



Estimación del bienestar animal del bovino lechero en trópico, mediante criterios de acondicionamiento ambiental

Ma. Teresa Kido-Cruz¹ ; César Julio Martínez-Castro^{1*} 
Tania Zúñiga-Marroquín¹ ; Julián Cotera-Rivera¹ 

¹Universidad del Papaloapan, Instituto de Agroingeniería. Loma Bonita, Oaxaca, México.

*Correspondencia: c_julios4@hotmail.com

Recibido: Febrero 2022; Aceptado: Agosto 2022; Publicado: Septiembre 2022.

RESUMEN

Objetivo. Estimar el bienestar animal del ganado bovino, mediante criterios de acondicionamiento ambiental en unidades de producción (UP) lechera de Loma Bonita, Oaxaca, México. **Materiales y métodos.** La muestra fue de 23 UP, empleándose el muestreo por conveniencia. Las UP evaluadas representan el 57% del universo de explotaciones bovinas que abastecen al centro de acopio del organismo de Seguridad Alimentaria Mexicana (SEGALMEX). Para obtener los datos se aplicaron entrevistas, toma de muestras en campo, así como fotos y videos para constancia y referencia. Se evaluaron 14 indicadores que cubrieron tres criterios ambientales del bienestar animal: 1) Ausencia prolongada de hambre; 2) Ausencia prolongada de sed y 3) Emplazamiento, construcción y equipamiento. Esto permitió clasificar el bienestar animal de cada UP en cuatro categorías: Excelente, Buena, Aceptable y No aceptable. Para estimar el bienestar del ganado bovino, se siguieron tres pasos: 1) Evaluación de los criterios relacionados con el acondicionamiento ambiental; 2) Estandarización de los valores; y 3) Integración de valores por criterio. **Resultados.** El bienestar del ganado bovino de las UP evaluadas fueron Excelente (17%); Bueno (43%); Aceptable (34%) y No aceptable (6%). **Conclusiones.** El bienestar animal en las UP de Loma Bonita, Oaxaca va de bueno a aceptable. De los 14 indicadores de bienestar analizados, 11 de ellos presentan valores superiores al 20%, por lo que se consideran como críticos. Destaca el 95% de las UP que presentan problemas en cuanto al tiempo de espera del ganado antes de ser ordeñado y el 60% que no cuenta con el ancho apropiado del pasillo de salida de la sala de ordeño.

Palabras clave: Condición corporal; ganado de doble propósito; indicadores; instalaciones de la finca; ordeño; región tropical (*Fuente: CAB*).

ABSTRACT

Objective. To estimate the animal welfare of cattle through environmental conditioning criteria in dairy production units (PU) in Loma Bonita, Oaxaca, Mexico. **Materials and methods.** The sample consisted of 23 PU, using convenience sampling. The evaluated PU represent 57% of the universe of cattle farms supplying the collection center of the Seguridad Alimentaria Mexicana (SEGALMEX). To obtain the data, interviews were conducted, samples were taken in the field, and photos and

Como citar (Vancouver).

Kido-Cruz MT, Martínez-Castro CJ, Zúñiga-Marroquín T, Cotera-Rivera J. Estimación del bienestar animal del bovino lechero en trópico, mediante criterios de acondicionamiento ambiental. Rev MVZ Córdoba. 2022; 27(3):e2676. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2676>



©El (los) autor (es) 2022. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

videos were taken for record and reference. Fourteen indicators were evaluated covering three environmental criteria of animal welfare: 1) Prolonged absence of hunger; 2) Prolonged absence of thirst; and 3) Location, construction and equipment. This allowed the animal welfare of each PU to be classified into four categories: Excellent, Good, Acceptable and Not classified. To estimate cattle welfare, three steps were followed: 1) Evaluation of criteria related to environmental conditioning; 2) Standardization of values; and 3) Integration of values per criterion. **Results.** The cattle welfare of the evaluated PU was Excellent (17%); Good (43%); Acceptable (34%) and Not acceptable (6%). **Conclusions.** Animal welfare in the PU of Loma Bonita, Oaxaca ranges from good to acceptable. Of the 14 welfare indicators analyzed, 11 of them show values higher than 20%, and are therefore considered critical. Of the 14 welfare indicators analyzed, 11 of them show values higher than 20%, so they are considered critical. 95% of the PU show problems in terms of waiting time for cattle before milking and 60% do not have the appropriate width of the exit aisle of the milking parlor.

Keywords: Body condition; dual-purpose cattle; indicators; farm installations; milking; tropical region (*Source: CAB*).

INTRODUCCIÓN

El bienestar animal en ganado bovino se ha comenzado a profundizar recientemente. Sin embargo, las investigaciones científicas en países como México aún son escasas. El bienestar en ganado bovino implica brindar un trato humanitario y las mejores condiciones para el manejo de los animales, con la finalidad de evitar situaciones que afecten su comportamiento, salud, o bien, que provoquen dolor o sufrimiento. No obstante, la presión ejercida por el crecimiento poblacional, ha provocado que los ganaderos se enfoquen en satisfacer la demanda de productos cárnicos y lácteos, priorizando la productividad, a costa de las necesidades naturales de los animales (1).

El bienestar bovino, va más allá de la ética o compasión que se pueda tener por el sufrimiento de los animales, estableciendo las bases científicas del impacto negativo que se genera cuando éste no es atendido, por lo tanto, el bienestar se debe considerar como un aspecto esencial no solo en la crianza, sino en todas las actividades involucradas en el manejo bovino (2), por lo que la investigación sobre la temática juega un rol primordial, para contribuir a lograr mejores condiciones para el ganado.

En Loma Bonita, Oaxaca, México, la crianza bovina de doble propósito representa el principal sistema productivo pecuario. Los ganaderos se preocupan por sus métodos de producción, buscando que la actividad sea redituable. Sin embargo, en los sistemas no siempre se cuenta con las condiciones ambientales favorables para los animales. Esto muchas veces se debe al desconocimiento por parte de los operarios, sobre las consecuencias negativas, que la falta

de bienestar puede tener sobre los beneficios económicos de la actividad (3). Se considera que la ausencia de bienestar en cada etapa del proceso de explotación animal, impacta negativamente en la inocuidad y calidad de los productos, así como en el incremento de costos y reducción de la productividad de las actividades pecuarias (4,5,6).

A pesar de que en la revisión de literatura se pueden encontrar diversas propuestas de indicadores para medir el bienestar animal (2,6,7), son pocos los trabajos de investigación que han medido el bienestar del ganado bovino en México, por lo que se considera una temática incipiente en este país. Entre estos destaca la aplicación del protocolo Welfare Quality® en ranchos bovinos de leche en el estado de Hidalgo (1) y la evaluación del bienestar animal durante el sacrificio, en establecimientos TIF en la región noroeste (8).

Finalmente, destaca que en México no existe actualmente alguna Ley Federal de bienestar animal desde la crianza al sacrificio, de ahí la importancia de generar evaluaciones que permitan hacer visibles para los ganaderos e instituciones públicas, las oportunidades de mejora y de generación de política pública, para evitar o minimizar situaciones problemáticas que pongan en riesgo la alimentación, salud, alojamiento y comportamiento de los bovinos. Además de contribuir a reducir los costos para los productores, y obtener productos inocuos y de mejor calidad para los consumidores.

