser un producto altamente perecedero, proporciona las condiciones adecuadas para el crecimiento y multiplicación de microorganismos patógenos que pueden ocasionar graves

enfermedades en la salud de los consumidores, por lo cual se deben controlar, ya que el producto no debe contener microorganismos en número mayor a lo especificado (NSO 2007).

El aceite esencial de orégano es uno de los agentes antimicrobianos y antioxidantes más efectivos, ya que poseen dos terpenoides (timol y carvacrol), los cuales son componentes antimicrobianos de mayor importancia presentes, debido a que ambos compuestos actúan sobre las células y dependiendo de las concentraciones utilizadas pueden causar la inhibición o inactivación de los microorganismos (Fernández Pan, *et al.* 2012).

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de cuatro diferentes concentraciones de aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) en queso semi madurado, con el propósito de controlar el crecimiento microbiano, sin afectar las características organolépticas del producto

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

La investigación se desarrolló en los laboratorios del Departamento de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador,

ubicada en Autopista Norte y Final 25^a Avenida Norte, Ciudad de San Salvador, El Salvador, cuyas coordenadas son: latitud norte 13.7183 -89.203 y una altitud promedio de 500 msnm con una temperatura promedio anual de 24°C y una Humedad Relativa de 82%. La investigación tuvo una duración de nueve meses, comprendidos de octubre del año 2020 a junio del 2021.

Metodología de campo

Se procedió a la recolección de la materia prima (leche cruda) en las instalaciones de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, ubicada en el Cantón Tecualuya, San Luis Talpa. La recolección se realizó cada 15 días durante un período de 10 semanas, desde el 1 de octubre hasta el 24 de noviembre de 2020. Después, se procedió al traslado desde la Estación Experimental y de Prácticas a los laboratorios del Departamento de Zootecnia para su procesamiento.

Metodología de laboratorio

Una vez en el laboratorio, se realizaron análisis físicos y microbiológicos, tanto a la leche cruda como pasteurizada y análisis microbiológicos y sensoriales a los tratamientos elaborados.

Proceso de elaboración del queso semi madurado

Para la elaboración de queso semi madurado, se usó como base la guía de queso semi madurado (UTN s.f.), los pasos se detallan a continuación:

Filtración: la leche cruda utilizada (23 litros por tratamiento), se filtró en un tamiz (manta de colar) para extraer el material extraño que pueda encontrarse en el medio.

Pasteurización: la leche se pasteurizó por medio de proceso VAT a una temperatura de 63°C durante 30 minutos.

Enfriamiento: se aplicó un choque térmico para disminuir la temperatura a 36°C.

Ajuste de temperatura: se mantuvo la temperatura de la leche en 36°C de manera uniforme, para esto se verificó con un termómetro de carátula.

Adición de cloruro de calcio y cuajo: una vez calculada las cantidades de acuerdo al volumen de la leche a trabajar, se agregó el cloruro de calcio y se agitó, seguidamente se adicionó el cuajo líquido siguiendo las instrucciones del fabricante, el cuajo utilizado fue enzimático.

Adición de cultivo: se pesó el cultivo acorde a la cantidad de leche, se adicionó, y mezcló con la leche para distribuirlo de manera uniforme.

Cuajado: se dejó reposar por 45 minutos.

Corte de cuajada: se cortó la cuajada en cubos aproximadamente del tamaño de un grano de arroz.

Agitado 1: se agitó suavemente la cuajada cortada por un período de 20 minutos en forma constante, esto con el fin de facilitar la liberación del suero.

Desuerado parcial: se desueró un 30% del volumen total.

Lavado de la cuajada: se incorporó agua a una temperatura de 36°C, cuya cantidad fue igual al volumen de suero eliminado, esto con el fin de disminuir la cantidad de lactosa presente.

Agitado 2: posteriormente a la adición de agua se agitó nuevamente por 20 minutos en forma un poco más vigorosa, formando un ocho con la paleta para facilitar la explosión de suero, evitar igualmente que haya roce metal-metal entre la paleta y la tina, manteniéndose en 36°C.

Desuerado total: se eliminó la mayor parte posible del suero con el colador y la lámina de acero inoxidable (limpia y desinfectada).

Picado: se picó el queso en bloques de 1 cm³, utilizando un cuchillo de acero inoxidable limpio y desinfectado.

Moldeo y pesado: se pesaron 500 gramos de cuajada, y se colocaron en los moldes de las prensas, a las cuales

se le colocó una manta, para ayudar a la estructura de la cuajada.

Prensado y pesado final: se colocaron los quesos en los moldes de las prensas por tres horas.

Adición de porcentaje de aceite esencial de Orégano: Con una brocha de cocina se aplicó externamente aceite esencial de orégano. Se utilizó como solvente alcohol etílico al 90%. Se estimó que 30 ml de la solución alcohol más aceite esencial de orégano sería suficiente para los seis quesos por tratamiento. Así se determinó que el T1 sería 10% (3 ml de aceite esencial de orégano y 27 ml de alcohol). T2 7.5% (2.25 ml de aceite esencial de orégano y 27.75 ml de alcohol). T3 5% (1.5 ml de aceite esencial de orégano y 28.5 ml de alcohol). T4 2.5% (0.75 ml de aceite esencial de orégano y 29.25 ml de alcohol).

Maduración: se almacenaron los quesos semi madurados en una cámara frigorífica entre 0-4°C por 15 días.

Análisis a la leche cruda y pasteurizada.

Análisis físicos:

Acidez: se realizó a la leche cruda en una muestra de 10 ml por medio del método de titulación, la cual se basa en la neutralización de la leche usando hidróxido de sodio (NaOH) y una solución de Fenolftaleína en alcohol como indicador para llegar al punto necesario mediante la presencia de color rosa típico de la fenolftaleína a pH a 7 (CONACYT 2005).

pH: se usó de una muestra de leche de 150 ml a 25°C y el pH-metro inoLab pH7310 el cuál posee un electrodo con una precisión de pH de $\pm 0,005$, $\pm 0,01$; precisión de temperatura de $\pm 0,1$ k; precisión de mV de $\pm 0,3$, ± 1 , y las temperaturas de funcionamiento (métrico) van de -5°C a +105°C. Ambos parámetros cumplieron con la Normativa Salvadoreña de Leche Cruda NSO 67.01.01:06, para acidez y pH.

Análisis Microbiológicos:

Recuento de mesófilos aerobios totales: este

análisis se realizó a la leche cruda y pasteurizada, metodología que está basada en la reproducción de microorganismos mesófilos, en placas estériles con medio Plate Count Agar (PCA), se incubaron por 48 horas a una temperatura de 35-37 °C (APL s.f.). Para el recuento de las unidades formadoras de colonias (UFC) se usó una cuenta colonias de alta sensibilidad, siendo las UFC de mesófilos de color blanco hueso que contrasta con el color del medio de cultivo (ISO 2013).

Recuento de coliformes Totales: método basado en la reproducción de microorganismos en placas estériles con medio Violet Red Bile Lactose Agar, se incubaron por 48 horas a una temperatura de 35-37°C (APL s.f.). Para el recuento de las UFC de coliformes totales se hizo uso de una cuenta colonias de alta sensibilidad, se identificaron por el color rosado rojizo (CONACYT 2005).

Análisis de los quesos semi madurados

Análisis microbiológicos:

Recuento de mesófilos aerobios totales: En este método se maceró el queso con agua peptonada y luego se basó en la reproducción de microorganismos mesófilos, en placas estériles con medio Plate Count Agar (PCA) se incubaron por 48 horas a una temperatura de 35-37 °C (ANMAT 2014). El recuento de las unidades formadoras de colonias (UFC), se realizó con una cuenta colonias de alta sensibilidad, las UFC de mesófilos tuvieron color blanco hueso contrastando con el color del medio de cultivo (ISO 2013).

Recuento de coliformes totales: En este método se maceró el queso con agua peptonada y luego la reproducción de microorganismos en placas estériles con medio Violet Red Bile Lactose Agar, se incubaron por 48 horas a una temperatura de 35-37°C (ANMAT 2014). Para el recuento de las UFC de coliformes totales se utilizó una cuenta colonias de alta sensibilidad, siendo identificadas por el color rosado rojizo (CONACYT 2005).

Análisis organoléptico de los quesos semi madurados

El análisis se desarrolló con el fin de identificar las características organolépticas (olor, color, sabor, aspecto y textura), para luego medir el nivel de aceptación del producto final.

Para esto se utilizó el método de la cata con una prueba hedónica, la cual se realizó a los 15 días de maduración de los quesos de cada tratamiento en estudio, en esta participaron 20 personas por prueba a quienes se les brindó una muestra de aproximadamente 20 gramos y una ficha donde evaluaron cada uno de los aspectos.

Metodología estadística

Variables:

Variable independiente:

Dosis de aceite esencial de orégano (0.0%, 10%, 7.5%, 5%, 2.5%)

Variable dependiente:

Días de conservación: esto corresponde a los cero, siete y quince días después de elaborado el queso, realizando los recuentos de mesófilos aerobios y coliformes totales

Características organolépticas: para evaluar los aspectos organolépticos: color, olor, sabor, aspecto y textura.

Variables de conservación microbiológicas (días de conservación).

Para llevar a cabo el análisis de las pruebas microbiológicas (Mesófilos aerobios y coliformes totales), se utilizaron métodos estadísticos descriptivos tales como: tablas, gráficos de líneas con marcadores, gráficos de columnas agrupadas y medidas de tendencia central (mediana). En el caso específico de los gráficos de líneas, posibilitaron mostrar los datos obtenidos a nivel de laboratorio del recuento de mesófilos aerobios como un conjunto de

puntos conectados mediante una sola línea durante el período de tiempo en el cual fueron evaluados los tratamientos con las diferentes dosis de aceite esencial de orégano. Para el caso de los gráficos de columnas agrupadas, fueron utilizados para mostrar las diferencias que existían, en cuanto al recuento del crecimiento de coliformes totales, entre los distintos tratamientos con diferentes dosis de aceite esencial de orégano, sometidos a estudio en el periodo de tiempo evaluado. Para el procesamiento de los datos, se utilizó el software Microsoft Excel V 2016 con un nivel de significancia del 5%.

Características organolépticas.

Para tener una visualización de los datos del análisis sensorial, se utilizó el gráfico de cajas y bigotes (también conocido por el nombre de Boxplot). Al analizar la variabilidad de las cajas de cada atributo organoléptico por tratamiento, se pudo observar las tendencias que estos datos presentaron a nivel de laboratorio y de esta manera tener una idea de cuál tratamiento presentó una mejor calificación con respecto al resto. Luego, se aplicó, la prueba no paramétrica, bajo el diseño Kruskal-Wallis, la cual es una alternativa al análisis de varianza usual, este modelo matemático permite evaluar más de dos muestras con el propósito de determinar si proceden de la misma población (Torres y Sorto 2003). Esta prueba se adapta a los resultados obtenidos de la prueba sensorial escala hedónica, y permitió evaluar los diferentes atributos organolépticos olor, color, sabor, aspecto y textura en los quesos y así obtener un resultado estadístico. Los datos obtenidos del análisis sensorial, se procesaron con ayuda del software estadístico Infostat V 9.0, con una probabilidad de 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables microbiológicas.

Recuento de mesófilos aerobios.

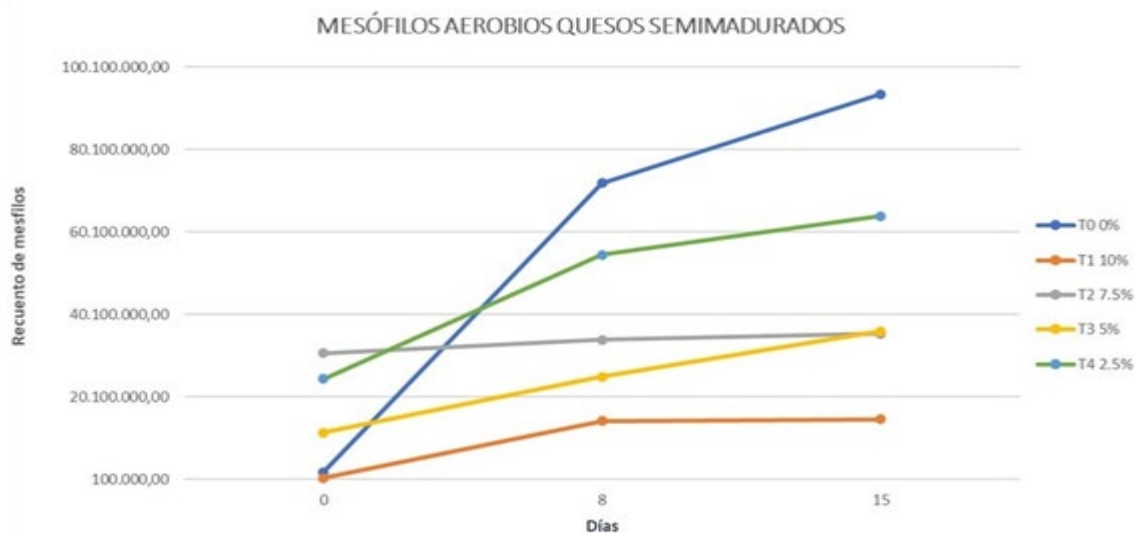
En esta variable se identificó la relación entre el tiempo (período comprendido entre cero y quince días en el que se realizó el muestreo) con respecto al recuento de mesófilos aerobios de las unidades

experimentales (quesos semi madurados) con la adición de las diferentes dosis de aceite esencial de orégano que habían sido sometidas a estudio (0%, 10%, 7.5%, 5%, 2.5%). Como puede observarse en la Figura 1, el T0 (0.0%) es el que presentó una notable tendencia de crecimiento exponencial en el tiempo en que fueron muestreadas las unidades experimentales. En cuanto al T1, puede observarse que la tendencia de crecimiento y multiplicación fue menor con respecto al tratamiento testigo (T0), debido a que en este las unidades experimentales habían sido recubiertas con

un porcentaje de adición de 10% de aceite esencial de orégano. En cuanto a los tratamientos T2 y T3, puede observarse que la tendencia del crecimiento de mesófilos aerobios en los quesos semi madurados fueron similares en los días 8 y 15 de muestreo. Con respecto al T4, cuya dosis de adición de aceite esencial de orégano era la menor, se observa, al compararlo con los resultados obtenidos en el T2 y T3, un mayor crecimiento y multiplicación de mesófilos aerobios durante su recuento a nivel de laboratorio.

Figura 1.

Recuento de mesófilos aerobios en quesos semi madurados.



Como parte del proceso de elaboración de los tratamientos, debe destacarse que se llevó a cabo la inoculación de bacterias ácido lácticas para favorecer la fermentación de los quesos. De acuerdo con Narváez *et al.* (2017), las Bacterias Ácido Lácticas (BAL) además de contribuir a la preservación de los alimentos, mejoran las características sensoriales como el sabor, olor, textura y aumentan su calidad nutritiva. En esta misma línea Ramírez *et al.* (2011), señala que la acción conservadora de las BAL es debido a la inhibición de un gran número de microorganismos patógenos y dañinos por varios productos finales de la fermentación. Estas sustancias son ácidos como el láctico y el acético, peróxido de hidrógeno, entre otras, que ayudan a reducir el pH del ambiente con un efecto inhibitorio de bacterias Gram-positivas y

Gram-negativas (Vásquez *et al.* 2009).

A partir de esto, puede inferirse que las BAL influyeron en el recuento de mesófilos aerobios que se ha obtenido en cada tratamiento, ya que los resultados arrojan ausencia de coliformes totales, y actúan positivamente para favorecer tanto la fermentación del producto, así como para mejorar sus características organolépticas. En este sentido, Fontaneto (s.f.) menciona que existen las bacterias denominadas Bacterias Ácido Lácticas no Pertencientes al Fermento, NSLAB (Non Starter Lactic Acid Bacteria) por sus siglas en inglés, son microorganismos adventicios que se encuentran en los quesos y que no forman parte del fermento primario, por lo tanto, no contribuyen a la producción de ácido láctico durante la elaboración.

Recuento de coliformes totales.

El tratamiento que permitió crecimiento de coliformes totales en las unidades experimentales sometidas a estudio, fue el T0, debido a que en este no se realizó la adición de aceite esencial de orégano. En el resto de tratamientos (T1, T2, T3 y T4) no existió crecimiento de coliformes totales entre las unidades experimentales muestreadas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la investigación, se logró reducir el crecimiento de coliformes totales con la aplicación del 10%, 7.5%, 5% y 2.5% de aceite esencial de orégano a los quesos semimaduros, tal y como lo demuestra en su investigación Mejía *et al.* (2017), que obtuvo una reducción significativa de la carga microbiana en las placas experimentales (1 y 0,75% con tomillo) en comparación con las placas de control (0%) en el proceso 1, mientras que existió reducción para todas las concentraciones ensayadas cuando se adicionó el tomillo, y concluyó que a mayor concentración de tomillo, mayor el efecto inhibitorio sobre los coliformes totales. Morales (2015), con respecto al efecto antimicrobiano de la aplicación de aceite esencial de tomillo contra la actividad patógena de *Listeria monocytogenes*, desarrolló un protocolo de prueba In Vitro donde a través de la formación de halos de inhibición determinó la menor concentración con efecto inhibitorio. El aceite esencial de tomillo presentó actividad al ser usado en concentraciones no menores del 1.6%. En la investigación realizada por Artega (2020), se observó que el crecimiento de coliformes totales, en las dosis de 0.25% y 0.30% de aceite esencial de jengibre, se inhibe más en comparación con otra dosis y testigo.

Variables organolépticas.

Con respecto al análisis organoléptico, se puede describir la distribución de las puntuaciones obtenidas por cada variable de manera visual, además señala los valores atípicos y extremos que presenta cada variable, de igual forma muestra la mediana como medida de tendencia central y posterior los cuartiles 1, representando el 25% (límite inferior de

la caja) de los datos, el segundo cuartil el 50% de los datos, y por último, el tercer cuartil con el 75% de los datos (límite superior de la caja).

La caja por su parte representa el 50% central de las puntuaciones de las variables (Figura 2). Observándose que los tratamientos T0 y T3, son mejores que el resto, esto al tener una menor distribución de las puntuaciones o tener más concentrados los datos, es decir, poseen tamaños de cajas pequeños por las categorías organolépticas, diferenciándose por los valores atípicos presentes, así para el T0 posee valores atípicos a partir de 1.5 (me disgusta extremadamente). Mientras que el T3 presentó valores atípicos a partir de 4.2 (me disgusta levemente). Por tanto, esta última concentración de sus datos está entre las mejores puntuaciones evaluadas por los catadores, ya que rondan entre 5.9 (no me gusta, ni me desagrada) y 7.8 (me gusta moderadamente).

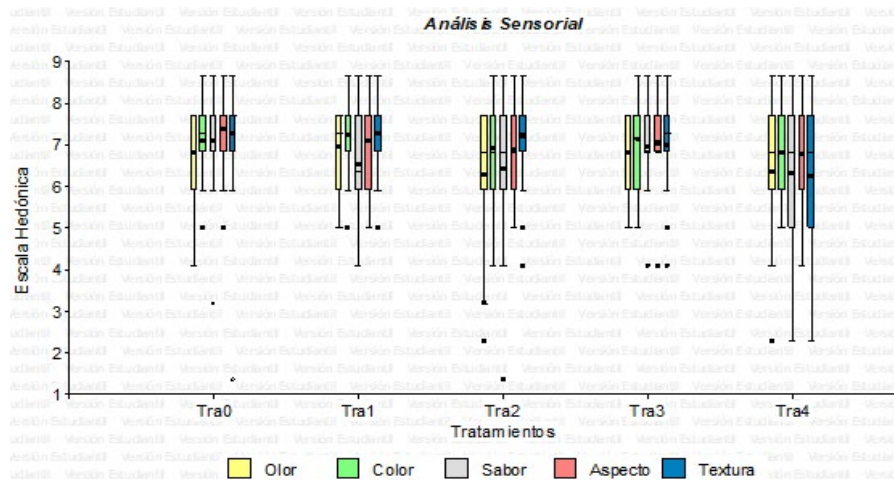
Prueba Kruskal-Wallis en categorías organolépticas.

Los resultados obtenidos por la prueba Kruskal-Wallis, demuestran que no hay diferencia significativa para las características organolépticas evaluadas en los quesos semi madurados, esto debido a que el *p*-valor resultantes al correr la prueba para cada variable organoléptica, resultó ser mayor a 0.05, por tanto, las medianas son iguales entre los tratamientos, esto demuestra estadísticamente que no hay diferencia significativa con un alfa de 5%. Al evaluar los resultados de la Figura 3 (Boxplot), se puede observar como el T0 y T3, presentan mejores distribuciones de las puntuaciones obtenidas por los catadores. Donde T0, es el tratamiento que no aplicó un porcentaje de adición de aceite esencial de orégano (AEO), mientras que en el T3 se aplicó un porcentaje de adición de 5% de AEO, lo que concuerda con la investigación realizada por Chapa (2018), donde evaluó aceite esencial de orégano en queso fresco.

En este estudio el grado de aceptabilidad para color, olor y sabor de los quesos formulados con concentraciones superiores a 0.6% de aceite esencial de orégano, disminuyó su aceptabilidad de parte

Figura 2.

Análisis sensorial de los quesos semi madurados con diferentes dosis de aceite esencial de orégano.



de los catadores. Así para la concentración de 0.6% se obtuvieron puntuaciones entre 7 y 8, para los atributos organolépticos.

De igual forma en la investigación realizada por Benito (2018), donde se evaluó aceite esencial de chachacoma, en queso tipo paria, los resultados fueron los atributos organolépticos color, olor, sabor y aspecto. Los tratamientos mejor evaluados fueron el T0, seguido del queso preparado con menor concentración de aceite esencial, donde al comparar los resultados obtenidos por la escala hedónica se encontraron entre la aceptabilidad de “me gusta poco”, y “me gusta mucho”. Esto concuerda con los resultados obtenidos en este estudio, ya que los tratamientos T0 y T3, poseen puntuaciones en la escala hedónica de “no me agrada, ni me disgusta” y “me gusta moderadamente”.

Por último, en la investigación realizada por Calsin (2014), evaluó aceite esencial de salvia en queso fresco, los resultados obtenidos en las características organolépticas de sabor y olor, resalta el queso elaborado con menor concentración de aceite esencial de salvia (0.005%), donde obtuvo evaluaciones de olor y sabor “muy bueno”, mientras que al queso elaborado con 0.015%, obtuvo una evaluación de sabor y olor “regular”.

Evaluación económica.

Para este estudio se analizaron los costos para cada tratamiento, se detallaron las materias primas para obtener un subtotal, que fue comparado con los posibles ingresos generados por la venta del producto. Para ello, se tomó como referencia el precio de 1 kg de queso madurado en el supermercado, el cual fue de USD16.2. Este valor se multiplicó por los kilogramos producidos por cada tratamiento, para tener los ingresos de venta.

Al realizar la diferencia entre los ingresos y los egresos, que se detalla en el Cuadro 1, se obtuvo el beneficio neto. El T0, posee el mayor beneficio con USD6.72 en comparación de los otros tratamientos, esto debido a que no se agregó aceite esencial de orégano. Al contrario, el T1 que presentó déficit de USD-072 (valor negativo), esto debido a que es el tratamiento con mayor porcentaje de dosis de aceite esencial de orégano con 10%, mientras el T2 con una de dosis de 7.5% de aceite esencial de orégano presentó un beneficio de USD0.82, el T3 con una dosis de 5%, presentó un beneficio de USD2.42. El que presentó mayor beneficio después del tratamiento testigo es el T4, con USD4.02, esto debido a que es el tratamiento con menor dosis de aceite esencial de orégano con 2.5%. Por tanto, económicamente los tratamientos T3 y T4 son los que presentaron la mejor relación costo-beneficio.

Cuadro 1.

Determinación de la evaluación económica aplicando la metodología de costo beneficio.

Conceptos	Unidades	Valor unitario	Tratamiento				
			T0	T1	T2	T3	T4
Ingresos							
Producción	Kg		1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
Venta de queso	Kg	USD 16.2	USD 31.9	USD 31.9	USD 31.9	USD 31.9	USD 31.9
Costos o Egresos							
Leche	l	USD 0.59	USD 15.00	USD 15.00	USD 15.00	USD 15.00	USD 15.00
Cuajo	ml	USD 0.16	USD 0.25	USD 0.25	USD 0.25	USD 0.25	USD 0.25
Cloruro	g	USD 0.016	USD 0.25	USD 0.25	USD 0.25	USD 0.25	USD 0.25
Aceite	ml	USD 2.13	USD 0.00	USD 6.40	USD 4.80	USD 3.20	USD 1.60
Sal	g	USD 0.00014	USD 0.05	USD 0.05	USD 0.05	USD 0.05	USD 0.05
Agua	l	USD 0.08	USD 0.25	USD 0.25	USD 0.25	USD 0.25	USD 0.25
Alcohol etílico	ml	USD 0.001	USD 0.00	USD 0.04	USD 0.041	USD 0.049	USD 0.043
Cultivo	g	USD 0.32	USD 0.38	USD 0.38	USD 0.38	USD 0.38	USD 0.38
Transporte			USD 10.00	USD 10.00	USD 10.00	USD 10.00	USD 10.00
Subtotal			USD 26.18	USD 32.68	USD 31.08	USD 29.48	USD 27.88
Beneficio neto parcial			USD 6.72	USD -0.72	USD 0.76	USD 2.36	USD 3.96

CONCLUSIONES

La utilización de diferentes dosis de aceite esencial de orégano, agregado a los quesos semi madurados mostró una tendencia efectiva contra el desarrollo de coliformes totales.

El tratamiento con mayor dosis de adición de aceite esencial de orégano (T1), mostró una tendencia de disminución considerable en cuanto al crecimiento de mesófilos aerobios.

Según el análisis sensorial, las concentraciones de aceite esencial de orégano influyen en el grado de aceptabilidad de las características organolépticas evaluadas, así, el T3, resultó mejor evaluado, al igual que el testigo.

Los tratamientos que generaron mejores beneficios económicos son el T3 y T4, con una diferencia muy pequeña entre ambos. El tratamiento que generó mayor beneficio neto fue el tratamiento testigo (sin adición de aceite esencial de orégano).

BIBLIOGRAFÍA

- ANMAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica, AR). 2014. Análisis microbiológico de los alimentos: Metodología analítica oficial (en línea). Consultado 19 mayo 2021. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/renaloea/docs/analisis_microbiologico_de_los_alimentos_vol_iii.pdf 60 p.
- APL (Aula de Productos Lácteos). s.f. Análisis Microbiológico. Bloque V. Principales recuentos Microbiológicos. Instituto de Investigaciones y Análisis Alimentarias, Universidad de Santiago de Compostela, España. 68-71 p.
- Arteaga, E. 2020. Efecto del aceite esencial de Jengibre (*Zingiber officinale*) en la aceptación de queso fresco. Tesis Ing. Chachapoyas, Perú. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. 22-23 p.
- Benito, MN. 2018. Evaluación de la capacidad antimicrobiana, antioxidante y propiedades físicas del aceite esencial de Chachacoma (*Senecio*

- nutans* Sch.) en queso fresco tipo paria. Tesis Ing. Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano. 97-125 p.
- Calsin, LA. 2014. Efecto de la adición de aceite esencial de Salvia (*lepechinia meyenii*) en la elaboración de queso fresco y su efecto bactericida sobre microorganismos presentes en leche. Tesis Ing. Arequipa, Perú. Universidad Católica de Santa María.
- Chapa, BA. 2018. Efecto antimicrobiano del aceite esencial de Orégano (*Origanum vulgare* L.) sobre en queso fresco. *Listeria monocytogenes*. Tesis Ing. Chachapoyas, Perú. Universidad Nacional Toribio Rodríguez De Mendoza de Amazonas. 39-51 p.
- CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología SV). 2005. Norma Salvadoreña, Primera actualización NSO 67.01.01:05, San Salvador SV. 10 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, IT). 2018. Leche y productos lácteos. (En línea). Consultado 01 mar. 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/es/>
- Fernández-Pan, I; Royo, M., Ignacio Maté, J., 2012. Antimicrobial activity of whey protein isolate edible films with essential oils against food spoilers and foodborne pathogens. *Journal of Food Science* 77(7); M383-90.
- Fontaneto Apoca, AR. s.f. Defectos gasógenos provocados por microorganismos. Tesis Dr. Santa Fé, Argentina, Universidad Nacional del Litoral. 95 p.
- ISO (International Standard Organization). 2013. Recuento de colonias mesófilas en profundidad. Norma 4833-1:2013. 23 p.
- Mejía-López, A; Herrera, B; Salazar, M; Rojas, F; Gavin, V; Escobar, J. 2017. Tomillo (*Thymus vulgaris*) como agente antimicrobiano en la producción de queso fresco. (En línea). Consultado el 12 abr. 2021. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/6145604.pdf>
- Morales, A. 2015. Efecto Antimicrobiano del Aceite Esencial del tomillo (*Thymus vulgaris*) sobre la contaminación de *Listeria monocytogenes* en queso Ricotta. Tesis Msc. Medellín, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 1-101 p.
- Narváez Guillén, BL; Cruz Hernández, MA; Hernández Centeno, F; Flores Verastegui, MI; Martínez Vásquez, DG; Rangel Ortega, SC. 2017. Selección de bacterias ácido lácticas del queso artesanal de leche de cabra de Coahuila para su uso como cultivos iniciadores. *Revista Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 25(72): 45-52.
- NSO (Normativa Obligatoria Salvadoreña, SV). 2007. NSO 67.01.04:06 para quesos no madurados. (en línea). Consultado 07 feb 2020. Disponible en: <https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/varios/NORMAS/LACTEOS/NSO67.01.04.06%20QUESOS%20NO%20MADUROS.pdf>
- Ramírez Ramírez, JC; Rosas Ulloa, P; Velásquez González, MY; Ulloa, JA; Arce Romero, F. 2011. Bacterias lácticas: importancia en alimentos y sus efectos en la salud. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Nayarit, México, Universidad Autónoma de Nayarit. 16 p.
- SC (Superintendencia Competencia de El Salvador). 2010. Estudio sobre condiciones de competencia del sector de quesos en El Salvador (en línea). Consultado 17 set. 2020. Disponible en: https://www.sc.gob.sv/wp-content/uploads/estudios_IE/estudios_PDF/Estudio_Quesos.pdf
- Torres Rivera, T; Sorto Álvarez, MR. 2003. Aplicación de la estadística al análisis químico. Tesis Msc. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. 475 p.
- UTN (Universidad Técnica Nacional, CR). S. f. Elaboración de productos lácteos: queso semimaduro.
- Vásquez, SM; Suárez Mahecha, H; Zapata Bustamante, S. 2009. Utilización de sustancias antimicrobianas producidas por bacterias ácido lácticas en la conservación de carne. *Revista Chilena de Nutrición* 36(1):64-71.



