

## Residuos de acaricidas en leche entera bovina de Costa Rica

Cecilia Alvarado Vega<sup>1</sup> , Susana Briceño-Guevara<sup>2</sup> , Jessie Matarrita-Rodríguez<sup>2</sup> , Mario Masís-Mora<sup>2</sup> , Greivin Pérez-Rojas<sup>2</sup>  & Rodolfo WingChing-Jones<sup>3</sup> 

1. Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, San José, Costa Rica; av.ceci@gmail.com
2. Universidad de Costa Rica, Centro de Investigación en Contaminación Ambiental, San José, Costa Rica; susana.bricenoguevara@ucr.ac.cr, jessie.matarrita@ucr.ac.cr, alberto.masis@ucr.ac.cr, greivin.perezrojas@ucr.ac.cr
3. Universidad de Costa Rica, Escuela de Zootecnia, Centro de Investigación en Nutrición Animal, San José, Costa Rica. rodolfo.wingching@ucr.ac.cr.

Recibido 27-IX-2021 • Corregido 17-I-2022 • Aceptado 02-II-2022

DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v14i1.3787>

**ABSTRACT.** “Acaricide residues in whole bovine milk from Costa Rica”. **Introduction:** Because of the high per capita consumption of 216 kilograms, in Costa Rica, 681 million liters of milk are processed annually, and it is particularly important to avoid the toxic effects of contaminated milk, associated with vomiting, paralysis and cramps, and, in the long term, cancer, endocrine disorders, diabetes and chromosomal alterations, among others. **Objective:** To determine the residue levels of five acaricides used in Costa Rica: Amitraz, Coumafós, Chlorpyrifos, Cyfluthrin and Cypermethrin, in samples of whole bovine milk. **Methods:** From January to September 2018, we collected samples from 200 production systems in six provinces and applied gas and liquid chromatography techniques coupled with mass spectrometry. **Results:** We did not find residues of Coumafós and Cyfluthrin, but in 19 farms we detected Amitraz, Cypermethrin and Chlorpyrifos (the latter, 0.01mg/kg). Few managers know alternatives to chemical control, and most do not respect the withdrawal period of the tick, and do not rotate the active ingredient. **Conclusion:** Education and monitoring on tick control should be improved in dairy farms.

**Keywords:** Ticks, parasite control, safety, acaricide resistance, active ingredient, sanitary management, dairy cattle.

**RESUMEN. Introducción:** En Costa Rica se procesan anualmente 681 millones de litros de leche, debido al alto consumo per cápita que es de 216 kilogramos, por lo que es particularmente importante evitar los efectos tóxicos de la leche contaminada, asociados a vómitos, parálisis y calambres, y, a largo plazo, cáncer, trastornos endocrinos, diabetes y alteraciones cromosómicas, entre otros. **Objetivo:** Determinar los niveles de residuos de cinco acaricidas usados en Costa Rica: Amitraz, Coumafós, Clorpirifós, Ciflutrina y Cipermetrina, en muestras de leche entera bovina de Costa Rica. **Métodos:** De enero a setiembre del 2018 tomamos muestras en 200 sistemas de producción de seis provincias y aplicamos técnicas de cromatografía de gases y de líquidos, acopladas a espectrometría de masas. **Resultados:** no hallamos residuos de Coumafós y la Ciflutrina, pero en 19 fincas detectamos Amitraz, Cipermetrina y Clorpirifós (este último, 0,01mg/kg). Pocos encargados conocen alternativas al control químico, y la mayoría ni respeta el periodo de retiro del garrapaticida, ni hace la rotación del ingrediente activo. **Conclusión:** Se debe mejorar la educación y el monitoreo sobre el uso de garrapaticidas en los sistemas de producción de leche.

**Palabras clave:** Garrapatas, control de parásitos, inocuidad, resistencia a acaricidas, ingrediente activo, manejo sanitario, ganado lechero.

El 28% de las fincas agropecuarias en Costa Rica tienen como actividad principal la producción de ganado, de las cuales el 25,6% corresponde al ganado lechero, el 42,1% por ganado de carne y el 32,0% por ganado de doble propósito (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2015).

Con respecto al sector lechero, a nivel industrial se procesan 681 millones de litros por año con un consumo per cápita de productos lácteos de 216 kilogramos por habitante al año, mientras que en países cercanos el consumo promedio es de 110 kilogramos (Coto, 2018). Al ser un producto



esencial para el consumidor costarricense (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria [SEPSA], 2021), por su aporte de grasas, proteínas, vitaminas y minerales (Vasconcelos et al., 2019), se debe velar por un producto inocuo, lo cual conlleva el compromiso desde el productor en finca hasta la industria que la procesa y comercializa (Das et al., 2016; Rana et al., 2019; Sachi et al., 2019;).

Los efectos tóxicos provocados a altos contenidos de plaguicidas en leche, son asociados a cuadros neurológicos como vómitos, parálisis y calambres (Costabeber & Emanuelli, 2002; Aytenfsu, Mamo & Kebede, 2016). Además de efectos a largo plazo, como; cáncer (Amer & Abou-Alella, 2020), trastornos endocrinos, retrasos en el aprendizaje, problemas reproductivos (infertilidad y abortos), incremento en la incidencia de diabetes y posibilidad de malformaciones, alteraciones cromosómicas como el síndrome de Down, problemas neurotóxicos y conductuales, aparición del mal de Parkinson (Parra et al., 2003), enfermedades infecciosas y leucemia linfocítica crónica (Ruiz & Blanco, 2009).

