

Original

Estudio de algunos indicadores de estrés oxidativo en un rebaño bovino presumiblemente afectado de infección subclínica

Study of some indicators of oxidative stress in a bovine herd presumably affected by subclinical infection

Est. Antonio García Vanega, Universidad de Granma, Bayamo, Cuba ⁽¹⁾

MSc. Lázaro Eduardo Valdés Izaguirre, Universidad de Granma, Bayamo, Cuba ⁽²⁾

⁽¹⁾ Estudiante de 5to. Año de la carrera de Medicina Veterinaria. Alumno Ayudante de la asignatura de Bioquímica Medica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Granma, Bayamo, Cuba. antonio.garciavanega@gmail.com

⁽²⁾ Profesor Asistente. Máster en Manejo Sostenible de Recursos Naturales. Licenciado en Bioquímica y Biología Molecular. Doctor en Medicina Veterinaria. Profesor del Departamento de Medicina Veterinaria. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Granma. Bayamo. Cuba. lazaroeuardovaldesizaguirre@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5285-0264>

Resumen

El estudio de indicadores de estrés oxidativo, de conjunto con la triada, el hemograma y el perfil metabólico son herramientas importantes para monitorear el estado de salud de los bovinos. Con el objetivo de estudiar algunos indicadores de estrés oxidativo en bovinos presumiblemente afectados de una infección subclínica, se realizó el estudio de los componentes de la triada, del hemograma, potencial reductor férrico del suero (FBR) y la concentración de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS). Los resultados de la triada fueron normales, así como los valores de la serie roja, del hemograma y las plaquetas, no así el leucograma donde se reconoce incremento



del número de leucocitos, de los granulocitos y disminución de los linfocitos. Se concluye que los animales estudiados presentan valores normales de la triada, del eritrograma y plaquetas, no así del leucograma, donde se aprecia leucocitosis, linfopenia y granulocitosis, indicadores de la presencia de una enfermedad infecciosa de carácter subclínico. Los indicadores de estrés oxidativo estudiados se corresponden con los determinados para la especie.

Palabras clave: bovinos; estrés oxidativo; hemograma; signos vitales; granulocitosis.

Abstract

The study of oxidative stress, together her with the triad, the hemogram and the metabolic profile are important tools to monitor the health status of cattle. In order to study some indicators of oxidative stress in bovines presumably affected by a subclinical infection, the study of the components of the triad the hemogram, the serum ferreric reducing potential (BRF) and the concentration of substances reactive to thiobarbituric acid was carries out (TBARS). The results of the triad were normal, as well as the values of the red series of the hemogram am platelets, but not the leukogram where an increase in the number of leukocytes, gtanulocytes and the crease in lymphocytes was recognize. It is concluded that the studies animals present normal values of the triad, the heritrogram and platelets, but not the leukogram, where leukocytosis, lymphopenia and granulocytosis can be seen, inducing the presence of an infectious disease of a subclinical nature. The oxidative stress indicators studied correspond to those determined by the species.

Keywords: bovine; oxidative stress; haemograma; vital singnus; granulocitosis

Introducción

La contribución de la producción pecuaria a la seguridad económica y alimentaria de millones de personas en el mundo resulta significativa. El vacuno, en particular, es la fuente principal de carne,