Artículo científico

Efecto de la alimentación con hojas de ojushte (*Brosimum alicastrum* Swartz) y hojas de chaya (*Cnidoscolus chayamansa*) en la ganancia de peso de conejos de engorde de la raza neozelandés

Effect of feeding with ojushte leaves (*Brosimum alicastrum* Swartz) and chaya leaves (*Cnidoscolus chayamansa*) on the weight gain of New Zealand fattening rabbits

Quintanilla Menjivar, C.I.¹, Serrano Sibrian, F.L.¹, Meléndez Calderón, O.L.², Oviedo Zelaya, R.²

Correspondencia:
israel9020@hotmail.com

Presentado:
12 de febrero de 2021
Aceptado:
17 de septiembre de 2021

- 1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Medicina Veterinaria, tesista.
2 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Medicina Veterinaria, docente asesor.

RESUMEN

Con el propósito de mejorar la ganancia de peso, rendimiento en canal y el contenido proteico de la carne de conejos de engorde neozelandés, se realizó una investigación en la cual se suplementó la ración diaria de concentrado comercial con 4 onzas de follaje de ojushte (*Brosimum alicastrum*) y chaya (*Cnidoscolus chayamansa*). Esta se desarrolló con 18 conejos de raza neozelandés de 30 días de edad alojados en jaulas, a través de un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos: T₀: 4 onzas de concentrado, T₁: 4 onzas de concentrado + 4 onzas de hojas de chaya, T₂: 4 onzas de concentrado + 4 onzas de hojas de ojushte. Se aplicó análisis de varianza y prueba de contrastes a las variables de rendimiento en canal y ganancia de peso, los tratamientos proporcionaron efectos similares en dichas variables. La verificación de la calidad generada, se realizó con un análisis bromatológico para cuantificar el contenido proteico de la carne de los conejos de los tratamientos en estudio. El mejor peso final se obtuvo con el T₁ con 3.98 libras a las siete semanas en engorde. El mejor rendimiento en canal se obtuvo con el T₀: 2.07 libras. El mayor contenido proteico (18.87%) se obtuvo en la carne de conejos suplementados con chaya. En general, se recomienda la suplementación de la dieta de conejos de engorde basada en cuatro onzas de concentrado comercial (50%) con cuatro onzas de follajes (50%) de ojushte o chaya, ya que permiten obtener canales magras, nutritivas y a menor costo.

Palabras clave: chaya, ojushte, contenido proteico, conejos.

ABSTRACT

In order to improve the weight gain, carcass yield and the protein content of the meat of New Zealand fattening rabbits, an investigation was carried out in which the daily ration of commercial concentrate was supplemented with 4 ounces of ojushte foliage (*Brosimum alicastrum*) and chaya (*Cnidoscolus chayamansa*). This was developed with 18 30-day-old New Zealand breed

rabbits housed in cages, through a completely randomized design with three treatments: T0: 4 ounces of concentrate, T1: 4 ounces of concentrate + 4 ounces of chaya leaves, T2: 4 ounces of concentrate + 4 ounces of ojushte leaves. Analysis of variance and test of contrasts were applied to the variables of carcass performance and weight gain, the treatments provided similar effects in these variables. The verification of the quality generated was carried out with a bromatological analysis to quantify the protein content of the meat of the rabbits of the treatments under study. The best final weight was obtained with the T1 with 3.98 pounds at seven weeks fattening. The best carcass performance was obtained with the T0: 2.07 pounds. The highest protein content (18.87%) was obtained in the meat of rabbits supplemented with chaya. In general, the supplementation of the diet of fattening rabbits based on four ounces of commercial concentrate (50%) with four ounces of foliage (50%) of ojushte or chaya is recommended, since they allow to obtain lean, nutritious carcasses and at a lower cost.

Keywords: chaya, ojushte, protein content, rabbits.

INTRODUCCIÓN

Con el fin de identificar follajes tropicales alternativos de alta nutrición para la alimentación de conejos, es necesario conocer los efectos de dichos follajes y medir factores zootécnicos como ganancia de peso y rendimiento en canal. El conejo puede aprovechar un 25% más que el resto de los mamíferos los nutrientes que ofrecen las plantas y transformarlo en nutrientes depositados en sus músculos (Botero y De la Ossa 2003).

Anteriormente en Latinoamérica, se han realizado estudios donde se utiliza la hoja de chaya (Gutiérrez 2013) y ojushte (Martínez *et al.* 2010), como alimento para conejos de engorde; los resultados han sido favorables al incluirlos en la dieta diaria, sin embargo, la información acerca del uso de las alternativas planteadas es escasa.

En las últimas décadas, el consumo de proteína por parte de la población urbana como rural ha ido disminuyendo debido al alto costo de la canasta básica en general, asimismo, la producción de proteína de origen animal es insuficiente (DIGESTYC 2014). A la vez, factores socioculturales, sobrepoblación y limitantes económicas, atentan contra la seguridad alimentaria y nutricional de la población salvadoreña especialmente de los estratos menos favorecidos. De igual forma, son elementos que disminuyen las posibilidades de acceder a carnes de alta calidad, como la de conejo, agregando que se conoce muy poco en nuestro entorno sobre las propiedades nutritivas y beneficios, entre las cuales, se destacan: proteína

(21 g), calcio (20 mg), fósforo (350 mg), bajos niveles de lípidos (8 g) y sodio (40 mg) (Lebas *et al.* 1996). A nivel de mercados y supermercados la carne de conejo se encuentra a USD 3.60 la libra, comparada con la carne de pollo a USD 1.45 la libra, lo que hace que esta última carne sea más accesible para la población en general.

Por lo tanto, existe la necesidad urgente de explorar el uso de fuentes altamente nutritivas no convencionales para implementarlas en la dieta animal y así obtener alimentos de consumo humano, con mejor contenido de nutrientes, higiénicos y de mejor calidad. Con esto, también se busca reducir los costos de producción para ofrecer alimento a precios más accesible para toda la población salvadoreña y contribuir a la Seguridad Alimentaria y Nutricional.

El estudio, planteó el efecto de la alimentación con hojas de ojushte (*Brosimum alicastrum* Swartz) y hojas de chaya (*Cnidocolus chayamansa*) en la ganancia de peso de conejos de engorde de la raza neozelandés, los cuales presentan niveles de proteína con base húmeda de 5.4 g y 7.09 g respectivamente, para mejorar el contenido proteico de la carne y alcanzar el peso comercial en un período de tiempo menor al tradicional (Gonzales y Caravaca s.f.). A la vez, disminuir el uso de concentrados comerciales y lograr un menor costo de producción, para favorecer a los diferentes sectores poblacionales con la posibilidad de adquirir o producir proteína animal, utilizando estas alternativas forrajeras en la alimentación de conejos de engorde.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la colonia Libertad, Avenida Morazán B, San Salvador; donde se registraron temperaturas promedio entre los 19 y 33 °C, a una altura de 711 metros sobre el nivel del mar. El trabajo se dividió en tres fases: fase pre experimental, fase experimental y fase de laboratorio, cada fase se detalla a continuación:

Fase pre experimental

Consistió en adaptar a los gazapos al ambiente, al cambio de dieta a base de concentrado comercial y homogenizar sus pesos, administrándoles dicho alimento *ad libitum* a cada unidad experimental durante una semana, para reagrupar los gazapos de acuerdo a su talla (pequeña, mediana y grande). Posteriormente aleatorizar los tratamientos e iniciar la fase de adaptación de los tratamientos con follajes, durante la cual se suministró junto el concentrado comercial, la ración de hojas de чая y ojushte, respectivamente, para cada unidad experimental, obteniendo el consumo y aceptación del follaje y a la vez se identificaron los efectos secundarios generados por las plantas en estudio, esta etapa fue de una semana.

Fase experimental

Se desarrolló en un periodo de cinco semanas, en la que, se suministró a cada conejo (unidad experimental), la ración total de alimento de acuerdo a su tratamiento respectivo en dos porciones al día, de 2 onzas de concentrado para todos los conejos de cada tratamiento y 2 onzas de follaje previamente tratado para las unidades experimentales de los tratamientos T_1 (50 % concentrado comercial + 50% hojas de чая) y T_2 (50 % concentrado comercial + 50% hojas de ojushte) en cada porción. El T_0 contenía 4 onzas de concentrado comercial (100% concentrado comercial).

Metodología estadística

El diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completos al Azar, se evaluaron tres tratamientos

con seis repeticiones cada uno, en total sumaron 18 unidades experimentales. Se utilizó este diseño ya que se buscaba bloquear el efecto de diferencias de peso en las unidades experimentales y así reducir el error experimental. El factor en estudio fue el efecto de dos alternativas forrajeras como suplementos alimenticios con hojas de чая y ojushte en conejos de engorde de la raza neozelandés. Los tratamientos evaluados fueron T_0 : 4 onzas de concentrado comercial, T_1 : 4 onzas de concentrado comercial + 4 onzas de follaje de чая, T_2 : 4 onzas de concentrado comercial + 4 onzas de follaje de ojushte.

Manejo del material vegetal

Las materias primas de cada tratamiento (follaje) se recolectaron con una tijera de podar y una guillotina corta ramas, luego se almacenaron para su posterior transporte en sacos de nylon. Después, en una balanza de mesa digital se pesaron las raciones de follaje para cada conejo, de manera que se facilitaran sus respectivos tratamientos. Cada ración de hojas tanto de чая como ojushte se conservó en un refrigerador.

Para la preparación de los suplementos proteicos se realizó el siguiente procedimiento:

1. Se cortaron las hojas de чая un día antes de ofrecerlas a los conejos, se colocó agua a hervir y una vez en ebullición se sumergieron las hojas durante 20 minutos para eliminar las partículas de glucósidos cianogénicos que contiene la hoja; después se colocaron sobre papel periódico para eliminar el exceso de humedad de la hoja y se ofreció a los conejos, con base a la distribución de los tratamientos colocando dicha ración sujeta en el techo de cada compartimento.
2. Se cortaron las hojas de ojushte un día antes de ofrecerlas a los conejos para que liberaran la sustancia lechosa (látex) luego se les proporcionó de igual manera que en el paso anterior, colocando la ración sujeta en el techo de cada compartimento.

Manejo del concentrado comercial

El concentrado comercial de conejo se adquirió en una distribuidora de productos agropecuarios.

Proceso de Faenado

Cuando los conejos llegaron al peso vivo de cuatro libras, finalizó la fase experimental. Se procedió al sacrificio de los mismos. Para registrar el peso de la canal de cada individuo, se pesaron en una balanza digital de mesa. Posteriormente, se realizó la necropsia de cada uno con el objetivo de buscar e identificar anomalías en color, tamaño, textura y lesiones en estómago, páncreas, intestinos, hígado, bazo, riñones, corazón y pulmones. Se tomó como base las vísceras rojas de un conejo del tratamiento testigo para poder comparar con el resto de tratamientos en estudio.

Fase de laboratorio

Para el análisis del contenido proteico se tomó una muestra de carne de los músculos abdominales rectos de los seis conejos de cada tratamiento, para obtener tres muestras en total y hacer el respectivo análisis. La muestra se obtuvo con un bisturí y una pinza, se tomó una porción de carne de 20 gramos de cada repetición (conejo) en cada tratamiento, hasta completar así los 120 gramos de carne por tratamiento. Cada muestra se almacenó en un recipiente hermético debidamente identificado y se refrigeró durante una noche para

luego transportarlas al Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, donde se realizó el análisis bromatológico para cuantificar el contenido de proteína de cada muestra. Para la evaluación del contenido de proteína se aplicó el método bromatológico de Kjeldahl, se utilizó una muestra de 100 gramos de carne por cada tratamiento (García y Fernández s.f.). Asimismo, se realizaron análisis bromatológicos de las hojas de ojushte y hojas de chaya, a fin de cuantificar el contenido de nitrógeno proteico, fibra cruda, humedad parcial, cenizas, extracto etéreo y carbohidratos.

Análisis económico

Para el análisis económico de la investigación, se aplicó el método propuesto por El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, el cual se fundamenta en un presupuesto parcial, análisis de dominancia y beneficios netos (CIMMYT 1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ganancia de peso

Los tratamientos en estudio no presentaron diferencias estadísticas significativas (Tabla 1), por lo que producen similares efectos en la variable peso final, con un nivel de significancia del 5%.

Tabla 1.

Análisis de varianza de la variable peso final de los conejos de engorde de la raza neozelandés.

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	0.12	2	0.06	1.24	0.3166 NS
Tratamientos	0.12	2	0.06	1.24	0.3166 NS
Error	0.74	15	0.05		
Total	0.86	17			

FV: variable, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, NS: no significativo
 CM: cuadrado medio, F: estadístico calculado, p-valor: valor de p correspondiente.

No obstante, al analizar los promedios, el mayor peso final lo obtuvo el tratamiento 1 (T₁) (concentrado + chaya) con 4.33 libras, seguido del tratamiento 0 (T₀) (concentrado) con 4.10 libras, y el tratamiento 2 (T₂) (concentrado + ojushte) con 4.09 libras, estos pesos se lograron en siete semanas en fase de engorde (Tabla 2 y 5).

La suplementación diaria de 4 onzas de hojas de chaya a la ración de 4 onzas de concentrado comercial o 4 onzas de hojas de ojushte a la ración 4 onzas de concentrado comercial, produjeron efectos favorables en la variable peso final, en comparación al suministro únicamente de concentrado comercial. Con ambos follajes se encontraron los mejores efectos de peso final, por lo tanto, el uso de hojas de chaya superó al concentrado solo (4.33 g) y con hojas de

ojushte los valores casi fueron iguales (4.09 g) (Cuadro 2). Gonzales y Caravaca (s.f.) en su obra sugieren que para que un conejo obtenga el peso comercial entre 4.00 a 4.40 libras se necesitan ocho semanas de etapa de engorde después del destete, siendo este el tiempo tradicional para engordar un conejo bajo un sistema de alimentación basado en el uso de alimento concentrado comercial.

Según lo sugerido por Gonzales y Caravaca (s.f.), los resultados obtenidos en la investigación se encuentran en los parámetros planteados por ellos, ya que en un periodo de siete semanas se reportaron pesos entre 4.09 a 4.33 libras en peso vivo, por lo cual los conejos en estudio lograron el peso requerido para su comercio en una semana menos al tiempo tradicional.

Tabla 2.

Pesos finales mínimos, máximos y promedio de los conejos en fase de engorde

Tratamiento	Peso final mínimo	Peso final máximo	Peso promedio
T ₀	3.61	4.10	3.85
T ₁	3.54	4.33	3.93
T ₂	3.61	4.09	3.85

Peso de la canal

Con respecto al peso de canal, no se reportan diferencias estadísticas significativas y el análisis de varianza de los tratamientos en estudio produjo efectos similares con un nivel de significancia del 5%. Sin embargo, al analizar los promedios se encontró una leve superioridad en el tratamiento

T₁ (concentrado comercial + hojas de chaya) el cual reporta el mayor valor con 2.11 gramos, seguido por T₀ (concentrado comercial) con 2.07 gramos y el menor valor el T₂ (concentrado comercial + hojas de ojushte) con 2.00 gramos como se observa en la Figura 1, la diferencia entre los tratamientos no es considerable y tal como lo indica el análisis de varianza, no existen diferencias significativas (Tabla 3).

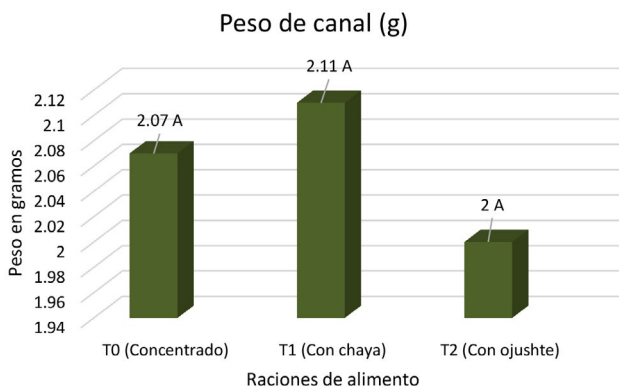
Tabla 3.

Análisis de varianza de la variable peso de canal de los conejos de engorde

FV	SC	GL	CM	F	p-valor
Modelo	0.04	2	0.02	0.97	0.4011
Tratamientos	0.04	2	0.02	0.97	0.4011
Error	0.27	15	0.02		
Total	0.31	17			

FV: variable, SC: suma de cuadrados, GL: grados de libertad, NS: no significativo
CM: cuadrado medio, F: estadístico calculado, p-valor: valor de p correspondiente

Figura 1.
Peso de canal de los conejos

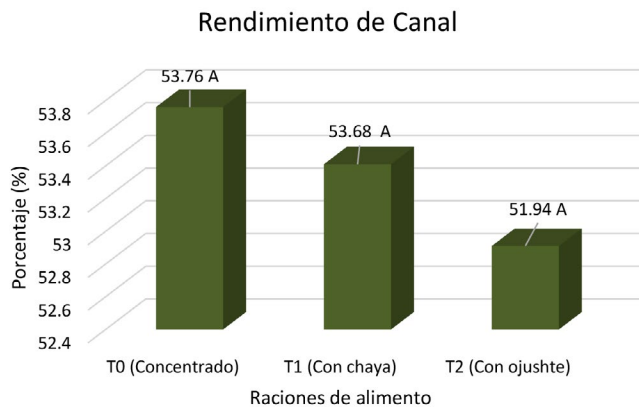


Rendimiento de la canal

Al relacionar el peso promedio de la canal, con el peso promedio final del conejo, no se reportaron diferencias estadísticas significativas al realizar el análisis de varianza. No obstante, al comparar los promedios, se encontró una leve superioridad en

el tratamiento T_0 (concentrado comercial), el cual reporta el mayor valor con 53.76%, seguido por T_1 (concentrado comercial + chaya) con 53.68% y el menor valor el T_2 (concentrado comercial + hojas de ojushte) con 51.94% (Figura 2 y tabla 5), la diferencia entre los tratamientos no es considerable.

Figura 2.
Rendimiento en canal de los conejos

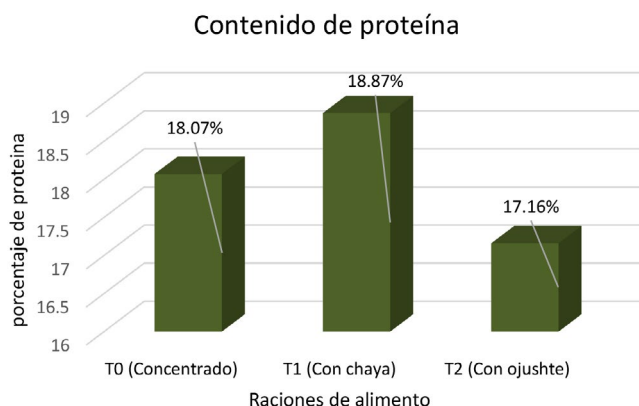


Contenido de proteína en la carne

El mayor contenido lo presentó la muestra de carne de conejos alimentados con concentrado comercial más hojas de chaya con 18.87%, valor que se encuentra en el promedio del estudio realizado por Salvini *et. al* (1998) (18.1 - 23.7%), mientras que el concentrado comercial reportó un nivel promedio con 18.07%, y finalmente el concentrado comercial con hojas de ojushte un 17.16% de proteína, lo cual podría deberse

a un alto contenido de fibra con 10.3 gramos en las hojas frescas de ojushte, comparado con el contenido de fibra de las hojas frescas de chaya con 2.6 gramos (Tabla 4), lo que según Gallardo (1979), implica un tránsito más acelerado de los alimentos en el tracto gastroentérico de los conejos, debido al incremento de la masa fecal por una dieta rica en fibra insoluble, lo que se refleja en un menor aprovechamiento y deposición de los nutrientes en el organismo del animal.

Figura 3.
Contenido de proteína en 100 gramos de carne de conejo



Según Lebas *et al.* (1996), las hojas frescas de chaya presentan un contenido de proteína de 7.09% y las hojas frescas de ojushte presentan un contenido de proteína de 5.4% (Tabla 4), sin embargo, los conejos de engorde necesitan entre 16 y 18% de proteína,

ambos follajes ofrecen una proteína vegetal de alta calidad que al ser suministrada como suplemento en la ración diaria de concentrado comercial permiten un mejor aprovechamiento de los nutrientes que se refleja en el rendimiento en canal.

Tabla 4.
Contenido nutricional de las hojas de chaya (*Cnidoscolus chayamansa*) y hojas de ojushte (*Brosimum alicastrum* Swartz)

Hoja	Proteína	Fibra cruda	Humedad	Cenizas	Extracto etéreo	Carbohidratos
Chaya	7.09 %	2.16 g	76.75 g	2.21 g	1.00 g	12.95 g
Ojushte	5.4 %	10.3 g	61.1 g	-	1.3 g	-

El estudio realizado por Deltoro y López (1992), menciona que el rendimiento en canal incrementa con la edad de sacrificio, al encontrar mejores resultados en el contenido magro de conejos sacrificados a las 16 semanas de vida con un 60% de rendimiento en canal, sin embargo, el mayor rendimiento en canal obtenido por los tratamientos en estudio fue de 53.76% con 11 semanas de edad (Tabla 5). De acuerdo con Ouhayoun (1992), un aumento en la velocidad de crecimiento individual supone también un menor peso relativo del contenido digestivo y un mayor rendimiento en canal. En el caso de los conejos del tratamiento testigo (T_0), solo tres animales alcanzaron el peso de cuatro libras y esos mismos rindieron dos libras en canal; además, para el tratamiento 1 (T_1) todos los conejos rindieron más de dos libras, a pesar de que solo cinco conejos lograron el peso comercial de cuatro libras. En cuanto a los conejos del tratamiento 2 (T_2),

únicamente uno alcanzó el peso de cuatro libras a las siete semanas, pero el resto de los conejos rindieron más de dos libras en canal. Por lo que los resultados en el rendimiento en canal podrían atribuirse al aspecto genético de los animales en cuanto a la velocidad de crecimiento.

Inspección de vísceras rojas

En la inspección de vísceras rojas de las canales de los conejos de los T_1 (50% concentrado comercial + 50% hojas de chaya) y T_2 (50% concentrado comercial + 50% hojas de ojushte) comparados con la canal del tratamiento testigo (T_0) (100% concentrado comercial) utilizada como referencia, se concluye que no se encontraron lesiones o alteraciones en las vísceras rojas en su coloración, textura o tamaño que pudieran indicar toxicidad debido a la suplementación de los follajes alternativos en la dieta diaria.

Tabla 5.

Resumen de los promedios de las variables en estudio en los conejos de la raza neozelandés.

Tratamientos	Variable	N	Media	DE	CV
T ₀ : 100% Concentrado	Peso inicial	6	1.08	0.08	7.76
T ₀ : 100% Concentrado	Peso final	6	3.85	0.21	5.49
T ₀ : 100% Concentrado	Peso de la canal	6	2.07	0.17	8.04
T ₀ : 100% Concentrado	Rendimiento de canal	6	53.76	0.14	6.76
T ₁ : 50% Concentrado+50% chaya	Peso inicial	6	1.33	0.05	3.84
T ₁ : 50% Concentrado+50% chaya	Peso final	6	3.93	0.26	6.48
T ₁ : 50% Concentrado+50% chaya	Peso de la canal	6	2.11	0.08	3.57
T ₁ : 50% Concentrado+50% chaya	Rendimiento de canal	6	53.68	0.17	5.02
T ₂ : 50% Concentrado+50% ojushte	Peso inicial	6	1.21	0.08	6.22
T ₂ : 50% Concentrado+50% ojushte	Peso final	6	3.85	0.19	5.03
T ₂ : 50% Concentrado+50% ojushte	Peso de la canal	6	2.00	0.15	7.35
T ₂ : 50% Concentrado+50% ojushte	Rendimiento de canal	6	51.94	0.17	6.19

N: unidades experimentales, media: media de los tratamientos, D.E.: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación.

Al realizar la necropsia de los conejos se identificaron coloraciones grisáceas en los pulmones de las unidades experimentales cuatro y cinco del T₁ (50% concentrado comercial + 50% hojas de chaya) las cuales al revisar la literatura son similares a las que describe Lesbouyries (s.f.) y Bivin y King (1997), quienes reportan los síntomas tales como estornudos, flujo seroso, claro a purulento que se observan en cuadros de rinitis pasterelósica, los cuales se asemejaban a los síntomas presentados por los conejos afectados.

Análisis económico

Se estableció el costo a los follajes de chaya y ojushte; se asignó un valor a la poda y al transporte de las hojas, ya que el follaje no posee un valor, sino que el proceso para adquirirla. El concentrado comercial obtuvo el mayor beneficio costo con USD 7.64 y los tratamientos con hojas de chaya y ojushte obtienen un beneficio costo más bajo USD 3.41 y USD 4.10, respectivamente (Tabla 6). Los beneficios netos (Tabla 7), pueden incrementar si el productor tiene acceso gratuito a los follajes alternativos planteados en la investigación, ya que ambas plantas son silvestres. Por otra parte, particularmente con el tratamiento

de chaya se obtienen rendimientos en canal arriba de las dos libras y un contenido de proteína de la carne de 18.87% mayor que la carne obtenida por el concentrado comercial con 18.09%, lo cual desde el punto de vista nutricional es mejor para poder contribuir con la seguridad alimentaria de la población ofreciendo carne de alta calidad.

CONCLUSIONES

Aunque no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, al analizar los promedios, se encontró el mejor resultado en la variable ganancia de peso de los conejos de la raza neozelandés alimentados con 50% concentrado comercial y 50% hojas de chaya; mientras que el mejor rendimiento de canal fue para los conejos alimentados con 100% concentrado comercial.

Al no encontrarse diferencias estadísticas significativas en los tratamientos, se puede afirmar que todas las raciones preparadas mejoraron la ganancia de peso, rendimiento de canal y porcentaje de proteína en 100 g de carne.

De acuerdo al análisis bromatológico de 100 g de carne, el mayor contenido de proteína se obtuvo con

Tabla 6.
 Presupuesto parcial (valores en dólares americanos)

	T0	T1	T2
Rendimiento Promedio (lb)	12.42	12.66	12.00
Rendimiento ajustado (lb)	-	-	-
Beneficio Bruto de Campo	37.26	37.98	36
Costos Variables			
Conejo	12.00	12.00	12.00
Precio hojas de chaya	0	8.59	0
Precio hojas de ojushte	0	0	4.29
Concentrado consumido por el precio	14.64	11.58	13.11
Mano de obra suministro de material vegetal		1.25	1.25
Mano de obra suministro de concentrado	2.50	1.25	1.25
Total CV	29.14	34.47	31.90
Beneficio Neto de Campo	7.64	3.41	4.10

Tabla 7.
 Beneficios netos y costos variables de los tratamientos en estudio

Tratamiento	Costos Variables \$	Beneficios Netos \$	
T0: 100% concentrado comercial	29.14	7.64	
T2: 50% concentrado comercial + 50% hojas de ojushte	31.87	4.10	Dominado
T1: 50% concentrado comercial + 50% hojas de chaya	34.24	3.41	Dominado

la alimentación de 50% concentrado comercial y 50% hojas de chaya.