La presencia de residuos de plaguicidas u otras sustancias en la leche están asociadas a prácticas directas sobre los semovientes, como medida de protección y bienestar animal (Skjølstrup et al., 2021); y de forma indirecta por contaminación de las aguas de consumo y de los insumos alimenticios utilizados en el cuidado de los animales (Corrêa et al., 2014).

La administración de medicamentos a las vacas lecheras en lactancia es una decisión del personal a cargo de los semovientes, vector que favorece la aparición de residuos en la leche y carne; esta situación tiene lugar en la finca (Carmona & Vindas, 2007). Los productores olvidan realizar la lectura de las etiquetas de los productos aplicados, por lo tanto, no existe una dosis adecuada si cambia la concentración del producto, desconocen el ingrediente activo que aplican, no toman en cuenta el tiempo de retiro y secuencia del baño, al no cumplir con las indicaciones de la etiqueta para los parásitos meta según el producto; crean resistencia (WingChing-Jones, 2015).

Los parásitos internos y externos del ganado sin un manejo adecuado, provocan pérdidas económicas en los sistemas de producción ubicados en regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo (Nari, 2005bvg). Estas pérdidas, están asociadas a la morbilidad y mortalidad que provocan en los animales, las alteraciones reproductivas y los altos costos asociados al control sanitario (Nascimento et al., 2021).

La garrapata *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, es un reto constante para los productores de ganado (Agwunobi et al., 2021), debido a la rapidez de desarrollar resistencia a los productos acaricidas (Guerrero et al., 2012). El crecimiento de la resistencia a diferentes moléculas (Rodríguez-Vivas et al., 2018), el elevado precio de las más novedosas, la necesidad de buscar alternativas amigables con el ambiente (Alonso-Díaz & Fernández-Salas, 2021) y los peligros de residuos en los alimentos de consumo humano, se convierten en una importante barrera sanitaria para el comercio, lo que obliga a un cambio de paradigma y a la implementación de métodos de control (Álvarez & Hernández, 2010).

En Costa Rica rige el reglamento técnico para la leche cruda y leche higienizada, la cual tiene como objetivo establecer los tipos y definir las características que debe reunir la leche fluida que se comercialice de forma directa para el consumo humano (Decreto Ejecutivo N°33812, 2007). Los contaminantes químicos de mayor control en la producción lechera en nuestro país son los antibióticos de las familias de los  $\beta$ -lactámicos, dejándose de lado el resto de familias de fármacos y plaguicidas controlados a nivel nacional (Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. [COPROLE], 2020).

Dentro de los principios activos permitidos, utilizados en lechería para el control de *R. microplus*, se encuentran los acaricidas de las familias amidinas y ciertos compuestos organofosforados autorizados para ser utilizados en ganado de producción de leche (Decreto Ejecutivo N°33812, 2007). Para el año 2019, se contabilizaron 60 productos comerciales registrados



en el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA) de Costa Rica, donde el 40% presentaban como ingrediente activo a la molécula de Cipermetrina, seguido de Amitraz (37%), Coumafós (13%), Clorpirifós (7%) y en menor cantidad Ciflutrina (3%).

Por consiguiente, el objetivo de esta propuesta fue determinar los niveles de residuos de Amitraz, Coumafós, Clorpirifós, Ciflutrina y Cipermetrina, en muestras de leche entera bovina en sistemas de producción en Costa Rica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se visitaron 200 sistemas de producción en Costa Rica, distribuidos en todo el país. Se trabajó en las comunidades de Agua Zarcas, Ciudad Quesada, Florencia, Fortuna, Tilarán, Cartago, Turrialba, Puerto Viejo de Sarapiquí, Guápiles, Pérez Zeledón, Puriscal, Bagaces, Nandayure, Nicoya, Hojanca y Esparza, durante los meses de enero a setiembre del año 2018. Se recolectó una muestra de leche de cada sistema, de las cuales 38 fincas se consideraron artesanales (productor de leche se dedica a comercializar de forma independiente el producto lácteo (leche fluida, queso y natilla)) y 162 industriales (productor de leche entrega la leche fluida a una planta procesadora en la modalidad de cooperativa o empresa privada).

En cada sistema visitado se generó un diagnóstico mediante la aplicación de un cuestionario tipo encuesta, donde se solicitó información del número de animales, tamaño de la finca, manejo sanitario para el control de garrapatas y el volumen de leche producido por día.

Se realizó una categorización de los sistemas productivos según los grupos de acaricidas, que presentaban el uso de los siguientes ingredientes activos: Amitraz, Ciflutrina, Cipermetrina, Coumafós y Clorpirifós (Tabla 1). En el caso de los sistemas productivos que no utilizan los grupos a estudiar, se consideró como efecto de la muestra.

Se tomaron muestras de 100mL de leche de forma directa del tanque recolector. El cual contenía como mínimo dos ordeños. Para tal fin, el tanque de la leche se agitó por 10 minutos antes de la toma de muestra. Con ayuda de un muestreador de leche, se realizaron tres movimientos de extracción-expulsión de la leche, al iniciar con el cuarto movimiento, la muestra se depositó en un frasco de vidrio esterilizado, hasta obtener un volumen de 100mL, en ese momento, se selló y se identificó, con el número de finca y se colocó en una hielera con hielo para su traslado, se mantuvieron a 7 grados Celsius durante el traslado, según Reglamento de Recibo y Recolección de leche de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L. del año 2018 (COPROLE, 2020).

Cada vez que se ingresó una nueva muestra al contenedor, se registró la temperatura, si esta era mayor a la establecida (7°C), se agregó un kilogramo de hielo que cubría todas las muestras para garantizar la temperatura adecuada. Dichas muestras fueron trasladadas y analizadas al Centro de Investigación de Contaminación Ambiental (CICA) de la Universidad de Costa Rica.