Así, el objetivo del presente estudio, consistió en estimar el bienestar animal bovino, mediante criterios de acondicionamiento ambiental en unidades de producción lechera de Loma Bonita,

Oaxaca, México, con el fin de que los productores logren mayor competitividad y se adapten a las actuales tendencias del mercado de consumo mundial de productos agropecuarios, a cuyas exigencias de inocuidad y calidad, se están agregando los aspectos de bienestar en que son criados y sacrificados los animales (3).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y tamaño de muestra. La investigación se desarrolló en el Municipio de Loma Bonita, Oaxaca, México, donde prevalece el sistema bovino de doble propósito en trópico. Se eligieron Unidades de Producción Pecuaria (UPP), con orientación a la producción de leche. Se obtuvo información de 23 UPP. El tamaño de la muestra representa el 57% del universo de explotaciones bovinas que abastecen al centro de acopio del organismo de Seguridad Alimentaria Mexicana (SEGALMEX). El tipo de muestreo fue no probabilístico por conveniencia. Se contó con la participación del médico veterinario, adscrito al área técnica y servicio de la Asociación Ganadera Local, quien fungió como enlace con los productores lecheros.

Otro criterio importante para la elección de las UPP visitadas fue la aceptación y permiso de los dueños para realizar las entrevistas; aspecto necesario ya que la estadía en cada rancho resultó larga. Se tomaron fotos y videos para constancia y referencia. La evaluación y diagnóstico a las UPP se realizó de octubre del 2019 a abril del 2020.

Estimación del bienestar animal. Las estimaciones de bienestar animal abarcan una gran cantidad de elementos que se pueden considerar, por ello, es necesario tomar la decisión de seleccionar y determinar la forma en que se medirán dichos elementos. Esto muchas veces es complicado, e implica incluso, emitir

juicios de valor para lograr mediciones lo más explícitas posibles. Para estimar los niveles de bienestar animal en el presente estudio, se siguió el enfoque ascendente que consiste en que los indicadores específicos empleados, se integren en los criterios de diagnóstico, hasta lograr la evaluación general del bienestar (9,10). El trabajo se limitó evaluar algunos criterios ambientales que pueden afectar el bienestar del ganado bovino al interior de la unidad de producción.

Para determinar los niveles de bienestar del ganado bovino se siguieron cuatro pasos: Paso 1. Medición de los indicadores; Paso 2. Estandarización de los valores; Paso 3. Integración de los valores por criterio; y Paso 4. Clasificación del bienestar animal (10). Para cada paso se emplearon métodos de obtención y análisis de datos específicos (11).

Paso 1. Medición de los indicadores evaluados. Se evaluaron 14 indicadores de bienestar con diversos métodos y escalas de medición. Los indicadores cubrieron tres criterios ambientales: a) Alimentación adecuada (dos criterios); b) Hidratación adecuada (dos criterios) y c) Emplazamiento, construcción y equipamiento (diez criterios: cinco referentes a las características de la sala de espera e higiene de la vaca y cinco más sobre las características de la sala de ordeño y manejo de la vaca).

a) Medición de los indicadores del criterio alimentación adecuada

Condición corporal. Se midió por la apreciación visual de las reservas corporales de la vaca, no se recurrió a la palpación manual para evitar estrés. Se evaluaron cuatro regiones: 1) Cola, 2) Lomo, 3) Vértebra y 4) C/C/C – Condición ósea, cada una con tres condiciones (12). Las escalas para medir este indicador fueron de 1 a 3, donde 1 correspondió a la peor situación y 3 a la mejor situación que se pudiera encontrar en una UPP (Tabla 1) (13).

Tabla 1. Regiones y condiciones del ganado para medir su condición corporal.

Regiones	Condiciones		
	CP1 (Flacas)	CP2 (Normales)	CP3 (Gordas)
1. Cola	Cavidad Profunda (CP)	Sin Cavidad (SC)	Cavidad con Tejido Graso (CTG)
2. Lomo	Visible Depresión (VD)	Presencia de Tejido Adiposo (PTA)	Tejido Adiposo Exagerado (TAE)
3. Vértebra	Extremos Apófisis Distinguibiles (EAD)	Extremos Poco Distinguibiles (EPD)	Extremos No Distinguibiles (END)
4. C/C/C – Condición ósea	Huesos Visibles (HV)	Huesos Poco Visibles (HPV)	Huesos Invisibles (HI)

Fuente: Elaboración propia en base a algunos autores (8).

Con los datos de la condición corporal, se determinó un indicador calculado a partir del número de vacas que se ubicó en cada escala, el indicador se obtuvo para cada una de las 23 UPP y para el conjunto: CP1 para flacas, CP2 normales y CP3 gordas (1,14), utilizando las siguientes fórmulas, cuyas variables se definen en la tabla 1.

$$CP1 = \left(\sum CP_i + \sum VD_i + \sum EAD_i + \sum HV_i \right) / 4$$

$$CP2 = \left(\sum SC_i + \sum PTA_i + \sum EPD_i + \sum HPV_i \right) / 4$$

$$CP3 = \left(\sum CTG_i + \sum TAE_i + \sum END_i + \sum HI_i \right) / 4$$

Suficiencia de alimento. Debido a que en la región de estudio todos los sistemas recurren al pastoreo rotacional o continuo, este indicador se determinó empleando el árbol de decisión, considerando si el tipo de pastoreo era rotacional o continuo, si ofrecían algún tipo de complemento o suplemento alimenticio y si proporcionaban sal mineral al animal o no (15).

b) Medición de los indicadores del criterio hidratación adecuada

Provisión suficiente de agua. Se midió a partir de las dimensiones de los bebederos localizados en cada UPP. Para ello, se tomaron como referencia dos aspectos: "el número de vacas y la cantidad de agua que consumen en promedio al día, los cuales determinan el tamaño de los bebederos, de tal forma que cada vaca pudiera disponer como mínimo de diez centímetros de bebedero". Se emplearon tres escalas de medición: 1) Adecuado para ≥ 10 cm/vaca; 2) Problema moderado para < 10 pero ≥ 8 cm/vaca, y 3) Problema grave para < 8 cm/vaca (16).

Calidad del agua. Se determinó midiendo el pH y la presencia de limo. En ambos casos también se emplearon tres escalas de medición. Para el caso del pH las escalas de medición fueron: 1) Adecuada para el rango de 6.5 a 8.5; 2) Problema moderado de 5.5 a 6.4 o de 8.6 a 9.0; y 3) Problema grave < 5.5 o > 9.0 . La presencia de limo se evaluó por medio de la percepción visual. Las escalas fueron: 1) Adecuado para estanques sin limo (SL); 2) Problema moderado para estanques con capa de limo ligera (CL); y 3) Problema grave para estanques con capa de limo gruesa (CG) (17,18).

c) Medición de los indicadores del criterio emplazamiento, construcción y equipamiento.

La sala de espera debe ser una adaptación previa a la sala de ordeño, cuyas zonas de agrupamiento se diseñan y organizan para evitar estrés por hacinamiento y posibles lesiones y cojera. Se debe mantener limpia y desinfectada para evitar la propagación de bacterias, virus y hongos, y así prevenir enfermedades (Tabla 2).