En el análisis económico, la ración alimenticia basada en 100% concentrado comercial permitió obtener mejores beneficios netos de USD 7.64.

BIBLIOGRAFÍA

- Bivin, S; King, W. 1997. Crianza de conejos saludables. Seattle, Estados Unidos. Christian Veterinary Mission. p. 79-80.
- Botero, L; De la Ossa, J. 2003. Guía para la cría, manejo y aprovechamiento sostenible de algunas especies animales: mamíferos herbívoros domésticos. Bogotá, CO. Convenio Andrés Bello. p. 47-49.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, MX). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México Distrito Federal, MX. p. 25-31.
- Deltoro, J; López, A. 1992. Factores que determinan la calidad y el rendimiento en canal. *Revista Mundo Ganadero* 3(7-8): 70-75
- DIGESTYC (Dirección General de Estadísticas y Censos, SV). 2014. Canasta Básica Alimentaria (en línea). San Salvador, SV. Consultado 27 abr. 2015 Disponible en <http://www.digestyc.gov.sv/index.php/servicios/en-linea/canasta-basica-alimentaria.html>
- Gallardo, J. 1979. Efectos nutricionales de la utilización de fibra en las dietas de monogástricos. Barcelona, ES. p. 288-292.
- García, M; Fernández, S. s.f. Determinación de proteína de un alimento por el método Kjeldahl valoración con un ácido fuerte (en línea). Universidad Politécnica de Valencia, ES Consultado 5 jul.

- 2015 Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinaci%C3%B3n%20de%20proteinas.pdf?sequence=>
- Gonzales, P; Caravaca, F. s.f. Producción de conejos de aptitud cárnica (en línea). Córdoba, AR. Consultado 12 oct. 2015. Disponible en http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/09_10_34_Cunicultura.pdf
- Gutiérrez, D. 2013. Evaluación del comportamiento productivo de conejos (*Oryctolagus cuniculus*), en la fase de engorde, alimentados con diferentes niveles de inclusión de forraje chaya (*Cnidocolus* sp.). Tesis Ing. Agr. Coban, GT, CUNOR. 47 p
- Lebas, F; Coudert, P; Rochambeau, H de; Thébault, R. 1996. Conejo: Cría y Patología. 2 ed. Roma, IT. FAO. p. 15-21.
- Lesbouyries, G. s.f. Enfermedades del conejo: Enfermedades infecciosas. Zaragoza, ES. Acribia. p. 295-297
- Martínez, R; Santos, R; Ramírez, L; Sarmiento, L. 2010. Utilización de ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) y Cayana (*Hibiscus rosa-sinensis* L) en la alimentación de conejo. Zootecnia Tropical. 28(2): 153-161.
- Ouhayoun, J. 1992. Factores que determinan la calidad y el rendimiento en canal. Mundo Ganadero 3(7-8):74.
- Salvini, S; Parpinel, M; Gnagnarella, P. 1998. Base de datos de composición de alimentos de Estudios Epidemiológicos en Italia (en línea). Istituto Europeo di Oncologia. Milán, IT. Consultado 8 dic. 2015. Disponible en <http://www.bda-ieo.it/>



Artículo científico

Comparación de contenido de proteína, grasa, calcio y fósforo de grillos (*Acheta domestica*), en su etapa juvenil, alimentados con diferentes sustratos

Comparison of protein, fat, calcium and phosphorus content of crickets (*Acheta domestica*), in its juvenile stage, fed with different substrates

Castillo-Lizama, A.D.¹, Escobar-Henríquez, P.R.¹, Lazo-Jovel, A.M.¹, Serrano-Cervantes, L.², Solano-Melara, N.S.³, Martínez-Umaña, E.⁴

Correspondencia:
anitadelmycl@gmail.com

Presentado:
20 de agosto de 2021
Aceptado:
04 de noviembre de 2021

- 1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal.
- 2 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Protección Vegetal. Director.
- 3 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Química Agrícola. Director.
- 4 Parque Zoológico Nacional, El Salvador, Departamento de Biología, Directora.

RESUMEN

La investigación se realizó en el Parque Zoológico Nacional de El Salvador durante once semanas (junio-septiembre 2020), en las que se determinó el contenido de proteína, grasa, calcio y fósforo de los grillos (*Acheta domestica*) en etapa juvenil a través del cambio del alimento que se ofrece gracias a un estudio bromatológico realizado en el Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencia Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Se concluyó que la utilización de niveles de proteína más altos en la alimentación de *A. domestica* no genera mejores valores de aprovechamiento, sin embargo, ocurre lo contrario cuando se presentan niveles más altos de grasa, calcio o fósforo.

Palabras claves: grillo doméstico, *Acheta domestica*, análisis bromatológico.

ABSTRACT

The research was carried out in the National Zoological Park of El Salvador for eleven weeks (June-September 2020), in which the protein, fat, calcium and phosphorus content of crickets (*Acheta domestica*) in juvenile stage was determined through the change in the food offered thanks to a bromatological study carried out in the Department of Agricultural Chemistry of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador. It was concluded that the use of higher protein levels in the *A. domestica* diet does not generate better utilization values, however, the opposite occurs when higher levels of fat, calcium or phosphorus are present.

Key words: domestic cricket, *acheta domestica*, bromatological analysis.

INTRODUCCIÓN

Los insectos aparecieron en la tierra, hace 350 millones de años, desde entonces constituyen la forma de seres vivos más numerosa, ya que representan el 80% de los animales existentes. Los insectos en sus diferentes estados (huevo, larva, pupa y adulto) son ricos en proteína (20 a 70 %), aminoácidos esenciales, lípidos (5 a 35 %), carbohidratos (2 a 10 %), vitaminas y minerales. El consumo de insectos por parte de animales, incluyendo al hombre es ancestral y se puede observar de forma cotidiana en la naturaleza (Valdiviá 2016), dentro de estos, el grillo doméstico (*Acheta domesticus*) es fácil de criar en cautiverio y puede producir hasta siete generaciones de grillos/año. Por ser un insecto omnívoro se puede alimentar con piensos, frutas, raíces, semillas, cereales, verduras, hojas, flores, áfidos, pequeñas orugas, pequeños insectos e incluso insectos muertos (Erens *et al.* 2012).

Muchos animales se pueden alimentar de grillos, pero en este caso la investigación se centró en los anfibios, es decir, el benefició de estos al ser alimentados con grillos. Los anfibios son una parte crucial en un mundo natural y saludable, se estima que entre una tercera parte y la mitad de todas estas especies pueden desaparecer en el futuro inmediato (Amphibian ark 2008).

La investigación se orientó a generar nuevas alternativas de alimentación como es el grillo doméstico, y así aumentar su valor nutricional para ser ofrecido a los animales, especialmente a los anfibios del Parque Zoológico Nacional de El Salvador.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación geográfica, duración y unidades experimentales

La investigación se realizó en el Herpetario del Parque Zoológico Nacional, ubicado en final calle Modelo, San Salvador, El Salvador. Las unidades experimentales fueron 6,400 ninfas de grillos de la especie *Acheta domesticus* de un día de nacidos sin

sexado. Se alimentaron con cuatro diferentes tipos de tratamientos.

Metodología de campo

Etapa 1: Preparación de materiales

El pie de cría de grillo *Acheta domesticus*, fue proporcionado por el Parque Zoológico Nacional, y los alimentos concentrados de pollo, tilapia, perro y gato para los tratamientos fueron obtenidos por el equipo de tesis, el contenido nutricional se presenta en la Tabla 1. Para el pesaje de la ración diaria de alimento ofrecido cada 24 horas, se utilizó una báscula digital con capacidad de 11 libras, la cantidad de concentrado se observa en la Tabla 2.

Etapa 2: Preparación de instalaciones, equipos para recepción de grillos

En el Herpetario del Parque Zoológico Nacional, los grillos fueron alojados en una galera de 3 metros de largo por 3 metros de ancho y 2.50 metros de altura, con piso de tierra, paredes de concreto y techo de lámina aluminio zinc. Al interior de la galera se instaló un mueble metálico de 2 x 1 x 0.30 metros y sobre este se colocaron dieciséis cajas de plástico translucido con medidas 37 x 27 x 17 cm con un agujero en la parte superior, cubierto con malla metálica para proveer de aire y luz a las unidades experimentales, a la vez se instaló un dormitorio construido con cartón para huevos por caja, un depósito para sustrato y uno para agua, el tamaño de estos varió de acuerdo a su edad.

Previo a la instalación se barrió con escobas el polvo y todo tipo de material que se encontraba en las paredes de la galera y del mueble metálico. El mueble metálico se lavó con abundante agua y detergente comercial para retirar la mayor parte de suciedad existente en el mismo.

Etapa 3: Recolección y análisis estadístico de la información

Los datos del manejo de rutina se tomaron en una hoja de registro cada dos días durante tres meses. Se realizó un cálculo de parámetros con un análisis

Tabla 1.
 Contenido nutricional de los concentrados utilizados en cada tratamiento.

Nutriente	Tipo de Concentrado			
	Pollo de Inicio	Tilapia de Inicio	Gato	Perro Cachorro
Proteína	23%	28%	30%	26%
Grasa	4.50%	3.50%	10%	10%
Fibra	3%	6%	8%	
Calcio	1.50%	1.50%	2%	
Fósforo total	0.70%	0.70%	0.60%	0.65%
Ceniza	5.75%	5%		
Sal	0.60%			1.50%
Energía Met		2,900Kcal/kg		3,100Kcal/kg

Tabla 2.
 Raciones diarias de alimento y agua, por cada repetición.

Semana	Etapas de vida del grillo	Cantidad de alimento (g) por caja	Cantidad de agua (ml) por caja
1°	Ninfa pequeña	5.67	5
2°		11.34	25
3°		17.01	25
4°		22.68	50
5°		28.35	50
6°		34.02	50
7°		39.69	75
8°	Ninfa juvenil	45.36	75
9°		51.03	100
10°		56.70	100
11°		62.37	125

bromatológico al finalizar el tiempo de manejo de rutina y se culminó con la tabulación e interpretación de datos.

Metodología de laboratorio

Se obtuvieron cuatro muestras por cada tratamiento:

grillos alimentados con concentrado pollo (testigo, T0), concentrado para tilapia (T1), concentrado para perro (T2) y concentrado para gato (T3), es decir, un total de 16 muestras para su respectivo análisis bromatológico. Los análisis químicos utilizados fueron: método de Micro-Kjeldahl para proteína, principal objetivo de la investigación, método de Soxhlet para calcular grasa, método ultravioleta para el fósforo y método de espectroscopia de absorción atómica (llama) para determinar el calcio (Capetillo *et al.* 2010; Solano 2012).

En horas de la mañana, se retiraron manualmente los grillos de cada caja, se colocaron en una bolsa plástica rotulada y luego depositada en una hielera con hielo para su posterior traslado y congelación en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. No se esperó a que los grillos vaciaran el contenido intestinal, porque es así como se les ofrece a los anfibios que habitan en el Parque Zoológico Nacional.

Metodología estadística

Por la naturaleza de las unidades experimentales, se evaluaron por medio de un análisis de varianza con el software estadístico Infostat versión 2008, se usó un diseño estadístico completamente aleatorizado (DCA), y se compararon por medio de la prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 5%, ya que los grillos son homogéneos de acuerdo con el peso y edad. Se establecieron cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, las repeticiones contaban con 400 grillos cada una, haciendo un total de 6,400 grillos. Se evalúan las siguientes variables: porcentaje de proteína y grasa, además de concentración de calcio y fósforo en las muestras de los tratamientos en estudio en comparación al tratamiento testigo (T0).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos en el análisis bromatológico realizado en el Laboratorio de Química Agrícola de la Universidad de El Salvador se detallan en la Tabla 3.

Proteína

El análisis de varianza para porcentaje de proteínas, no presentó diferencias estadísticas, ya que resultaron no significativas ($P \geq 0,05$), por lo que se puede decir que estadísticamente los tratamientos en estudio, no producen diferencias en el porcentaje de proteína de la muestra, con un nivel de significancia del 5%. En los resultados de la prueba estadística de Tukey a un nivel del 5%, los tratamientos no son estadísticamente significativos con respecto al porcentaje de proteínas de las muestras. Con tal consideración y dando respuesta a la hipótesis planteada en el trabajo de investigación, se puede decir que las diferentes dietas alimenticias no aumentan los niveles de proteína en los grillos *Acheta domesticus*.

El tratamiento con el valor más elevado de proteína, fue la dieta de concentrado para tilapia con 60.55 % mientras que el tratamiento de concentrado para pollo presentó el porcentaje más bajo con 55.19% (Figura 1). En comparación con el estudio realizado por Valdivié (2016), se puede determinar que tiene valores más elevados de proteína con 63.6%, por lo tanto, se puede aseverar un mejor aprovechamiento de las dietas ofrecidas en dicha experimentación.

Proteinsecta (2018), manifiesta que cuanto más alta sea la temperatura (26 y 32°C) y más rica y variada la alimentación, más rápido crecerá, comparándose del mismo modo en la asimilación de nutrientes, por tanto, esta pudo verse afectada por la temperatura del área del herpetario designada a la investigación, la cual oscilaba entre 23.5 y 28°C.

FAO (2013) y Nakagaki & de Foliart (1991), mencionan que el grillo al ser un animal omnívoro puede aprovechar de manera eficiente muchos tipos diferentes de alimento, aún con sus variaciones nutricionales, y existe la posibilidad de que los diferentes niveles de proteína de cada concentrado, hayan sido aprovechados de una forma muy poco variable y significativa.

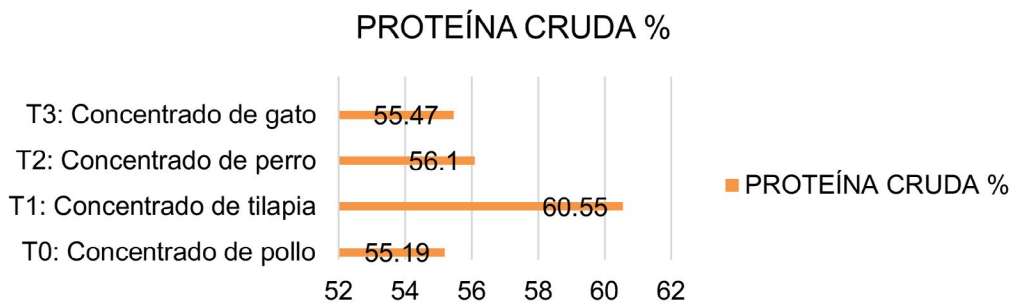
Wright y Whitaker (2010), mencionan que los cuidadores de zoológicos, veterinarios y

Tabla 3.
Análisis bromatológico de grillos *Acheta domesticus*

Muestra No.	Dieta No.	Composición	PROTEÍNA %	EXTRACTO ETÉREO %	CALCIO ppm	FÓSFORO ppm
1	0		56.62	20.96	2010.85	7307.69
2	0	Concentrado para Pollo	53.39	22.57	2214.74	6681.64
3	0		50.86	25.47	1779.81	8768.51
4	0		59.87	17.06	2082.35	11648.35
5	1		63.07	15.14	4138.47	11434.29
6	1	Concentrado para Tilapia	61.05	16.36	2732.63	8439
7	1		61.22	13.89	8160.75	9615.38
8	1		56.86	14.95	7348.67	11709.15
9	2		53.45	24.44	4410.24	6129.40
10	2	Concentrado para Perro	53.49	24.00	3400.40	6571.81
11	2		61.29	20.35	2338.13	8109.50
12	2		56.33	23.52	6389.81	7322.35
13	3		53.65	21.98	3896.1	8325.01
14	3	Concentrado para Gato	57.55	20.62	5947.8	7995.67
15	3		55.36	19.85	7981.53	8229.41
16	3		55.31	18.53	8685.56	9184.95

Fuente: Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Figura 1.
Comportamiento del contenido porcentual de proteína en muestras de grillos *Acheta domesticus*.



nutricionistas suelen centrarse en el análisis de los nutrientes en la dieta ofrecida a los anfibios, pero que el impacto de la calidad del agua en el desarrollo de los animales necesita ser revisado. Del mismo modo aludieron a que la importancia de la proteína en la nutrición de anfibios, radica en que una deficiencia

puede producir: subdesarrollo esquelético muscular y deficiencias de vitaminas.

Extracto Etéreo (grasa)

El análisis de varianza para la variable de porcentaje de extracto etéreo (grasa) (Figura 2),

presentó diferencias estadísticas, ya que resultaron significativas ($P \leq 0,05$); por lo que se puede decir que estadísticamente los tratamientos en estudio, producen diferencias en el porcentaje de extracto etéreo de la muestra, con un nivel de significancia del 5%. Con tal consideración, se puede confirmar que la dieta de concentrado para perro tiene el valor más alto en extracto etéreo (23.08%), seguido por la dieta de concentrado para pollo (21.52%), en tercer lugar la dieta de concentrado para gato (20.25%) y en cuarto lugar la dieta de concentrado para tilapia (15.09%), por lo tanto, se puede confirmar que la mejor dieta para elevar el contenido de extracto etéreo en anfibios a través del consumo del grillo *Acheta domesticus* es la de concentrado para perro (Figura 2).

En comparación con el estudio realizado por Valdivié (2016), donde se presenta al grillo doméstico con un porcentaje de extracto etéreo de 17.3%, se puede determinar que en este análisis se presentaron valores más elevados de grasa, por lo tanto, existió un mejor aprovechamiento del alimento ofrecido. Según Raubenheimer & Rothman (2013), estas características hacen del grillo doméstico un buen alimento para mascotas, por lo que su cría como alimento vivo es un buen recurso a la hora de alimentar a los animales insectívoros, ya que la grasa es necesaria para anfibios bajos de peso y deprimidos, porque es la principal fuente de energía, necesaria para la absorción de las vitaminas.

Mississippi State University (2000), menciona que los grillos tienen un valor nutricional muy adecuado, porque contienen menos grasa que el *Tenebrio spp.*

y esto es muy importante controlarlo en las dietas de los anfibios, pues un exceso puede traer como consecuencia una lipodosis corneal en los animales. Wright y Whitaker (2010), afirman que la importancia del extracto etéreo en la nutrición de anfibios radica en que una deficiencia o exceso del mismo puede producir: cálculos renales por alimentación a base de plantas con altos contenidos de oxalato, obesidad cuando hay dietas con excesos de grasas requeridas, lipodosis corneal, queratopatía y caquexia.

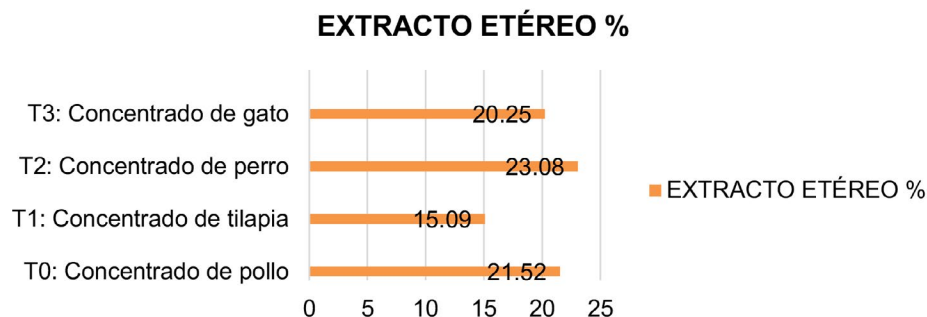
En los resultados de la prueba estadística de Tukey a un nivel del 5% al finalizar la semana 11, el T1 presentó diferencia significativa, es decir, los resultados más inferiores. En el caso de los tratamientos T3, T0 y T2, no hay diferencia significativa, ya que tienen los niveles de extracto etéreo más elevados (Figura 2).

Calcio

El análisis de varianza para la variable de concentración de calcio, presentó diferencias estadísticas ya que resultaron significativas ($P \leq 0,05$); por lo que se puede decir que estadísticamente los tratamientos en estudio, producen diferencias en la concentración de calcio de la muestra, con un nivel de significancia del 5%. Se puede confirmar que la dieta de concentrado para gato (T3) tiene el valor más alto en calcio (6627.75 ppm), dieta que difiere de la ofrecida a los grillos en el Parque Zoológico Nacional de El Salvador, seguido por la dieta de concentrado para tilapia (T1) (5595.13 ppm), en un tercer lugar la dieta de concentrado para perro (T2) (4134.65 ppm) y en cuarto lugar con la dieta de concentrado para pollo

Figura 2.

Comportamiento del contenido porcentual de extracto etéreo en muestras de grillos *Acheta domesticus*.



(T0) (2021.94 ppm), por lo tanto, se puede confirmar que la mejor dieta para elevar el contenido de calcio en anfibios a través del consumo del grillo *Acheta domestica* es la de concentrado para gato (Figura 3).

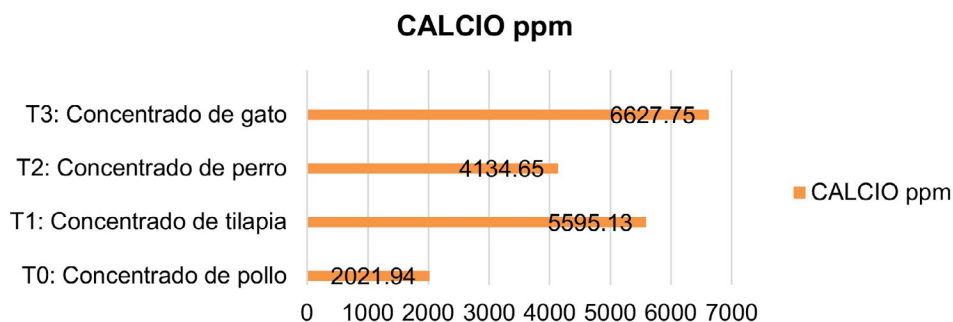
En el estudio realizado por Valdivié (2016), se presenta al grillo doméstico con un porcentaje de calcio de 1.01%, valor más elevado que en la investigación realizada, tomando en cuenta que 10,000 ppm equivale a 1%, esto quiere decir que en el estudio comparativo existió un mejor aprovechamiento del alimento ofrecido.

Según Ramos (1987), el calcio es un mineral esencial en la vida, el cuarto presente en el organismo después del agua, proteínas y las grasas, el grillo *Acheta domestica* es preferido porque genera mayor biodisponibilidad

de este mineral indispensable para el desarrollo de varias especies existentes actualmente en el Parque Zoológico Nacional. Wright y Whitaker (2010), mencionan que las etiologías comunes en los anfibios son un desequilibrio en los niveles de calcio y fósforo ingeridos en la dieta, y vitamina D3, o ingestión de otras sustancias (por ejemplo, vitaminas liposolubles, varios minerales, oxalatos) que interfieren con la absorción, excreción, o la utilización de cualquiera de estos tres compuestos. La importancia del calcio en la nutrición de anfibios radica en que una deficiencia del mismo puede producir: enfermedad ósea metabólica por desequilibrio en niveles de calcio, hueso metabólico por deficiencia de calcio, subdesarrollo esquelético muscular en conjunto con deficiencia de vitaminas y parálisis en conjunto con deficiencia de vitaminas.

Figura 3.

Comportamiento de la concentración de calcio en muestras de grillos *Acheta domestica*.



Fósforo

El análisis de varianza para la variable de concentración de fósforo, presentó diferencias estadísticas ya que resultaron significativas ($P \leq 0,05$); por lo que se puede decir que estadísticamente los tratamientos en estudio, producen diferencias en la concentración de fósforo de la muestra, con un nivel de significancia del 5%. Se puede confirmar que la dieta de concentrado para tilapia (T1) tiene el valor más alto en fósforo (10299.46 ppm), dieta que difiere de la ofrecida a los grillos en el Parque Zoológico Nacional de El Salvador, seguido por la dieta de concentrado para pollo (T0) (8601.55 ppm) en tercer lugar la dieta de concentrado para gato (T3) (8433.76 ppm) y en cuarto lugar la dieta de concentrado para

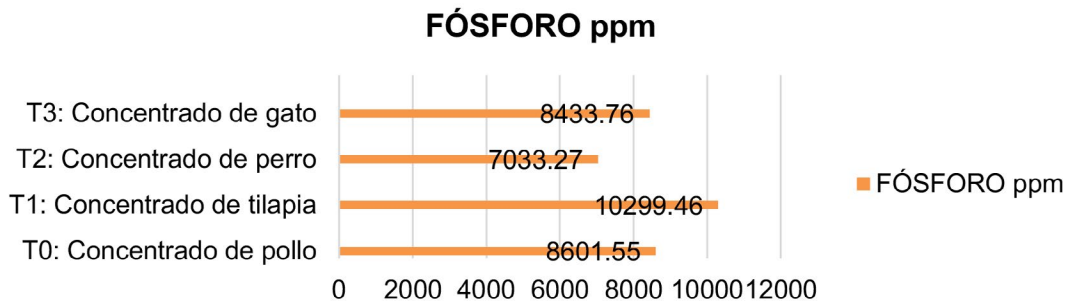
perro (T2) (7033.27 ppm), por lo tanto, se puede confirmar que la mejor dieta para elevar el contenido de fósforo en anfibios a través del consumo del grillo *Acheta domestica* es la de concentrado para tilapia (T1) (Figura 4).

En comparación con la investigación realizada por Valdivié (2016), donde se presenta al grillo doméstico con un porcentaje de 0.79% se determinó que ambos estudios poseen valores de fósforo similares, tomando en cuenta que 10,000 ppm equivale a 1%, por lo tanto, en los dos hubo un buen aprovechamiento del alimento ofrecido.

Según Wright y Whitaker (2010), manifiestan que los artrópodos y otros invertebrados que son cultivados para las dietas de los anfibios, tienen un efecto inverso

Figura 4.

Comportamiento de la concentración de fósforo en muestras de grillos *Acheta domesticus*



en ellos, debido a la proporción deficiente de calcio y fósforo. Del mismo modo afirman que la importancia del fósforo en la nutrición de anfibios radica en que una deficiencia del mismo puede producir: enfermedad ósea metabólica por desequilibrio en niveles de fósforo, subdesarrollo esquelético muscular en conjunto con deficiencia de vitaminas y parálisis, además de la deficiencia de vitaminas.

CONCLUSIONES

Se demostró que el cambio de alimentación con diferentes niveles de proteína en las dietas de los grillos *Acheta domesticus*, no se traduce en una mayor asimilación de proteína en los mismos, en comparación a la que se obtiene actualmente con la dieta proporcionada por el Parque Zoológico Nacional de El Salvador.

Se concluye que la utilización de niveles más altos de extracto etéreo, calcio o fósforo en la alimentación del grillo *Acheta domesticus*, genera mayor biodisponibilidad de los mismos, por lo tanto, a la actual dieta ofrecida por el Parque Zoológico Nacional de El Salvador, se le puede adicionar concentrado para perro, gato o tilapia, según la necesidad nutricional del grillo.

BIBLIOGRAFÍA

Amphibian ark, 2008. Guía informativa global, (en línea); Consultado 14 de mayo de 2019, Disponible en <http://www.amphibianark.org/pdf/YOTF/WAZA%20Global%20InfoPack%20Spanish.pdf>

Capetillo C, Chalé W, Gutiérrez A. 2010. Instructivo para el análisis de Fibras y Lignina. Universidad Autónoma de Yucatán. 11p.

Erens, J.; es van, s.; Haverkort, F.; Kapsomenou, e. & Lui J. Ben, A. 2012. A bug's life large-scale insect rearing in relation to animal welfare. Wageningen University. Project commissioner VENIK. 57 p

FAO. 2013. La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente. (en línea). Consultado el 5 de enero de 2020. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3264s/i3264s00.pdf>

Mississippi State University, 2000. Department of Entomology and Plant Pathology, Insect Rearing Workshop Program, Us.

Nakagaki, B.J. & de Foliart, G.N. 1991. Comparison of diets for mass-rearing *Acheta domesticus* (Orthoptera: Gryllidae) as a novelty food and comparison of food Conversion efficiency with values reported for livestock. *Journal of Economic Entomology*, 84: 891-896.

Proteinsecta, 2018. El grillo como alimento vivo, (en línea); Consultado 21 de mayo de 2019, Disponible en <https://www.proteinsecta.es/grillo-alimento-vivo/>

Ramos, J. 1987. Los insectos como fuente de proteínas en el futuro. 2da edición. Limusa.

Raubenheimer, d. & Rothman, J.M. 2013. Nutritional ecology of entomophagy in humans and other primates. *The Annual Review of Entomology*, 58:141-160.

- Solano, N. 2012. Análisis proximal de alimentos. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Química Agrícola. 14 p.
- Valdivié, M., 2016. Instituto de Ciencia Animal, Cuba, (en línea); Consultado 14 de mayo de 2019, Disponible en <https://www.engormix.com/porcicultura/articulos/los-insectos-como-fuentes-t33131.htm>
- Wright, K.M. & Whitaker, B.R. 2010. Amphibian Medicine and Captive Husbandry. Krieger Publishing Company. Capitulo 7. . 499 p.