La metodología utilizada para el análisis de las muestras (Tabla 2), fue desarrollada y validada en el proyecto VI-739-B7-609 "Análisis de residuos de acaricidas en leche entera bovina utilizados en el control de la garrapata en sistemas de producción lechera de Costa Rica" de la Universidad de Costa Rica; según el método QuEChERS modificado para análisis de residuos de plaguicidas en matrices altas en grasa. La detección de los residuos de acaricidas en las muestras de leche se realizó con el cromatógrafo de gases (Agilent Technologies, modelo 7890 B) acoplado a un espectrómetro de masas de triple cuadrupolo (Agilent Technologies, modelo 7000 C) y el cromatógrafo de líquidos (Agilent Technologies, modelo 1290 Infinity) acoplado a un espectrómetro de masas de triple cuadrupolo (Agilent Technologies, modelo 6460). La metodología de análisis de residuos de plaguicidas en muestras de leche entera fue validada e implementada en el Laboratorio de Análisis de Plaguicidas (LAPCO) del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) de la Universidad de Costa Rica.



**TABLA 1**

Descripción química, modo de acción y efectos secundarios de las moléculas de Amitraz, Ciflutrina, Cipermetrina, Coumafós y Clorpirifós de uso común en lecherías de Costa Rica, para el control de la infestación de garrapatas en los semovientes

Plaguicida	Grupo químico	Fórmula	Acción biocida	Toxicidad humana	*Vida media	**Persistencia
Amitraz	Formamidina	C <sub>19</sub> H <sub>23</sub> N <sub>3</sub>	Acaricida, insecticida	Posible carcinogénico, capacidad irritativa y alergénica	4 horas	Ligeramente persistente
Ciflutrina	Piretroide	C <sub>22</sub> H <sub>18</sub> Cl <sub>2</sub> FNO <sub>3</sub>	Insecticida	Capacidad irritativa y alergénica	63 días	Poco persistente
Cipermetrina	Piretroide	C <sub>22</sub> H <sub>19</sub> Cl <sub>2</sub> NO <sub>3</sub>	Acaricida, insecticida	Capacidad irritativa y alergénica	20-29 días	Poco persistente
Coumafós	Organo-fosforado	C <sub>14</sub> H <sub>16</sub> ClO <sub>5</sub> PS	Acaricida, insecticida	Capacidad irritativa y alergénica	185 días	Poco persistente
Clorpirifós	Organo-fosforado	C <sub>9</sub> H <sub>11</sub> Cl <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> PS	Insecticida	Capacidad irritativa y alergénica	28,9 días	Poco persistente

\*Vida media: tiempo que tiene que transcurrir para que se desactive la mitad del plaguicida.

\*\*Persistencia: periodo durante el cual los plaguicidas retienen sus características físicas, químicas y funcionales en el ambiente luego de su emisión. Se clasifican según la vida media.

Fuente: Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas [IRET] (2018), Errecalde et al. (1989), Picco et al. (2011), Junquera (2018) y Torri (2015).

**TABLA 2**

Metodología empleada para la determinación de acaricidas en leche bovina

Etapas de la metodología	Acción realizada en el laboratorio
Preparación de la muestra	a. Homogeneización por agitación de la muestra, pesar 10g muestra de leche entera de vaca
	b. Agregar el volumen de estándar de recuperación con el que trabaje.
	c. Agitar vigorosamente por al menos 1min y dejar reposar por 10min.
Extracción	a. Adicionar 1mL de acetato de etilo y 9mL acetonitrilo a la muestra.
	b. Agitar por 30min.
	c. Agregar las sales de extracción (4MgSO <sub>4</sub> anhidro, 1,7g NaOAc.3H <sub>2</sub> O, 1g NaCl).
	d. Agitar por 2min y centrifugar.
Limpieza y secado de muestra	a. De la fase de acetonitrilo, se toma 5mL de muestra y se coloca en el tubo limpieza con 1g de EMR-Lipid® previamente hidratado con 2mL de agua.
	b. Agitar por 30s y centrifugar.
	c. Del extracto limpio se toma un volumen de 5mL y se colocan en un tubo con sales para secar la muestra antes de inyectar (400mg NaCl, 1 800mg MgSO <sub>4</sub> anhidro).
	d. Agitar por 5min y centrifugar
	e. Se toma un volumen de 0,450mL de muestra + 0,050mL de una disolución de estándar interno y se coloca en un vial de 2mL para cromatografía de gases.
	f. Para las muestras de cromatografía de líquidos, se debe hacer un cambio de disolvente. Se toma 1mL de la muestra limpia y seca, se lleva a sequedad y se reconstituye con 900mL de agua: acetonitrilo (1:1) y 0,100mL de la disolución de estándar interno.
	g. Se inyectan los viales por la técnica de análisis de espectrometría de masas en tándem (GC-MS/MS y LC-MS/MS)



## RESULTADOS

### Caracterización de los sistemas

De los sistemas evaluados el 10,5% fueron sistemas artesanales y el resto industrial (Tabla 3). Los sistemas industriales presentaron una relación 4:1 en cantidad de animales y hectáreas al compararse con los artesanales, y de 5:1 en la producción de leche, donde los animales de sistemas industriales producen 4 litros de más que los animales de sistemas artesanales (Tabla 4).

Entre las razas predominantes se encontraron animales Jersey, Holstein, Guernsey, Simmental, Gyr lechero y Pardo Suizo. Además de cruces entre Holstein x Jersey, Brahman x Holstein, Brahman x Jersey, Brahman x Pardo Suizo, Brahman x Simmental, Jersey x Simmental y Holstein x Gyr.