leche y sus derivados, convirtiéndose en la base de una industria que cada año ve incrementada la demanda de sus productos. Constituye un renglón donde se realizan importantes inversiones, es fuente de empleo, sobre todo en las zonas rurales, donde se convierte en motor de desarrollo. Los productos de origen animal son los alimentos que mayor proporción de proteínas de alto valor biológico aportan a la nutrición humana. Aunque la vaca no fue de los primeros animales domesticados por el hombre la ganadería vacuna desde su origen estuvo sometida a un fuerte proceso de cambios, siempre con el objetivo de lograr la mayor cantidad de productos básicos, llámese leche, carne, cuero y estiércol, hasta llegar a lo que tenemos hoy, una ganadería intensiva, capaz de lograr producciones impensadas años atrás, a partir de animales prácticamente diseñados para ello, sin embargo la mayor parte de las veces no se tiene en cuenta la repercusión que esto tiene, pues conlleva un enorme esfuerzo metabólico, que si no se atienden convenientemente las demandas de los individuos, termina por provocar estados incompatibles con su bienestar y la aparición de las enfermedades asociadas. El bienestar animal como ciencia trata de determinar el estado en que se encuentran los individuos en su intento de estar en armonía con el medio. Por lo tanto, se refiere “al estado de los animales”, y no al cuidado o responsabilidad de los seres humanos hacia ellos, ni a las ventajas económicas de su explotación. Por supuesto, podemos considerar que aspectos tales como protección, conservación, legislación y producción sean sus principales aplicaciones (Cao, 2020). En los últimos años, tanto en medicina humana como en veterinaria, los conocimientos de los indicadores de estrés oxidativo se suman a los saberes que ayudan a conocer el real estado de salud de los animales y por tanto es otra herramienta en manos de los veterinarios para actuar en los casos que los desajustes así lo requieran. En el desarrollo de los procesos bioquímicos, los organismos mantienen un balance de oxidación-reducción constante, preservando



el equilibrio entre la producción de especies reactivas y radicales libres, que se generan como resultado del metabolismo celular y los sistemas de defensa antioxidantes, la pérdida de dicho balance lleva a un estado de estrés oxidativo (Cortéz *et al.*, 2020).

El estrés oxidativo aparece cuando se producen alteraciones en los mecanismos de defensa (por déficit de las enzimas antioxidantes o bajo consumo de antioxidantes) o por sobreproducción de especies reactivas (Oliveira *et al.*, 2018), por lo cual, se ha reconocido como un estado en el cual existe un desequilibrio entre las especies moleculares de alto potencial oxidante (principalmente EROs y ERNs) y los sistemas de defensa antioxidante a favor de las primeras, con afectaciones transitorias o definitivas en la relación estructura – función de todos los niveles de organización biológica (Newsholme *et al.*, 2016). Aunque en medicina humana se trata de un tópico ampliamente tratado, en medicina veterinaria los estudios se han limitado a determinados aspectos. El empleo del término estrés oxidativo emana de los resultados de los estudios realizados sobre la base de la importancia de los suplementos vitamínico-minerales para prevenir ciertas patologías metabólicas o la incidencia de las mastitis. Además, en el primer caso, el papel de determinados oligoelementos y vitaminas se analiza sobre la base de la enfermedad que podía ocasionar su intoxicación y, sobre todo, sus carencias (Castillo *et al.*, 2001).

En la literatura revisada no se encuentran referencias a estudios realizados en Cuba referidos a este campo de la investigación en medicina veterinaria, por lo que nos proponemos como:

El estudio de indicadores de estrés oxidativo en bovinos presumiblemente afectados de una infección subclínica.



Desarrollo

Materiales y métodos: El presente trabajo se desarrolló a partir del estudio de una muestra de los bovinos pertenecientes al rebaño del Vivario de la Universidad de Granma. Antes de la toma de las muestras se realizó la observación clínica del efectivo en el área de descanso y durante el pastoreo, comprobando que ninguno de los animales se mostraba síntomas sugerentes de enfermedad, con una condición corporal superior a los tres puntos y sin manifestaciones evidentes de enfermedad. El ensayo se realizó en el mes de octubre, al término de la época lluviosa, con disponibilidad de comida suficiente como para que los animales mantengan una condición corporal y aptitud adecuada. La evaluación de las funciones vitales: la frecuencia cardiaca (FC), registrada con el estetoscopio, colocado en el área precordial izquierda y contando los latidos en un minuto; la frecuencia respiratoria (FR), registrada mediante la cuenta de los movimientos respiratorios (expansión toraco-abdominal) durante un minuto, de forma visual; y la temperatura corporal (TC) mediante termometría rectal, utilizando el termómetro de máxima, lubricado e introducido por el ano durante tres minutos. La muestra se conformó a partir de la selección de los animales teniendo en cuenta la edad de los mismos, quedando distribuidos como sigue:

- Bovinos jóvenes (3 hembras y 3 machos de hasta 12 meses de edad) 6
- Bovinos adultos (3 hembras y 3 machos mayores de 12 meses de edad).... 6

La toma de las muestras de sangre se realizó mediante venipuntura yugular con antisepsia previa a base de alcohol al 70%, utilizando una jeringa desechable con aguja 21, estéril y conteniendo K2EDTA como anticoagulante. Las muestras se mantuvieron en una caja térmica fresca y se transportaron al laboratorio antes de una hora de la extracción para su procesamiento. Estudio del hemograma: El análisis hematológico se llevó a cabo con un Analizador Hematológico



Automático MINDRAY BC-2800Vet, el cual utiliza el principio de Coulter para contar células blancas (WBC), células rojas (RBC) y plaquetas (PLT) y construir histogramas a partir de los valores de volumen de los mismos (MINDRAY, 2011).

Determinación de los marcadores de estrés oxidativo: A cada muestra de sangre se le evaluó el estado del potencial reductor férrico del suero (FRP) siguiendo la metodología propuesta por Bahr y Basulto (2004). Un mL de cada muestra fue mezclado con 2,5 mL de tampón fosfato (0,5 mol/L, pH 7) y 2,5 mL de una disolución de ferricianuro de potasio al 1 %. La mezcla se incubó a 50°C durante 20 minutos. Posteriormente se adicionaron 2,5 mL de ácido tricloroacético (TCA) al 10 % y se centrifugó por 10 minutos a 3000 rpm. Parte de la solución sobrenadante (2,5 mL) fue mezclada con 2,5 mL de agua destilada y 0,5 mL de cloruro de hierro (III) al 0,1 %. Finalmente se determinó la absorbancia a 700 nm. Los resultados se expresaron valores de absorbancia, los mayores valores significan niveles más altos de FRP. Se evaluó además la concentración de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) por el método de Botsoglou *et al* (1994). Un mililitro de suero se diluyó a 2,5 mL con tampón fosfato salino (pH 7,4) y se añadieron 5 mL de solución reactiva (0,9375 g de ácido tiobarbitúrico (TBA), 37,5 g de TCA en 250 mL de HCl (25 mol/L)). La mezcla se incubó por 15 minutos a 80 °C, luego de los cuales fue centrifugada por 10 min a 3000 rpm y se midió la absorbancia del sobrenadante a 532 nm. Los resultados se expresaron en valores de absorbancia, los mayores valores significan niveles más altos de TBARS.

Procesamiento de resultados: A todos los datos obtenidos se le comprobó la normalidad por la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de la varianza según Bartlett, se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple y comparación múltiple de medias según la prueba paramétrica de Tukey; y a análisis de regresión lineal entre los valores de los marcadores



de estrés oxidativo. Para todas las pruebas se estableció una probabilidad de error del 5 % ($p < 0,05$) empleando el paquete estadístico Graph Pad Prism versión 7.01 para Windows (2016).

Resultados y discusión: En la Tabla I se muestran los valores obtenidos en el estudio de la triada; Frecuencia Respiratoria (FR), Frecuencia Cardíaca (FC) y Temperatura corporal (TC). En el caso de la FR, siempre dentro de lo considerado como normal, estos indicadores se desplazan desde 23 a 28 rpm. La FC muestra valores entre 61 y 81 ppm, considerados fisiológicos, lo mismo que la temperatura, que se encuentra entre los 38,32 y 38,80°C. En ninguna de las variables estudiadas se encontró diferencia estadísticamente significativa al comparar los grupos, ya sea por sexo o por edad. Aunque se aprecian valores superiores de todos los indicadores en los animales jóvenes y hembras. Los inferiores se encuentran en los adultos y machos.