Artículo científico

Evaluación de los filtros de biocarbón-arcilla en la potabilización de agua de pozo en los municipios de Santiago Nonualco y en San Luis Talpa, departamento de la Paz, El Salvador

Evaluation of biochar-clay filters in the purification of well water in the municipalities of Santiago Nonualco and in San Luis Talpa, department of La Paz, El Salvador

Rivera-López, C.I.¹, Rodríguez-Urrutia, E.A.², Carranza-Estrada, F.A.³, Arriaza-Alfaro, C.M.⁴

Correspondencia:
cirs0.100@hotmail.com
efrain.rodriguez@ues.edu.sv

Presentado:
06 de octubre de 2021
Aceptado:
04 de noviembre de 2021

- 1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Desarrollo Rural.
- 2 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Director de la Estación Experimental y de Prácticas.
- 3 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Química Agrícola. Docente Director.
- 4 Coordinadora del Centro de Investigación y Desarrollo de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados CIDE-ANDA.

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad de los filtros de biocarbón/arcilla en la remoción de agentes contaminantes de tipo fisicoquímico y microbiológico en agua de dos pozos en el departamento de La Paz, El Salvador. En cada sitio se utilizó un filtro, durante 6 meses se tomaron 2 galones de agua de cada uno de los pozos para ser filtrada. Las muestras de agua cruda y filtrada fueron tomadas una vez cada 15 días por lugar. En total se hicieron 24 muestreos de agua, 12 en cada uno de los sitios. Las muestras de agua fueron transportadas en hieleras a 4°C. Los parámetros fisicoquímicos hierro, arsénico y turbidez se analizaron en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador; y los parámetros microbiológicos Coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* se analizaron en el Centro de Investigación y Desarrollo (ANDA). Los resultados se compararon con los parámetros del Reglamento Técnico Salvadoreño para Agua Potable 13.02.01:14. En San Luis Talpa se obtuvo una remoción promedio de hierro de 82.29%, 22.41% de arsénico, 85.75% de turbidez, 91.68% de Coliformes totales, 100% de *Escherichia coli* y 93.70% de *Pseudomonas aeruginosa*; y en Santiago Nonualco 100% de hierro, 14.98% de arsénico, 75.95% de turbidez, 76.98% de Coliformes totales, 100% de *Escherichia coli* y 85.71% de *Pseudomonas aeruginosa*. En conclusión, los filtros de biocarbón/arcilla son una alternativa para filtrar agua para consumo humano, disminuyen las concentraciones de contaminantes de tipo fisicoquímico y microbiológico.

Palabras claves: Agua, filtros, pozo, hierro, arsénico, turbidez, Coliformes totales, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effectiveness of biochar / clay filters in the removal of pollutants of a physicochemical and microbiological type in water from two wells in the department of La Paz, El Salvador. At each site a filter was used, for 6 months 2 gallons of water were taken from each of the wells to be filtered. Raw and filtered water samples were taken once every 15 days at each site. In total, 24 water samples were taken, 12 in each of the sites. The water samples were transported in coolers at 4 ° C. The physicochemical parameters iron, arsenic and turbidity were analyzed in the Agricultural Chemistry laboratory of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador; and the microbiological parameters Total Coliforms, Escherichia coli and Pseudomona aeruginosa were analyzed at the Research and Development Center (ANDA). The results were compared with the parameters of the Salvadoran Technical Regulation for Drinking Water 02/13/01: 14. In San Luis Talpa an average removal of iron of 82.29%, 22.41% of arsenic, 85.75% of turbidity, 91.68% of total Coliforms, 100% of Escherichia coli and 93.70% of Pseudomona aeruginosa was obtained; and in Santiago Nonualco 100% iron, 14.98% arsenic, 75.95% turbidity, 76.98% total coliforms, 100% Escherichia coli and 85.71% Pseudomona aeruginosa. In conclusion, biochar / clay filters are an alternative to filter water for human consumption, they reduce the concentrations of physicochemical and microbiological pollutants.

Keywords: Water, filters, well, iron, arsenic, turbidity, Total coliforms, Escherichia coli, Pseudomona aeruginosa.

INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida y como tal debe ser controlada para la protección de los diferentes ecosistemas acuáticos y de la salud pública. El agua libre de impurezas y accesible para todos es parte esencial del mundo en que se quiere vivir. La escasez de recursos hídricos, la mala calidad del agua y el saneamiento inadecuado, influyen negativamente en las opciones de medios de subsistencia, en las oportunidades de educación para las familias pobres en todo el mundo y en la seguridad alimentaria (ONU 2016).

Los lagos y océanos de la tierra se encuentran en un grave deterioro, ya que están siendo amenazados por la contaminación y deforestación. En El Salvador, más del 88% de las aguas residuales de los ríos tienen altos niveles de contaminación que van de una calidad pésima a regular. Durante años se han explorado las diferentes formas de tratar el agua y lograr que su consumo no genere riesgos para la salud. En los tratamientos de aguas para consumo humano se presta especial atención a la eliminación de los materiales orgánicos como bacterias y parásitos, e inorgánicos como los metales pesados: mercurio, cromo, cobalto, níquel, cobre, cadmio, plomo, arsénico, hierro, entre otros, que son peligrosos y ocasionan daños al organismo (Acosta 2015).

Una alternativa para potabilizar el agua a bajo costo es el uso de los filtros artesanales de biocarbón-arcilla, que han demostrado que remueven bacterias y metales pesados (Figura 1). En El Salvador los filtros de biocarbón-arcilla son elaborados de forma artesanal y sujetos de investigaciones para asegurar que son efectivos en la remoción de contaminantes. Un filtro puede ser fabricado con una mezcla de 50% de barro rojo y 50% de aserrín u otro material similar como cascarilla de arroz o de café, según la producción local. A esta mezcla se le añade agua y se coloca dentro de un molde que es prensado (ANDA 2016).

Este material es comúnmente utilizado para la retención de contaminantes en el tratamiento de aguas residuales y en la purificación de agua para el consumo humano. Una de las ventajas de este material es su uso para retirar sustancias altamente tóxicas que se encuentran a muy bajas concentraciones (Ibarra 2016).

Los costos de esta tecnología son bajos y no requieren de manejo con personal calificado, por esto es una opción de tratamiento para agua proveniente de fuentes contaminadas. El precio por unidad (filtro más contenedor plástico) USD28.25 (IVA incluido), es decir, el primer año el tratamiento de agua costará USD0.07 por día, llegando a filtrar un total de 24 litros de agua en promedio/día. El precio del repuesto

Figura 1.
 Filtro de biocarbón-arcilla.



del filtro (debe cambiarse cada año para aguas con contenido de metales pesados) es de USD14.00 (IVA incluido) (ANDA 2016).

Esta investigación se realizó con el propósito de evaluar la efectividad de los filtros artesanales de biocarbón/arcilla en la remoción de agentes contaminantes fisicoquímicos y microbiológicos para obtener agua de calidad apta para el consumo humano en el transcurso de seis meses, tiempo durante el cual se realizaron análisis de laboratorio para determinar en qué medida mejoran la calidad del agua de dos pozos en estudio ubicados en el municipio de San Luis Talpa y en Santiago Nonualco, ambos ubicados en el

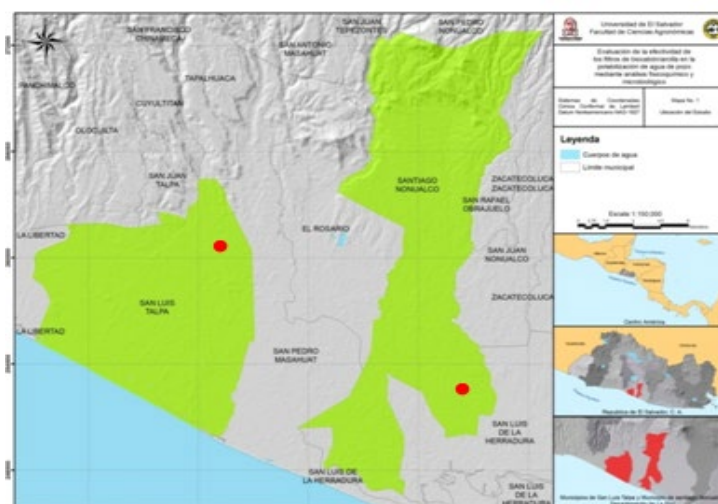
departamento de La Paz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

La investigación se realizó con el agua de un pozo ubicado en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en el cantón Tecualuya, municipio de San Luis Talpa, y en un pozo ubicado en el caserío San Antonio, cantón San Francisco El Porfiado, municipio de Santiago Nonualco, ambos en el departamento de La Paz, El Salvador; desarrollándose del 14 de febrero de 2019 al 17 de julio de 2019 (Figura 2).

Figura 2.
 Ubicación de la investigación.



Metodología de campo

El primer paso fue la preparación de los filtros, que consistió en realizar un lavado con agua de grifo y un mascón de la unidad filtrante y se enjuagaba con agua hervida, luego se lavaron los bidones con un mascón diferente y con 5 ml de lejía (Hipoclorito de sodio) diluido en un litro de agua, para evitar cualquier contaminación. Una vez lavados los filtros, estos fueron utilizados en forma continua por un periodo de 6 meses para evaluar su funcionamiento.

Muestras de agua

En cada sitio se utilizó un filtro, y para validar el funcionamiento todos los días se tomaron muestras de agua cruda (sin filtrar) y filtrada una vez cada 15 días en cada lugar, durante un periodo 6 meses. En total se hicieron 24 muestreos de agua, 12 en cada uno de los sitios, se tomaron 2 galones de agua cruda (agua sin Filtrar) de cada uno de los pozos para realizar los respectivos análisis físicos químicos y microbiológicos.

Se utilizó papel toalla con alcohol para limpiar los grifos y evitar posibles agentes contaminantes en las muestras de agua a extraer, se usaron guantes de látex, mascarilla y gorro para prevenir cualquier contaminación de las muestras.

Las muestras de agua que se utilizaron para análisis microbiológicos se colocaron en frascos de polietileno de 100 ml, estériles, transportadas en hieleras con bloques refrigerantes (4°C) y entregados al laboratorio antes de 6 horas desde que se tomaron las muestras. Para el muestreo de parámetros físico- químicos se utilizaron frascos de polietileno de 250 ml y el método de preservación antes mencionado. Al momento de la toma de la muestra se midió la temperatura del agua (Carranza 2015). Las muestras fueron identificadas con una viñeta que tenía la siguiente información: nombre del muestreador, fecha y hora del muestreo, punto de muestreo (grifos del filtro y fuentes de agua cruda), tipo de muestra, temperatura del agua y parámetros a determinar para realizar el análisis.

Metodología de laboratorio

Los análisis se realizaron en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador y en el Centro de Investigación y Desarrollo (CIDE), del Centro de Formación Integral (CFI) de la Dirección de Atención a Sistemas y Comunidades Rurales, de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).

Para los parámetros microbiológicos se realizaron determinaciones de Coliformes totales, *Escherichia coli* y *Pseudomona aeruginosa*, a través del método enzimático, el cual consiste en adicionar un sustrato en la muestra y sembrar en una charola Quanti-Tray, luego sellar la charola con calor para posteriormente introducir en incubadoras VWR por 24 horas, los resultados se expresan en Número Más Probable/100 ml (NMP/100 ml). Para las determinaciones a través del método Nefelométrico los resultados se expresan en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez). El análisis de los elementos químicos se realizó con el método de Absorción Atómica para hierro y arsénico a través de un Espectrofotómetro Shimadzu, en el fotómetro NOVA 60, marca MERCK, para su posterior lectura. Los resultados obtenidos fueron expresados en mg/l.

Metodología Estadística

La evaluación de los resultados obtenidos del agua cruda y filtrada se hizo con la prueba "t" de Student, para comparar las medias y las desviaciones estándar de grupos de datos y determinar si las diferencias entre esos parámetros son estadísticamente significativas o si sólo son diferencias aleatorias, se utilizó un nivel de confianza del 95% (Balzarini *et al.* 2008).

En cada sitio de muestreo se utilizó un filtro, haciendo un total de 2 unidades. Para las determinaciones fisicoquímicas (turbidez, hierro y arsénico) se realizaron 2 repeticiones en cada muestra, es decir, por cada muestreo se realizaban 2 determinaciones por cada parámetro de agua cruda y dos para el agua filtrada (tratada) (Tabla 1).

Para los parámetros microbiológicos (*Coliformes Totales*, *Escherichia coli* y *Pseudomona aeruginosa*) se analizaba una muestra de cada filtro, es decir, que se

realizaban dos determinaciones de cada parámetro de agua cruda y agua filtrada. Para hacer el análisis de datos se usó el programa estadístico SPSS-V25.

Tabla 1.
Determinaciones por parámetro para cada presentación.

Sitio de muestreo	Tipo de muestra	Parámetros Físicoquímicos (Repeticiones)	Parámetros Microbiológicos (Repeticiones)
San Luis Talpa	Agua filtrada	2	2
	Agua cruda	2	1
Total		4	3
Santiago Nonualco	Agua filtrada	2	2
	Agua cruda	2	1
Total		4	3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de parámetros físicoquímicos

Resultados de remoción de hierro en San Luis Talpa

Los resultados de los análisis de agua obtenidos en esta investigación (Tabla 2) demuestran que en 4 de 5 muestras que contenían hierro el porcentaje de remoción fue del 100%, con un promedio de remoción de 82.29%, a pesar que el contenido de hierro en el agua cruda son cantidades mínimas que están por debajo del nivel máximo permitido del Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14; por lo tanto, esta agua es apta para el consumo humano.

Al comparar el contenido de hierro en las muestras de agua cruda y filtrada, según la prueba de t student, presentan diferencias estadísticamente significativas, ya que el agua filtrada presentó menor contenido de hierro con una media de 0.013750 mg/l y el agua cruda tuvo una media de 0.064833 mg/l, esto demuestra la capacidad de remoción de hierro al utilizar los filtros de biocarbón/arcilla, siendo menor al parámetro establecido por el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 de 0.300 mg/l. (OSARTEC 2018a)

Rodríguez y Escobar (2018) en una investigación realizada en El Salvador sobre evaluación del

funcionamiento de filtros de biocarbón/arcilla en la potabilización del agua, obtuvieron hasta un 98.93% de remoción de hierro, con un promedio de 83.20%.

Resultados de remoción de arsénico en San Luis Talpa

El resultado promedio de remoción de arsénico fue del 22.41%, a pesar que el contenido de arsénico en el agua cruda es en cantidades mínimas que están por debajo del nivel máximo permitido del Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14; por lo tanto, esta agua es apta para el consumo humano (Tabla 3).

El filtro tuvo un porcentaje de remoción de arsénico variable en cada uno de los seis meses evaluados con un uso continuo, ya que el menor porcentaje de remoción fue en el mes uno con 0.0% y el mayor porcentaje fue en el mes dos con 58.72%.

Al comparar el contenido de arsénico en las muestras de agua cruda y filtrada, existen diferencias estadísticas significativas, ya que el agua filtrada presentó menor contenido de arsénico con una media de 0.005000 mg/l y el agua cruda tuvo una media de 0.006417 mg/l, demostrando la capacidad de remoción al utilizar los filtros de biocarbón/arcilla; este parámetro es menor al establecido por el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 de 0.010 mg/l. (OSARTEC 2018b).

Tabla 2.
Resultados del análisis de agua para hierro en San Luis Talpa.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (mg/l)	Agua filtrada (mg/l)	RTS 13.02.01:14 (mg/l)	Remoción (%)	Promedio de remoción (%)
1	14/02/2019	0.000	0.000	0.300	0.000	100
2	28/02/2019	0.157	0.000	0.300	100	
3	13/03/2019	0.000	0.000	0.300	0.000	100
4	27/03/2019	0.090	0.000	0.300	100	
5	10/04/2019	0.196	0.000	0.300	100	100
6	24/04/2019	0.102	0.000	0.300	100	
7	08/05/2019	0.000	0.000	0.300	0.000	29.14
8	22/05/2019	0.233	0.165	0.300	29.135	
9	05/06/2019	0.000	0.000	0.300	0.000	n/a
10	19/06/2019	0.000	0.000	0.300	0.000	
11	03/07/2019	0.000	0.000	0.300	0.000	n/a
12	17/07/2019	0.000	0.000	0.300	0.000	
	Promedio	0.156	0.033		82.29	82.29
	Desviación estándar	0.061	0.074	0.000	31.692	

Tabla 3.
Resultados de análisis de agua para arsénico en San Luis Talpa.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (mg/l)	Agua Filtrada (mg/l)	RTS 13.02.01:14 (mg/l)	Remoción (%)	Promedio de remoción (%)
1	14/02/2019	0.006	0.006	0.010	0.0	0.0
2	28/02/2019	0.008	0.008	0.010	0.0	
3	13/03/2019	0.004	0.001	0.010	67.442	58.72
4	27/03/2019	0.007	0.003	0.010	50.000	
5	10/04/2019	0.008	0.005	0.010	43.210	27.45
6	24/04/2019	0.008	0.007	0.010	11.688	
7	08/05/2019	0.007	0.005	0.010	31.429	29.21
8	22/05/2019	0.006	0.005	0.010	26.984	
9	05/06/2019	0.005	0.004	0.010	10.870	11.82
10	19/06/2019	0.005	0.004	0.010	12.766	
11	03/07/2019	0.007	0.006	0.010	14.493	7.25
12	17/07/2019	0.006	0.006	0.010	0.0	
	Promedio	0.006	0.005	0.010	22.41	22.41
	Desviación estándar	0.001	0.002	0.000	20.802	

Carranza (2015) evaluó dos tecnologías para la remoción de arsénico, la primera por el método de oxidación solar (RAOS), obteniendo 81.5% de remoción; y la segunda por el método de dos cubetas, con 83.5% de remoción.

Resultados de turbidez en San Luis Talpa

Según los resultados de los análisis de agua, con el filtro de biocarbón/arcilla se obtuvo un porcentaje de remoción promedio de turbidez del 85.75% (Tabla

4). El agua filtrada cumple con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14; por lo tanto, esta agua es apta para el consumo humano.

En el pozo de San Luis Talpa todos los análisis del agua cruda resultaron con valores de turbidez por debajo del nivel máximo permitido del Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14, a excepción de una muestra de agua.

Tabla 4.
Resultados de análisis de agua para turbidez en San Luis Talpa.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (NTU)	Agua Filtrada (NTU)	RTS 13.02.01:14 (NTU)	Remoción (%)	Promedio de remoción (%)
1	14/02/2019	0.500	0.100	5.000	80.000	69.17
2	28/02/2019	1.200	0.500	5.000	58.333	
3	13/03/2019	1.200	0.100	5.000	91.667	95.83
4	27/03/2019	1.200	0.000	5.000	100.000	
5	10/04/2019	2.100	0.200	5.000	90.476	78.57
6	24/04/2019	0.300	0.100	5.000	66.667	
7	08/05/2019	1.700	0.000	5.000	100.000	97.00
8	22/05/2019	5.000	0.300	5.000	94.000	
9	05/06/2019	4.100	0.100	5.000	97.561	96.15
10	19/06/2019	1.900	0.100	5.000	94.737	
11	03/07/2019	0.900	0.100	5.000	88.889	77.78
12	17/07/2019	0.300	0.100	5.000	66.667	
	Promedio	1.700	0.142		85.75	85.75
	Desviación estándar	1.465	0.138		14.380	

Al comparar el contenido de turbidez en las muestras de agua cruda y filtrada, presentan diferencias estadísticas significativas, ya que el agua filtrada presentó menor contenido de turbidez con una media de 0.141667 NTU y el agua cruda tuvo una media de 1.700000 NTU, lo que refleja la capacidad de remoción al utilizar los filtros de biocarbón/arcilla, cuyo parámetro es menor al establecido por el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 de 5.000 NTU.

Según Ludeña y Tinoco (2010), diferentes filtros de biocarbón/arcilla que fueron evaluados en la

Planta de Cerámica CERART, en un estudio teórico experimental con el fin de mejorar la calidad del agua, principalmente en zonas rurales, lograron reducir la turbidez de una concentración inicial de 44.7 NTU hasta 12.4 NTU, lo anterior concuerda con los datos obtenidos en esta investigación, porque en ambas zonas se obtuvieron porcentajes de remoción arriba del 50%.

Resultados de remoción de hierro en Santiago Nonualco

La remoción de hierro fue del 100% durante los

seis meses en que se evaluaron los filtros con un uso continuo, a pesar que el contenido de hierro en algunas muestras de agua cruda eran cantidades mínimas, no había ausencia de hierro en las muestras

que están por debajo del mínimo permitido del Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14; por lo tanto, esta agua es apta para el consumo humano (Tabla 5).

Tabla 5.
Resultados de análisis de agua para hierro en Santiago Nonualco.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (mg/l)	Agua filtrada (mg/l)	RTS 13.02.01:14 (mg/l)	Remoción (%)	Promedio de remoción (%)
1	14/02/2019	0.000	0.000	0.300	0.000	100
2	28/02/2019	0.066	0.000	0.300	100	
3	13/03/2019	0.116	0.000	0.300	100	100
4	27/03/2019	0.307	0.000	0.300	100	
5	10/04/2019	0.315	0.000	0.300	100	100
6	24/04/2019	0.258	0.000	0.300	100	
7	08/05/2019	0.229	0.000	0.300	100	100
8	22/05/2019	0.832	0.000	0.300	100	
9	05/06/2019	0.142	0.000	0.300	100	100
10	19/06/2019	0.550	0.000	0.300	100	
11	03/07/2019	0.193	0.000	0.300	100	100
12	17/07/2019	0.172	0.000	0.300	100	
	Promedio	0.289	0.000	0.300	100	100
	Desviación estándar	0.227	0.000	0.000	28.868	

Al comparar el contenido de hierro en las muestras de agua cruda y filtrada, presentan diferencias estadísticas significativas, ya que en el agua filtrada no había el contenido de hierro con una media de 0.000000 mg/l y el agua cruda tuvo una media de 0.265000 mg/l, demostrando la capacidad de remoción al utilizar los filtros de biocarbón/arcilla, siendo menor al parámetro establecido por el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 de 0.300 mg/l.

Según APHA *et al.* (1996), la presencia de hierro en el agua puede afectar la potabilidad de la misma, ocasionar manchas en la ropa de lavado y en la porcelana. Algunas personas son capaces de detectar el gusto astringente dulce-amargo del hierro en muestras de agua, en donde puede estar en forma ferrosa o férrica suspendida o disuelta.

Resultados de remoción de arsénico en Santiago Nonualco

Según los resultados obtenidos, el filtro tiene un porcentaje de remoción de arsénico variable en cada uno de los seis meses evaluados con un uso continuo, ya que el menor porcentaje de remoción fue en el mes seis con 2.09% y el mayor porcentaje fue en el mes uno con 52.41%.

El porcentaje promedio de remoción de arsénico fue del 14.98%, ya que el agua filtrada sobrepasa los límites establecidos por el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14; por lo tanto, esta agua no es apta para el consumo humano (Tabla 6).

Tabla 6.
 Resultados de análisis de agua para arsénico en Santiago Nonualco.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (mg/l)	Agua filtrada (mg/l)	RTS 13.02.01:14 (mg/l)	Remoción (%)	Promedio de remoción (%)
1	14/02/2019	0.059	0.020	0.010	65.874	52.41
2	28/02/2019	0.059	0.036	0.010	38.946	
3	13/03/2019	0.058	0.045	0.010	22.704	14.28
4	27/03/2019	0.051	0.048	0.010	5.859	
5	10/04/2019	0.060	0.056	0.010	6.845	8.68
6	24/04/2019	0.060	0.054	0.010	10.518	
7	08/05/2019	0.061	0.054	0.010	10.248	7.17
8	22/05/2019	0.059	0.056	0.010	4.096	
9	05/06/2019	0.054	0.052	0.010	4.420	5.27
10	19/06/2019	0.059	0.055	0.010	6.122	
11	03/07/2019	0.056	0.055	0.010	2.128	2.09
12	17/07/2019	0.058	0.057	0.010	2.055	
	Promedio	0.058	0.049	0.010	14.98	14.98
	Desviación estándar	0.003	0.011	0.000	19.204	

Al comparar el contenido de arsénico en las muestras de agua cruda y filtrada, presentan diferencias estadísticas significativas, ya que el agua filtrada presentó menor contenido de arsénico con una media de 0.049000 mg/l y el agua cruda tuvo una media de 0.057833 mg/l, esto evidencia la capacidad de remoción de los filtros de biocarbón/arcilla, para lograr un parámetro menor establecido por el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 de 0.010 mg/l.

Rodríguez y Escobar (2018) en una investigación realizada en El Salvador sobre evaluación del funcionamiento de filtros de biocarbón/arcilla en la potabilización del agua, obtuvieron en Ilobasco hasta un 98.76% de remoción de arsénico, con un promedio de 87.99%, y en San Salvador obtuvieron hasta un 91.98% de remoción de arsénico.

Resultados de turbidez en Santiago Nonualco

Según los resultados de los análisis de agua, con el filtro de biocarbón/arcilla se obtuvo un porcentaje promedio de remoción de turbidez del 75.95%, ya que el agua filtrada cumple con el Reglamento Técnico

Salvadoreño RTS 13.02.01:14; por lo tanto, esta agua es apta para el consumo humano (Tabla 7).

Al comparar el contenido de turbidez en las muestras de agua cruda y filtrada, presentan diferencias estadísticas significativas, ya que el agua filtrada presentó menor contenido de turbidez con una media de 0.083333 NTU y el agua cruda tuvo una media de 0.533333 NTU, demostrando la capacidad de remoción al utilizar los filtros de biocarbón/arcilla, siendo menor al parámetro establecido por el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 de 5.000 NTU.

Resultados de parámetros microbiológicos

Resultados de remoción de Coliformes totales en San Luis Talpa

Según los resultados de los análisis de agua, con el filtro de biocarbón/arcilla se obtuvieron porcentajes de remoción de Coliformes totales muy variables, el menor porcentaje de remoción se obtuvo en el mes uno con 77.51% y el mayor porcentaje fue en el mes seis con 99.94%, con un promedio de remoción de

91.68%; sin embargo, al evaluar el número de veces que el filtro removió las bacterias, solamente en el 50% de las veces tuvo éxito, por lo tanto, el agua filtrada no cumple con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 y no es apta para el consumo humano

(Tabla 7).

IDEASS (2002) en una investigación realizada en Nicaragua con el Filtro, removieron Coliformes totales en 99.88%.

Tabla 7.
Resultados de turbidez en Santiago Nonualco.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (NTU)	Agua filtrada	RTS 13.02.01:14 (NTU)	Remoción (%)	Promedio de remoción (%)
1	14/02/2019	0.700	0.200	5.000	71.429	85.71
2	28/02/2019	0.700	0.000	5.000	100.000	
3	13/03/2019	0.500	0.000	5.000	100.000	62.50
4	27/03/2019	0.400	0.300	5.000	25.000	
5	10/04/2019	0.500	0.300	5.000	40.000	57.70
6	24/04/2019	0.400	0.100	5.000	75.000	
7	08/05/2019	0.300	0.000	5.000	100.000	100.00
8	22/05/2019	0.800	0.000	5.000	100.000	
9	05/06/2019	0.100	0.100	5.000	0.000	50.00
10	19/06/2019	0.400	0.000	5.000	100.000	
11	03/07/2019	1.000	0.000	5.000	100.000	100.00
12	17/07/2019	0.600	0.000	5.000	100.000	
	Promedio	0.533	0.083		75.95	75.95
	Desviación estándar	0.242	0.119			35.326

Tabla 8.
Resultados de los análisis de agua para Coliformes totales en San Luis Talpa.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (NMP/100 ml)	Agua filtrada (NMP/100 ml)	RTS 13.02.01:14 (NMP/100 ml)	Remoción (%)	Promedio de remoción (%)
1	14/02/2019	9.600	0.500	<1.1	94.792	77.51
2	28/02/2019	107.600	42.800	<1.1	60.223	
3	13/03/2019	1,732.900	172.000	<1.1	90.074	91.22
4	27/03/2019	158.500	12.100	<1.1	92.366	
5	10/04/2019	84.600	0.500	<1.1	99.409	92.92
6	24/04/2019	2,419.600	328.200	<1.1	86.436	
7	08/05/2019	2,419.600	325.500	<1.1	86.547	92.87
8	22/05/2019	61.300	0.500	<1.1	99.184	
9	05/06/2019	48.700	4.100	<1.1	91.581	95.63
10	19/06/2019	307.600	1.000	<1.1	99.675	
11	03/07/2019	517.200	0.500	<1.1	99.903	99.94
12	17/07/2019	2,419.600	0.500	<1.1	99.979	
	Promedio	857.233	74.017		91.68	91.68

Resultados de remoción de *Escherichia coli* en San Luis Talpa

Todos los análisis del agua cruda resultaron con valores de *Escherichia coli* por debajo del Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14, a excepción de una muestra de agua.