En relación a la frecuencia de baños (días) se obtiene que los sistemas industriales realizan baños para el control de garrapatas con mayor frecuencia que en los sistemas artesanales (Tabla 4). En relación a la cantidad de producto (litros) que aplican al animal al momento de realizar el baño, en ambos casos, no supera los dos litros de producto por animal. De igual manera, para el control de este ácaro, los productores hacen uso de nueve moléculas diferentes, que se encuentran disponibles en productos comerciales (Tabla 5), como también la implementación de siete alternativas de manejo alternativo (Tabla 6).

En relación al principio activo empleado en los sistemas visitados se encontró que el Amitraz es el de mayor uso, mientras que la Ciflutrina, Coumafós, Cipermetrina y Clorpirifós, presentaron un menor uso, comportamiento asociado a la experiencia de los productores al presentar mayor eficacia para el control de garrapatas.

Se determinó que el 89,5% de los sistemas artesanales y el 78,3% de industriales no rotan el producto empleado para control de garrapata. Mientras que los intervalos de tiempo que emplean los productores industriales para cambiar el principio activo del producto fluctuó entre menos de un mes (54,3%), entre 1 a 3 meses (37,1%) y más de 3 meses (8,6%). En el caso de los sistemas artesanales, el 50% lo realiza antes del mes, y el otro 50% entre 1 y 2 meses de uso.

**TABLA 3**

Distribución de las muestras positivas y negativas a residuos de acaricidas en leche integra en los sistemas ganaderos en la modalidad artesanal e industrial en Costa Rica

Provincias	Cantidad de fincas visitadas		Cantidad de fincas donde se detectó residuos de acaricidas	
	Artisanal	Industrial	Artisanal	Industrial
San José	-	22	-	2
Alajuela	-	65	-	3
Cartago	10	15	3	1
Heredia	2	5	-	-
Guanacaste	-	49	-	4
Puntarenas	20	-	3	-
Limón	6	6	2	1
Total	38	162	8	11

El baño por aspersión es el método empleado en los sistemas visitados, sin embargo, en ambos sistemas se empleaban técnicas diferentes. Aplican el producto con los animales sueltos o encepados o bien solo en la zona infectada, después de terminado el ordeño de la mañana. El 52,6% de sistemas artesanales bañan a los animales sueltos después del ordeño de la mañana y 45,9% de

sistemas industriales bañan a los animales encepados y al igual que los artesanales después del ordeño de la mañana.

**TABLA 4**

Descripción de los sistemas ganaderos de producción de leche en la modalidad artesanal e industrial y del control empleados para controlar la infestación de garrapatas en los semovientes

	Tipo de sistema	Cantidad de animales	Tamaño (ha)	Kg leche/día	Frecuencia que realiza los baños (días)	Tiempo entre el último baño y la toma de muestra de leche (días)	Producto aplicado por animal (litros)
Artesanal	X	16,29	17,23	192,22	40,76 ± 41,40	26 ± 29,14	1,60 ± 0,85
	Me	13,50	10	120	30,50	14	1,28
	M	35	99	900	183	153	4
	m	3	1	6	4	0	0,17
Industrial	X	67,11	75,05	974,30	28,47 ± 30,74	18,58 ± 28,16	1,99 ± 1,21
	Me	50	34	700	22	10	1,80
	M	672	1000	4400	183	182	6,25
	m	6	3	50	4	0	0,28

X=promedio, Me: mediana, M: Valor máximo y m: Valor mínimo

**TABLA 5**

Principios activos utilizados en los sistemas ganaderos de producción de leche en la modalidad artesanal e industrial para el control de la garrapata

Principio activo	Sistemas artesanales (fincas)	Sistemas industriales (fincas)
Amitraz	21	113
Ciflutrina	2	26
Cipermetrina · Clorpirifós	5	7
Coumafós	2	11
Diclorvós	1	11
Eprinomectina	1	1
Fipronil	2	7
Flumetrina	3	4
Metrifonato (triclorfon)	1	3

**TABLA 6**

Alternativas empleadas en los sistemas ganaderos de producción de leche bajo la modalidad artesanal e industrial para el control de la garrapata

Alternativas	Sistemas artesanales	Sistemas industriales
Aves- Tijo	-	3
<i>Beauveria bassiana</i>	2	14
Cal en potrero	1	1
Extracción manual	2	15
Madero negro	1	1
<i>Metarhizium anisopliae</i>	4	31
Vacuna	-	4

Se encontró que el 57,9% de sistemas artesanales no utilizan ningún tipo de protección al momento de la preparación y la aplicación del acaricida, mientras que en sistemas industriales se encontró el 60,9% de la población. Se determinó que el equipo de protección de mayor uso es la mascarilla, mientras que los lentes son de menor uso.

En el caso de uso de alternativas para el control de la garrapata, se determinó que el 23,7% y 32,7% de sistemas artesanales e industriales respectivamente, conocen y aplican alternativas a los productos químicos y amigables con el ambiente para controlar garrapatas (Tabla 7). El *Metarhizium anisopliae* es el de mayor uso en ambos sistemas, seguido de la extracción manual y del uso de *Beauveria bassiana*.

#### **Niveles de residuos de amitraz, ciflutrina, cipermetrina, coumafós y corpirifos en leche.**

De las 200 muestras de leche recolectadas, se encontró residuo de Amitraz, Clorpirifós y Cipermetrina en 19 sistemas (8 artesanales y 11 industriales) (Tabla 3), lo que equivale al 9,5% de los sistemas visitados, donde solo el 1,5% de las muestras analizadas (3 fincas) superaron el límite máximo de residuos permitido de estas moléculas en la leche, según el reglamento nacional. Es importante evidenciar, que el 21% de los sistemas artesanales presentan muestras positivas a residuos de acaricidas, mientras que en los sistemas industriales solo el 6,9%.