De manera específica, el grado de la limpieza de las vacas se evaluó por medio de la integridad de las extremidades, región ventral y dorsal, cuartos traseros y la ubre de las vacas, tomando como juicios de valor: a) una vaca limpia en su totalidad o con salpicaduras mínimas y b) una vaca con manchas de lodo o estiércol mayor a la palma de la mano en cualquiera de las zonas mencionadas (1). La evaluación cuantitativa se realizó obteniendo un porcentaje de las vacas que estuvieran limpias y las que se evaluaron como sucias (vacas sucias/vacas limpias * 100), siendo éstas las consideradas como un problema que va de moderado a grave (Tabla 2).

Con respecto a las características de la sala de ordeño y manejo de la vaca. Se considera que la sala de ordeña esté integrada por un conjunto de zonas y sus correspondientes equipamientos agrupados en un área específica. El diseño de las instalaciones de ordeño influye en la eficiencia del uso del tiempo de la actividad y el incremento de la productividad de los ordeñadores (23). Los indicadores que pueden evaluarse sobre el diseño, construcción y manejo que se les brinda a las vacas en una sala de ordeño son innumerables, mientras que sus repercusiones sobre el bienestar animal pueden ir desde cambios en el comportamiento como miedo o nervios, hasta problemas de salud, asociados a la presencia de enfermedades como la mastitis. Los indicadores evaluados en esta área para este estudio, se aprecian en la tabla 2.

Tabla 2. Indicadores de las características de la sala de espera y sala de ordeña de la vaca.

Características	Indicador	Adecuado	Problema Moderado	Problema Grave
Sala de espera e higiene de la vaca	1. Ancho de la puerta de entrada según el número de vacas	3 m para < 100 vacas o 5 m para > 100 vacas	2-3 m para < 100 vacas o 4-5 m para > 100 vacas	2 m para < 100 vacas o 4 m para > 100 vacas
	2. Superficie por vaca	> 1.4 m/vaca	1-1.4 m/vaca	< 1 m/vaca
	3. Desagüe	Sí cuenta	---	No cuenta
	4. Rayado	Horizontal	Vertical	Sin rayas
	5. Limpieza de la vaca	Limpia	Sucia	Muy sucia
Sala de ordeña y manejo de la vaca	1. Tiempo de espera*	45 min/lote	45-60 min/lote	>60 min/lote
	2. Ancho del pasillo de salida**	80-90 cm	70-80 cm	< 70 cm
	3. Limpieza del pezón***	Protocolo completo	Protocolo Incompleto	Sin limpieza
	4. Estimulación pre-ordeño****	Protocolo completo	Protocolo Incompleto	Sin estimulación
	5. Limpieza de la sala*****	Protocolo completo	Protocolo Incompleto	Sin limpieza

Fuente: Elaboración con base a distintos autores (16,19,20,21,22).

*No debe ser superior a 45 minutos por lote, para evitar que la oxitocina se libere antes de tiempo y aparezcan bajadas de leche anticipadas. También pueden provocar problemas podales y estrés (21); **El ancho recomendable es de 80 a 90 centímetros si es recto y de 130 a 160 centímetros si requiere giros. Las vacas tienden a asustarse al desconocer lo que les espera al final del recorrido, de modo que una adecuada amplitud de paso debiera reducir el estrés y permitir una circulación más fluida (14); ***Limpieza y desinfección del pezón. Se debe seguir siempre un protocolo para evitar la entrada de patógenos. Se recomienda: Aplicar el limpiador de pezones, esperar 30 segundos, limpiar y secar la ubre con papel o toalla (no reusar entre vacas) (20); **** Estimulación de la ubre. Debe ser de entre 10 y 20 segundos por vaca. Para esta tarea se debe seguir el siguiente protocolo: utilizar guantes desechables limpios, verter dos o tres chorros de cada pezón en una jarra (no tirar al suelo) y examinar la leche para detectar coágulos, cambios de coloración u otras inconsistencias. Desechar la leche anómala (22); *****Limpieza. Se debe mantener la higiene de la sala de ordeño ante el riesgo de proliferación de gérmenes de la leche. La sala se debe limpiar en cada ordeño (16).

Paso 2. Estandarización de valores. Debido a que las medidas de los indicadores de los criterios ambientales para ganado bovino son de muy diversa índole, estos se estandarizaron empleando una serie de herramientas matemáticas, útiles para unificar criterios, y así poder tener una sola evaluación por UPP (6). Las herramientas cuantitativas utilizadas fueron: la Media ponderada (empleando la fórmula que se presente enseguida) (24) y L Spline (Interpolación Segmentaria Cúbica). Las funciones "Spline" son ecuaciones cúbicas que modelan el comportamiento de las curvas realizadas por dicho instrumento, permitiendo unir en forma suave y continua una serie de puntos, utilizando polinomios cúbicos entre cada par de datos (25). La sumatoria representa la forma abstracta de la fórmula.

$$\text{Media Ponderada} = \sum_{i=1}^N x_i P_{x_i} = x_1 P_{x_1} + x_2 P_{x_2} + x_3 P_{x_3} + \dots + x_n P_{x_n}$$

Cada L Spline adquiere la siguiente forma (26):

$$P(y) = ay^3 + by^2 + cy + d$$

Cuando se trata de este tipo de polinomios se consideran cuatro variables por cada intervalo (a, b, c, d), y una nueva condición para cada punto común a dos intervalos, respecto a la derivada segunda: a-b) Que las partes de la función a trozos $P(y)$ pasen por ese punto. Es decir, que las dos $P_n(y)$ que rodean al $f(y)$ que se quiere aproximar, sean igual a $f(y)$ en cada uno de estos puntos; c) Que la derivada en un punto siempre coincida para ambos lados de la función definida y d) Que la derivada segunda en un punto siempre coincida para ambos lados de la función definida a trozos que pasa por tal punto común.

Para la Condición Corporal se obtuvo el porcentaje de las vacas catalogadas como muy flacas (CP1) y se aplicó la función l-spline. El valor l se determinó a partir de:

$$l = 100 - \% CP_1$$

Una vez que se ha obtenido el valor de l, se aplicó la fórmula general, que para el caso de todo el sistema resulta:

$$x = 0 + 0.2216596254 * 53 + -0.0027707453 * 53^2 + 0.0000592709 * 53^3$$

$$x = 56.9$$

Paso 3. Integración de valores por criterio.