Según los resultados de los análisis de agua, con el filtro de biocarbón/arcilla se obtuvo un porcentaje de remoción de *Escherichia coli* del 100% durante los seis meses en que fue evaluado el filtro, lo cual demuestra que el agua filtrada cumple con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14; por lo tanto, esta agua es apta para el consumo humano (Tabla 9).

Tabla 9.
Resultados de análisis de agua para *Escherichia coli* en San Luis Talpa.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (NMP/100 ml)	Agua filtrada (NMP/100 ml)	RTS 13.02.01:14 (NMP/100 ml)	Remoción (%)	Promedio de remoción (%)
1	14/02/2019	1.000	0.000	<1,1	100	100
2	28/02/2019	1.000	0.000	<1,1	100	
3	13/03/2019	1.000	0.000	<1,1	100	100
4	27/03/2019	5.200	0.000	<1,1	100	
5	10/04/2019	1.000	0.000	<1,1	100	100
6	24/04/2019	1.000	0.000	<1,1	100	
7	08/05/2019	1.000	0.000	<1,1	100	100
8	22/05/2019	1.000	0.000	<1,1	100	
9	05/06/2019	1.000	0.000	<1,1	100	100
10	19/06/2019	1.000	0.000	<1,1	100	
11	03/07/2019	1.000	0.000	<1,1	100	100
12	17/07/2019	1.000	0.000	<1,1	100	
	Promedio	1.350	0.000		100	

Al comparar el contenido de *Escherichia coli* en las muestras de agua cruda y filtrada, presentan diferencias estadísticas significativas, ya que el agua filtrada no presentó ningún contenido de *Escherichia coli*; y el agua cruda tuvo una media de 1.350000 NMP/100 ml, demostrando la capacidad de remoción al utilizar los filtros de biocarbón/arcilla, siendo menor al parámetro establecido por el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 de menos de < 1.1 NMP/100 ml. IDEASS (2002) en una investigación que realizó en Nicaragua con el Filtro, removieron *Escherichia coli* en un 100%.

Resultados de remoción de *Pseudomonas aeruginosa* en San Luis Talpa

Pseudomonas aeruginosa no está identificada en el

Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14, para agua de consumo humano (requisitos de calidad e inocuidad); por tal razón se utilizó el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.02:14, para agua envasada.

Según los resultados de los análisis realizados, se obtuvo una remoción promedio de *Pseudomonas aeruginosa* del 93.70%, el agua filtrada presenta un alto porcentaje de remoción, si bien no cumple con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.02:14; es una opción para asegurar la calidad del agua con un método complementario, como es la aplicación de hipoclorito de sodio en los hogares, para considerarla apta para el consumo humano (Tabla 10).

Tabla 10.
Resultados de análisis de agua para *Pseudomona aeruginosa* en San Luis Talpa.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (NMP/100 ml)	Agua filtrada (NMP/100 ml)	RTS 13.02.02:14 (NMP/100 ml)	Remoción (%)	Promedio de remoción (%)
1	14/02/2019	14.600	1.000	<1,1	93.151	95.13
2	28/02/2019	34.500	1.000	<1,1	97.101	
3	13/03/2019	7.400	1.000	<1,1	86.486	86.49
4	27/03/2019	1.000	1.000	<1,1	0.000	
5	10/04/2019	5.200	1.000	<1,1	80.769	86.65
6	24/04/2019	13.400	1.000	<1,1	92.537	
7	08/05/2019	61.600	1.000	<1,1	98.377	97.76
8	22/05/2019	35.000	1.000	<1,1	97.143	
9	05/06/2019	52.100	1.000	<1,1	98.081	98.10
10	19/06/2019	52.900	1.000	<1,1	98.110	
11	03/07/2019	86.200	1.000	<1,1	98.840	98.07
12	17/07/2019	36.900	1.000	<1,1	97.290	
Promedio		33.400	1.000	-	93.70	93.70

Rodríguez y Escobar (2018) en una investigación realizada en El Salvador sobre evaluación del funcionamiento de filtros de biocarbón/arcilla en la potabilización del agua, obtuvieron hasta un 99.96% de remoción de *Pseudomona aeruginosa*.

Resultados de remoción de coliformes totales en Santiago Nonualco

Según los resultados de los análisis de agua con el filtro de biocarbón/arcilla se obtuvieron porcentajes de remoción de coliformes totales variables, con un promedio de remoción del 76.98%, por lo tanto, el agua filtrada cumple con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 y es apta para el consumo humano (Tabla 11).

Al comparar el contenido de coliformes totales en las muestras de agua cruda y filtrada, presentan diferencias estadísticas significativas, ya que el agua filtrada presentó menor contenido de coliformes totales con una media de 1.700000 NMP/100 ml y el agua cruda tuvo una media de 264.991667 NMP/100 ml, demostrando la capacidad de remoción al utilizar los filtros de biocarbón/arcilla, aunque no fue menor al parámetro establecido por el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 de menos de < 1.1

NMP/100 ml.

Rodríguez y Escobar (2018) en una investigación realizada en El Salvador sobre evaluación del funcionamiento de filtros de biocarbón/arcilla en la potabilización del agua obtuvieron en Ilobasco hasta un 98.51% de remoción de coliformes totales.

Resultados de remoción de *Escherichia coli* en Santiago Nonualco

Según los resultados de los análisis de agua con el filtro de biocarbón/arcilla se obtuvo un porcentaje de remoción de *Escherichia coli* del 100% en cada uno de los seis meses evaluados con un uso continuo, el agua filtrada cumple con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14; y es apta para el consumo humano (Tabla 12).

Al comparar el contenido de *Escherichia coli* en las muestras de agua cruda y filtrada, presentan diferencias estadísticas significativas, ya que el agua filtrada no presentó ningún contenido de *Escherichia coli* y el agua cruda tuvo una media de 1.000000 NMP/100 ml, esto refleja la capacidad de remoción de los filtros de biocarbón/arcilla, siendo menor al parámetro establecido por el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 de menos de

Tabla 11.
Resultados de análisis de agua para coliformes totales en Santiago Nonualco.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (NMP/100 ml)	Agua filtrada (NMP/100 ml)	RTS 13.02.01:14 (NMP/100 ml)	Remoción (%)	Promedio de remoción (%)
1	14/02/2019	75.400	1.000	<1,1	98.674	67.99
2	28/02/2019	13.400	8.400	<1,1	37.313	
3	13/03/2019	1.000	1.000	<1,1	0.000	99.92
4	27/03/2019	2.419.600	2.000	<1,1	99.917	
5	10/04/2019	1.000	1.000	<1,1	0.000	66.67
6	24/04/2019	3.000	1.000	<1,1	66.667	
7	08/05/2019	4.100	1.000	<1,1	75.610	87.73
8	22/05/2019	648.800	1.000	<1,1	99.846	
9	05/06/2019	2.000	1.000	<1,1	50.000	50.00
10	19/06/2019	1.000	1.000	<1,1	0.000	
11	03/07/2019	9.600	1.000	<1,1	89.583	89.58
σπ ⁰ 9b	17/07/2019	1.000	1.000	<1,1	0.000	
	Promedio	264.992	1.700		76.98	76.98

Tabla 12.
Resultados de *Escherichia coli* en Santiago Nonualco.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (NMP/100 ml)	Agua filtrada (NMP/100 ml)	RTS 13.02.01:14 (NMP/100 ml)	Remoción (%)	Promedio de remoción (%)
1	14/02/2019	1.000	0.000	<1,1	100	100
2	28/02/2019	1.000	0.000	<1,1	100	
3	13/03/2019	1.000	0.000	<1,1	100	100
4	27/03/2019	1.000	0.000	<1,1	100	
5	10/04/2019	1.000	0.000	<1,1	100	100
6	24/04/2019	1.000	0.000	<1,1	100	
7	08/05/2019	1.000	0.000	<1,1	100	100
8	22/05/2019	1.000	0.000	<1,1	100	
9	05/06/2019	1.000	0.000	<1,1	100	100
10	19/06/2019	1.000	0.000	<1,1	100	
11	03/07/2019	1.000	0.000	<1,1	100	100
12	17/07/2019	1.000	0.000	<1,1	100	
	Promedio	1.000	0.000		100	

< 1.1 NMP/100 ml. Ibarra (2016) en un estudio sobre filtros caseros en el sector rural colombiano obtuvo promedios de remoción de *Escherichia coli* mayores de 90%, lo que permitió recomendar dichos filtros para el tratamiento de agua destinada al consumo humano.

Resultados de remoción de *Pseudomona aeruginosa* en Santiago Nonualco

Pseudomona aeruginosa no está identificada en el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14, para agua de consumo humano (requisitos de calidad e inocuidad); por tal razón se utilizó el Reglamento

Técnico Salvadoreño RTS 13.02.02:14, para agua envasada (OSARTEC 2018b). Según los resultados de los análisis, se obtuvo una remoción promedio de *Pseudomona aeruginosa* del 85.71%, el agua filtrada presenta un alto porcentaje de remoción, si bien no

cumple con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.02:14; es una opción para asegurar la calidad del agua con un método complementario, como es la aplicación de hipoclorito de sodio en los hogares, para considerarla apta para el consumo humano (Tabla 13).

Tabla 13.
Resultados de *Pseudomona aeruginosa* en Santiago Nonualco.

Muestreo	Fecha	Agua cruda (NMP/100 ml)	Agua filtrada (NMP/100 ml)	RTS 13.02.02:14 (NMP/100 ml)	Remoción (%)	Promedio de remoción (%)
1	14/02/2019	1.000	1.000	<1,1	0.000	88.37
2	28/02/2019	8.600	1.000	<1,1	88.372	
3	13/03/2019	8.600	1.000	<1,1	88.372	94.02
4	27/03/2019	307.600	1.000	<1,1	99.675	
5	10/04/2019	4.100	1.000	<1,1	75.610	85.46
6	24/04/2019	21.300	1.000	<1,1	95.305	
7	08/05/2019	3.000	1.000	<1,1	66.667	82.59
8	22/05/2019	67.000	1.000	<1,1	98.507	
9	05/06/2019	3.100	1.000	<1,1	67.742	75.93
10	19/06/2019	6.300	1.000	<1,1	84.127	
11	03/07/2019	12.000	1.000	<1,1	91.667	87.90
12	17/07/2019	6.300	1.000	<1,1	84.127	
Promedio		37.408	1.000		85.71	85.71

Al comparar el contenido de *Pseudomona aeruginosa* en las muestras de agua cruda y filtrada, presentan diferencias estadísticas significativas, ya que el agua filtrada presentó menor contenido de *Pseudomona aeruginosa* con una media de 1.000000 NMP/100 ml y el agua cruda tuvo una media de 37.408333 NMP/100 ml, demostrando la capacidad de remoción de los filtros de biocarbón/arcilla, siendo menor al parámetro establecido por el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14 de menos de < 1.1 NMP/100 ml.

Molly y Cillegue (2009) menciona en una investigación realizada en Atlanta, Estados Unidos, que la máxima velocidad del flujo inicial para que un filtro de biocarbón/arcilla funcione correctamente es de 1.7 L/h, y que ninguno de los diseños alternativos que tenían tasas de flujo más rápidas tenían una mejor reducción de agentes contaminantes, además, se obtuvieron remociones arriba del 99% con dicho caudal.

CONCLUSIONES

Con los filtros de biocarbón/arcilla en San Luis Talpa se obtuvo una remoción promedio de hierro de 82.29% y en Santiago Nonualco de 100%, durante los seis meses en que fue evaluado el filtro, a pesar que el contenido en el agua cruda eran cantidades mínimas que estaban por debajo del Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14; por lo tanto, ésta agua es apta para el consumo humano.

En San Luis Talpa con los filtros de biocarbón/arcilla se obtuvo una remoción promedio de arsénico de 22.41% a pesar que el contenido en el agua cruda eran cantidades mínimas que estaban por debajo del Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14, por lo tanto, ésta agua es apta para el consumo humano; y en Santiago Nonualco fue de 14.98%, ésta agua no es apta para el consumo humano.

Con los filtros de biocarbón/arcilla en San Luis Talpa se obtuvo una remoción promedio de turbidez del 85.75% y en Santiago Nonualco de 75.95%, el agua filtrada cumple con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14; y es apta para el consumo humano.

En San Luis Talpa con los filtros de biocarbón/arcilla se obtuvo una remoción promedio de coliformes totales de 91.68%, pero al evaluar el número de veces que el filtro removió las bacterias solamente en el 50% tuvo éxito, el agua filtrada no cumple con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14, y no es apta para el consumo humano; en Santiago Nonualco la remoción fue de 76.98%, esta agua es apta para el consumo humano.

Con los filtros de biocarbón/arcilla en San Luis Talpa y en Santiago Nonualco se obtuvo una remoción de *Escherichia coli* del 100% en cada uno de los seis meses en que fueron evaluados los filtros con un uso continuo, el agua filtrada cumple con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14; y es apta para el consumo humano.

Con los filtros de biocarbón/arcilla en San Luis Talpa se obtuvo una remoción promedio de *Pseudomona aeruginosa* del 93.70% y en Santiago Nonualco del 85.71% durante los seis meses en que fue evaluado el filtro, lo cual demuestra que el agua filtrada cumple con el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.01:14; y es apta para el consumo humano.

Con esta investigación se está contribuyendo al cumplimiento del Objetivo 6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible sobre garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua para todas las personas y cumplir metas como: lograr el acceso universal y equitativo al agua potable segura y asequible para todos; mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación; aumentar el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir el número de personas que sufren falta de agua; entre otras.

AGRADECIMIENTOS

Al Banco de Desarrollo de El Salvador (BANDESAL), por su apoyo económico y colaboración en todo momento.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta Orellana, DC. 2015. Determinación de la calidad del agua del río San Sebastián y su impacto en la salud y calidad de vida de los habitantes del caserío San Sebastián, municipio de Santa Rosa de Lima, departamento de La Unión. Tesis Maestría, Universidad de El Salvador. El Salvador. 22 p.
- ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, El Salvador). 2016. Ensayo piloto con filtros de Biocarbón para buscar alternativas de tratamiento de agua para algunas fuentes de ANDA como tecnología de bajo costo. San Salvador. El Salvador. 14 p
- APHA (American Public Health Association, España), AWWA (American waters works Association, España), WPCF (Water Pollution Control Federation, España). 1996. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 16a Edición. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos S.A. 9 - 90 p.
- Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Casanoves, F; Di Rienzo, JA; Robledo, CW. 2008. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina. 336 p.
- Carranza Estrada, FA. 2015. Evaluación de dos tecnologías artesanales para la remoción de plomo y arsénico en agua para consumo humano. Tesis Maestría. San Salvador, El Salvador. Universidad de El Salvador. 111 p.
- Ibarra Peñaranda, NE. 2016. Análisis de Filtros Caseros como Técnica de Potabilización del Agua en el Sector Rural. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. 75 p.
- IDEASS (Innovación para el Desarrollo y la Cooperación Sur-Sur, Nicaragua). 2002. El Filtrón, Filtro Cerámico para agua potable (en línea). Consultado 08 Junio 2020. Disponible en http://www.ideassonline.org/pdf/br_28_59.pdf

- Ludeña Guaicha, JC; Tinoco, FE. 2010. Formulación de pasta roja para la elaboración de un filtro cerámico purificador de agua y verificación de su efectividad filtrante. Universidad Católica de Loja. Ecuador. 62 p.
- Molly Klarman, BA; College, C. 2009. Investigation of ceramic pot Filter Design Variables. Emory University, Estados Unidos. 89 p.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas, Estados Unidos). 2016. Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, Una oportunidad para América Latina y el Caribe. CEPAL. 50 p.
- OSARTEC (Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica, El Salvador). 2018a. Reglamento Técnico Salvadoreño RTS13.02.01:14 Agua. Agua de consumo humano. Requisito de calidad e inocuidad. El Salvador. Diario Oficial No. 60, Tomo No. 419. 26 p.
- OSARTEC (Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica, El Salvador). 2018b. Reglamento Técnico Salvadoreño RTS13.02.02:14 Agua. Agua envasada. El Salvador. Diario Oficial No. 215, Tomo No. 381. 17 p.
- Rodríguez Meza, V; Escobar Ponce, J. 2018. Evaluación del funcionamiento de filtros de biocarbón/arcilla en la potabilización del agua, mediante análisis físicos y microbiológicos. Universidad de El Salvador. El Salvador. 37 p.



Fármacos controlados en El Salvador

Drugs controlled in El Salvador

Alvarenga-Artiga, R.F.¹

Correspondencia:
rosy.alvarenga@ues.edu.sv

Presentado:
16 de agosto de 2021
Aceptado:
17 de septiembre de 2021

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia

La práctica anestésica ha crecido enormemente en los últimos años en medicina veterinaria. El objetivo primordial de todo acto anestésico es evitar el dolor producido por las diferentes maniobras, relajar la musculatura para facilitarlas y por último desconectar al paciente mediante diferentes grados de depresión del sistema nervioso central (SNC) (Figura 1).

Figura 1.
Aplicación de anestesia en felino.



Esto se conoce como anestesia balanceada. Existe un dicho popular que cita que la mejor anestesia es la que mejor maneja el médico responsable, asumiendo

que todos los problemas, situaciones e individuos respondieran igual a un solo protocolo anestésico. La realidad es que hay un protocolo para cada paciente entre docenas y para elegir el apropiado se deberán conocer todas las posibilidades (Otero 2019).

En la práctica, la estrategia anestésica puede dividirse en diferentes pasos o fases que dependerán del anestesiólogo y de su experiencia en el área, en la mayoría de los pasos se pueden incluir diferentes fármacos para llegar al éxito en el procedimiento quirúrgico y acto anestésico.

En El Salvador, hay muchas alternativas farmacológicas para realizar el acto anestésico en pacientes caninos y felinos. En las estrategias anestésicas se deben de incluir diversidad de fármacos que cumplan los objetivos terapéuticos trazados por el médico veterinario.

FÁRMACOS CONTROLADOS

Entre los fármacos que pueden emplearse están los que son de venta libre que los pueden encontrar en cualquier establecimiento farmacéutico de uso humano o uso veterinario y fármacos que son de

uso controlado que solo pueden ser comprados por médicos, odontólogos y médicos veterinarios habilitados para el ejercicio de la profesión y

debidamente registrados por la autoridad respectiva en recetarios especiales (DNM 2020) (Figura 2).

Figura 2.
Recetario especial para la compra de farmacéuticos de uso controlado.

DIRECCION NACIONAL DE MEDICAMENTOS
UNIDAD DE ESTUPEFACIENTES

No. 4276

DIA	MES	AÑO
DIA	MES	AÑO

J.V.P.: M.V. 0000 Dr(a). FUNES RIVERA, MARIA DE LOS ANGELES TEL.: 2251-9798

Dirección: CALLE L 3 # 10, ZONA INDUSTRIAL MERLIOT, ANTIGUO CUSCATLAN

PACIENTE: **USO PROFESIONAL**

NOMBRES: _____ 1er. APELLIDO: _____ 2do. APELLIDO: _____

DOMICILIO: _____ DOC. DE IDENTIDAD: _____ EDAD: _____

PRODUCTO A PRESCRIBIR: **(COLUMNA 1)**
NOMBRE COMERCIAL Y GÉNÉRICO

TOTAL DE PRESCRIPCIÓN: **NUMEROS (LETRAS) - (COLUMNA 2)**
EN NUMEROS Y LETRAS

DOSIS DIARIA: _____

NOTA: Esta receta es válida por 30 días a partir de la fecha de expedición.

ORIGINAL-FARMACIA

M.V. SELLO
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA
J. V. P. M. V. N°

FIRMA

SELLO Y FIRMA DEL MEDICO

Para acceder a los fármacos controlados en El Salvador, se debe de hacer un proceso en la División Nacional de Medicamentos (DNM); dicha entidad se encarga de extender las recetas controladas o libro de psicotrópicos controlados para las compras de estos medicamentos solo a los profesionales que intervengan en el área de la salud.

Los pasos a seguir para obtener las recetas controladas son los siguientes:

- Debe de estar solvente de la anualidad del Junta de Vigilancia de la Profesión Médico Veterinaria.
- Pagar un arancel en cualquier banco.
- Llenar los formularios correspondientes y presentarse en las oficinas de la DNM.
- Se esperan un máximo de un día, para que se entregadas las recetas controladas.

Una vez obtenidas las recetas controladas, para comprar en los establecimientos autorizados, únicamente debe de solicitar un código de cliente, llenar correctamente las recetas y pagar su costo. Es importante mencionar que hay algunos

medicamentos que se compran, haciendo un proceso similar para obtener un libro de psicotrópicos controlados, que de igual manera se realiza en la DNM.

En el área de la anestesia veterinaria debe instaurarse el protocolo de anestesia que el paciente necesita con base en las necesidades que cada uno tiene, tomando en cuenta que debe suministrarse una anestesia balanceada; a partir de este hecho puede afirmarse que en El Salvador se dispone de una amplia gama de fármacos con los cuales pueden llenarse todas las necesidades de los pacientes en un procedimiento quirúrgico.

FÁRMACOS UTILIZADOS

Entre la gama de fármacos que pueden ser utilizados en las estrategias anestésicas tenemos analgésicos opiáceos, relajantes, disociativos, hipnóticos, entre otros (Tabla 1).

Tabla 1.
 Fármacos disponibles para las estrategias anestésicas en El Salvador

Fármaco	Clasificación	Presentación	Controlado	Distribuidores
Tramadol 5%	Derivado de opioides	Inyectable, tabletas, capsulas y gotas	No	Farmacias de uso humano
Remifenanilo 0.2 Y 0.5%	Opioide	Polvo para reconstituir	Si	QUIFA S.A VITALIS S.A. C.I.
Morfina 1%	Opioide	Inyectable y tabletas	Si	VIJOSA PISA PAILL
Petidina 5%	Opioide	Inyectable	Si	MACARTHYS LABORATORIES LIMIRES T/A MARTINDALE PHARMA VIJOSA
Metadona 1%	Opioide sintético	Inyectable y tabletas	Si	CRISTALIA PRODUCTOS QUIMICOS FARMACÉUTICOS LTDA VIJOSA MALLINCKRODT INC
Fentanilo 50 mcg/ml	Opioide	Inyectable, tabletas y parches	Si	PDICOFARMA S.A. DE C.V. PAILL VIJOSA
Dexmedetomidina 100 mcg / ml	Agonista alfa-2	Inyectable	Si	PISA HOSPIRA, INC
Xilacina 2 y 10%	Agonista alfa-2	Inyectable	Si	DUTCHFARM RICHMOND
Acepromacina 1%	Fenotiacina	Inyectable	Si	RICHMOND GENETICA GANDERA
Diazepam 0.5%	Benzodiacepina	Inyectable, jarabe y tabletas	Si	FARDEL PISA VIJOSA
Midazolam 0.5%	Benzodiacepina	Inyectable y tabletas	Si	SIEGFRIED HAMELN GMBH VIJOSA PAILL
Ketamina 5 y 10 %	Ciclohexamina	Inyectable	Si	DUTCHFARM RICHMOND PAILL VIJOSA
Propofol 1 Y 2%	Alquilfenol	Inyectable	Si	DUTCHFARM RICHMOND CORDEN PHARMA SPA
Isoflurano	Compuestos halogenados	Gas	Si	PISA REDIFAR SINGAPORE PHARMAWEALTH LIFESCIENTIEN
Sevoflurano	Compuestos halogenados	Gas	Si	ABBOTT LABORATORIES ARGENTINA S.A. PISA

*La disponibilidad de los fármacos depende de cada empresa.

Como puede observarse, hay una amplia variedad de fármacos que pueden ser utilizados para instaurar anestesia balanceada en los pacientes, es por ello que como institución educativa se motiva a los estudiantes de Medicina Veterinaria al uso adecuado de los fármacos de acuerdo a las necesidades individuales de cada paciente y así procurar disminuir el riesgo anestésico, aumentar el bienestar animal, en cualquier proceso quirúrgico.

Aunque los anestésicos locales juegan un papel muy importante para brindar analgesia en los pacientes, no han sido incluidos ya que se abordará en otro artículo exclusivamente para el uso de ellos.

REFERENCIAS

- Flores, F. 2020. Farmacología y Terapéutica Veterinaria. Elaboración de Recetas Médicas. Powerpoint. San Salvador, El Salvador.
- Otero, P. 2019. Protocolos anestésicos y manejo del dolor en pequeños animales, reporte de casos. Inter-Medica 2ª edición. Argentina.
- Sández I, Cabezas M. 2018. Manual clínico de farmacología y complicaciones en anestesia de pequeños animales. Multimédica ediciones veterinarias 2ª edición. España.
- DNM (Dirección nacional de medicamentos, El Salvador). 2020. Listado de medicamentos y sustancias controladas por la DNM 2018 (en línea, sitio web). Consultado el 20 de enero de 2021. Disponible en <https://www.medicamentos.gob.sv/index.php/es/>.



Nota Técnica

Comprendiendo la eutanasia humanitaria en animales de compañía

Understanding humanitarian euthanasia of companion animals

Vargas-Artiga, M.J.¹

Correspondencia:
maria.vargas@ues.edu.sv

Presentado:
23 de agosto de 2021
Aceptado:
24 de septiembre de 2021

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia

La palabra eutanasia proviene del griego eu, bien, y tanatos, muerte. Significa “buena muerte” (muerte suave, sin agonía) (AVMA 2013). Traducido literalmente del griego significa “muerte tranquila”. También, se define como muerte humanitaria realizada por personas especialmente preparadas (Capó Martí 2005).

La eutanasia, por definición, se refiere a una muerte tranquila y sin sufrimiento, es importante que sea realizada mediante un estricto protocolo que no atente contra el bienestar animal; por lo tanto, es evidente que una muerte no es eutanásica cuando el animal sufre o se debate, o si se retuerce aterrorizado o si una vez lastimado o mutilado recobra la sensibilidad. La verdadera eutanasia comprende una insensibilización rápida y mantenida hasta alcanzar la muerte (Capó Martí 2005). Algunas personas se oponen al uso rutinario de la palabra “eutanasia”, “poner a dormir un animal” o sacrificio animal”. El filósofo Tom Regan, en su libro *The Case for Animal Rights*, señala que como la palabra “eutanasia” es aplicada para los seres humanos, requiere más que matar sin dolor o sin un mínimo de sufrimiento,

afirma que el término eutanasia se puede aplicar a personas o animales solo si matarlos está en su interés. Sin embargo, los animales no pueden decir su interés, pero el término está tan ampliamente difundido que es comúnmente aplicado para animales (Jerrold 1989). Aunque también se han empleado los términos “sacrificio” o “matanza” para los animales destinados al consumo humano, o “sacrificio sanitario”.

Cuando se debe dar muerte a los animales en caso de sospecha o confirmación de enfermedad (Código sanitario de los animales terrestres de la OIE 2021).

Según *The Humane Society of the United States* en su referencia manual on eutanasia, Eutanasia Humanitaria es el acto de inducir la muerte usando un método que ocasione una pérdida rápida e irreversible de la conciencia, con un mínimo de dolor y angustia para el animal. Es un proceso que combina la compasión y consideración científica, a la vez que brinda a cada animal una muerte sin dolor ni estrés. Junto con las habilidades técnicas requeridas, debe haber compasión y un sentido de solemnidad, reverencia y respeto por los animales.

El procedimiento para realizar la eutanasia en animales, debe brindar seguridad y respeto al paciente. En la práctica veterinaria, la eutanasia se realiza generalmente para evitar un sufrimiento en animales afectados por enfermedades incurables o dolorosas. Puede ocurrir que el médico veterinario tenga que practicar la eutanasia por otras razones, ya sean sanitarias o por problemas de comportamiento, como animales con instintos agresivos o con fines científicos y/o enseñanza, o para prueba de control de calidad de productos comerciales, pero este artículo trata solo sobre la eutanasia humanitaria en animales de compañía (Capó Martí 2005).

Hay pocos problemas a los que se enfrenta la normativa de la ética veterinaria, presenta más problemas con respecto al equilibrio de intereses en conflicto que la eutanasia. No siempre es de interés común para el paciente, el cliente y el médico que se realice la eutanasia. Incluso, cuando un animal está sufriendo desesperadamente y la eutanasia parece ser de su interés, realizar eutanasia al animal puede suponer una carga tremenda para su dueño.

Puede volverse aún menos claro cuando el animal tiene una enfermedad grave que disminuye su calidad de vida sin causar un sufrimiento constante; en algunos casos, el interés del cliente en mantener vivo a su compañero el mayor tiempo posible puede parecer más importante que el interés del animal por una excelente calidad de vida. Hay casos en los que un cliente piensa erróneamente que el mejor interés de su animal sería la eutanasia.

