



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

Construcción de un índice de sostenibilidad para las ganaderías de bovino lechero en Cantabria

Ibán Vázquez-González^a, Elena García-Suárez^b, Francisca Ruiz-Escudero^b, Gabriel Caymmi Vilela-Ferreira^c, Ana Isabel García-Arias^a

RESUMEN: Este trabajo es una propuesta metodológica de construcción de índices de sostenibilidad para las ganaderías de bovino de leche en Cantabria. Mediante análisis factoriales de componentes principales, se obtienen 12 indicadores, 4 por cada dimensión (económica, ambiental y social), que permiten crear tres índices sintéticos de sostenibilidad y uno global. Las dimensiones que alcanzan mayores puntuaciones son la ambiental y la social en detrimento de la económica. Además, se observa una relación directa entre la sostenibilidad global y el tamaño productivo que, no se detecta para la dimensión ambiental, pero si en la social y económica.

Constructing a sustainability index for dairy cattle farms in Cantabria (Spain)

ABSTRACT: This work is a methodological proposal for the construction of synthetic sustainability index for dairy cattle farms in Cantabria. By means of principal component factor analysis, we obtain 12 indicators, 4 for each dimension (economic, environmental and social) that allow to create three synthetic indexes and a global index. Dimensions that reach the highest scores are environmental and social. Furthermore, we observe a direct relationship between global sustainability and the productive size, which, however, we did not detect for the environmental dimension but we do have in the social and economic.

PALABRAS CLAVE / KEYWORDS: Análisis de componentes principales, vacas de leche, Cantabria, sostenibilidad. / Principal component analysis, dairy cattle, Cantabria, sustainability.

Clasificación JEL / JEL classification: Q12, Q15, Q57.

DOI: <https://doi.org/10.7201/earn.2022.02.06>

^a Depto. de Economía Aplicada. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Lugo. E-mail: iban.vazquez.gonzalez@usc.es; anaisabel.garcia@usc.es

^b Área de Socioeconomía. Centro de Investigación y Formación Agraria (CIFA). Gobierno de Cantabria. E-mail: halaness@hotmail.com; ruiz_fr@cantabria.es

^c Instituto Federal de Goias (Brasil) E-mail: gabriel.ferreira@ifg.edu.br

Citar como: Vázquez-González, I., García-Suárez, E., Ruiz-Escudero, F., Vilela-Ferreira, G.C., & García-Arias, A.I. (2022). Constructing a sustainability index for dairy cattle farms in Cantabria (Spain). *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 22(2), 117-149. <https://doi.org/10.7201/earn.2022.02.06>.

Dirigir correspondencia a: Ibán Vázquez González

Recibido en enero de 2022. Aceptado en noviembre de 2022

1. Introducción

En Cantabria, el bovino constituye la base económica, social y territorial del sector agrario (Calcedo, 2013; García-Suárez, 2021). Las explotaciones especializadas en orientaciones técnico económicas (OTE) de vacuno de leche o de carne¹ son en 2020 el 73,3 % del total, concentran el 75 % de la superficie agraria útil (SAU), el 96 % de las unidades ganaderas (UG) y generan el 89,5 % de la producción estándar total (PET) (INE, 2022). En términos económicos es especialmente relevante el bovino lechero (OTE 45), que con un 15,9 % del total de explotaciones agrarias de Cantabria generan el 53,4 % del PET (INE, 2022). Además, en Cantabria se concentra el 8,7 % de las explotaciones de bovino de leche de toda España, siendo la tercera comunidad en importancia por número de ganaderías, tan sólo por detrás de Galicia y Asturias (MAPA, 2021).

El ajuste estructural experimentado en las últimas décadas por las ganaderías con bovino en España (Arnalte-Alegre, 2007; Sineiro-García *et al.*, 2010; García-Suárez, 2021), resulta en una fuerte reducción del número de explotaciones, principalmente las de menor tamaño, así como en un incremento de la dimensión productiva, una intensificación de la producción, una reorientación productiva de la leche hacia la carne y una fuerte especialización en orientaciones técnico-económicas (García-Suárez *et al.*, 2019).