Para integrar los valores por criterio se empleó la integral de Choquet, también conocida como esperanza monótona. Al agregar diferentes criterios ponderados de acuerdo a su importancia se convierte en una potente herramienta de decisión multicriterio (27). La integral de Choquet es una función agregada definida con respecto a una medida difusa. Una medida difusa es una función establecida que actúa en el dominio de todas las combinaciones posibles de un conjunto de criterios. La complejidad es por tanto exponencial de 2^n subconjuntos, donde n es el número de criterios. Formalmente, se tiene $N=\{1,2,\dots,n\}$ como una medida general difusa que está en función de $v:2^N\rightarrow[0,1]$ la cual es una función monótona ($v(A)\leq v(B)$ cuando sea $A\subseteq B$) y satisface $v(\emptyset)=0$ y $v(N)=1$. Dado que el subconjunto $A\subseteq N$ se puede considerar como un grupo de criterios, $v(A)$ puede representar la importancia o el peso de este grupo, debido a que la medida difusa más pequeña viene dada por $m^*(E) = \{1 \text{ si } A = B; 0 \text{ en otro caso}\}$ y la medida difusa más grande está dada por $m^*(E)=\{0 \text{ si } A=\emptyset; 1 \text{ en otro caso}\}$. De tal manera que la integral de Choquet permite asignar importancia a todos los posibles grupos de criterios dando mayor flexibilidad a la agregación.

Supóngase un grupo de criterios (r_1, r_2, \dots, r_n) y v una variable difusa entonces la integral de Choquet estará dada por:

$$C_v(r) = \sum_{i=1}^n [r_i - r_{i-1}] v(H_i)$$

Donde: $x_0 = 0$ y $H_i = \{i, \dots, n\}$ son los subconjuntos de índices de los componentes $n - i + 1$ mayores a x

Para el cálculo integral se presentan las siguientes condiciones donde C representa el criterio, P es el principio y μ es el coeficiente integral derivado que minimiza el error cuadrático medio de la puntuación dada (28):

$$\begin{aligned} \text{Si } C_1 \leq C_2 \text{ entonces } P_1 &= C_1 + (C_2 - C_1) \mu_2 \\ \text{Si } C_2 \leq C_1 \text{ entonces } P_1 &= C_2 + (C_1 - C_2) \mu_1 \end{aligned}$$

Paso 4. Clasificación del bienestar por unidad de producción.

Las puntuaciones obtenidas por UPP en los tres criterios ambientales de bienestar, se utilizaron para estimar el bienestar en cuatro categorías o niveles: Excelente, Buena, Aceptable y No aceptable (6).

RESULTADOS**a) Evaluación de los indicadores del criterio de bienestar.**

De los 14 indicadores ambientales de bienestar animal analizados, destaca que, en cuatro de los cinco indicadores de las características de la sala de ordeño y manejo de la vaca, amplios porcentajes de las UPP presentan problemas graves, en cuanto al tiempo de permanencia de las vacas en la sala de ordeña (95% de las UPP); 60% no cumple con los requerimientos mínimos del ancho del pasillo de salida; 48% de las UPP evidenció problemas por la ausencia de limpieza de la sala de ordeño; y 39% en la carencia de limpieza de los pezones de las vacas (Tabla 3).

Tabla 3. Resumen de los parámetros obtenidos por indicador y criterios de bienestar.

Criterio	Indicador	Adecuado	Problema moderado	Problema grave
Ausencia prolongada de hambre	1. Condición corporal	Vacas gordas: 3%	Vacas normales: 54%*	Vacas flacas: 43%
	2. Suficiencia de alimento	90% pastoreo rotacional	10% pastoreo continuo	
	3. Provisión suficiente de agua	42.1%	26.3%	31.6%
Ausencia prolongada de sed	4. Calidad del agua			
	Ph	91.3%	0.0%	8.7%
	Presencia de limo	43.5%	34.8%	21.7%
Emplazamiento, construcción y equipamiento (Sala de espera)	5. Ancho de la puerta	91%	0.0%	35%
	6. Superficie por vaca	39%	26%	35%
	7. Limpieza de la vaca	60%	29%	11%
	8. Desagüe	52%	--	48%
	9. Rayado	49%	5%	56%
	10. Tiempo de espera	5%	0.0%	95%
Emplazamiento, construcción y equipamiento (Sala de ordeña)	11. Ancho del pasillo de salida	40%	0.0%	60%
	12. Limpieza del pezón	18%	43%	39%
	13. Estimulación pre-ordeño	22%	78%	0.0%
	14. Limpieza de la sala	31%	21%	48%

*No representa un problema moderado, ya que las vacas se clasificaron como normales.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados también muestran parámetros críticos en cuatro de los cinco indicadores relacionados con las características de la sala de espera e higiene de la vaca, resaltando la ausencia de rayado en los pisos en el 56% de las UPP; seguido del 48% que no cuentan con desagüe; y 35% respectivamente de las UPP que no cumplen con los requisitos de ancho de la puerta y superficie requerida por vaca (Tabla 3). Los problemas graves en las salas de espera y de ordeña forman parte del criterio, emplazamiento, construcción y equipamiento.

Otros indicadores en los que las UPP manifestaron problemas severos fueron: la condición corporal, ya que en promedio el 43% de las vacas del total de los ranchos se clasificaron como flacas (CP1) y la provisión suficiente de agua; en el 31.6% de las UPP registran problemas. En el primer caso corresponde al criterio de alimentación adecuada y en el segundo caso al criterio de hidratación adecuada.

b) Estandarización e integración de valores.

En la Tabla 4 se observa la suficiencia de alimento por unidad de producción y los valores por unidad de producción tanto para la condición corporal como para la suficiencia de alimento.

Tabla 4. Función I-spline para condición corporal y suficiencia de alimento.

UPP	CC	SA	UPP	CC	SA	UPP	CC	SA
1	28.6	84	9	75	60	17	25	84
2	70.6	100	10	66.7	68	18	62.5	84
3	61.5	84	11	55	84	19	82.5	84
4	40	100	12	78.3	84	20	66.7	84
5	68.7	84	13	37.5	68	21	54.2	68
6	33.9	100	14	35.7	84	22	59.1	68
7	63.2	52	15	61.1	84	23	68.7	100
8	74	84	16	40.6	68	Todas	56.9	80

UPP: Unidad de producción pecuaria; CC: Condición corporal; SA: Suficiencia de alimento.

Fuente: Elaboración propia.

Cuando se aplica a todo el sistema se obtiene (Figura 1):

$$P1 = 56.9 + (80 - 56.9) * 0.27 = 63.4$$

El registro de la provisión suficiente de agua y la calidad del agua, en las unidades producción varió desde 0 a 100 puntos (Tabla 5).

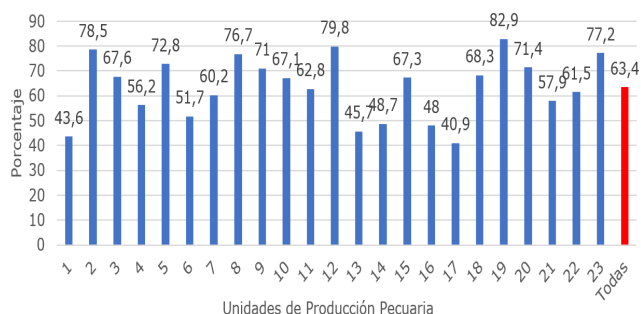


Figura 1. Valores de integral de Choquet para el criterio de alimentación adecuada (P1).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Función I-spline para la provisión suficiente y calidad del agua (árbol de decisión).