Con respecto a las fincas con presencia de residuos de acaricidas, las ubicadas en la provincia de Cartago y Guanacaste (Hojancha, Tilarán, Bagaces y Nandayure) presentaron la mayor cantidad, seguido de Puntarenas (Esparza), Limón (Guápiles), Alajuela (San Carlos) y San José (Pérez Zeledón y Puriscal), mientras que Heredia (Río Frío de Sarapiquí) fue la única provincia donde no se detectó ningún tipo de residuo de las moléculas analizadas.

En relación a los resultados generados, se evidenció la presencia de Amitraz, Clorpirifós y Cipermetrina (Cuadros 8). Del total de las muestras analizadas, el 8 % de ellas presentó residuos de Amitraz, 34% de Clorpirifós y 58% de Cipermetrina (Tabla 7). No se detectó la presencia del Coumafós y la Ciflutrina, a pesar que los productores sí los utilizaban.

En el caso de los residuos de Amitraz en las muestras de leche, esta solo se determinó en dos muestras (Tabla 7). Los valores obtenidos, no superaron el valor establecido como límite máximo de residuos (LMR) permitido de esta molécula de 0,01mg/kg establecido por el reglamento técnico nacional.

Se encontró una relación entre el contenido residual del Amitraz con el tiempo que transcurrió entre el último baño y la toma de muestra de leche, con los litros de producto aplicado/animal y de la frecuencia que se realizan los baños.

Para la molécula de Clorpirifós, de las 8 muestras de leche con residuos de esta molécula, se encontraron tres de ellas con concentraciones por encima del LMR de 0,01mg/kg (Tabla 7). Estas tres muestras sobrepasaron el LMR en 1%, 4% y 5% del valor permitido por el reglamento nacional, mientras que las muestras restantes se encontraron por debajo del LMR. Se obtiene una tendencia, que indica que a mayor cantidad de producto que se aplica se cuantifica mayor presencia de residuos de Clorpirifós.

Las concentraciones en leche de la molécula de Cipermetrina (Tabla 7), se encuentran por debajo del LMR permitido por la legislación nacional de 50µg/kg para la  $\alpha$  cipermetrina y de 100µg/kg  $\beta$  para cipermetrina. Se determinó un leve comportamiento entre los residuos de cipermetrina con el tiempo que transcurrió entre el último baño y la toma de muestra de leche, no así para la cantidad de litros de producto aplicado/animal y la frecuencia en que se realizan los baños.

**TABLA 7**

Características de los sistemas productivos artesanales e industriales donde las muestras de leche presentaron residuos de Amitraz, Clorpirifós y Cipermetrina

Sistema	kg de leche en tanque	Clorpirifós (µg/kg)	Cipermetrina (µg/kg)	Amitraz (µg/kg)	Ingrediente activo producto comercial	Días después del baño	Litros de producto/ animal	Frecuencia baños (días)
Artesanal	-	4,43±2,26	ND*	ND	Amitraz	31	2,22	30
	-	2,31±1,30	6,66±3,21	ND	Cipermetrina/Clorpirifos	4	NC**	4
	1502	12,19±5,35	26,61±10,39	ND	Cipermetrinaclorpirifos	31	5	30
	600	61,42±21,15	82,96±27,31	ND	Cipermetrina/Clorpirifos	21	1	22
	564	ND	6,83±3,28	ND	Amitraz	7	1,8	15
	1100	21,51±8,67	ND	ND	Coumafós	31	2,25	30
	300	ND	ND	5,87±2,88	Amitraz	3	2,25	30
	80	ND	ND	5,33±2,65	Flumetrina	3	0,9	22
Industrial	900	ND	13,29±5,76	ND	Cipermetrina/Clorpirifos	7	0,83	8
	650	ND	6,99±3,34	ND	Cipermetrina/Clorpirifos	14	1,67	15
	400	3,11±1,68	19,84±8,10	ND	Cipermetrina/Clorpirifos	5	1,67	15
	1000	ND	4,68±2,37	ND	Cipermetrina	5	0,8	10
	4400	ND	9,80±4,45	ND	Cipermetrina/Clorpirifos	4	3	10
	650	ND	18,43±7,61	ND	Amitraz	16	2,5	30
	40	3,42±1,82	ND	ND	Coumafós	14	1,12	15
	280	54,10±18,99	13,66±5,90	ND	Cipermetrina/Clorpirifos	1	4	8
	240	ND	2,70±1,49	ND	Amitraz	14	1,8	30
	75	ND	2,82±1,54	ND	Cipermetrina/Clorpirifos	7	NC	30
	100	ND	10,14±4,58	ND	Eprinomectina	31	NC	91

\*ND: no se detecta la presencia de la molécula de interés

\*\*NC: no cuantificable, por ser un producto aplicado sobre el lomo (pour-on).

## DISCUSIÓN

Lograr la inocuidad de los productos de origen animal para consumo humano, es responsabilidad de los participantes vinculados en la cadena de producción (Decreto Ejecutivo N°33812, 2007), la cual inicia desde la persona responsable de los semovientes, la persona propietaria y profesional en producción animal que están vinculados al sistema de producción, como las entidades del gobierno que participan en el desarrollo pecuario de Costa Rica (Asamblea Legislativa, 2006).