Una de las consecuencias de este ajuste ha sido la adopción de modelos productivistas intensivos (Lebacq *et al.*, 2013), con mayor carga ganadera por unidad de superficie, especialmente en el sector lácteo, que consiguen incrementos en los rendimientos ganaderos, gracias a la adopción de las innovaciones tecnológicas, la mejora en los procesos productivos y en otros aspectos como la genética, la alimentación, la reproducción y la sanidad (Andrade *et al.*, 2020). En términos económicos los modelos productivistas son altamente dependientes en la compra de insumos, como son los alimentos para el ganado, que en el contexto actual de incremento del precio de los insumos representan una seria amenaza (Fernández *et al.*, 2009; López-Iglesias *et al.*, 2013). Además, estos modelos son cada vez más cuestionados por los impactos que generan al medioambiente o a la sociedad, como son la contaminación por fertilizantes, la emisión de gases de efecto invernadero, la pérdida de biodiversidad o el bienestar animal (TEEB, 2011; Lebacq *et al.*, 2013; Godfray, 2015).

La dinámica observada en las ganaderías con bovino hace que el estudio de su sostenibilidad, teniendo en cuenta todas las dimensiones del concepto, se convierta en una herramienta útil para la toma de decisiones que sean ambientalmente sanas, económicamente viables y aceptables desde la perspectiva social (Van der Linden *et al.*, 2020). El origen del término sostenibilidad en la agricultura se remonta a final de la

¹ OTE 45 (vacuno de leche), OTE 46 (bovinos de carne y cría de bovinos) y OTE 47 (bovinos de carne y leche y cría de bovinos).

década de los ochenta, tras la publicación del informe Brundland por la Comisión Europea (Sydorovych & Wossink, 2007; Chand *et al.*, 2015; Latruffe *et al.*, 2016). Los modelos para el estudio de la sostenibilidad son relevantes a la hora de fijar estrategias, tanto a nivel de políticas públicas como de la gestión de las explotaciones, además, son especialmente relevantes en el actual contexto de políticas agrarias y medioambientales que se perfila en el seno de la Unión Europea, como el Pacto Verde Europeo (Comisión Europea, 2020). Van der Linden *et al.* (2020) han encontrado que la sostenibilidad se ha estudiado para distintas especies ganaderas, así como a distintos niveles: ganadería, rebaño o animal. Olesen *et al.* (2000) señalan la necesidad de un análisis del sistema completo cuando se trata de valorar la sostenibilidad en las explotaciones ganaderas. Además, relacionan una serie de objetivos de desarrollo con estrategias sostenibles para las ganaderías.

El análisis de la sostenibilidad de las ganaderías ha sido objeto de numerosa literatura, sin embargo, solo una parte pequeña de los modelos han abordado las tres dimensiones de la sostenibilidad (económica, social y ambiental), siendo la ambiental la que mayor interés ha suscitado en la literatura y la social la que menos (Van der Linden *et al.*, 2020).

El objetivo de este trabajo es realizar una propuesta metodológica de construcción de un índice sintético de sostenibilidad (económica, social y ambiental) para las ganaderías con bovino de leche en Cantabria a partir de información relativa al manejo y aspectos socio-económicos. Los resultados interpretan los índices de sostenibilidad para los distintos indicadores y además permiten ver cómo estos varían en función de la escala productiva.

2. Material y métodos

2.1. Realización de las encuestas

La información utilizada procede de una encuesta² realizada a 86 ganaderías de bovino de leche en Cantabria, de un total de 1.392 (FEAGA, 2016), entre noviembre de 2016 y febrero de 2017, con preguntas distribuidas en seis bloques: titularidad, estructura productiva, familiar y económica³, evolución reciente y perspectivas futuras. Para que las encuestas fuesen representativas de la población, el tamaño de la muestra se determinó en función de cinco estratos de producción de leche⁴ en

² Entrevista personal directa, con una duración media de 1 hora.