UPP	PSA	CA	UPP	PSA	CA	UPP	PSA	CA
1	64	12	9	100	100	17	100	100
2	76	28	10	100	100	18	76	28
3	40	28	11	40	100	19	16	12
4	16	12	12	64	28	20	64	28
5	16	100	13	40	0	21	64	12
6	16	100	14	16	100	22	64	28
7	100	100	15	64	100	23	16	12
8	76	100	16	16	28	Todas	54	77

UPP: Unidad de producción pecuaria; PSA: Provisión suficiente de agua; CA: Calidad del agua.

Fuente: Elaboración propia.

Cabe recordar que el criterio de calidad del agua fue calculado a partir de 2 indicadores; a) pH y b) presencia de limo, en este caso ambos se ponderaron con igual importancia. Para este caso, se hizo una ponderación por tipo de problema; asignando un peso de 4 para problema moderado y de 9 para problema grave. El máximo teórico que puede alcanzarse en esta puntuación es 9 x 2=18.

Para obtener un valor entre 0 y 100 donde cero representó la peor situación y 100 la mejor, se usó la función I-spline. En este caso el valor de I está determinado por:

$$I = 100 - \frac{4 * No. de problemas moderados + 9 * No problemas graves}{18} * 100$$

El valor para la calidad del agua por unidad se presenta en la Tabla 5, para todo el sistema estaría representado por:

$$I = 100 - \frac{4 * No. UP con problemas moderados + 9 * No. UP con problemas graves}{414} * 100$$

$$I = 77$$

Aplicando la fórmula general se obtuvo:

$$x=0 + 0.2216596254*77 - 0.0027707453*77^2 + 0.0000592709 * 77^3$$

$$X= 28$$

Cuando se aplica la integral de Choquet para integrar los dos valores del criterio hidratación adecuada (P2), se obtiene:

Si $C_1 < C_2$ Entonces $P_2 = C_1 + (C_2 - C_1) \mu_2$
 Si $C_1 > C_2$ Entonces $P_2 = C_2 + (C_1 - C_2) \mu_1$
 Si $C_1 = 50$ y $C_2 = 50$ $P_2 = 50$
 $P_2 = 54 + (77 - 54) * 0.27$; $P_2 = 60.2$

Cuando se aplica a todo el sistema se obtiene (Figura 2).

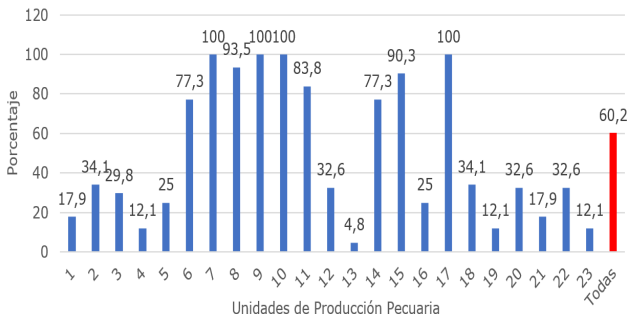


Figura 2. Valores de integral de Choquet para el criterio de hidratación adecuada (P2). Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a los porcentajes con los que se evaluaron las características físicas del área de espera, se designaron a partir del árbol de decisiones generado en la metodología. En el caso del valor global, este superó ligeramente el 50%, con lo cual podemos afirmar que este criterio no se está cumpliendo en la mayoría de los ranchos (Figura 3).

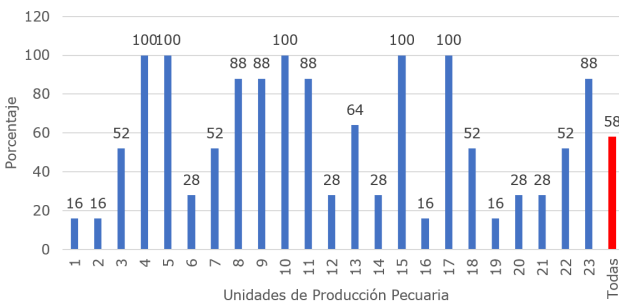


Figura 3. Resultados de la función I-spline para sala de espera e higiene de la vaca. Fuente: Elaboración propia.

Para la valoración matemática del resto de los criterios se identificó la gravedad de los problemas que la falta de confort en las áreas de pre-ordeño y ordeño puede provocar en el ganado en producción. Dada su importancia, los problemas en el ordeño se ponderaron con 3, el corral de espera con 2 y con 1 para limpieza. Mientras que el tipo de problema se ponderó con 4 para problema moderado y 9 para problema serio. De tal manera que el máximo teórico para este tipo de problema se obtiene a partir de $9*21=181$.

Para la función I-spline el índice I está dado por:

$$I = 100 - \frac{4 * No.de problemas moderados + 9 * No problemas graves}{181} * 100$$

Una vez que se determinó el índice I para cada unidad de producción, se aplicó la fórmula general para la función obteniéndose los resultados de la Figura 4:

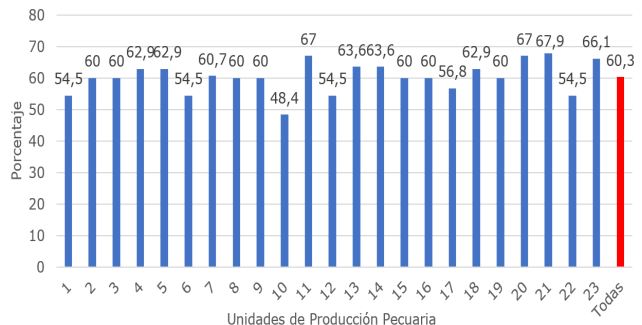


Figura 4. Puntuación para emplazamiento, construcción y equipamiento (Función I-spline). Fuente: Elaboración propia.

Para integrar los valores de los diez indicadores del criterio emplazamiento, construcción y equipamiento (P3), se recurrió a la integral de Choquet (Figura 5):

Si $C_1 < C_2$; Entonces: $P_3 = C_1 + (C_2 - C_1) \mu_4$
 Si $C_1 > C_2$; Entonces: $P_3 = C_2 + (C_1 - C_2) \mu_3$
 Si $C_1 = C_2$; Entonces: $P_3 = C_1$
 $P_3 = 58 + (60.3 - 58) * 0.11$ $P_3 = 58.3$

c) Estimación de los niveles de bienestar. Para determinar los niveles de bienestar se consideró: Excelente (17%): Cuando ningún valor está por debajo de 55, y por lo menos uno es mayor que 80. Bueno (43%): Cuando ningún valor está por debajo de 30, y por lo menos uno supera los 55 puntos. Aceptable (34%): Cuando

no hay valores por debajo de 10 y por lo menos uno supera 30 puntos. No aceptable (6%): en cualquier otro caso (1,6,10).

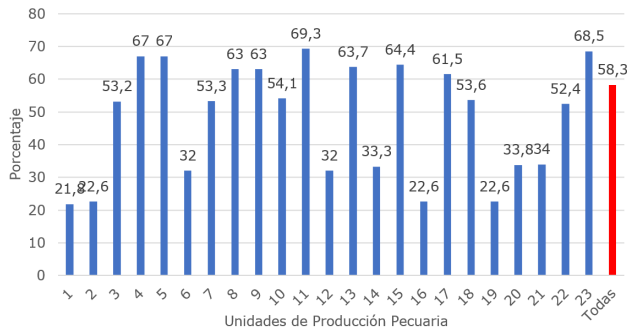


Figura 5. Valores de integral de Choquet para el criterio emplazamiento, construcción y equipamiento (P3).
Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Las unidades analizadas se dedican a la producción de leche, las cruza características son *Bos taurus* por *Bos indicus*, predominando Pardo Suizo x Cebú ya que ha sido la que mejores resultados ha dado en cuanto a producción y adaptación (29).