El uso de acaricidas para el control de las garrapatas en el ganado, es una práctica común en sistemas de producción ubicados en la franja tropical (Sachi et al., 2019; Byaruhanga et al., 2020), los cuales presentan serios problemas de control por desarrollo de resistencia de los ácaros a los ingredientes activos (Rodríguez-Vivas et al., 2018), por un mal uso de estos (de Novaes et al., 2017), identificándose problemas de rotación y malas dosificaciones (Nascimento et al., 2021).

Es importante considerar, que los sistemas de producción que forman parte de una empresa, cooperativa o asociación, los volúmenes de leche producidos en un día, sufren un proceso de dilución al mezclarse con la producción de otros sistemas en el momento de la recolección del producto (misma cantidad del contaminante, en un mayor volumen) (COPROLE, 2020). Caso contrario, con el productor que le da valor agregado a la leche líquida, transformándola en queso y natilla, entre otros productos (Choco, 2019).

Por otro lado, el personal en estos sistemas es parte de un proceso de capacitación y asesoramiento, por el personal entrenado de las cooperativas, entidades estatales y las universidades, en temas de manejo sanitario, nutricional, reproductivo, manejo del cultivo del





forraje y temas afines a los productores. Estrategia que se observa reflejada en el comportamiento de la información obtenida en este trabajo, al asociar el número de sistemas con muestras positivas con el total de productores según el tipo de sistema (Dos Pinos, 2020).

Sin embargo, se nota que en ambos tipos de sistemas (artesanales e industriales) no se están cumpliendo las recomendaciones establecidas para la frecuencia de baño, donde se debe hacer una valoración del género de garrapatas presentes, dirigiendo el control antes que la garrapata alcance la fase adulta (Carmona & Vindas, 2007).

Situación que evidencia, la necesidad de un reforzamiento por parte de las entidades vinculadas con estos sistemas, en temas como los ciclos de vida de estos parásitos (Mehlhorn, 2016), volúmenes mínimos requeridos para el baño adecuado de un semoviente (4 litros/animal) (Montero et al., 2001), periodos de retiro de productos de uso veterinario (Decreto N°28861-MAG, 2000), técnicas de aplicación de productos y alternativas amigables con el ambiente para el control de parásitos (Adenubi et al., 2018).

Cuando se baña un número grande de animales por medio de baños de aspersión y estos se encuentran sueltos, la eficiencia del baño está limitada por la persona que lo realiza (Cantú & García, 2013). Bajo estas condiciones no se garantiza un buen baño, quedando áreas del cuerpo del semoviente y las garrapatas presentes en esas áreas, sin humedecerse de forma adecuada con el ingrediente activo utilizado, lo que provoca una reinfestación en el animal, y la errónea apreciación de las personas responsables de los semovientes que los productos no funcionan (Carmona & Vindas, 2007).

Además, la posibilidad de que parte de los ácaros a controlar reciban una dosis no letal del producto utilizado, y esto genere, de generación en generación, una resistencia a los ingredientes activos utilizados (Ciclo de vida de 19 a 20 días) (Alonso-Díaz et al., 2006). Resistencia que puede estar asociada a la modificación de la conducta del ácaro para no entrar en contacto con el acaricida, inhibir o retardar la penetración del químico, modificación de las vías metabólicas para la desintoxicación del acaricida y la insensibilidad del sitio de acción del acaricida (Díaz et al., 2006).

Por otro lado, los semovientes no se deben bañar durante las horas más calurosas del día, debido al aumento de capilaridad a nivel de la piel, por ende, mayor absorción, lo que podría ocasionar intoxicación en el animal. Así mismo, se prefiere en las primeras horas de la mañana o al anochecer (fin de la tarde) (Noriega et al., 2013).

Cabe resaltar que para productos aplicados por aspersión se debe usar el equipo de protección personal adecuado, tales como guantes, lentes, mascarilla protectora, delantal y botas de hule durante la aplicación (Noriega et al. 2013), el no realizar dicha práctica compromete la salud del trabajador, ya que se pueden generar intoxicaciones, alergias, esterilidad o algún otro padecimiento, en la persona responsable de la aplicación del producto, según el tiempo y la concentración a la cual se expone la persona (Sachi et al. 2019).

El uso de estrategias integrales de control para la sustitución de los productos acaricidas, está presente en los sistemas evaluados, aunque los porcentajes son bajos, lo que está asociado a la falta de información o interés por parte del productor para emplear en finca nuevas alternativas (Stafford III et al., 2017). Cabe resaltar que el implementar métodos alternativos para el control de garrapatas generan resultados favorables al alargar los ciclos de baños o su sustitución (WingChing-Jones, 2015), de esta forma se reduce el uso de productos químicos, se genera una estabilidad en las poblaciones de garrapatas y sus depredadores naturales, lo que contribuye a la protección del ambiente y evitar la presencia de residuos en leche de estos ingredientes activos.

De esta manera, los resultados de esta investigación contribuyen en la mejora de la capacidad analítica con la que cuenta el país, para el análisis de residuos de acaricidas y plaguicidas en leche bovina, lo que sin duda representa una puerta que se abre a nivel nacional ante la falta de



análisis de laboratorio en este campo, además del desarrollo de estrategias de capacitación a productores para evitar estos residuos en la leche.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecemos a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica, por el apoyo financiero al proyecto VI-867-2017 titulado “Análisis de residuos de acaricidas en leche entera bovina utilizados en el control de la garrapata en sistemas de producción lechera en Costa Rica” inscrito en el Centro de Investigación en Nutrición Animal y al Laboratorio de Análisis de Plaguicidas y Compuestos Orgánicos del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental de la Universidad de Costa Rica por el apoyo brindado en la ejecución de esta propuesta.