Tabla I. Valores de la triada.

	Frecuencia Respiratoria (rpm)	Frecuencia Cardíaca (ppm)	Temperatura °C
Por sexo			
Machos	23 ± 3,6	61 ± 5,3	38,32 ± 0,1
Hembras	26 ± 2,8	66 ± 3,3	38,57 ± 0,2
Por edad			
Jóvenes	28 ± 5,2	81 ± 6,9	38,80 ± 0,35
Adultos	24 ± 3,2	64 ± 5,1	38,42 ± 0,18
Valores de referencia (Feitosa, 2014)			
Jóvenes	24 – 36	70 – 100	38,5 – 39,5
Adultos	10 – 30	60 - 80	37,8 – 39,2

Los valores de la FR determinada se corresponden con los referidos como normales, enmarcados entre 12 y 36 rpm, reportados por Radostits *et al.*, (2007). Feitosa (2014) sitúa estos valores entre



10 y 36 rpm. Por su parte Rimbaud, (2004) plantea que en bovinos mantenidos en ambientes con temperatura ambiente entre 24 y 31°C este indicador se mueve entre 45 y 90 rpm, valor que no coincide con lo determinado en nuestra investigación, aun cuando los valores de temperatura ambiental resultan similares. Por su parte, García *et al.*, (2012) encontraron en bueyes de trabajo valores entre las 73,22 y 81,43 rpm, condicionado, seguramente, por el régimen de trabajo y las condiciones ambientales a que son sometidos estos animales.

Respecto a la FC, en general, los valores que se obtienen están dentro de los referidos por Radostits *et al.*, (2007), quienes la sitúan entre 40 y 80 ppm. García *et al.*, (2012) reportan en bueyes de trabajo valores entre los 73,22 y 81,43 ppm, ligeramente superiores a los encontrados en este trabajo y los reportados por el autor antes citado. El comportamiento de la temperatura corporal, como se muestra en la Tabla I, mantuvo un comportamiento normal, siempre moviéndose entre 38 y 39 °C, valores similares a los expuestos por Feitosa (2014), quien sitúa la temperatura corporal normal de los bovinos adultos entre 37,7 y 39,2 °C. En bueyes de trabajo, García *et al.*, reporta valores entre 37,99 y 39,10 °C. Al estudiar los valores del leucograma (Tabla II) es evidente que todos los grupos de animales estudiados, excepto los monocitos, presentaron valores divergentes respecto de los reportados como normales para la especie. En ningún caso se observó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en los que fueron divididos los animales, aun cuando normalmente deben encontrarse valores diferentes cuando se comparan animales jóvenes y adultos, coincidiendo con lo establecido por Friedrichs *et al.*, (2012), quien considera la edad, el genotipo y las condiciones de manejo como factores que condicionan las constantes fisiológicas en los terneros. En todos los grupos al realizar el conteo total de las células sanguíneas blancas (WBC), se aprecia un incremento del número de leucocitos, superiores a los reportados por Wood y Quiroz-



Rocha, (2010) y Panousis *et al.*, (2018), compatible con un cuadro de leucocitosis, que puede ser provocado por el aumento de toda la población leucocitaria o, por el contrario, puede que solo afecte algún tipo celular en específico. Es por ello que el recuento del total de leucocitos debe acompañarse siempre de un recuento diferencial (Aceña *et al.*, 2003). En el caso de los linfocitos se determinó la existencia de valores inferiores a los considerados como normales por Wood y Quiroz-Rocha, (2010) y Panousis *et al.*, (2018), compatible con un cuadro de linfopenia, que puede estar condicionado por consecuencias de un aumento de corticoides endógenos (típicos de leucograma de estrés, con neutrofilia y linfopenia) o exógeno, por estrés prolongado o por enfermedades víricas que conllevan aplasia medular (acompañándose de leucopenia generalizada), también se describe en casos de enteropatía con pérdidas de proteínas (Ježek *et al.*, 2011). Los monocitos se encuentran dentro de los rangos considerados como normales por los autores antes citados.