A veces, el animal puede sobrellevarlo bastante bien y la eutanasia puede ser una forma de evitar que el cliente experimente molestias. En el otro extremo de una situación, son aquellos clientes que se preocupan poco por sus animales y quieren que los maten simplemente para deshacerse de ellos. El médico veterinario de animales de compañía algunas veces se ve atrapado en medio de un conflicto porque quiere servir a ambos, al cliente y a su paciente.

El interés de servir y satisfacer al cliente, quien al final es quien debe autorizar el procedimiento, y el interés

profesional de brindar la mejor opción a su paciente para terminar un sufrimiento, dolor o agonía (Jerrold *et al.* 1989).

Algunos indicadores de confirmación de la muerte en perros y gatos, son (Mota Rojas *et al.* 2016):

- La muerte debe ser confirmada / verificada en cada animal. Requiere capacitación para poder hacerlo
- No se ausculta frecuencia cardiaca, uso de Estetoscopio
- No existen signos de respiración
- Pérdida de color de las membranas mucosas
- Entre otros que el Médico considere.

Entre algunos de los casos de eutanasia claramente justificada se encuentran aquellos en los que están presentes todos los siguientes aspectos (CCAC 2010; Mota Rojas *et al.* 2016):

- El paciente está sufriendo una condición para la cual la medicina veterinaria no puede ofrecerle una cura o solución.
- Condición que está causando en el paciente un dolor severo para la cual no se dispone de medidas paliativas que no sean inducir la inconsciencia.
- El cliente es capaz de solicitar eutanasia, entiende que el interés del animal en liberarse del sufrimiento, debe tener prioridad sobre su propio dolor inminente o sensación de pérdida, y es psicológicamente capaz de tomar una decisión voluntaria y racional con respecto a la eutanasia.

También existen preocupaciones relacionadas a la eutanasia. La primera es terminar una vida con la mínima cantidad posible de dolor y estrés tanto para el animal como para el dueño; la segunda son las relaciones públicas con respecto a la eutanasia, es importante referirse a la eutanasia en forma correcta éticamente, en su procedimiento y con compasión y dignidad hacia el animal (Susan Monger 2021).

PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA TÉCNICA

Las técnicas para suprimir la vida varían según la especie y el caso particular de cada paciente. Cuando se aplique la eutanasia se observarán los principios éticos y técnicos generales, privilegiando el uso de los métodos más prácticos, rápidos y compasivos y la seguridad de los profesionales a cargo del proceso. Independientemente del método utilizado, los principios básicos serán los mismos: es importante reducir la angustia, la ansiedad y el dolor asegurándose de que el profesional que lo realiza haya recibido una formación apropiada (AVMA 2013).

Como parte de sus actividades éticas y técnicas el médico veterinario debe hacer todo lo posible para minimizar cualquier tipo de ansiedad para el animal durante la eutanasia, esto incluye un tranquilizante antes del procedimiento. Últimamente, es bien sabido que las mascotas se han convertido en un miembro más de la familia; por lo tanto, el médico veterinario debe darle tiempo a la familia de la mascota para su despedida. El médico veterinario deberá tener cuidado de no minimizar la pérdida y el dolor del propietario (Mota Rojas *et al.* 2016).

Los animales, son sensibles a percibir todo lo que exista en su entorno. Los perros han evolucionado junto a los humanos miles de años, lo que les confiere una especial capacidad para percibir todo lo que sentimos, según la etóloga canina, Rosana Álvarez, veterinaria especializada en medicina del comportamiento. Razón por la cual, si el propietario está consciente de que ha tomado la mejor decisión para su mascota, podrá transmitir esa sensación al paciente, y este ambiente podrá tener un rol importante en el control de la ansiedad y estrés del paciente antes de practicar la eutanasia.

PRACTICAR LA EUTANASIA HUMANITARIA ES UN PRIVILEGIO

Practicar la eutanasia humanitaria es un privilegio, algo que debe ser demostrado en todo momento y con respeto a la vida del animal (Susan Monger 2021).

Considerar este procedimiento como un privilegio, ayuda al Médico Veterinario a sobrellevar la responsabilidad que implica el mismo, pues no es fácil como médicos realizar eutanasia y más aún cuando se establecen vínculos emocionales con los pacientes. Además, es una forma de corresponder profesionalmente a la confianza que el propietario brinda al momento de tomar la difícil decisión.

Obstáculos que influyen en practicar una eutanasia humanitaria - aceptable (Susan Monger 2021):

- No disponibilidad de pentobarbital sódico al 390 mg/ml (concentración específica para eutanasia) o un precio histórico y prohibitivamente alto del pentobarbital sódico.
- Desinformación sobre métodos existentes de eutanasia, capacitación ética y apropiada o la práctica de cómo realizar una eutanasia humanitaria.
- Equipo adecuado para implementar o continuar practicando la eutanasia humanitaria.
- Temas legales relacionados a la importación, distribución y uso de sustancias controladas.

Los agentes eutanásicos deben cumplir con las siguientes características, y las que el médico veterinario tenga a bien incorporar (Mota Rojas *et al.* 2016):

- No provocar ansiedad indebida, temor, lucha, vocalización desesperada, espasmos musculares u otros signos clínicos de activación autonómica.
- Ser indoloro y actuar con rapidez.
- Eficaz y efectivo.
- Seguro para el profesional que está a cargo del procedimiento.
- Toda droga y fármaco empleado debe cumplir con el marco legal vigente respecto a su utilización.
- Ser compatible con todas las razones y fines que

se persiguen al someter a eutanasia al animal o a los animales (uso práctico).

El procedimiento debe ser realizado bajo un protocolo que contemple, elementos fundamentales como (reglas):

- Inducir la pérdida de la conciencia y muerte sin dolor, sufrimiento, ansiedad y temor.
- Tener un consentimiento y autorización firmada por el propietario de la mascota.
- La eutanasia humanitaria debe realizarse a través de la colocación de un catéter endovenoso que permita realizar el proceso de forma rápida y adecuada. El médico veterinario deberá explicar de forma clara y resumida los pasos importantes en los cuales se basa el procedimiento, y lo que estará pasando internamente en el paciente, sobre todo dejar claro un punto muy importante, que el paciente va a estar inconsciente y en ningún momento sentirá dolor.
- El método utilizado para realizar la eutanasia (en animales de compañía es recomendado el método químico que consiste en una sobredosis de anestesia para producir una parada cardiorrespiratoria) debe cumplir con todos los objetivos y principios de bienestar animal con respecto a este procedimiento.
- Efecto emocional de los sujetadores, observadores o dueños. El médico debe explicar al propietario que no es recomendable que esté presente en todo el procedimiento para evitar el doloroso sentimiento que puede ocasionar ver el proceso, sobre todo cuando ya no lo ve respirar. Pero será el cliente quien decida si retirarse o no. Ser empático con el dueño y/o la familia de la mascota en todo momento del procedimiento.
- El cuerpo del paciente deberá tratarse con dignidad y respeto. Para la eliminación del cuerpo, debe recomendarse tomar todas las medidas de bioseguridad necesarias al manipular el cuerpo si este desea enterrarlo, o si desea trasladarlo a otro

lugar para que puedan disponer de él.

Uno de los criterios más importantes para la aceptación de un método de eutanasia incluye una rápida acción depresiva inicial sobre el sistema nervioso central (SNC) para asegurar la insensibilidad inmediata al dolor, y que se tomen medidas para minimizar el estrés en el animal previo al procedimiento. Es imperativo que el profesional entienda la diferencia entre sedado y anestesiado, en la sedación, el animal todavía puede sentir dolor y con anestesia, el animal no puede sentir dolor.

Los animales han llegado a desarrollar lazos tan especiales y tan estrechos con sus dueños, que pueden llegar a soportar niveles de dolor severos o condiciones terminales y hasta adaptarse a las mismas por cumplir con una rutina o actividades que los dueños realizan con ellos.

Pero es aquí cuando el rol de médico veterinario y su preparación deben prevalecer y poder ser la mejor guía y dar la mejor recomendación a sus clientes, siempre teniendo en cuenta el bienestar del paciente y el entorno en el cual se desarrolla (su realidad).

Los médicos veterinarios deben ser más empáticos con los propietarios y su dolor, explicarles que la eutanasia humanitaria es, sin lugar a dudas, el mejor regalo que podemos dar a las mascotas como fin para un sufrimiento o condición que es sabido no va a cambiar ni va a mejorar su bienestar. Optar por eutanasia humanitaria y cumplir con todos los elementos que en este artículo se mencionan, es pensar realmente en la mascota y/o paciente, y dejar a un lado las percepciones personales sobre sufrir sin su presencia, es pensar en primer lugar en ellos (mascota-paciente) y poner fin a un dolor o sufrimiento, después de haber cumplido con brindar todas las posibles soluciones y comprender que hay condiciones que la medicina no puede curar.

REFERENCIAS

AVMA. 2013. Guidelines for the Euthanasia of Animals: ed. Schaumburg I, USA. American

- Veterinary Medical Association. 102.
- Capó Martí, MA. 2005. Aplicación de la bioética al bienestar animal y al derecho de los animales. Madrid. Complutense. 112.
- CCAC. 2010. Guidelines on euthanasia of animals used in science Ottawa. Canada. Canadian Council on Animal Care.
- Mota Rojas D., Velarde Calvo A., Huertas Canén S., Nelly Cajiao M. 2016. Bienestar animal. 3ra edición. Elsevier. España. 123.
- Jerrold, T. 1989. Veterinary Ethics. 1st Edition. Baltimore. Meryland. 208.
- OIE. 2021. Terrestrial Animal Health Code. Capítulo 7.7. Stray dog population control. Consultado el 05 enero de 2021. https://www.oie.int/index.php?id=169&L=2&htmfile=chapitre_aw_stray_dog.htm
- Susan Monger. 2021. Eutanasia Humanitaria. DVM-Directora International Veterinary Consultant.



Nota Técnica

Registros de garrapatas en El Salvador

Tick records in El Salvador

Romero-Pérez, L.E.¹

Correspondencia:
luis.perez@ues.edu.sv

Presentado:
3 de septiembre de 2021
Aceptado:
8 de octubre de 2021

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Las garrapatas comprenden aproximadamente 900 especies, reconocidas hasta el momento en todo el mundo, incluyendo “garrapatas blandas” pertenecientes a la Familia Argasidae y “garrapatas duras” que corresponden a la Familia Ixodidae.

En la región Neotropical (Islas del Caribe, Sur de México, América Central y América del Sur) se contabilizan al menos 74 especies de garrapatas blandas y 114 especies de garrapatas duras (Piña, *et al.* 2017; Guglielmo, *et al.* 2004).

En El Salvador, la fauna de garrapatas incluye 10 especies listadas en publicaciones indexadas, 2 de estas especies corresponden a garrapatas blandas: *Ornithodoros dyeri* y *Ornithodoros yumatensis*; mientras que, para el caso de garrapatas duras, se mencionan 8 especies: *Amblyomma dissimile* (Figura 1), *Amblyomma mixtum*, *Amblyomma parvum*, *Amblyomma sabanerae*, *Amblyomma scutatum*, *Dermacentor nitens*, *Rhipicephalus microplus* y *Rhipicephalus sanguineus* (Guglielmo, *et al.* 2004).

Figura 1.
Amblyomma dissimile Hembra



Fuente: Catálogo de garrapatas UES-MAG s.f.

La información de garrapatas para El Salvador es escasa, con una indicación de pocas especies presentes en el territorio. Una actualización a esta información corresponde al trabajo de graduación de Navarrete, *et al.* (2014) (Figura 2) que incluye las especies *Amblyomma ovale* (Figura 3), *Amblyomma auricularium* y *Dermacentor dissimilis*; sin embargo, esta se encuentra en revisión mediante técnicas moleculares junto al Departamento de Medicina Veterinaria para validar estas especies reportadas.

Figura 2.
 Catálogo de garrapatas UES-MAG (2014).



Figura 3.
Amblyomma ovale Hembra



Fuente: Catálogo de garrapatas UES-MAG s.f.

GARRAPATAS BLANDAS

Para el caso de las garrapatas blandas con reporte en el país, la garrapata *Ornithodoros dyeri*, posee al murciélago como principal hospedero y existe muy poca información disponible sobre ella. Investigaciones han determinado que la fase larvaria puede ser encontrada sobre el murciélago, mientras que las fases de ninfa y adulto se evidencian en el guano y en las paredes de las cavernas que albergan a los murciélagos (Zamora-Mejías, *et al.* 2020) (Figura 4).

En El Salvador, se registra su hallazgo en murciélago cercano a una localidad llamada Santa Rosa y corresponde al 23 de agosto de 1960 (Kohls, *et al.* 1964). La segunda especie de garrapata blanda, *Ornithodoros yumatensis* corresponde a una muestra depositada en United States National Tick Collection (USNTC), Statesboro, EEUU (la colección de garrapatas más importante del mundo). Los murciélagos son los principales hospederos de esta garrapata y hasta el momento se ha encontrado infectada por la bacteria *Rickettsia lusitaniae* en el año 2016. La importancia

de estas garrapatas en salud pública es desconocida; y el contacto del ser humano con ellas es bastante limitado; sin embargo, se conoce de picadura a humanos causadas por garrapatas presentes en cuevas (Sánchez-Montes, *et al.* 2016)

Figura 4.
 Exoesqueleto de garrapata blanda, encontrado en una cueva en una investigación del Departamento de Medicina Veterinaria.



GARRAPATAS DURAS

Las garrapatas duras, presentan mayor cantidad de especies reportadas para El Salvador y el género *Amblyomma* posee la mayor cantidad de estas. *Amblyomma dissimile*, es una garrapata que posee a reptiles y anfibios como sus hospederos principales (Sapos, iguanas, serpientes e incluso cocodrilos), pero con hallazgos de afectación en mamíferos, incluyendo al ser humano. Se reportan en esta garrapata presencia de las bacterias *Anaplasma sp.*, *Rickettsia bellii*, *Candidatus Rickettsia colombianensi* y *Borrelia sp.* del grupo asociado a reptiles, sin determinar hasta el momento su importancia como causante de enfermedad en animales o humanos (Colunga-Salas, *et al.* 2020). En El Salvador su reporte proviene de una ninfa detectada en sapo (*Bufo marinus*) en el año de 1961; sin embargo, es una garrapata común en iguana verde (*Iguana iguana*) y tortugas terrestres (Datos no publicados).

Otra especie del género es *Amblyomma mixtum*, la cual por mucho tiempo fue considerada como la especie *Amblyomma cajennense* con distribución desde Estados Unidos hasta la Argentina; sin

embargo, investigaciones basadas en genética, morfología y reproducción determinaron que, de hecho *A. cajennense* corresponde en esa distribución, a 6 especies distintas de las cuales *Amblyomma mixtum* está presente desde Texas hasta Ecuador, incluyendo Colombia e islas del Caribe. Esta garrapata es importante en medicina veterinaria y en salud pública, al ser una garrapata con amplitud de hospederos y más comúnmente asociada a picadura en humanos; además de ello, se ha encontrado infectada con agentes patógenos que involucran entre otros a *Rickettsia rickettsii* (el agente causal de la rickettsiosis más importante en el mundo) y *Rickettsia amblyommii*, esta última en mayores prevalencias, sin que hasta el momento se reconozca su importancia como causante de enfermedad en humanos (Rivera-Páez, et al. 2016). Su hospedero más habitual es el equino, pero se encuentra con facilidad en bovinos, así como otros animales domésticos y silvestres, demostrando no poseer una gran preferencia por un hospedero (Piña, et al. 2017).

Amblyomma cf parvum es una especie reportada en diferentes hospedadores que incluye animales domésticos y silvestres incluyendo al humano. Ha sido considerada como una sola especie con distribución desde México hasta la Argentina; sin embargo, Lado, et al. (2016), encontraron que *Amblyomma parvum* de Centro América es una especie distinta a *Amblyomma parvum* de Sur América, lo que requiere de una mayor investigación para establecer la especie actualmente denominada como *Amblyomma cf parvum* de Centro América. En esta garrapata ha sido posible detectar los agentes *Coxiella burnetii*, *Ehrlichia chaffeensis*, *Candidatus 'Rickettsia andeanae'* y *Rickettsia rickettsii* (Bermúdez, et al. 2018). En El Salvador los registros corresponden a presencia en Bovinos (Payne & Scott 1982) y felino silvestre (Navarrete, et al. 2014).

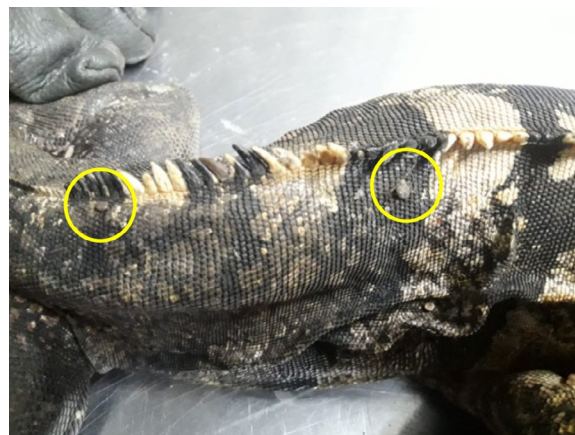
Amblyomma sabanerae es una garrapata propia de reptiles, más común en tortugas terrestres. Se ha detectado la presencia de *Rickettsia bellii* en esta garrapata proveniente de San Miguel, El Salvador; siendo este el primer registro de esta *Rickettsia* en Centro América con posteriores hallazgos en Costa

Rica y Panamá (Guglielmo, et al. 2004; Barbieri, et al. 2012; Bermúdez, et al. 2018).

Amblyomma scutatum es una especie de garrapata que posee a reptiles como sus hospederos definitivos (Figura 5). El Salvador posee registros que corresponden a una muestra existente en la USNTC (Guglielmo, et al. 2004). En tesis desarrolladas en el Departamento de Medicina Veterinaria, esta garrapata se encuentra principalmente en *Ctenosaura similis*, especie conocida en nuestro medio como "garrobo" (Navarrete, et al. 2014).

Figura 5.

Amblyomma scutatum encontradas en un garrobo durante investigaciones en el Departamento de Medicina Veterinaria.



El género *Dermacentor*, se compone actualmente de una especie para el país, *Dermacentor nitens*. Esta garrapata es encontrada en el equino como hospedero definitivo (Guglielmo, et al. 2004; Navarrete, et al. 2014) (Figura 6). Los patógenos asociados a ella corresponden a *Babesia caballi* (causante de babesiosis equina), *R. amblyommatis*, *R. rickettsii* (Bermúdez, et al. 2018).

El género *Rhipicephalus* comprende 2 especies de garrapatas en el país; la primera *Rhipicephalus microplus*, es la garrapata más común en el ganado bovino. Es responsable de la transmisión de *Babesia bovis*, *B. bigemina* y *Anaplasma marginale* (Bermúdez, et al. 2014); es decir, transmiten la anaplasmosis y babesiosis en el ganado bovino.

Figura 6.
Dermacentor nitens encontradas en un equino durante investigaciones en el Departamento de Medicina Veterinaria.



En El Salvador está ampliamente diseminada y sus registros incluyen hallazgos en ganado bovino en 1982 (Payne & Scott 1982). La segunda garrapata del género es *Rhipicephalus sanguineus* s.l., esta es muy común en perros de todo el mundo y es muy importante ya que tiene la capacidad de adaptarse a los ambientes urbanos (Guglielmone, *et al.* 2004), es la responsable de transmisión de una gran cantidad de agentes patógenos hacia el perro: *Ehrlichia canis*, *Anaplasma platys*, *Babesia canis*, *Rickettsia rickettsii* y *Rickettsia amblyommatis* y más recientemente se ha reportado como posible transmisor de *Rickettsia rickettsii* al ser humano (Bermúdez, *et al.* 2018).

IMPORTANCIA

La importancia de identificar las diferentes especies de garrapatas presentes en el país, se debe a la asociación de estas con agentes patógenos responsables de enfermedades que afectan la producción, o incluso, de potencial riesgo en salud pública. La presencia de estas enfermedades transmitidas por garrapatas depende de la distribución de sus vectores, por lo tanto, el conocimiento de esta distribución permitirá establecer la epidemiología de las enfermedades y el potencial riesgo de afectación hacia el ser humano. En este sentido, el Departamento de Medicina Veterinaria de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, realiza investigaciones en relación a especies de garrapatas que afectan animales domésticos y silvestres, además

de patógenos asociados a ellas, esto permitirá, que el conocimiento de garrapatas para El Salvador sea ampliado al finalizar los estudios y publicaciones actualmente en desarrollo.

REFERENCIAS

- Barbieri ARM, Romero L, Labruna MB. 2012. *Rickettsia belli* infecting *Amblyomma sabanerae* ticks in El Salvador. *Pathogens and global health*. 106 (3):188-189.
- Bermúdez S, Apanaskevich D, Domínguez L. 2018. Garrapatas Ixodidae de Panamá. ISBN 978-9962-699-25-5. 129 pp
- Colunga-Salas P, Sánchez-Montes S, Ochoa-Ochoa LM, Grostieta E, Becker I. 2020. Molecular detection of the reptile-associated *Borrelia* group in *Amblyomma dissimile*, Mexico. *Medical and veterinary entomology*. In press.
- Guglielmone AA, Estrada-Peña A, Keirans AJ, Robbins RG. 2004. Las garrapatas (Acari: Ixodida) de la región zoogeográfica neotropical. ISBN 985-521-125-7, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, Argentina, 142 pp.
- Herber, E. 1961. Some parasites from El Salvador. *Proceedings of the Pennsylvania Academy of Science*, 35, 32-44. Retrieved January 4, 2021, from <http://www.jstor.org/stable/44110198>.
- Kohls GM, Sonenshine DE, Clifford CM. 1964. The systematics of the subfamily Ornithodorinae (Acarina: Argasidae). II. Identification of the larvae of the western hemisphere and descriptions of three new species. *Annals of the entomological society of America*. 58 (3):331 - 363.
- Lado P, Nava S, Labruna MB, Szabo MPJ, Durden LA, Bermudez S, Montagna M, Sánchez Quirós AC, Beati L. 2016. *Amblyomma parvum* Aragão, 1908 (Acari: Ixodidae): Phylogeography and systematic considerations. *Ticks and tick-borne diseases*. 7(5):817-827.
- Navarrete LR, Rodríguez EA, Valle CA, Vargas MJ, Romero LE. 2014. Identificación de especies de *Rickettsia* asociadas a garrapatas de la familia Ixodidae, en colección del Ministerio de Agricultura y Ganadería, El Salvador.

- Licenciatura, San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. 114 p.
- Payne RC, Scott JM. 1982. Anaplasmosis and babesiosis in El Salvador. *Trop. Anim. Health Prod.* 14: 75-80
- Piña FTB, da Silva Rodrigues V, de Oliveira Souza HL, Garcia MV, Barros JC, de León AAP, Andreotti R. 2017. Life cycle of *Amblyomma mixtum* (Acari: Ixodidae) parasitizing different hosts under laboratory conditions. *Exp Appl Acarol.* 73(2):257-267.
- Rivera-Páez SA, Labruna MB, Martins TF, Sampieri BR, Camargo-Mathias MI. 2016. *Amblyomma mixtum* Koch, 1844 (Acari: Ixodidae): First record confirmation in Colombia using morphological and molecular analyses. *Ticks and tick-borne diseases.* 7 (5):842-848.
- Sánchez-Montes S, Guzmán-Cornejo C, Martínez-Nájera Y, Becker I, Venzal JM, Labruna MB, 2016. *Rickettsia lusitaniae* associated with *Ornithodoros yumatensis* (Acari: Argasidae) from two caves in Yucatan, Mexico. *Ticks and tick-borne diseases.* 7 (6):1097-1101.
- Zamora-Mejías D, Herrera-Mares A, Ojeda M, Medellín RA. 2020 *Ornithodoros dyeri* (Parasitiformes: Ixodida: Argasidae) parasitizing *Leptonycteris yerbabuena* (Chiroptera: Phyllostomidae) in Mexico. *Ticks and tick-borne disease.* 11 (6):101514.



Manejo analgésico integral en animales de producción y compañía

Comprehensive analgesic management in production and company animals

Flores-Alvarenga, F.J.¹

Correspondencia:
fernando.flores@ues.edu.sv

Presentado:
10 de septiembre de 2021
Aceptado:
15 de octubre de 2021

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia

En la actualidad, abundantes evidencias neuroanatómicas y neurofisiológicas demuestran que los animales son capaces de sentir dolor y que por lo menos en el caso de los mamíferos, los mecanismos de transducción, transmisión, modulación y percepción de los estímulos nocivos, son similares, en general, a los hallados en los seres humanos (Morales 2016). La principal diferencia existente entre el hombre y los animales, es su capacidad de manifestar de forma explícita su dolor.

Es por lo anterior que el médico veterinario necesita conocer la forma correcta de **evaluar la intensidad y el tipo dolor** de sus pacientes, con el fin de brindarles el tratamiento adecuado y garantizar el bienestar necesario para que desarrollen con normalidad sus actividades productivas y afectivas.

Pero ¿Qué es realmente el dolor?

El dolor es una experiencia sensitiva y emocional (percepción) desagradable relacionada con daño tisular real o potencial, o que se describe en términos de tal daño. La incapacidad de comunicarse de ningún

modo anula la posibilidad de que un individuo experimente dolor y requiera tratamiento adecuado para aliviarlo (Grimm, *et al.* 2013).

Según la OMS el dolor se puede clasificar de **7 formas** (todas aplicables a medicina veterinaria): según su duración (agudo o crónico), según su patogenia (Neuropático, nociceptivo o psicogénico), su localización (somático y visceral), su curso (continuo e irruptivo), intensidad (Leve, moderado y severo), su pronóstico y finalmente según la farmacología (orientado a las opciones terapéuticas disponibles para tratarlo) (Díaz 2005).

El dolor actualmente es reconocido como el **quinto signo vital** junto con la presión arterial, el pulso, la respiración y la temperatura, esto indica la importancia que tiene la correcta evaluación de las manifestaciones de dolor que demuestran los pacientes, tanto de mascotas como animales de producción (Flores 2021) (Figura 1).

Figura 1.
Paciente con expresión facial de dolor, causada por traumatismo agudo.



Es responsabilidad del médico veterinario determinar a qué clasificación específica pertenece el dolor que experimenta su paciente, ya que de no hacerlo, se enfrentaría a un pobre manejo del mismo y no estaría cumpliendo sus objetivos terapéuticos y éticos.

¿Cómo medimos objetivamente el dolor?

El dolor es una experiencia multidimensional extremadamente compleja con elementos sensitivos y afectivos. Resulta claro que existen poblaciones bien definidas, como los recién nacidos humanos, adultos afásicos y animales que no pueden expresar de manera abierta su dolor. Es decir, los animales experimentan dolor, aunque no lo comuniquen exactamente del mismo modo en que lo hacen las personas, lo anterior se debe principalmente a factores de adaptación evolutiva, para sobrevivir y no ser un blanco fácil para los depredadores. (Grimm, *et al.* 2013).

Además, debe tomarse en cuenta que aún entre las diferentes especies animales la manifestación objetivable del dolor será muy diferente entre unas y otras.

No existe en la actualidad un método de referencia exacto o completamente fidedigno para valorar el dolor en animales. Anteriormente, el médico veterinario únicamente tomaba como referencia de esto los cambios etológicos (en el comportamiento) de sus pacientes: gemidos, trismo, claudicaciones, apatía, hiporexia y otros similares; sin embargo actualmente

se han desarrollado diferentes escalas que, por medio de puntuaciones ayudan a los médicos a objetivar más efectivamente el dolor de sus pacientes; algunos ejemplos de lo anterior son la escala de Glasgow modificada para la medición del dolor en perros y gatos, la escala UNESP-Botucatu para evaluar el dolor en bovinos o las escalas para medir el dolor abdominal o locomotor de los equinos (entre otras).

¿Qué consecuencias trae consigo el manejo inadecuado del dolor?

El dolor agudo no controlado genera más que una “simple molestia” para el paciente.

La Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (IASP, por sus siglas en inglés) ha estudiado los efectos del manejo inadecuado del dolor en los seres humanos, pero, dichos efectos son totalmente extrapolables a la medicina veterinaria.

Algunos de los efectos nocivos del manejo inadecuado del dolor son:

- Demora de la cicatrización de heridas debido al aumento del tono simpático.
- Mayor riesgo de morbilidad pulmonar, incluida la neumonía debido a respiración limitada por el dolor.
- Respuesta hiperadrenérgica frente al estrés sostenida con hipertensión.
- Problemas para dormir
- Retención urinaria
- Miedo y ansiedad.
- Recuperación más lenta de lo necesario de las funciones vitales normales.
- Mayor Riesgo de MUERTE y muchos otros efectos nocivos.

Además, si el dolor no se maneja adecuadamente en su etapa aguda, se tiene mayor riesgo de que este se vuelva crónico, lo cual implica un sufrimiento

Figura 2.
Escala de Glasgow modificada, para medir el dolor en pacientes felinos.