La clasificación de todo el sistema se ubica entre bueno y aceptable, lo que indica que a pesar de los esfuerzos de los productores; el bienestar animal es un aspecto que debería mejorarse en la zona de estudio, sin embargo, a diferencia de los resultados para unidades de producción del Estado de Hidalgo, México, donde todos los productores caen en la categoría de mal manejo de bienestar (1), en Loma Bonita comparativamente los resultados son mejores, aunque cabe señalar que ellos se limitaron sólo a los criterios del protocolo Welfare y analizaron las 5 libertades, además de evaluar algunos indicadores de bienestar diferentes, con una raza diferente (Holstein) a las razas o cruza predominantes en las regiones tropicales, por lo que los resultados no son totalmente comparables.

Los resultados también contrastan con los hallazgos reportados en el estudio de 25 UPP lechera en condiciones de pastoreo en el trópico colombiano, donde el bienestar general fue de 82 puntos en un rango de 0 a 100, indicativo de un buen nivel de bienestar, clasificándose con nivel de excelente dos fincas (8%), 20 (80%) con nivel bueno y tres más (12%) con nivel

aceptable (18). Del mismo modo, los resultados difieren de la evaluación en 60 fincas de bovinos lecheros realizado en Costa Rica, donde también se empleó el protocolo Welfare Quality®, determinándose que ninguna explotación se clasificó con excelente bienestar animal, 55% como bueno, 36.7% como aceptable y 8.3% como no aceptable (30).

Aunque estos últimos dos estudios se llevaron a cabo en contextos ambientales de clima tropical, es posible que las diferencias existentes entre los niveles de bienestar, con respecto al presente estudio, se deba a los tipos de indicadores empleados en las evaluaciones, al tipo de manejo que se les brinda a los bovinos, o bien, a los probables contrastes socioeconómicos de los productores, así como el nivel de tecnificación de las UPP.

En cuanto al criterio "ausencia prolongada de hambre", el 43% de vacas flacas y 3% de vacas gordas determinadas en esta investigación, se encuentran por encima del 19.3% y 0.6% respectivamente, reportados en un estudio similar (1), aunque aplicado en ganadería de tipo familiar, en condiciones ambientales y de manejo diferentes. Otro estudio sobre bienestar bovino lechero en Ecuador, en su mayoría de la raza Brown Swiss, obtuvieron condiciones corporales de 6.5% de vacas flacas y 9.7% de vacas gordas (31), por lo que igualmente, contrastan con los resultados calculados en el presente estudio. En este último caso, también predomina el pastoreo rotacional, al igual que el 90% de las UPP de Loma Bonita, Oaxaca, sin embargo, las diferencias de contar con 83.8% de vacas con condición corporal normal o apropiada, se puede deber a que en el estudio de Ecuador, se realiza el ensilaje de forraje en tiempo de abundancia, lo que permite disponer de alimento durante la sequía, representando una estrategia viable para los productores que enfrentan problemas de disponibilidad de alimento en periodos de estiaje, donde la asesoría técnica es fundamental para la transferencia de esta innovación.

Para algunos autores (14), el contar con vacas flacas u obesas es una situación problemática, porque tienen mayor riesgo de presentar complicaciones al momento del parto, las vacas gordas porque tienden a presentar contracciones más débiles en relación a aquellas de buena condición corporal, mientras que las vacas flacas son incapaces de satisfacer la demanda de energía necesaria para el parto.

En el caso del criterio "ausencia prolongada de sed", el 31.6% de UPP que no cuentan con el espacio suficiente de los bebederos para garantizar la óptima hidratación del ganado, cifra superior al 22% al reportado en la evaluación del bienestar de bovinos lecheros en Colombia (18). Cabe mencionar, que se ha discutido la pertinencia de uso este indicador como una medida apropiada para evaluar la ausencia prolongada de sed, ya que se considera que es posible que se cuente con la cantidad de bebederos y tamaño apropiado de los mismos, sin que ello signifique que se les proporcione la cantidad adecuada de agua (32). Por lo que los productores, deberán poner atención en mantener los bebederos con disponibilidad o flujo de agua suficiente en calidad y cantidad, que garantice un consumo apropiado (2). Se considera que los bebederos deben contar con un caudal superior a la cantidad ingerida por los bovinos, evitando con ello el desabastecimiento (31).

Con respecto a la calidad del agua, el 91.3% de las UPP bovinas de Loma Bonita, registraron un pH adecuado de entre 6.5 a 8.5, similar a lo reportado en un sistema de bovinos de leche en una granja universitaria de Ecuador, donde evaluaron la calidad y cantidad de agua administrada, cantidad de bebederos y tiempo que dedican los animales a beber (33). Para la presencia de limo, el 21.7% de las UPP en las que se observaron problemas graves, es semejante al 28% de los bebederos clasificados como sucios en fincas bovinas lecheras de Colombia (18). En Ecuador también se reportaron bebederos sucios, ya que son lavados una vez al mes, mencionando que lo ideal es hacerlo diariamente para garantizar una oferta de agua limpia, fresca y a voluntad de los animales (31). Mientras que en Costa Rica los resultados obtenidos en una investigación similar reportan problemas en más de la mitad de las fincas analizadas en cuanto a insuficiencia en la cantidad de bebederos e inadecuada higiene de los mismos (30).

Con respecto al criterio "emplazamiento, construcción y equipamiento", para la sala de espera, más de un tercio (35%) de las UPP de Loma Bonita, presentan problemas graves en cuanto al ancho mínimo de la puerta de acceso y en la superficie por vaca. Sobre esto, algunos autores (2) mencionan que es necesario poner atención en el diseño y capacidad de las instalaciones, para que estas proporcionen las condiciones adecuadas con la finalidad de que el ganado bovino manifieste una conducta natural, se eviten accidentes y expresen su potencial productivo. Otros argumentos resaltan la

importancia de brindar espacio vital a los bovinos en situaciones de confinamiento, definido por la cantidad de metros cuadrados disponibles por animal, para reducir la competitividad, fricción, y agresiones entre los individuos (34).

Los resultados de problema grave en el 35% de las UPP de superficie por vaca son diferentes a un estudio (31) donde la amplitud de la sala de espera garantizó el confort físico de los animales, al disponer de suficiente espacio para que los bovinos se acostaran, deambularan, comieran y bebieran agua apropiadamente. Esta situación además de, el contar con piso antideslizante, se manifestó en un 100% de vacas limpias a diferencia del 11% de las UPP de Loma Bonita, Oaxaca, que presentaron problemas graves en este indicador.