Tabla II. Indicadores hematológicos. Serie blanca.

	WBC (10⁹/L)	Linfocitos (#)	Monocitos(#)	Granulocitos (#)
Por sexo				
Machos	150,10 ± 7,76	14,60 ± 1.63	5.74 ± 0.55	129,78 ± 6.25
Hembras	155,60 ± 22,94	16,18 ± 7.32	6,18 ± 2,18	133,24 ± 13.50
Por edad				
Jóvenes	156,82 ± 20,11	16,87 ± 6,18	6,43 ± 1,82	133,53 ± 12,40
Adultos	146,90 ± 7,42	13,18 ± 1.55	5,25 ± 0,55	128,48 ± 5,34
Valores de referencia (Wood y Quiroz-Rocha, 2010)				
	51.0 – 133,0	25 – 75	0 – 8	18 – 63

Dentro de la denominación granulocito se engloban las células leucocitarias que por sus características tintoriales presentan granulaciones dentro de su citoplasma, dígase neutrófilos, eosinófilos y basófilos (Delgado *et al.*, 2014). En nuestro estudio encontramos un incremento considerable del número de estos tipos de células, superiores a los descritos como fisiológicos por Wood y Quiroz-Rocha, (2010) y Panousis *et al.*, (2018), compatible con un cuadro infeccioso provocado por parásitos en el caso de la eosinofilia, bacterias en la neutrofilia y basofilia. Cualquier incremento en el número de neutrófilos circulantes se denomina neutrofilia. Si ésta se asocia a un aumento de los leucocitos totales se llama leucocitosis neutrofílica. Algunas de las causas habituales de neutrofilia son: organismos infecciosos, especialmente bacterias piogénicas (formadoras de pus), inflamación, especialmente se incluye necrosis tisular, neoplasias, intoxicaciones y presencia de corticoesteroides o epinefrina, ya sean administrados o endógenos a causa de excitaciones o estrés. La neutrofilia fisiológica puede ocurrir en respuesta a la adrenalina por una disminución de la adherencia de los neutrófilos y un aumento del flujo sanguíneo a través de la microcirculación. La neutrofilia transitoria (dura de 20 a 30 minutos) es común en animales jóvenes la cual es generada por emociones, miedo, excitación y ejercicio corto pero intenso (Roldán *et al.*, 2005). Luego de este análisis es posible afirmar que los animales estudiados se encuentran afectados por un cuadro infeccioso de carácter subclínico, toda vez que no aparecen manifestaciones clínicas evidentes de enfermedad específica, el estado nutricional, el aspecto y comportamiento de los animales es bueno, sin embargo, la presencia de un cuadro de leucocitosis con neutrofilia es indicador del padecimiento de algún proceso infeccioso o inflamatorio subclínico, coincidiendo con (Aceña *et al.*, 2003). Los indicadores de la serie roja estudiados;

conteo total de células sanguíneas rojas (hematíes o glóbulos rojos) (RBC), hematocrito (HCT) y volumen corpuscular medio (VCM), se muestran en la Tabla III.

Tabla III. Indicadores hematológicos. Serie roja.

	RBC (10¹²/L)	HCT (%)	VCM (fL)
Por sexo			
Machos	7,82 ± 1,55	30,64 ± 1,05	40,30 ± 6,71
Hembras	6,37 ± 1,35	29,22 ± 6,63	45,98 ± 5,93
Por edad			
Jóvenes	7,46 ± 2,00	28,77 ± 5,53	39,48 ± 5,47 a
Adultos	6,54 ± 0,23	31,68 ± 2,01	48,63 ± 4,13 b
Valores de referencia (Wood y Quiroz-Rocha, 2010)			
	4,9 – 7,5	21 - 30	36 – 50

Letras distintas indican diferencias significativas entre los grupos.