Escala de Glasgow (Composite measure pain feline – CMP- feline)
 Marca con un círculo la puntuación correspondiente en cada lista y suma todas para conocer la puntuación total

A. OBSERVA AL GATO EN LA JAULA / TRANSPORTÍN, ¿CÓMO ESTÁ EL GATO?			
Pregunta 1		Pregunta 2	
Tranquilo/maúlla/ronronea	0	Relajado	0
Llora / gime / gruñe	1	Se relame	1
Pregunta 3		Inquieto, encogido en la parte posterior de la jaula / transportín	2
Ignora las heridas o zonas dolorosas	0	Tenso, agazapado	3
Se mira la herida o zona dolorosa	1	Rígido, encorvado	4
Pregunta 4	a) Rodea cuál representa mejor la posición de las orejas	b) Rodea el que más se parezca al hocico del gato	
B. ACÉRCATE A LA JAULA, LLAMA AL GATO POR SU NOMBRE Y ACARÍCIALO A LO LARGO DEL LOMO, DE LA CABEZA A LA COLA			
Pregunta 5. ¿Responde a la caricia?	0 Sí	1 No	2 Agresivamente
C. SI TIENE UNA HERIDA O UNA ZONA DOLORIDA, PRESIÓNALA SUAVEMENTE 5 CM ALREDEDOR. SI NO TIENE UNA ZONA DOLORIDA, PRESIONA SUAVEMENTE EL MUSLO POR ENCIMA DE LA RODILLA	Pregunta 6. ¿Qué hace?	Pregunta 7. Impresión general	
No hace nada	0	Feliz y contento	0
"Barre" con la cola/aplana las orejas	1	Desinteresado / tranquilo	1
Llora, "silba"	2	Ansioso / con miedo	2
Gruñe	3	Aburrido	3
Muerde / ataca	4	Deprimido / gruñón	4

Fuente: Doloranimal.org

innecesario para el paciente, mayor inversión económica para el propietario o encargado y una menor posibilidad de que pueda resolverse a corto plazo (IASP 2010).

¿Qué alternativas tenemos los Médicos Veterinarios para el manejo del dolor?

El Médico Veterinario cuenta con diferentes herramientas terapéuticas aplicables en la clínica diaria de especies de producción y compañía.

Entre las principales se encuentran:

- **La Fisioterapia.**
- **El Manejo Quirúrgico** (para algunas causas de dolor).
- **La Terapéutica Farmacológica.**
- **La Medicina Alternativa:** Naturopatía, Acupuntura, Proloterapia, Ozonoterapia, Terapia Neural y Homeopatía entre otras (el uso de medicina alternativa queda a criterio de cada Médico Veterinario).
- **La Eutanasia Humanitaria** (En casos de dolor

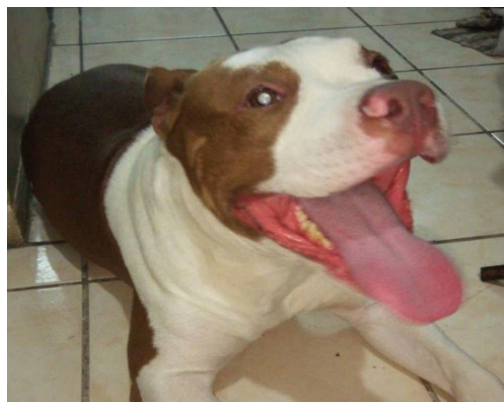
intratable y en pacientes sin posibilidades de tener calidad de vida).

TERAPÉUTICA FARMACOLÓGICA PARA EL MANEJO DEL DOLOR

Antes de aplicar tratamientos farmacológicos, el médico debe **categorizar el dolor de su paciente**, sobre todo con base en la duración, patogenia y localización del mismo (Figura 3). Posteriormente, debe elegir de entre los fármacos disponibles, los ideales para dicha categorización, los más inocuos a corto o largo plazo (según sea el caso) y que no traigan (en la medida de lo posible) consecuencias nocivas para otros aspectos de la salud del paciente (como por ejemplo daño renal, ulceración gástrica, convulsiones, ataxia, dependencia entre otras) (Flores 2021).

En El Salvador, los médicos veterinarios cuentan con alternativas de diferentes grupos farmacológicos para el manejo del dolor de sus pacientes (muchos de ellos requieren recetas controladas extendidas por la DNM -Dirección Nacional de Medicamentos-), pudiendo combinar algunos para lograr sus objetivos terapéuticos, reducir significativamente la dosis de alguno de ellos y, por ende, disminuir sus efectos adversos o indeseados (DNM 2021).

Figura 3.
Paciente sin dolor aparente a las pocas horas de un procedimiento quirúrgico.



El manejo del dolor no siempre se consigue con la administración oral o parenteral de un solo

Tabla 1.
Fármacos para el manejo del dolor, disponibles en El Salvador.

Grupo Farmacológico	Ejemplo(s) de medicamento(s).
Opioides	Tramadol, Morfina, Fentanilo (Parches o Inyectable), Metadona, Codeína, Remifentanilo, Buprenorfina, Nalbufina y otros.
AINEs	Ketoprofeno, Carprofeno, Fenilbutazona, Meloxicam, Piroxicam, Acido Tolfenamico, Ácido Acetilsalicílico (con dosis muy específicas y solo para ciertos casos), Ketorolaco, y muchos otros.
Ciclohexaminas/Antagonistas NMDA	Ketamina (en bolos o CRI).
Agonistas α -2 adrenérgicos	Xilacina (efecto analgésico leve y por poco tiempo, pero útil en proceso de sedación que ayuden a generar analgesia).
Anestésicos Locales	Lidocaína (Local, Bolos, CRI, Epidural y otros), Bupivacaína, Mepivacaína, Prilocaína, Procaína y otros.
Gabapentinoides	Gabapentina y Pregabalina (sobre todo para dolor neuropático).
Adamantanos	Amantadina.
Otros Adyuvantes	Metamizol, Acetaminofén (no en todas las especies y con dosis muy específicas), Citrato de Maropitant, Amitriptilina, Alprazolam, Topiramato, Relajantes Musculares, Butilescopolamina, Dimetilpolisiloxano, Lisina y otros.

Fuente: Elaborado con base en Plumb 2018.

REFERENCIAS

Díaz, F. 2005. Revista Oncológica de Barcelona. Tipos de Dolor y escala Terapéutica de la O.M.S. (En Línea). Consultado 16 de mayo de 2021. Disponible

medicamento (monoterapia). En muchas ocasiones se deben hacer combinaciones de analgésicos, instaurar infusiones continuas (CRI), realizar procesos de sedación, neuroleptoanalgesia o incluso anestesia general para lograr dicho objetivo.

Entre algunos de los fármacos disponibles en el mercado salvadoreño para el manejo del dolor se encuentran los descritos en la Tabla 1.

Es fundamental que los médicos veterinarios cumplan los objetivos terapéuticos y éticos en el manejo integral del dolor de los pacientes, ejerciendo la medicina veterinaria responsablemente y cumpliendo con el concepto de **“One Health” (una sola salud)** (OIE 2021).

en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-48352005000300006

DNM (Dirección Nacional de Medicamentos, El Salvador). 2020. Listado de medicamentos registrados en El Salvador, 2017 (En línea,

- sitio web). Consultado el 20 de mayo de 2021. Disponible en <http://info.medicamentos.gob.sv/registros>
- Flores, F. 2021. Farmacología y Terapéutica Veterinaria. Manejo y Tratamientos del dolor. Powerpoint. San Salvador, El Salvador.
- Grimm, K; Lamont, L; Tranquilli, W. 2013. Manual de anestesia y analgesia en pequeñas especies. 2ª ed. Manual Moderno. México. 571 p.
- IASP (Asociación Internacional para el Estudio del Dolor, Estados Unidos). 2010. Año Global contra el dolor agudo (En línea, PDF). Consultado el 11 de mayo de 2021. Disponible en <https://s3.amazonaws.com/rdcms-iasp/files/production/public/Content/ContentFold>
- OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal). 2021. Concepto de One Health (Una sola Salud) (En línea, sitio web). Consultado el 21 de mayo de 2021. Disponible en <https://www.oie.int/es/que-hacemos/iniciativas-mundiales/una-sola-salud/>
- Plumb, D. 2018. Veterinary Drug Handbook. 9ª ed. Blackwell Publishing. Estados Unidos. 1137p



Nota Técnica

Epidemiología veterinaria y salud pública veterinaria

Veterinary epidemiology and veterinary public health

López-Salazar, C.D.¹

Correspondencia:
david.salazar@ues.edu.sv

Presentado:
17 de septiembre de 2021
Aceptado:
22 de octubre de 2021

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia

La Epidemiología Veterinaria es la rama de las ciencias médicas que se encarga del estudio de la distribución de las enfermedades y de las causas determinantes de su ocurrencia, la cual tiene como sus principales funciones (Jaramillo 2020):

- Explicación de los mecanismos causales que permitieron la ocurrencia de enfermedad en un momento determinado.
- Evaluación de los programas de lucha contra las enfermedades, identificando estrategias adecuadas para su control, midiendo el impacto de los programas implementados.
- Descripción de la historia natural de la enfermedad y de las causas locales de su ocurrencia.
- Planeamiento de la asistencia sanitaria con selección de tecnologías apropiadas sustentables por los sistemas locales de salud animal.
- Diagnóstico del nivel y la situación de salud del hato, piara, etc.

- Identificación de los factores de riesgo asociados a problemas de salud animal.
- Estimar el riesgo asociado a factores causales de la ocurrencia de las enfermedades en las poblaciones animales.

En este contexto, la Salud Pública Veterinaria puede definirse como la aplicación del conocimiento aportado por las Ciencias Veterinarias a la Salud Pública en cuanto a la protección de la salud humana mediante la sanidad, la producción y el bienestar animal, la biotecnología aplicada, la seguridad alimentaria, la protección medioambiental y la sostenibilidad, siendo así el medio por el cual los resultados de la epidemiología se aplican al control de problemas sanitarios, previniendo la enfermedad y la discapacidad, así prolongando la vida, fomentando la salud física y mental de los individuos y las poblaciones humanas que conviven con los animales (Briones, et al. 2018, Moreno, et al. 2000); teniendo así como sus principales funciones:

- Vigilar, prevenir y controlar eventos de importancia en Salud Pública, mediante la

identificación y evaluación de los riesgos microbiológicos para la salud humana de origen animal.

- Promover la salud animal, para incrementar la producción, la productividad y fortalecer la seguridad alimentaria.
- Fomento de la protección ambiental en relación con los riesgos potenciales para la Salud Pública derivados de la producción animal y la tenencia de mascotas convencionales y no convencionales (exóticas y silvestres).
- Desarrollo de modelos biomédicos para investigación en salud y la conservación de animales silvestres.
- Impulsar herramientas para la construcción de políticas, directrices y estrategias que permitan la formulación de marcos normativos que entrelacen efectivamente la salud humana y la salud animal.
- Mejorar la comunicación y la cooperación entre los sectores de la salud humana, salud animal y Salud Pública.

Es necesario tener presente que las principales tareas de salud pública hoy son, en primer lugar, la prevención de las principales enfermedades y afecciones no infecciosas (como por ejemplo las enfermedades crónicas como cáncer, hipertensión, diabetes, etc.); en segundo lugar, la prevención de las principales enfermedades infecciosas (dentro de las cuales podemos encontrar aquellas de carácter zoonótico); y una tercera tarea de importancia es la promoción de la salud, que conlleva el logro de la salud positiva en términos de capacidad para funcionar de los individuos.

Para cumplir con las tareas mencionadas la salud pública desarrolla diversas estrategias como lo son la implementación de metodologías encaminadas a la promoción de los servicios de salud animal (realizando campañas de educación sanitaria, así como también campañas de vacunación enmarcadas

en los programas de prevención de la rabia) (Figura 1); promueve la protección de los alimentos para consumo humano (desde el punto de vista de la inocuidad de los alimentos, incluyendo aquellos de origen animal); genera políticas dirigidas a la protección medio ambiental (en la cual podemos incluir aquellas medidas para mitigar el impacto de las producción animales); estableciendo programas de Vigilancia, prevención y control de enfermedades compartidas entre hombre y los animales (como por ejemplo, leptospirosis, rabia, tuberculosis, etc.) (Briones, et al. 2018, OPS y OMS 2021).

Figura 1. Campaña de educación zoonosanitaria realizada por alumnos de la cátedra de Salud Pública Veterinaria, dirigida a alumnos de primaria de centros escolares públicos y privados de la zona central de El Salvador.



Además, es importante recordar que la epidemiología contribuye principalmente en el diseño de métodos para la prevención, el control y la eventual eliminación de las enfermedades de los animales ya que estas actividades constituyen la actividad eje de un sistema de vigilancia sanitaria animal, que considera el monitoreo de los indicadores improductivos en función de las formas de producción ganaderas predominantes. Son prioridad las enfermedades que ocasionan pérdidas en la producción y, por ende, en la rentabilidad y/o en la disponibilidad de alimentos (Figura 2); las zoonosis (teniendo en cuenta que estas tienen un impacto inmediato sobre los programas de seguridad alimentaria y

que el control de las zoonosis constituye una de las actividades principales de los programas de salud pública veterinaria); enfermedades que implican restricciones al comercio internacional de animales, productos y/o subproductos de origen animal; las últimas están relacionadas con las políticas globales del sector agropecuario en el contexto de las políticas de desarrollo económico (Jaramillo 2010).

Figura 2. Campaña de prevención, control y erradicación de Brucelosis y Tuberculosis Bovina, realizada en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agronómicas.



Todo esto considerando la interacción de la salud y la producción animal, la salud pública veterinaria y la salud pública, ya que en forma conjunta estas influyen directamente en los programas de seguridad alimentaria, y en la salud humana. Para que la epidemiología sea usada de forma efectiva en el desarrollo adecuado de las políticas de salud pública basadas en la prevención, control y erradicación de las afectaciones de la salud en las poblaciones

humanas.

Se debe de hacer uso de los conocimientos aplicados a la producción y sanidad animal, los cuales permiten desempeñar un papel decisivo en la erradicación del hambre y la malnutrición al evitar la aparición de enfermedades que producen un efecto adverso sobre la salud, producción y bienestar animales. A su vez, mejorar la seguridad, la calidad y la cantidad de los alimentos producidos, todo esto basado en una buena formación conceptual en medicina comparada (entendida como el estudio comparativo de enfermedades humanas y sus contrapartes animales), lo cual permite crear sinergias multidisciplinarias con otras áreas de la salud y del medioambiente, con el fin de establecer programas de control y erradicación de enfermedades zoonóticas que es una de las bases del concepto One health, Una salud (OIE 2020, OPS y OMS 2011).

Por lo que puede concluirse que la importancia de la epidemiología veterinaria radica en que, mediante esta disciplina, es posible entender qué sucede en las poblaciones, ayudándonos a determinar la frecuencia y tendencia de las enfermedades, permitiéndonos así identificar cuáles son las intervenciones de prevención más eficaces y eficientes que disminuyan el riesgo de afectación animal y así directamente a la salud humana; ya que como se menciona anteriormente, permite detectar prontamente los problemas de salud; y así al mismo tiempo permite poder modificarlos. Por tanto, ésta es capaz de mejorar la calidad de vida de las personas, el principal objetivo de la Salud Pública Veterinaria.

REFERENCIAS

- Briones, V.; Bezos, J.; Álvarez, J. 2018. Concepto y contenidos actuales de salud pública y política sanitaria veterinarias. *Revista Española Salud Pública*; Vol. 92; 24 de octubre e1-e6 (en línea); Consultado junio 2021. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/resp/v92/1135-5727-resp-92-e201810077.pdf>
- Jaramillo, C. 2010. *Epidemiología Veterinaria*. Editorial Manual Moderno, S.A. de C.V. México.

pp 1-19.

Moreno, A.; López, S.; Corcho, A. 2000. Principales medidas en epidemiología. salud pública de México / vol.42, no.4. Consultado junio 2021. Disponible en: <http://paginas.facmed.unam.mx/deptos/sapu/wp-content/uploads/2015/11/epibasica-spm.pdf>

OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal). 2020. Código Sanitario para los Animales Terrestres. (en línea). Consultados junio 2021. Disponible: <https://www.oie.int/es/que-hacemos/normas/codigos-y-manuales/>

OPS (Organización Panamericana de la Salud); OMS (Organización Mundial de la Salud). 2011. Módulo de Principios de Epidemiología para el Control de Enfermedades (MOPECE). (en línea). Consultado: junio 2021. Disponible en: <https://www.paho.org/col/dmdocuments/MOPECE6.pdf>

OPS (Organización Panamericana de la Salud); OMS (Organización Mundial de la Salud). 2021. Salud Pública Veterinaria (en línea). Consultado: junio 2021. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/salud-publica-veterinaria>



Nota Técnica

Parámetros de monitorización bajo anestesia de perros y gatos

Monitoring parameters under anesthesia of dogs and cats

Alvarenga-Artiga, R.F.¹

Correspondencia:
rosy.alvarenga@ues.edu.sv

Presentado:
24 de septiembre de 2021
Aceptado:
29 de octubre de 2021

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia

El acto anestésico es un proceso muy delicado en el cual se lleva al paciente a un estado de inconciencia que debe de cumplir muchos requisitos de los cuales el más importante es que sea reversible; después de hacer una serie de pasos se llega al mantenimiento del paciente bajo anestesia en el cual el monitoreo es clave para saber el plano anestésico del mismo y percibir cualquier cambio que conlleve a la administración o no de fármacos (Figura 1).

Figura 1.
Preparación del paciente previo a cirugía con monitor.



Para el monitoreo del paciente se deben tomar en cuenta muchos parámetros que pueden ser objetivos y subjetivos (Tabla 1), los cuales se pueden realizar a través de métodos invasivos y no invasivos,

llevados a cabo de forma rigurosa para evitar alguna emergencia en el paciente. La forma de monitorizar ha cambiado con los años y con la implementación de nueva tecnología es inaceptable no realizar monitoreo a los pacientes, con la simple excusa de no tener equipos, ya que puede realizarse con métodos análogos que también contribuyen a identificar anomalías fisiopatológicas que pueden llevar a una morbilidad anestésica o incluso hasta la muerte del paciente.

Figura 2.
Oxímetro y tensiómetro en un paciente previo a cirugía



Tabla 1.
Parámetros de monitorización.

Parámetro	Información que proporciona	Cómo se mide
Color de las membranas mucosas y tiempo de llenado capilar	Proporciona información subjetiva sobre el tono vascular periférico y la perfusión. La palidez de las mucosas (en ausencia de anemia) y la prolongación del tiempo de llenado capilar sugiere vasoconstricción y deterioro de la perfusión. (Grimm Kurt A. et al) Nos puede orientar para valorar la oxigenación del paciente, pero no debe de ser nuestro único parámetro.	El color de las mucosas se determina por observación y se puede utilizar una fuente de luz si así lo decide, el tiempo de llenado capilar se hace realizando presión en la mucosa oral y contando los segundos en los cuales se torna a su estadio normal.
Presión arterial	Es el producto del gasto cardiaco por la resistencia vascular sistémica. La presión arterial sistólica es producida por la contracción ventricular, que impulsa la sangre a través de la aorta, siendo la máxima presión que se alcanza en un ciclo cardíaco. La presión diastólica es la que permanece en la fase de reposo entre cada contracción, siendo la presión mínima que se ejerce en cada ciclo cardíaco. La presión arterial media (PAM) es la presión promedio del ciclo cardíaco, siendo una de las más importantes para el anestesiólogo, y que es el reflejo de la perfusión general de los tejidos (Curso de anestesiología y analgesia en perros y gatos, 2021).	Tensiómetro. Doppler. Métodos invasivos.
Frecuencia respiratoria	El número de veces que el paciente hace un ciclo respiratorio en un minuto, es necesario tomar en cuenta otros valores como el volumen minuto y corriente, entre otros, observar un patrón "normal" de respiración no asegura necesariamente una correcta ventilación en el paciente.	A través del tubo endotraqueal, bolsa reservorio y monitor.
Oximetría	La presión arterial de oxígeno (PaO ₂) y la saturación de oxígeno (SaO ₂), son parámetros utilizados para evaluar la fisiología respiratoria. La PaO ₂ representa la cantidad de oxígeno disuelto en el plasma, mientras que la SaO ₂ indica la cantidad de oxígeno unido a la hemoglobina, expresada en porcentajes. La pulsioximetría tiene el inconveniente de no ser del todo confiable ante situaciones de vasoconstricción periférica. Por lo tanto, en muchas ocasiones es importante corroborar la PaO ₂ y la SaO ₂ por medio de gases sanguíneos. Los sensores de pulsioxímetro por lo general se colocan en la lengua o labios. Tanto la PaO ₂ y SaO ₂ son medidas que reflejan la capacidad que tienen los pulmones para transportar oxígeno a la sangre (Curso de anestesiología y analgesia en perros y gatos, 2021).	Oxímetros. Monitores.



Parámetro	Información que proporciona	Cómo se mide
Termorregulación	<p>Con la administración de fármacos anestésicos se puede contribuir a cambios en la temperatura corporal de los pacientes lo que usualmente pasa es un descenso en la temperatura (hipotermia) aunque en algunos casos excepcionales puede haber hipertermia, pero los casos son un porcentaje bajo.</p> <p>Las implicaciones clínicas de la hipotermia en el paciente son importantes en el perioperatorio y está demostrado que retrasa el alta quirúrgica, ya que aumenta el riesgo a infecciones en la herida quirúrgica, aparición de problemas de coagulación, complicaciones cardíacas, retraso en el despertar, temblores (dolor y aumenta el consumo de oxígeno) y aumento de la mortalidad (Curso de anestesiología y analgesia en perros y gatos, 2021).</p>	<p>Termómetro.</p> <p>Sondas anexas a sondas esofágales.</p> <p>Sonda de monitores y oxímetros.</p> 
Tracción mandibular	<p>Puede brindar el grado de relajación del paciente.</p> <p>Así como también la profundidad anestésica ésta puede ser sustancial, moderado e inexistente, en caso de anestesia ligera, intermedia o profunda respectivamente. En cachorros y gatitos neonatos, el tono muscular mandibular es casi siempre mínimo y este parámetro es menos útil en dichos pacientes (Grimm Kurt A. et al).</p>	<p>Comprobando la fuerza que tiene la mandíbula, tratando de abrirla con el dedo índice y el pulgar.</p>
Reflejo palpebral	<p>Es un indicador confiable de un nivel ligero de anestesia en la mayoría de los pacientes. Su ausencia sugiere un nivel intermedio o profundo. No obstante, algunos individuos no muestran un reflejo palpebral, aunque su nivel de anestesia sea ligero (Grimm Kurt A. et al). Debe tomarse en cuenta que cuando se usa ketamina a veces el reflejo palpebral no desaparece, con el uso de este fármaco debemos considerar que este parámetro se vuelve subjetivo.</p>	<p>Acercando el dedo índice al canto del ojo, y verificar si existe reacción o no.</p>
Posición del globo ocular	<p>La posición del globo ocular puede ser central, si la anestesia es ligera puede girar en sentido ventromedial a medida se aumenta el grado de profundidad el globo ocular rota hacia central, es importante evaluar la dilatación de la pupila. Cuando se usa ketamina el globo ocular no rota, en este caso este parámetro se vuelve poco confiable (Grimm Kurt A. et al).</p>	<p>La posición del globo ocular se hace por observación y el tamaño de la pupila se hace utilizando una fuente de luz y verificando si hay dilatación o no de esta.</p>
Frecuencia cardíaca	<p>Es uno de los principales determinantes de gasto cardíaco y es necesario su mantenimiento dentro de un intervalo apropiado para el paciente individual, a fin de asegurar la estabilidad circulatoria. El mantenimiento de la frecuencia cardíaca dentro de un intervalo "normal" de ningún modo garantiza un gasto cardíaco adecuado y se necesitan otros monitores para proporcionar un cuadro más completo del estado circulatorio.</p>	<p>Con un estetoscopio.</p> <p>Con sonda esofágica, que se introduce a través del esófago.</p> <p>Monitor.</p>

Parámetro	Información que proporciona	Cómo se mide
Electrocardiografía	Es un registro de los potenciales eléctricos generados por las células miocárdicas. Su uso transoperatorio regular permite la detección de arritmias, hipoxia al miocardio, anormalidades en la conducción y alteraciones electrolíticas.	Monitor
Capnografía	Es un indicador fiable de la actividad metabólica del organismo. (Otero, 2019) es la medicación y el registro numérico de las concentraciones de CO ₂ durante el ciclo respiratorio. (Grimm Kurt A. et al). La producción de CO ₂ es directamente proporcional al consumo de O ₂ (Otero, 2019).	Capnógrafo. Métodos invasivos.

Los parámetros a monitorizar en un paciente bajo anestesia, ya sean con métodos invasivos o no invasivos, deben revisarse cada 5 minutos; también debe anotarse en un registro que es importante para llevar un control de los mismos, y así prevenir cualquier emergencia posterior. Hay muchas morbilidades anestésicas que se pueden presentar


en los pacientes entre ellas tenemos hipovolemia, hipotensión, hipoventilación e hipotermia; los objetivos principales de la monitorización es evitar estas morbilidades, reconocerlas y finalmente poder contrarrestarlas y así prevenir la muerte en los pacientes.

Figura 3.
Parámetros de monitoreo anestésico en perros y gatos

MONITOREO ANESTÉSICO

REMEVET


Ritmo Cardíaco



Perro 60 – 160 lpm
Gato 110 – 180 lpm


No debería disminuir más de un 30% de la frecuencia basal.

Respiratorio



Perro 6 – 20 rpm
Gato 8 – 20 rpm


Presión Arterial.



PAS 90 – 120 mm Hg
PAD 55 – 90 mm Hg
PAS 80 mm Hg PAD 40
PAM 60 mm Hg

MINIMO ACEPTABLE


Oxigenación



SAO₂:
% de Hemoglobina saturada con Oxígeno en la Sangre Arterial.
Caninos y felinos > o = a 95%

	SaO ₂	PaO ₂	Mucosas
Normal	95%	100mmHg	Rosadas
Hipoxia	90%	60mmHg	Rosadas
Hipoxia SEVERA	70%	40mmHg	Cianóticas

Temperatura






Perro 36 - 37.8
Gato 36.1 - 37.8

Color de Mucosas

Rosadas: NORMAL ●
Rosa pálido: ANEMIA ●
ROJO: Presión alta, Aumento de CO₂, toxicidad. ●
Azul: Cianosis, baja oxigenación. Presión arterial baja. ●
GRIS: Shock, pérdida considerable de oxígeno en sangre. ●

Visítanos en www.remevet.com

Posición del Globo Ocular.

- Central, con tamaño normal de pupila. Sedación ligera. 
- Desplazado hacia ventro lateral, reflejo palpebral mínimo o ausente. Sedación adecuada. 
- Central con midriasis, reflejo palpebral ausente, córnea vidriosa. Plano Quirúrgico o sedación profunda. 

REFERENCIAS

- Grimm K.A., Tranquilli W.J., Lamont L.A. 2011. Manual de anestesia y analgesia en pequeñas especies. Manual Moderno 2da edición. México.
- Hospital Clínico Veterinario UAX. 2020. Anestesiología y reanimación veterinaria. En línea. Disponible en <https://www.hospitalveterinariouax.com/especialidades/anestesiologia>
- Otero, P. 2019. Protocolos anestésicos y manejo del dolor en pequeños animales, reporte de casos. Inter-Medica 2da edición. Argentina.
- REMEVET (Red de Médicos Veterinarios). S.f. Monitoreo anestésico. México. PDF. 8 p.
- s/a. 2021. Curso de anestesiología y analgesia en perros y gatos.



Nota Técnica

Principios quirúrgicos de Halsted en medicina veterinaria

Halsted's surgical principles in veterinary medicine

Vargas-Artiga, M.J.¹

Correspondencia:
maria.vargas@ues.edu.sv

Presentado:
1 de octubre de 2021
Aceptado:
5 de noviembre de 2021

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia

La cirugía es una rama de la medicina veterinaria que exige el conocimiento de conceptos básicos que se deben desarrollar, acorde con un criterio, para analizar los riesgos y los requerimientos necesarios para llevar a cabo los procedimientos quirúrgicos específicos. La adquisición de habilidades, tranquilidad y confianza de realizar procedimientos con propiedad, aún en situaciones de emergencia, requieren de experiencias previas y prácticas (Geraldine Hunt, *et al.* 2012).