Aunado al diseño y capacidad de las instalaciones, otro factor importante para el bienestar bovino, es la higiene de las instalaciones, donde el 48% de las UPP presentan problemas graves al no contar con pisos con desagüe y 56% carecen de pisos rayados o rugosos. En este sentido, se considera que las pendientes y rugosidad de los pisos son fundamentales para evitar resbalones, lesiones, caídas e incluso fracturas de las extremidades de los bovinos, así como el encharcamiento o acumulación de estiércol, orines, agua, que favorezcan la formación de lodo, que sea fuente de malos olores y de potenciales enfermedades por el desarrollo de bacterias (2).

Del criterio "emplazamiento, construcción y equipamiento", para la sala de ordeña los indicadores más críticos en orden de importancia resultaron: el tiempo de espera de los animales, ancho del pasillo de salida de la sala de espera, limpieza de la sala y limpieza del pezón con 95%, 60%, 48% y 39% de las UPP, respectivamente. El porcentaje de limpieza de la sala está muy por arriba del 12% de mala higiene de 25 fincas lecheras analizadas en Colombia (18). La combinación: manejo deficiente, instalaciones mal diseñadas o en mal estado, así como la falta de higiene, repercuten directamente el bienestar animal al ser fuentes de golpes, caídas, contusiones e incluso muertes (2).

Conclusiones e implicaciones futuras. El bienestar animal en las UPP de Loma Bonita, Oaxaca va de bueno a aceptable. El trabajo permitió determinar las situaciones problemáticas que enfrentan las unidades de producción de ganado bovino en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca, donde de los

14 indicadores de bienestar analizados, en 11 de ellos los porcentajes fueron superiores al 20% considerándose como críticos. En este sentido, destaca el 95% de las UPP que presentan problemas en cuanto al tiempo de espera del ganado antes de ser ordeñado y el 60% que no cuenta con el ancho apropiado del pasillo de salida de la sala de ordeño. Por el contrario, sólo tres indicadores presentaron porcentajes por debajo del 20%, por lo que se considera que en la mayor parte de las UPP se llevan de manera apropiada tales como suficiencia de alimento, limpieza de la vaca y estimulación pre-ordeño.

Aun y cuando se utilizaron diversos criterios ambientales para la evaluación de los niveles de bienestar para ganado lechero, al considerar utilizar herramientas matemáticas el resultado tiende a ser más preciso.

El criterio evaluado más bajo fue el emplazamiento, construcción y equipamiento. Esto tiene cierta lógica al ser el que menos preocupación causa en el ganadero, debido a que en este caso se refiere únicamente a las condiciones de la sala de espera y de ordeño. No obstante, llama la atención que el criterio de hidratación adecuada del hato durante el día es el que mayor variación y extremos presenta, dejando incluso una unidad de producción con nivel no adecuado en este rubro.

En relación al corral de espera, se concluye que pocas unidades cumplen con los requisitos de tamaño mínimo, limpieza y particularmente de tiempo de espera adecuado. Aunque la mayoría de los productores entrevistados concuerdan en la importancia del manejo sanitario de los animales e incluso afirman limpiar frecuentemente los bebederos e instalaciones, los resultados muestran que este aspecto se encuentra descuidado y representa una problemática latente. Aún y cuando la capacitación del personal que trabaja el ganado lechero se considera como esencial dentro de la literatura consultada, para los productores de Loma Bonita parece más bien ser empírica, y aunque no se apreció ningún maltrato grave durante el ordeño, se descuidan los protocolos de cuidado animal.

En general, el bienestar en el sistema bovino de Loma Bonita respecto a los factores ambientales que se relacionan con la suficiencia de alimento, hidratación y emplazamiento, construcción y equipamiento, se clasificó como bueno, sin embargo, es necesario considerar que aún faltan por evaluar otros criterios importantes en el bienestar como la ausencia de enfermedades y de comportamiento, lo que podría cambiar la clasificación y criterios evaluados en el presente estudio, recomendándose incluirlos en futuros estudios.

En relación a la toma de decisiones de carácter público estos resultados facilitan la orientación de lineamientos para la creación de políticas y marcos normativos con el fin de crear una conciencia y una normatividad para proteger a los animales con fines productivos desde una mirada holística. Estos lineamientos concuerdan con la Declaración Universal para el Bienestar Animal y los Códigos Sanitarios para Animales Terrestres, entre otras. Desde el ámbito privado se prevé a la educación como una alternativa en dos momentos: primero, como proceso transversal en los niveles básico y medio para inculcar el sentido de respeto y protección a los animales, como seres vivientes y sensibles que forman parte de la naturaleza; y segundo, una educación específica orientada hacia la tenencia responsable de animales. Todo ello en base a que desde la perspectiva privada prevalece el desconocimiento más que la mala intención.

Conflicto de intereses

No existe conflicto de intereses.

Agradecimientos

PRODEP, por el financiamiento al proyecto: "Caracterización del manejo zootécnico bovino del Papaloapan en términos de bienestar animal". A Francisco Javier Sagastume García por su apoyo incondicional durante la realización del trabajo en campo, y a los productores de ganado bovino de Loma Bonita, Oaxaca que amablemente accedieron a compartir información de sus explotaciones.