En el caso del RBC, no se aprecia diferencia significativa entre ninguno de los grupos estudiados y se corresponden con los determinados como normales para la especie por Wood y Quiroz-Rocha, (2010) y Panousis *et al.*, (2018). En el caso del HCT, tampoco es posible determinar diferencia estadísticamente significativa entre los grupos, aun cuando el valor encontrado sea ligeramente superior en el grupo adultos, siempre dentro los rangos considerados normales por los autores citados anteriormente. En el caso de VCM se observa que existe diferencia significativa entre los grupos de edad, jóvenes y adultos, siendo superior en el caso de estos últimos, aun cuando en todos los casos este resultado se corresponde con lo establecido por Wood y Quiroz-Rocha, (2010) y Panousis *et al.*, (2018). La Tabla IV muestra los valores referidos al número de plaquetas (PLT) y



volumen plaquetario medio (VPM). Encontrando en ambos casos valores medios que se corresponden con los planteados por Wood y Quiroz-Rocha, (2010) y Panousis *et al.*, (2018) como normales para la especie.

Los valores de PLT, no muestran diferencia estadísticamente significativa entre los grupos, no así en el caso de VPM donde sí se aprecia diferencia significativa entre los distintos grupos, ya sea entre hembras y machos y entre jóvenes y adultos. En el primer caso el mayor valor se encuentra en las hembras respecto a los machos y en el segundo los adultos poseen una cuantía superior a la determinada en el caso de los jóvenes. Según Ramírez (2006), las concentraciones de plaquetas varían en las distintas especies, observándose las menores concentraciones en las aves, peces, reptiles y batracios. También se ha señalado variaciones entre individuos de una misma especie de acuerdo a factores como la edad, la raza, el sexo y algunos estados fisiológicos. Las más altas concentraciones se han reportado en rumiantes como los bovinos, ovinos, cabras y búfalos.

Tabla IV. Indicadores hematológicos. Serie plaquetaria.

	PLT ($10^9/L$)	VPM (fL)
Por sexo		
Machos	362,40 ± 86,25	4,70 ± 0,29 a
Hembras	341,80 ± 119,61	5,34 ± 0,54 b
Por edad		
Jóvenes	372,17 ± 118,10	4,72 ± 0,38 a
Adultos	322,00 ± 63,91	5,48 ± 0,39 b
Valores de referencia (Wood y Quiroz-Rocha, 2010)		
	160 - 650	4,6 - 7,4

Letras distintas indican diferencias significativas entre los grupos.



En la Tabla V se muestran los resultados de la determinación de los parámetros de estrés oxidativo estudiados (FRP y TBARS) por grupos de edad y sexo de los animales. El potencial reductor férrico varió entre 1.204 unidades de absorbancia para los machos adultos, y 1.448 para las hembras jóvenes como valores promedio extremos. Estos valores de FRP pueden deberse a la presencia en el suero de los animales de compuestos como el ácido úrico, las albúminas y las bilirrubinas, tanto directa como indirecta (Cortéz *et al.*, 2020). Por su parte los niveles de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico se encontraron entre 0,126 para los machos adultos y 0,266 para las hembras jóvenes. Entre las TBARS el principal compuesto reportado en el suero de los animales es el malondialdehído (MDA) que se produce por la descomposición oxidativa de los ácidos grasos poliinsaturados presentes en las lipoproteínas y en forma de ácidos grasos libres del suero (Rossi *et al.*, 2016).

Tabla V. Parámetros de estrés oxidativo.