De igual manera, a los productores y profesionales que nos colaboraron para la obtención de las muestras de leche y vieron en esta propuesta una oportunidad de mejora, en vez de una amenaza al sector lechero nacional.

## **ÉTICA, CONFLICTO DE INTERESES Y DECLARACIÓN DE FINANCIAMIENTO**

Los autores (Cecilia Alvarado-Vega, Susana Briceño-Guevara, Jessie Matarrita-Rodríguez, Mario Masís-Mora, Greivin Pérez-Rojas & Rodolfo WingChing-Jones) declaramos haber cumplido con todos los requisitos éticos y legales pertinentes, tanto durante el estudio como en el manuscrito; que no hay conflictos de interés de ningún tipo, y que todas las fuentes financieras se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. Asimismo, están de acuerdo con la versión editada final del documento. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

La declaración de la contribución de cada autor al manuscrito fue la siguiente: C.A.V participó en la recolección, análisis y escritura de la información. En cambio, S.B.G, J.M.R., G.P.R. y M.M.M en el procesamiento y generación de los resultados analíticos de las muestras en el laboratorio. Mientras que R.W.CH.J, participó en concretar la idea, análisis estadístico, interpretación de los resultados y escritura de la información.



## REFERENCIAS

- Adenubi, O., Ahmend, A., Fasina, F., McGaw, L., Eloff, J., & Naidoo, V. (2018). Pesticidal plants as a posible alternative to synthetic acaricides in tick control: A systematic review and meta-analysis. *Industrila Crops & Products*, 123, 779-806, <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.075>
- Agwunobi, D., Yu, Z., & Liu, J. (2021). A retrospective review on ixodid tick resistance against synthetic acaricides: implications and perspectives for future resistance prevention and mitigation. *Pesticide Biochemistry an d Physiology*, 173, 104776. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2021.104776>
- Alonso-Díaz, M.A., Rodríguez-Vivas, R.I., Fragoso-Sánchez, H., & Rosario-Cruz, R. (2006). Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas. *Archivos de Medicos Veterinaria*, 38(2), 105-113. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2006000200003>
- Alonso-Díaz, M., & Fernández-Salas, A. (2021). Entomopathogenic fungi for tick control in cattle livestock from Mexico. *Frontiers in Fungal Biology*, 2, 657694. <https://doi.org/10.3389/ffunb.2021.657694>
- Álvarez, V., & Hernández, V. (2010). Diagnóstico de resistencia a organofosforados, piretroides sintéticos, amidinas e ivermectinas en la garrapata *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* en fincas de productores de leche en Costa Rica. *Ciencias Veterinarias*, 9(2), 47-56. <https://doi.org/10.14409/favecv.v9i2.1498>
- Amer A., & Abou-Alella S.A. (2020). Spatial Monitoring of Pyrethroid Residues by RP-HPLC in Raw Bovine Milk in West Delta Region of Egypt. *World Veterinary Journal*, 10 (3), 429-436. <https://dx.doi.org/10.36380/scil.2020.wvj53>
- Asamblea Legislativa. (2006). *Ley 8495: Ley General de Servicio de Salud Animal*. *Diario Oficial la Gaceta*, N°93. Del 16 de mayo del 2006. Costa Rica. <https://bit.ly/3LlgDlf>
- Aytenfsu, S., Mamo., G., & Kebede, B. (2016). Review on Chemical Residues in Milk and Their Public Health Concern in Ethiopia. *Journal of Nutrition & food Sciences*, 6(4), 524. <https://dx.doi.org/10.4172/2155-9600.1000524>
- Byaruhanga J., Odua, F., Ssebunya, Y., Aketch, O., Tayebwa, D., Rwego, I., & Vudriko, P. (2020). Comparaison of tick control and antibiotic use practices at farm level in regions of high and low acaricide resistance in Uganda. *Veterinary Medicine International*, 4606059. <https://doi.org/10.1155/2020/4606059>
- Carmona, G., & Vindas, S. (2007). *Uso racional de medicamentos veterinarios en ganado bovino*. Dos Pinos. CORFOGA. Costa Rica. [https://images.engormix.com/s\\_articles/CarmonaSolano\\_medicamentos.pdf](https://images.engormix.com/s_articles/CarmonaSolano_medicamentos.pdf)
- Cantú, A., & García, Z. (2013). *Estrategias para el control integrado de garrapata (Boophilus spp.) en la producción de bovinos de carne en pastoreo*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/948.pdf>
- Choco, H.T. (2019). *Análisis de la cadena de producción, transformación y comercialización de la leche en el sur del cantón de Turrialba, Costa Rica*. [Tesis de Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica]. <https://bit.ly/3knFWr2>
- Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L (COPROLE). (2020). *Reglamento recibo y recolección de leche*. San José, Costa Rica.
- Costabeber, I., & Emanuelli, T. (2002). Influencia de hábitos alimentarios sobre las concentraciones de pesticidas organoclorados en tejido adiposo. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 22(1), 54-59.
- Corrêa, L., Beloti, V., Tamanini, R., & Pontes, D. (2014). Milk contamination by organophosphorus and carbamate residues presente in wáter and animal feedstuff. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 35(5), 2485-2494. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n5p2485>
- Coto, A. (2018). *Situación actual y retos de la lechería regional*. VII Congreso Centroamericano del sector lácteo. Heredia, Costa Rica. <http://proleche.com/wp-content/uploads/2018/10/CL2018SP1.pdf>