REFERENCIAS

1. Silva SMG, Torres CMG, Brunett PL, Peralta JJG, Jiménez-Badillo MR. Evaluación del bienestar de vacas lecheras en sistema de producción a pequeña escala aplicando el protocolo propuesto por Welfare Quality®. *Rev Mex Cienc Pecu.* 2017; 8(1):53-60. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4306>
2. Rosas-Valencia U, Ortega-Cerilla ME, Pérez RP, Ayala RJM, Aranda OG, Sánchez Torres-Esqueda MT. Producción de ganado bovino de carne con bienestar animal. *Agro Productividad.* 2019; 12(10):41-46. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1453>
3. Mancipe-Arias MA, Ariza-Suárez AC. Evaluación animal mediante indicadores conductuales en una planta de beneficio bovino en Boyocá, Colombia. *Rev Inv Vet Perú.* 2020; 31(2):1-11. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i2.16213>
4. Villamañe R, Trevisi D, Yuño M. Criterios de evaluación para el bienestar animal en planta de faena de aves. *Rev Vet.* 2020; 32(1):58-63. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/view/5636>
5. Alejos JI, Almaraz BI, Peralta JG, Meza NM, Torres MG. Indicadores de alojamiento relacionados al bienestar animal en vacas lecheras. *Rev Vet.* 2021. 32(2):174-180. <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/view/5728>
6. Hoyos-Patiño JF, Hernández-Villamizar DA, Velásquez-Carrascal BL. Medición del bienestar animal en el aprisco de la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, usando el Protocolo Welfare Quality®. *Aibi Rev Inv Adm Ing.* 2021; 9(1):1-7. <http://dx.doi.org/10.15649/2346030x.745>
7. Muñoz D, Strappini A, Gallo C. Indicadores de bienestar animal para detectar problemas en el cajón de insensibilización de bovinos. *Arch Med Vet.* 2012; 44(3):297-302. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2012000300014>
8. Pérez-Linares C, Figueroa-Saavedra F, Estrada-Angulo A, Sánchez-López E, Barreras-Serrano A, Bolado-Sarabia JL, et al. Indicadores de bienestar animal durante el aturdimiento de bovinos sacrificados en establecimientos Tipo Inspección Federal del noroeste de México. *Arch Med Vet.* 2015; 47(3):375-380. <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2015000300015>
9. Losada Espinosa N, Trujillo-Ortega ME, Rev MVZ Córdoba. 2022. Septiembre-Diciembre; 27(3):4276 <https://doi.org/10.21897/rmvz.2676>
- Galindo F. The welfare of pigs in rustic and technified production systems using the Welfare Quality protocols of pigs in Mexico: Validity of indicators of animal welfare as part of the sustainability criteria of pig production systems. *Vet Mex.* 2017; 4(4):1-15. <http://dx.doi.org/10.21753/vmoa.4.4.521>
10. Hoyos-Patiño JF, Quintero-Meza M, Velásquez-Carrascal BL. Bienestar animal en el proyecto avícola de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. *Mundo Fesc.* 2020; 10(19):88-101. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/view/513>
11. de Vries M, Bokkers EAM, van Schaik G, Botreau R, Engel R, Dijkstra T, de Boer IJM. Evaluating results of the Welfare Quality multi-criteria evaluation model for classification of dairy cattle welfare at the herd level. *J Dairy Sci.* 2013; 96(10): 6256-6273. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6129>
12. Carizi CV, Garzón JP, Alvarado JP, Marini PR. Condición corporal y su relación con producción láctea, reproducción y perfil metabólico en vacas lecheras del trópico boliviano. *Rev Inv Vet Perú.* 2019; 30(1):107-118. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i1.14459>
13. Giménez CV, Martínez VB, Villalba PP. Determinación de bienestar animal en equinos de tiro de la ciudad de Concepción. *Compend Cienc Vet.* 2020; 10(2):21-25. <https://doi.org/10.18004/compend.cienc.vet.2020.10.02.21>
14. Mateus JR, Paranhos da C, Tarazona MAM. Abordaje práctico sobre cómo mejorar el bienestar en los bovinos. *Rev Colomb Cienc Pecu.* 2011; 24(3):347-359. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/324693>
15. Mejía-Díaz E, Mahecha-Ledesma L, Angulo-Arizala J. Consumo de materia seca en un sistema silvopastoril de *Tithonia diversifolia* en trópico alto. *Agron Mesoam.* 2017; 28(2):389-403. <https://doi.org/10.15517/ma.v28i2.23561>
16. González MJV. ¿Cuánta agua necesitan mis vacas? *Frisona Española.* 2014; 34(201):96-98. <https://www.revistafrisona.com/Portals/0/articulos/n201/temario%20agua.pdf>

17. Monge-Rojas CR, Elizondo-Salazar JA. La importancia del agua en la crianza de reemplazos de lechería. *Nutr Anim Trop.* 2016; 10(1):1-9. <http://dx.doi.org/10.15517/nat.v10i1.24396>
18. Medrano-Galarza C, Zuñiga-López A, García-Castro FE. Evaluación de bienestar animal en fincas bovinas lecheras basadas en pastoreo en la Sabana de Bogotá, Colombia. *Rev MVZ Córdoba.* 2020; 25(2):1-14. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1708>
19. Grandin T. *Temple Grandin's guide to working with farm animals: Safe, humane livestock handling practices for the small farm.* North Adams, MA: Storey Publishing; 2017.
20. Cedeño-Alcívar DC, Vera-Macías LA, Gavilanes-López, PI, Saltos-Solórzano JV, Cusme L, Zambrano-Ruedas JF, Demera LFM, Almedida VAM, Moreira PJC. Factores que afectan la calidad higiénico-sanitaria de leche cruda en Calceta-Bolívar-Manabí, Ecuador. *Avances Inv Agrop.* 2015; 19(3):37-54. <http://www.ucol.mx/revaia/antteriores.php?id=95>
21. Álvarez PJ, Martínez MM, Cardona AJ. Transtornos podales en bovinos de sistemas de producción doble propósito en el Departamento de Córdoba, Colombia. *Rev Colombiana Cienc Anim.* 2017; 9(2):171-180. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.n2.2017.554>
22. Pinilla JC, Flórez P, Sierra M, Morales E, Sierra R, Vásquez MC, et al. Prevalencia del parasitismo gastrointestinal en bovinos del departamento Cesar, Colombia. *Rev Inv Vet Perú.* 2018; 29(1):278-287. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v29i1.14202>
23. O'Brien B, Jago J, Edwards JP, Lopez-Villalobos N, McCoy F. Milking parlour size, pre-milking routine and stage of lactation affect efficiency of milking in single-operator herringbone parlours. *J. Dairy Res.* 2012; 79(2):216-223. <https://doi.org/10.1017/s0022029912000088>
24. Dagnino SJ. Medidas de posición central y de dispersión. *Rev Chil Anest.* 2014; 43(2):112-115. <https://doi.org/10.25237/revchilanestv43n02.07>
25. Trincado VG, Vidal BJ. Aplicación spline cúbica en la estimación de volumen. *Bosques.* 1999; 20(2):3-8. <https://doi.org/10.4206/bosque.1999.v20n2-01>
26. Thibaud B, Davy A. Optimization of Image B-spline Interpolation for GPU Architectures. *Image Processing On Line.* 2019; 9:183-204. <https://doi.org/10.5201/ipol.2019.257>
27. Candeloro D, Mesiar R, Sambucini AR. A special class of fuzzy measures: Choquet integral and applications. *Fuzzy sets and Systems* 2019; 355(15):83-99. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2018.04.008>
28. WQ®. Welfare Quality Consortium. *Welfare quality assessment protocol for cattle.* Lelystad, The Netherlands; 2009. <https://edepot.wur.nl/233467>
29. Martínez CCJ, Cotera RJ, Forsythe ED, Arceo MOL. Canal de comercialización de carne de ganado bovino en Loma Bonita, Oaxaca. *Temas Cienc Tecnol.* 2012; 15(47):51-56. https://www.utm.mx/edi_antteriores/temas47/index.html
30. DiGiacinto VA, Rojas GM, Estrada KS, Romero ZJJ. Bienestar animal en hatos lecheros especializados en Costa Rica asociados a una cooperativa de productores de leche. *Rev Cienc Vet.* 2014; 32(1):7-19. <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/veterinaria/index>
31. Álvarez DCA, Ruiz PAM, Vargas GON, Sánchez QÁR. Valoración del bienestar animal en una finca lechera bovina. *Rev Cien Agro.* 2020; 8(3):83-92. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/431>
32. Zamora SR, Camacho SJ, Castañeda SMP, Elizondo SJ. Evaluación de pollos con el protocolo Welfare Quality® Project a nivel comercial en Costa Rica. *UNED Res J.* 2021; 13(2):1-18. <https://doi.org/10.22458/urj.v13i2.3682>
33. Carangui QAB, Faicán FRP. Efecto de la calidad y cantidad de agua administrada a los bovinos de leche y su relación con el bienestar animal. *RECA.* 2019; 3(2):176-187. <http://www.revistaecuadorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/view/142>
34. Romo-Valdez A, Pérez-Linares C, Ríos-Rincón F, Figueroa-Saavedra F, Barreras-Serrano A, Castro-Pérez, Isabel. Importancia del espacio vital en la respuesta productiva y bienestar del ganado bovino productor de carne en confinamiento. *Abanico Vet.* 2021; 11:1-15. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2021.42>