Grupos	Hembras	Machos
FRP		
Jóvenes	1.448 ± 0.154 a,1	1.242 ± 0.031 b,1
Adultos	1.252 ± 0.037 a,2	1.204 ± 0.002 a,1
TBARS		
Jóvenes	0.266 ± 0.026 a,1	0.194 ± 0.024 b,1
Adultos	0.194 ± 0.007 a,2	0.126 ± 0.003 b,2

Nota: Letras distintas indican diferencias significativas entre los sexos. Números distintos indican diferencias significativas según los grupos de edad.

El FRP muestra diferencias significativas según los grupos de edad para el caso de las hembras, pero no para los machos, lo cual pudiera estar relacionado con la tasa metabólica diferencial entre los sexos. Los animales jóvenes tienden a presentar mayores niveles de recambio de los componentes del plasma, con las consecuentes variaciones del FRP, las hembras acumulan durante



la etapa de crecimiento mayores cantidades de proteínas que contribuyen al aumento del potencial reductor como parte de la preparación para enfrentar los procesos fisiológicos de gestación, parto y lactancia. Por su parte los machos jóvenes tienden a enfrentar el crecimiento de manera más lenta y constante acumulando menores niveles de compuestos contribuyentes al FRP, lo que provoca que presenten menores valores de poder reductor plasmático (Contreras, 2000). Los principales antioxidantes del suero son la albúmina y el ácido úrico, los cuales conforman más del 50 % de la actividad antioxidante total en la mayoría de las muestras biológicas, aunque existen otros compuestos como el ácido ascórbico, el α - tocoferol, la bilirrubina, la transferrina y otros antioxidantes no medidos normalmente, que contribuyen en medidas variables a esta actividad. Se utiliza el término de actividad residual o brecha antioxidante (GAP) como medida de la actividad antioxidante de estos componentes del suero (Sies *et al.*, 2017). La actividad reductora del suero se justifica mediante la capacidad de sus compuestos de ceder electrones al hierro férrico para reducirlo a ferroso y a la vez de auto estabilizarse por medio de la formación de enlaces intra o intermoleculares. Esta capacidad juega un importante papel en el mantenimiento de los estados de óxido

reducción de los componentes lipídicos y proteicos de la sangre, garantizando la integridad de las propiedades biológicas de los mismos (Fotina *et al.*, 2013). Los niveles de TBARS resultaron significativamente diferentes entre todos los grupos del estudio. Las diferencias entre los grupos de edad pudieran estar relacionadas con los mayores niveles de recambio molecular que presentan los animales jóvenes, lo que los predispone a una mayor exposición de los lípidos a la oxidación y, por tanto, al aumento de los niveles de TBARS (Kaneko *et al.*, 2008). Los mecanismos moleculares que participan en el proceso de crecimiento de los mamíferos están estrechamente vinculados a la



aparición de estrés oxidativo, debido a que el aumento transitorio de la tasa de metabolismo basal, unido a los cambios en el balance hormonal que se producen en esta etapa, conllevan a un aumento del grado de oxidación de combustibles metabólicos y de la circulación de especies potencialmente oxidantes como la transferrina y la ceruloplasmina que transportan iones de hierro y cobre respectivamente (Kaneko *et al.*, 2008). Las diferencias entre sexos en los niveles de TBARS sugieren un aumento en los niveles de peroxidación lipídica en las hembras con respecto a los machos, lo cual pudiera estar relacionado con el aumento de la movilización lipídica que se verifica en las hembras como parte de los procesos implicados en el desarrollo, la maduración y funcionamiento de las glándulas mamarias (Sordillo y Aitken, 2008). Los valores de FRP y TBARS de las hembras (independientemente de la edad), y de los animales jóvenes (independientemente del sexo) se ajustaron a modelos de correlación lineal positiva (figuras 1 y 2 respectivamente) con valores de R^2 superiores a 0,8 y de $p < 0,05$, lo que se interpreta como un buen ajuste al modelo de regresión utilizado. Estos resultados no coinciden con lo reportado en la literatura para la relación entre estos indicadores en el plasma humano (Bhar y Basulto, 2004). Núñez (2011) plantea que la desprotección que significa la disminución del FRP y otros parámetros antioxidantes resulta directamente responsable del aumento del daño oxidativo a los lípidos y otras biomoléculas, lo que contradice a lo encontrado en este estudio. La relación mostrada entre los parámetros de estrés oxidativo estudiados sugiere una gran influencia de otros factores bioquímico-metabólicos sobre el estado redox particular de los individuos además de los descritos tradicionalmente (Cortéz *et al.*, 2020). En el plasma de los bovinos pudieran acumularse de manera significativa altas cantidades de TBARS producto de los procesos oxidativos que se desarrollan a nivel