El campo de la cirugía de los pequeños animales está avanzando constantemente y cada médico veterinario cirujano que opere debe conocer los principios de cirugía de Halsted y cada veterinario que enseña cirugía debe recitar regularmente los principios a los estudiantes que están aprendiendo habilidades quirúrgicas. Pero, ¿quién fue Halsted y de dónde provienen sus principios? (Tabla 1)

El Dr. William Stewart Halsted es considerado como el cirujano más innovador e influyente que ha producido Estados Unidos. En el año 1890 fue nombrado jefe del servicio de cirugía del recién inaugurado hospital

de la Universidad Johns Hopkins (Johns Hopkins University) y en 1892 accede al nombramiento como primer profesor de cirugía de la escuela de medicina. Halsted encargó a la empresa Good year, fabricante de neumáticos y artículos de caucho, que fabricara unos guantes de goma para la protección de la piel de su ayudante, con una goma lo suficientemente fina para permitir un trabajo manual preciso. Éste fue el origen de la utilización actual de los guantes de goma en los quirófanos. Fue el primero en este país en promulgarla filosofía de la cirugía "segura".

El éxito de toda técnica quirúrgica por simple o compleja que sea, está basada en el cumplimiento de los principios quirúrgicos de Halsted. Cumplir estos principios significa respeto del paciente y garantiza el éxito en el postquirúrgico, ayudando con estos a una mejor cicatrización y recuperación más rápida.

Es importante recordar que la cirugía involucra tres tiempos o etapas: el antes, durante y después de la cirugía (Maykel 2021); por eso cada paso que realicemos debemos pensar en alterar lo menos

Tabla 1
Lista de principios quirúrgicos de Halsted

PRINCIPIOS QUIRÚRGICOS DE HALSTED	Acróstico de "HALSTED"
Correcta hemostasia	H Haemostatic
Estricta técnica aséptica	A Aseptic technique
Manejo delicado de los tejidos	L Light touch
Preservación del aporte vascular	S Supply of blood preserved
Tensión mínima en los tejidos	T Tension-free closure
Aposición correcta de los tejidos	E Even tissue apposition
Obliteración de espacios muertos	D Dead space obliterated

Fuente: Mahesh Kumar (2018)

posible la anatomía y fisiología del paciente.

PRINCIPIOS QUIRÚRGICOS DE HALSTED

1. Correcta hemostasia

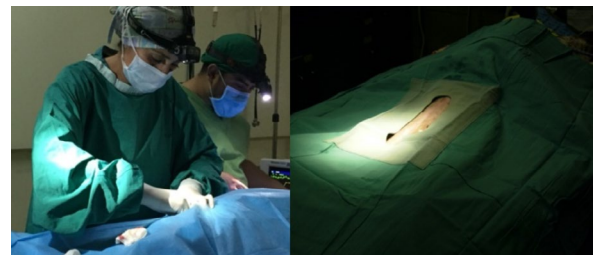
Durante una intervención quirúrgica se debe mantener un correcto aporte sanguíneo a los tejidos para garantizar su correcta nutrición y oxigenación, pero al mismo tiempo el equipo quirúrgico debe evitar el excesivo sangrado intraoperatorio que inevitablemente se va a producir al seccionar y disecar los tejidos. El control de la hemorragia tiene como resultado un campo quirúrgico limpio y evita la aparición de hemorragias posteriores durante el posoperatorio.

El éxito de cualquier intervención quirúrgica depende de la capacidad y habilidad del cirujano y de su equipo para identificar, controlar y manejar con precisión, eficiencia y eficacia el sangrado antes, durante y después de la intervención quirúrgica. Respetar los tiempos y métodos con los que se realiza presión, pinzamiento y ligadura, son fundamentales para lograr una correcta hemostasia que prevenga sangrados excesivos y hematomas postoperatorios.

También hay que tener presente que la incorrecta realización de las técnicas hemostáticas, por desconocimiento o por poco adiestramiento,

incrementa la lesión tisular y reduce su vascularización, aumenta la morbilidad y el dolor, y conduce al fracaso de la intervención (Figura 1).

Figura 1.
Empleo de estricta técnica aséptica durante cirugía.



2. Técnica aséptica

La técnica aséptica se define como los métodos y prácticas que previenen la contaminación cruzada durante la cirugía. Implica la preparación adecuada de las instalaciones y el entorno, el campo operatorio, el personal quirúrgico y el material quirúrgico (Fossum, 2009). Una buena técnica para respetar este principio es cumplir durante toda la cirugía o desarrollo de la técnica quirúrgica, que **LO ESTERIL DEBE TOCAR SOLO LO ESTERIL** (Susan Monger 2016), que incluye todo aquello que pueda tener contacto con nuestro paciente y con el área quirúrgica en la que trabajaremos, el campo sobre nuestro paciente, los guantes, las gasas, los hilos de sutura, el instrumental, la vestimenta del cirujano sobre todo cuando este

no puede tener control de los espacios en los que manipula todos los insumos utilizados. La esterilidad es un principio que se cumple al 100%, y cuando este no se cumple en ese porcentaje no debe considerarse una técnica estéril.

La asepsia es un factor importante que previene infecciones, esto implica medidas disciplinarias

Tabla 2.
Reglas de la técnica aséptica.

REGLA	MOTIVO
Los miembros del equipo quirúrgico deben permanecer dentro del área estéril.	Salir del área estéril puede facilitar la contaminación cruzada.
El personal debe moverse lo menos posible en el quirófano; sólo debe entrar en el quirófano el personal necesario.	Los movimientos dentro del quirófano pueden producir corrientes de aire turbulentas que pueden causar contaminación cruzada.
El equipo utilizado durante la cirugía debe esterilizarse.	Los instrumentos no estériles pueden ser una fuente de contaminación cruzada.
Si existen dudas sobre la esterilidad de un elemento, se considera que está contaminado.	El equipo no estéril, contaminado, puede ser una fuente de contaminación cruzada.
Si un objeto estéril toca el borde del precinto de la bolsa que lo contiene mientras se abre, se considera contaminado.	Una vez abiertos, los bordes sellados de las bolsas no son estériles.
Las manos no pueden colocarse debajo de las axilas, deben mantenerse juntas delante del cuerpo, por encima de la cintura.	La región axilar de la bata no se consiedra estéril.

Fuente: Fossum (2009)

3. Manejo delicado de los tejidos

Como todos los principios básicos de la cirugía, el manejo delicado de tejidos es fundamental para tener éxito en el resultado final del procedimiento. El Manejo delicado del tejido es un conjunto de procedimientos que tienen como objetivo tratar de conservar la integridad anatómica y fisiológica de los tejidos antes, durante y después del acto quirúrgico. Una herida o una lesión corporal provocada por el cirujano altera la continuidad normal de las estructuras, por ello, el uso de técnicas adecuadas permite reparar los tejidos de la manera más fisiológica y una recuperación más rápida del mismo. Uno de los factores que tiene un papel importante en el cuidado y manejo delicado y adecuado del tejido es el uso correcto de los instrumentos.

dentro del quirófano. Son métodos y prácticas que previenen la contaminación en la cirugía, y que no pueden practicarse a medias ni son una opción. Para todo médico veterinario cirujano comprometido y ético debe ser una obligación practicar la técnica estéril (Tabla 2).

La manipulación delicada de los tejidos, la tensión cuidadosa de la hemostasis, las suturas adecuadas y las técnicas asépticas son muy importantes en la fase inflamatoria pos-quirúrgica.

Cuando se tratan quirúrgicamente tejidos se debe tener cuidado en la manipulación, selección, esterilización y ubicación de los materiales; un criterio inapropiado causa infección y retraso en el proceso de cicatrización normal.

El Manejo adecuado del tejido debe realizarse, en todos los tiempos de la cirugía, antes, durante y después de la cirugía; desde la antisepsia hasta la curación.

4. Preservación del aporte vascular

Debemos buscar la disección fina siempre que sea

posible. Menor manipulación posible y siempre con instrumental adecuado. El Manejo y retracción delicada de estructuras importantes. Evitar la desecación de los tejidos. Se debe utilizar el menor número posible de suturas para aproximar planos anatómicos, debido a la combinación de los efectos indeseables de la presencia de un cuerpo extraño con la interferencia de la circulación. Se debe llegar al equilibrio entre vascularización y hemostasia para llevar a cabo sin complicaciones la operación y conseguir la recuperación favorable y rápida tanto del tejido intervenido como del paciente (Figura 2).

Figura 2.
Instrumental de hemostasia y manipulación de tejidos y suturas.



5. Tensión mínima en los tejidos

Se debe aproximar los tejidos sin tensión reconstruyendo anatómicamente la zona de una forma precisa y completa, evitando dejar espacios muertos. Una forma de evitar dar tensión al tejido y dañarlo es seleccionar correctamente cada material y patrón de sutura. Las suturas tienen una función muy importante en la reparación de las heridas, proporcionando hemostasia y un sostén para la cicatrización tisular.

Los distintos tejidos necesitan suturas diferentes y cicatrizan a velocidades distintas; algunos tejidos sólo necesitan sostén durante unos días, mientras que otros tardan semanas o incluso meses en cicatrizar. Las características individuales de los pacientes también influyen en la elección de la sutura: las heridas tardan más en cicatrizar si existe infección, obesidad, desnutrición, neoplasia, trastornos del colágeno o si se han administrado ciertos fármacos

(esteroides).

En los tejidos que cicatrizan rápidamente lo mejor es utilizar una sutura que pierda su fuerza tensora aproximadamente a la misma velocidad a la que aumenta la fuerza del tejido, y que este la absorba para que no quede material extraño en la herida (Fossum 2009).

6. Aposición correcta de los tejidos

La correcta aposición de planos ayuda a la correcta cicatrización. Se debe cumplir con afrontar o aposicionar cada plano correctamente según el abordaje anatómico que se realiza.

7. Obliteración de espacios muertos

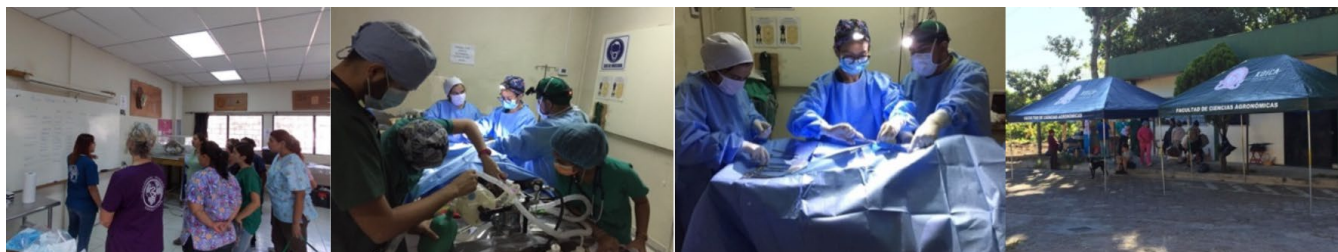
Entendiendo que espacio muerto es el resultado de la separación de los bordes que no se han aproximado estrechamente, o el aire atrapado entre los planos de tejido, dando lugar a acumular exudados. Los espacios muertos juegan un papel determinante en el proceso de cicatrización, retrasando todo el proceso y predisponiendo a infecciones postquirúrgicas.

En la Universidad de El Salvador la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, aplica en el área quirúrgica a través de sus diferentes asignaturas los principios quirúrgicos básicos que todo profesional debe conocer y practicar. Además, desarrolla programas de capacitación a estudiantes con los cuales se brinda un servicio quirúrgico a zonas de escasos recursos de nuestro país y también se apoya a programas de ayuda a la sociedad, cumpliendo siempre los estándares mínimos aceptables para realizar cirugía.

Es criterio de cada profesional dar lo mejor que pueda en cada paciente y en cada cirugía realizada, sin lugar a duda la cirugía como otra de las ramas de la Medicina Veterinaria, está en constante evolución y confirma cada día que en esta profesión somos estudiantes eternos y siempre debemos seguir actualizándonos (Figura 3).

Figura 3.

Aplicación de principios quirúrgicos básicos en la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia



REFERENCIAS

- Cameron J. William Stewart Halsted. 1997. Our surgical heritage, *Annals of Surgery*. Vol. 225, No. 5, 445-458.
- Fossum, T., 2009. *Cirugía en pequeños animales*. Barcelona: 3ra. Ed. Elsevier, España.
- Geraldine B. Hunt. 2012. *BSAVA Manual of Canine and Feline Surgical Principles*. Chapter 21. British Small Animal Veterinary Association. pp 264 - 276.
- Kerr B, O'Leary JP. 1999. La formación del cirujano: el mayor legado del Dr. Halsted. *65(11):1101-2*. PMID: 10551765.
- Maykel Povea. 2021. *Internados Povea: Programa de Formación en Cirugía Clínica*. Director de International School of veterinary surgery.
- Susan Monger. 2021. *Eutanasia Humanitaria*. DVM-Directora International Veterinary Consultant.
- Karen M. Tobias, Spencer A. Johnston. s.f. *VETERINARY SURGERY SMALL ANIMAL*. Vol. 1, Elsevier



Nota Técnica

Vacunas para el control de enfermedades en animales

Vaccines for the control of diseases in animals

Romero-Pérez, L.E.¹

Correspondencia:
luis.perez@ues.edu.sv

Presentado:
8 de octubre de 2021
Aceptado:
12 de noviembre de 2021

1 Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Las vacunas consisten en herramientas sanitarias de gran importancia para el control e incluso la erradicación de enfermedades humanas y animales. Estas aprovechan la respuesta inmunitaria de un individuo (refiriéndose en este artículo a animal o ser humano) y su “memoria inmunológica” para reconocer agentes específicos y eliminarlos (Pollard & Bijker 2021).

Una vacuna se define, de acuerdo con la Organización Mundial de la Sanidad Animal (OIE), como un producto diseñado para estimular la inmunización activa de los animales contra las enfermedades (OIE 2018).

Esta, por lo tanto, induce de forma segura en un individuo una inmunidad protectora contra una infección o enfermedad específica (Pollard & Bijker 2021). Para que una vacuna proteja a un individuo, esta debe contener antígeno procedente de un patógeno del que se desea generar protección. Un antígeno, es una sustancia ajena al cuerpo que estimula la respuesta inmunológica del individuo, estas sustancias son componentes presentes en los microorganismos causantes de enfermedad (Tizard

2012).

Los inicios de la vacunación se remontan al siglo XII (años 1101 al 1200), tiempo durante el cual los chinos observaron que personas recuperadas de viruela eran resistentes a futuras infecciones, por lo que realizaron infección deliberada en niños mediante heridas en piel, en las que colocaban costras desde individuos infectados, a este proceso se le conoce como “variolización”. Los niños que sobrevivían a la enfermedad inducida permanecían protegidos de por vida. Con la experiencia se empezó a utilizar costras de casos de enfermedad más leve y se logró una disminución de la mortalidad por viruela con el proceso de variolización. En 1798 Edward Jenner hizo observaciones y demostró que al emplear costras provenientes de una viruela que afectaba a vacas (viruela vacuna) se reducía significativamente el riesgo de enfermedad y muerte provocado por el variolización y producía buena inmunidad en las personas. A este procedimiento se le denominó “vacunación” proveniente del latín *vacca* que en español significa vaca (Tizard 2012).

Un avance que revolucionó la elaboración de

vacunas proviene de un hallazgo accidental por Louis Pasteur en el año 1879. Pasteur observó que el cultivo de agentes patógenos en ciertas condiciones, provocaba que el agente perdiera su capacidad de causar enfermedad al ser inoculado en un individuo, pero estos quedaban protegidos contra dicho agente y siguiendo este principio creó vacunas contra el cólera aviar, el ántrax y la rabia. Desde entonces hubo muchos avances y para 1900 se desarrollaron muchas vacunas. Estos avances desde la observación de los chinos y las investigaciones de Jenner y Pasteur llevaron a la erradicación mundial de la viruela en la década de 1970 (Tizard 2012).

La medicina veterinaria presenta gran relevancia en la elaboración de vacunas, no solo en sanidad animal sino también en su aplicación a seres humanos. Por lo general, una evaluación inicial de vacunas para uso

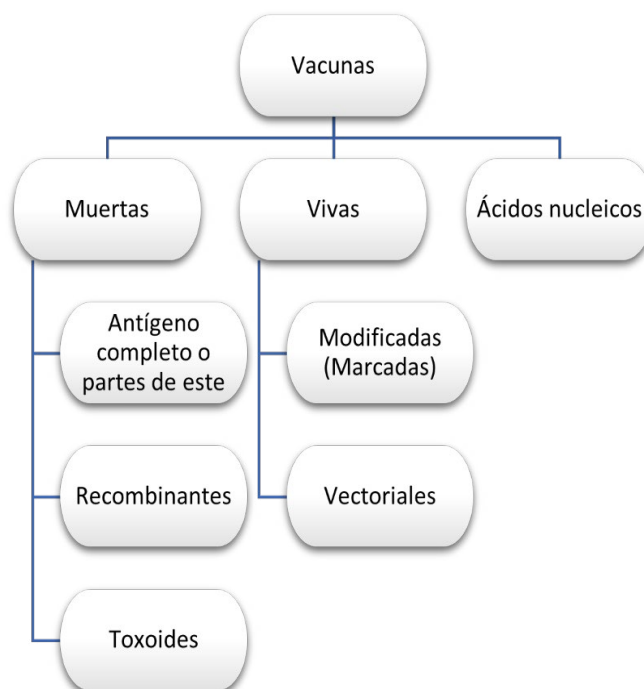
humano es primero realizada en modelos animales, sobre todo al trabajar con patógenos peligrosos, y posteriormente pueden realizarse ensayos en humanos. Un hecho importante a conocer es que existen vacunas para 15-20 enfermedades humanas, que se emplean más rutinariamente y otras 15 de forma selectiva; mientras que en medicina veterinaria existen vacunas para más de 400 enfermedades animales administradas a mamíferos, aves, peces, animales de producción, mascotas y animales de vida silvestre (Knight-Jones *et al.* 2014).

CLASIFICACIÓN DE LAS VACUNAS

Las vacunas pueden clasificarse de forma sencilla como Vacunas Muertas (Inactivadas), Vacunas Vivas (Atenuadas) y Vacunas de ácidos nucleicos (Figura 1).

Figura 1.

Clasificación de las vacunas.



Las **Vacunas Muertas o Inactivadas** son aquellas en el que el antígeno corresponde a un agente patógeno completo (pero muerto) o a una parte de este, que es capaz de estimular la inmunidad del individuo. En el caso de ser partes de un microorganismo, este se descompone en sus partes y se identifican y

seleccionan subunidades, proteínas o péptidos que estimulen la inmunidad del individuo.

A esta clasificación pertenecen también las **vacunas** denominadas **recombinantes**, en este caso, se identifica una proteína que estimula la inmunidad y el

gen que produce esa proteína se inserta en una célula viva que actúa como una “fábrica de producción”, esta proteína producida por estas células es purificada y empleada en la elaboración de vacunas. Por último, se incluye en la clasificación a los **toxoides**, que no es más que toxinas que produce un patógeno y que son inactivadas y purificadas, estas se emplean para producir protección contra dicha toxina en un futuro contacto con ella (Francis 2018).

Las **Vacunas Vivas o Atenuadas** son aquellas que se producen con un antígeno vivo, capaz de desarrollarse en el individuo al que se le administra, imitando una infección y estimulando el sistema inmunológico, sin causar síntomas significantes de la enfermedad. Estas vacunas pueden ser **vivas modificadas** (también conocidas como **marcadas**) que corresponde a antígenos modificados que los vuelve distintos al agente normal, esto permite una diferenciación y mediante el empleo de pruebas específicas, determinar si un individuo posee anticuerpos por un antígeno de vacuna (agente modificado y presente por una vacuna) o por enfermedad (agente normal transmitido desde ambiente u otro individuo enfermo).

Otro tipo de vacuna en esta clasificación corresponde a las vacunas **vivas vectoriales**, estas emplean un virus, bacteria o protozoo vivo con capacidad de infectar y multiplicarse en un individuo pero que son diferentes al agente del que se desea producir protección, funcionando solo como “vectores”. Estos vectores, llevan incorporado la capacidad de producir componentes del antígeno del que se desea vacunar (Francis 2018).

Con respecto a las **Vacunas de ácidos nucleicos**, estas consisten en la inyección de moléculas de ADN o ARN que corresponden a genes que se incorporarán a las células propias del individuo vacunado y comenzarán a producir partes del antígeno del que se desea vacunar y que el cuerpo reconocerá para estimular el sistema inmune (Silveira *et al.*, 2021).

Las vacunas contra el COVID-19 corresponden a vacunas vectoriales o de ácidos nucleicos.

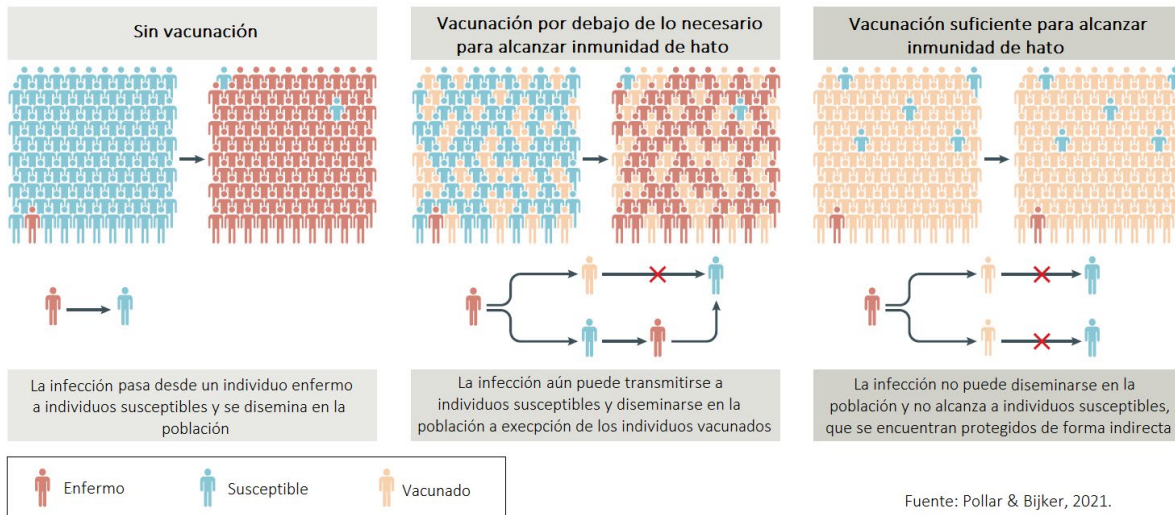
INMUNIDAD DE HATO O REBAÑO

El principio de la vacunación yace en la respuesta inmunológica y en la memoria inmunológica del individuo, a una segunda exposición de antígeno la respuesta inmunológica es muy diferente a la primera. Esta segunda respuesta es más rápida, más fuerte y duradera, demostrando que el sistema inmune tiene la capacidad de “recordar” al antígeno (Tizard 2012), a esto se le conoce como “memoria inmunológica”. La memoria inmunológica se refiere al reconocimiento de un antígeno al que previamente el individuo fue expuesto, por lo que el cuerpo reconoce a dicho antígeno y lo ataca. Después de una vacunación, el individuo al infectarse naturalmente con un antígeno, su sistema inmunológico reconoce y “recuerda” dicho antígeno generando una mejor respuesta de ataque.

Un aspecto importante de las vacunas es que generalmente se desarrollan para que los individuos vacunados no desarrollen signos de enfermedad (manifestación clínica de una enfermedad); es decir, que, al tener contacto con el patógeno, los individuos vacunados se vuelven asintomáticos al poseer el agente patógeno e incluso poder transmitirlo, pero sin demostrar enfermedad. Pero existen algunas vacunas que pueden evitar o reducir la colonización del agente, en estos casos cuando el patógeno tiene contacto con el individuo vacunado, ya no es capaz de multiplicarse en el individuo debido a la protección por vacuna. Estas vacunas que impiden el desarrollo del patógeno en el individuo vacunado permiten la producción de la denominada “inmunidad de hato o rebaño” (Pollard & Bijker 2021).

La inmunidad de hato se logra cuando una cantidad suficiente de individuos en una población es vacunada y esta **previene no solo la enfermedad sino el contagio**, pues hay una cantidad suficiente de individuos protegidos que permite interrupción de la transmisión del patógeno, protegiendo incluso de forma indirecta a los pocos individuos susceptibles a la enfermedad (Figura 2).

Figura 2.
 Representación de la inmunidad de hato o rebaño.



FACTORES QUE AFECTAN LA PROTECCIÓN POR VACUNA

Es importante tomar en cuenta que ninguna vacuna es 100% eficaz ni 100% efectiva ya que es un proceso biológico que no confiere una protección absoluta ni resulta igual en todos los individuos de una población (Heininger, *et al.* 2012; Tizard 2012). Diferentes causas permiten que en una población existan individuos no protegidos, esto puede deberse a causas propias de tales individuos o causas ajenas al individuo.

Las **causas propias del individuo** se producen cuando el individuo al ser vacunado no es capaz de responder apropiadamente a la vacuna (no produce una respuesta inmunológica protectora), ya sea por una deficiencia en el sistema inmunitario, que puede ser hereditaria o por causa de una enfermedad, individuos jóvenes que poseen anticuerpos maternos, estrés, mal nutrición, alta carga de parásitos, entre otras. Además, otra causa puede ser, en el caso del ser humano, que por decisión personal no se coloque la vacuna, y en medicina veterinaria cuando se trabaja con animales de difícil manipulación en los que no es posible aplicar una vacuna (Roth 1999; Heininger, *et al.* 2012; Tizard 2012).

Las **causas ajenas al individuo** involucran alteraciones de la vacuna, provocadas por un

mal manejo y almacenamiento de la vacuna (por ejemplo, mantenerla a altas temperaturas) que puede perjudicar a sus componentes y de esta forma evitar el desarrollo adecuado de la reacción inmunitaria (Roth 1999), aquí debe incluirse además la incorrecta aplicación de una vacuna; es decir, aplicada en un lugar que no corresponde o colocar una cantidad insuficiente de esta (Tizard 2012). Una importante causa ajena al individuo, corresponde a la **variación antigénica**; es decir, que el antígeno contenido en la vacuna es diferente al antígeno que circula en el ambiente (Roth 1999). Muchos microorganismos poseen la capacidad de modificarse en el tiempo por lo que comienzan a ser diferentes al antígeno original empleado en la fabricación de una vacuna.

Un claro ejemplo es lo observado en la actual pandemia por COVID-19 con las variantes que circulan a nivel mundial. Otras causas se refieren a la **exposición a altas dosis del antígeno**, de tal forma que el individuo a pesar de poseer vacuna no puede desarrollar una inmunidad tan elevada como para protegerse y por último, es muy importante considerar la **duración de la inmunidad**, pues muchas vacunas requieren diferentes aplicaciones en diferentes tiempos de vida del individuo. Cada vez que la inmunidad empieza a decaer, es necesario aplicar refuerzo, con la finalidad de incrementar y asegurar buenos niveles de inmunidad que protejan ante un agente (Roth 1999).

Una incompleta serie de vacunación afectará la protección por vacuna de un individuo (Roth 1999; Heininger, *et al.* 2012), es por eso por lo que la mayoría de los animales requieren de una revacunación anual y el incumplimiento a este esquema de vacunación propuesto terminará en una falta de protección para el animal. Para evitar que factores ajenos al individuo interfieran en el desarrollo de una protección por vacuna, es importante recurrir al profesional Médico Veterinario, para garantizar un esquema de vacunación y aplicación adecuada a cada especie animal.

El Departamento de Medicina Veterinaria, consciente de la importancia de la vacunación, ha propiciado y participado en campañas de vacunación contra diferentes enfermedades en animales de producción y de compañía, con el objetivo de salvaguardar la salud animal y de las personas; además, recomienda a los propietarios de animales, mantener el control con un profesional Médico Veterinario para asegurar estar al día con el esquema de vacunación y garantizar el correcto manejo y aplicación de toda vacuna.

REFERENCIAS

- Francis M. J. (2018). Recent Advances in Vaccine Technologies. *The Veterinary clinics of North America. Small animal practice*, 48(2), 231-241.
- Heininger U, Bachtiar NS, Bahri P, Dana A, Dodoo A, Gidudu J, Matos dos Santos E. (2012). The concept of vaccination failure. *Vaccine*. 30:1265-1268.
- Knight-Jones, T. J., Edmond, K., Gubbins, S., & Paton, D. J. (2014). Veterinary and human vaccine evaluation methods. *Proceedings. Biological sciences*. 281(1784), 20132839.
- Organización Mundial de la Sanidad Animal, OIE. (2018). Principios de producción de vacunas veterinarias. Capítulo 1.1.8.
- Pollard AJ, Bijker EM. (2021). A guide to vaccinology: from basic principles to new developments. *Nature Reviews Immunology*. 21:83-100.
- Roth JA. (1999). Mechanistic bases for adverse vaccine reactions and vaccine failures. *Adv Vet Med*. 41:681-700
- Silveira MM, Moreira GMSG, Mendonça M. (2021). DNA vaccines against COVID-19: Perspectives and challenges. *Life Sci*. 267:118919.
- Tizard I. (2012). *Veterinary immunology*. 9th ed. Elsevier. 568 p.



Contacto: revista.agrociencia@ues.edu.sv
Facultad de Ciencias Agronómicas
Universidad de El Salvador
ISSN: 2522-6509