- Díaz, S., Goswami, B., & Biswas, K. (2016). Milk adulteration and detection: A review. *Sensor Letters*, 14(1), 4-18. <https://doi.org/10.1166/sl.2016.3580>
- Decreto Ejecutivo N°33812. (2007). Reglamento Técnico: RTCR: 401-2006. Leche cruda y Leche Higienizada. *Diario Oficial La Gaceta*, 112. Del 12 de junio del 2007. Costa Rica. <https://bit.ly/3vnHCXF>
- Decreto Ejecutivo N°28861-MAG. (2000). Reglamento de Registro y Control de medicamentos Veterinarios. Diario Oficial La Gaceta, 161. Del 23 de agosto del 2000 Costa Rica. <https://bit.ly/3F01KTe>
- de Novaes, S., Schreiner, L., Pereira, I., & Franco, R. (2017). Residues of veterinary drugs in milk in Brasil. *Ciência Rural*, 47(8), e20170215, <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20170215>
- Dos Pinos (2020). *Reporte de sostenibilidad. Lo nuestro es compartir*. <https://bit.ly/3EVb5vt>
- Errecalde, C., Prieto, G., & García, H. (1989). Actualizaciones en ectoparasitidas. *Monografías de Medicina Veterinaria*, 11(2). <https://bit.ly/3y0j6Og>
- Guerrero, F., Lovis, L., & Martins, J. (2012). Acaricide resistance mechanisms in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. *Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 21(1), 1-6. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612012000100002>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/U40-10581.pdf>
- Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET). (2018). *Manual de plaguicidas en Centroamérica*. Universidad Nacional de Costa Rica. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu>
- Junquera, P. (2018). *Cumafós: Ficha Toxicológica*. <https://bit.ly/3y0MFiO>
- Mehlhorn, H. (2016). *Animal Parasites: Diagnosis, Treatment, Prevention* (7th ed.). Springer.
- Montero, D., Agüero, F., Álvarez, V., & Valverde, O. (2001). *La garrapata. Su importancia y cómo controlarla*. Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1059.pdf>
- Nascimento, A.F., Natel, A.S., Viana, L.M., de Melo, C.L., Lacerda, Y.G., Lima, M.K., & Fuzzari G. (2021). Use of anti-tick drugs in dairy farms in the microregion of Alfenas, Minas Gerais, Brazil. *Brazilian Journal of Veterinary Parasitology*, 30(1), e020620. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612021016>
- Nari, A. (2005). *Estado actual de la resistencia de Boophilus microplus en América Latina y el Caribe. Perspectivas de aplicación del control integrado*. FAO. <https://bit.ly/3OJsOu3>
- Noriega, J., Paz, M., & Morales, H. (2013). Buenas prácticas de uso de medicamentos veterinarios y productos afines. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), Costa Rica. <https://bit.ly/3Ko7Opt>
- Parra, M., Peláez, L., Londoño, J., Pérez, N., & Rengifo, G. (2003). *Los residuos de medicamentos en la leche. Problemática y estrategias para su control*. Manual técnico código 2-1-10-06-02-03. Corpoica/PRONATTA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/19488>
- Picco, E., Rodríguez, C. & Boggio, J. (2011). *Clorpirifós: Aspectos cinéticos a considerar en su uso clínico como antiparasitario en veterinaria*. <https://botplusweb.portalfarma.com/documentos/2011/1/11/45513.pdf>
- Rana, S., Lee, S., Kang, H., & Hur, S. (2019). Reducing veterinary drug residues in animal products: A review. *Food Science of Animal Resources*, 39(5), 687-703. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e65>
- Rodríguez-Vivas, R., Jonsson, N., & Bhushan, C. (2018). Strategies for the control of *Rhipicephalus microplus* ticks in a world of conventional acaricide and macrocyclic lactone resistance. *Parasitol Research*, 117, 3-29. <https://doi.org/10.1007/s00436-017-5677-6>



- Ruíz, N., & Blanco. R. (2009). *Grado de resistencia del Rhipicephalus (Boophilus) microplus a productos ixodícos, y su residualidad en leche en 20 predios del sistema doble propósito del Piedemonte Llanero*. [Tesis de licenciatura, Universidad de la Salle, Colombia]. <https://bit.ly/3xZuYzP>
- Sachi, S., Ferdous, J., Sikder, M. & Hussani, S. (2019). Antibiotic residues in milk: Past, present and future. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 6(3), 315-332, <http://doi.org/10.5455/javar.2019.f350>
- Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA) (2021). *Boletín Estadístico Agropecuario Serie Cronológica 2017-2020*. No. 31. SEPSA. <http://www.infoagro.go.cr/BEA/BEA31.pdf>
- Skjølstrup, N., Nielsen, L., Jensen, C., & Lastein, D. (2021). Veterinary herd health consultancy and antimicrobial use in dairy herds. *Frontiers in Veterinary Science*, 7: 1-15. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.547975>
- Stafford III, K.C., Williams, S.C., & Molaei, G. (2017). Integrated pest management in controlling ticks and tick-associated diseases. *Journal of Integrated Pest Management*, 8(1), 1-7, <https://doi.org/10.1093/jipm/pmx018>
- Torri, S. (2015). *Dinámica de los plaguicidas en los agroecosistemas*. <https://bit.ly/3KrvZDB>
- Vasconcelos, I., dos Santos, G., dos Santos, G., Ribeiro, J., Lopes, R., dos Santos S., de Sousa, A., Mendes, R., Taketomi, A., Vasconcelos, A., & Taube, P. (2019). Organochlorine pesticides residues in comercial milk: a systematic review. *Acta Agronómica*, 68(2), 99-107. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n2.77925>
- WingChing-Jones, R. (2015). Extracción manual de garrapatas *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* en ganado bovino como estrategias de control. *Nutrición Animal Tropical*, 9(1), 88-101. <https://doi.org/10.15517/NAT.V9I1.19393>