del rumen y los tejidos del animal durante el crecimiento, que no desaparecen fácilmente de la circulación sanguínea (Rossi *et al.*, 2016).

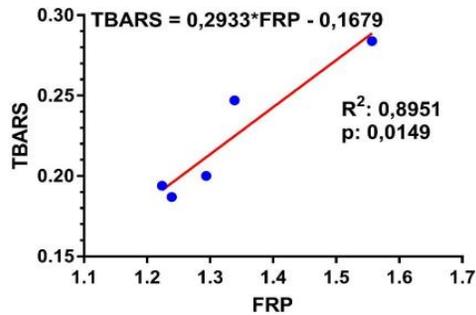


Figura 1. Correlación lineal entre los valores de FRP y TABRS de las hembras.

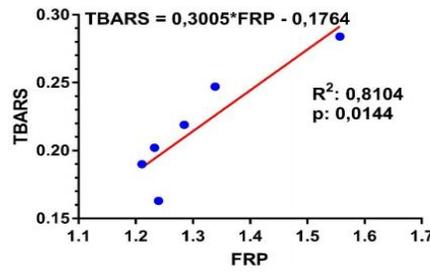


Figura 2. Correlación lineal entre los valores de FRP y TABRS de los animales jóvenes.

La presencia de una relación positiva entre las concentraciones de TBARS y el FRP sugiere la presencia de mecanismos de regulación del estado redox que estimulan la síntesis o retención de componentes antioxidantes en función de la acumulación de productos de oxidación. En otras especies se han encontrado mecanismos moleculares implicados en este tipo de respuesta (Cortéz *et al.*, 2020).

Conclusiones

1. Los animales estudiados presentan valores normales de la triada, del eritrograma y plaquetas, no así del leucograma, donde se aprecia leucocitosis, linfopenia y granulocitosis, indicadores de la presencia de una enfermedad infecciosa de carácter subclínico.



2. Los indicadores de estrés oxidativo estudiados se corresponden con los determinados para la especie.

Referencias bibliográficas

Carvalho TSG, Zangeronimo MG, Saad CEP, Alvarenga RR, Assis VDL, Pereira VM, Silva JP. (2015). Behaviour of cockatiels (*Nymphicus hollandicus*) at two temperatures in captivity. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67(6): 1669-1674.

Cortéz BL, Ordoñez GM, Julca RY, Alvarez DA. (2020) La suplementación de aceite esencial de orégano en la dieta reduce el estrés oxidativo en la yema de huevo y mejora los parámetros productivos de la codorniz japonesa (*Coturnix coturnix japonica*). *Rev Inv Vet Perú*, 31(3): 16637.

Feitosa, F. L. F. 2014. Contenção física dos animais domésticos. In: Feitosa, F. L. F. *Semiologia Veterinária: a arte do diagnóstico*. 3. ed. Roca. São Paulo. :21 -32. 19. Ferreira F. T; Pires F. A;

García BT, Saldaña AB, Saldaña L. (2012) Oxidative stress and antioxidants in cancer prevention. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 12: 187-196.

Newsholme P, Fernandes-Cruzat V, Keane KN, Carlessi R, Homem de Bittencourt PI. (2016) Molecular mechanisms of ROS production and oxidative stress in diabetes. *Biochemical Journal*, 473: 4527-4550AASSZ.