³ Toda la información, especialmente la económica ha sido obtenida de la encuesta. Somos conscientes de la dificultad y limitaciones que conlleva recoger información económica fiable mediante una encuesta, por lo que los resultados obtenidos son una aproximación de la realidad económica y deben tomarse con cautela.

⁴ Estrato 1: < 100t; estrato 2: ≥ 100t y < 250t; estrato 3: ≥ 250t y < 500t; estrato 4: ≥ 500t y < 1000t; estrato 5: ≥ 1000t.

la campaña 2015/2016⁵, mediante un muestreo aleatorio estratificado de afijación de mínima varianza de Neyman⁶ (Pérez & Santín, 2007; Vázquez-González *et al.*, 2014; García-Suárez, 2021) (Cuadro 1; Ecuación 1 y 2). La variable que se tiene en cuenta en el muestreo es la producción de leche. Debido a que presenta una mayor variabilidad (varianza) en los estratos de mayor dimensión, la relación entre el número de encuestas realizadas y el tamaño de la población es más elevada. La ecuación 1, permite determinar el tamaño de la muestra (n) y la ecuación 2, establece la distribución de la muestra según estratos de producción (nh).

CUADRO 1
Información del muestreo (tamaño población y encuestas realizadas),
según estratos de producción de leche en la campaña 2015/2016

Estrato prod. leche campaña 2015/2016 (t)	Tamaño población (N)	Nº Encuestas (n)
< 100	364	8
100 < 250	482	17
250 < 500	325	19
500 < 1.000	164	15
≥ 1.000	57	27
TOTAL	1.392	86

Fuente: Elaboración propia.

$$n = \frac{\sum_{h=1}^L Nh^2 Sh^2}{\left(\frac{E^2 Y^2}{K^2}\right) + \sum_{h=1}^L Nh^2 Sh^2} \quad [1]$$

$$nh = n \frac{NhSh}{\sum_{h=1}^L NhSh} \quad [2]$$

Donde, n = tamaño de la muestra; nh = tamaño de la muestra según estrato; Nh = tamaño real de la población en el estrato h ; E = error máximo del muestreo; K = coeficiente asociado al nivel de confianza; Y = valor poblacional de la variable i (producción leche o número vacas); Sh = desviación típica de la variable i (producción leche o número vacas) en el estrato j ; Sh^2 = varianza de la variable i (producción leche o número vacas) en el estrato j ; L = último estrato.

⁵ Período que va desde el 1 de abril de 2015 a 31 de marzo de 2016.

⁶ Error de muestreo del 5 % y nivel de confianza del 95 %.

2.2. Pasos a seguir en la elaboración de los índices

En este trabajo se determinará un índice sintético global de la sostenibilidad (IS), que resulta del valor medio de la sostenibilidad en la dimensión económica, ambiental y social. La sostenibilidad de cada una de las tres dimensiones se obtendrá a su vez del valor medio de 4 indicadores que hay por dimensión. En total se construyen un total de 12 indicadores⁷ a partir de 64 variables, siguiendo los siguientes pasos:

1. Selección de variables de interés para confeccionar cada uno de los 12 indicadores⁸, en función de la información disponible en las encuestas y siguiendo el marco teórico analizado.
2. Realización de diversos análisis factoriales de componentes principales (AFCP), hasta hallar uno válido para cada indicador. Para que el análisis se considere válido, este debe de cumplir una serie de condiciones⁹, de tal manera que se llega a la solución final realizando sucesivos análisis con un menor número de variables que al inicio. En total se han utilizado 64 variables que tienen diferente escala de medida¹⁰.
3. Estandarización de las puntuaciones factoriales¹¹ resultantes en cada AFCP, en una escala de 0 a 1. El AFCP crea unas nuevas variables que son los factores resultantes (autovalores mayores que 1). Cada uno de estos factores asigna a cada ganadería puntuaciones muy diversas¹², que se transforman¹³ a una escala unitaria (0 a 1).
4. Cálculo de los índices de sostenibilidad (IS) para cada AFCP siguiendo la metodología, propuesta por Ferreira et al. (2022) (Ecuación 3). Se calcula una nueva variable (IS) que es el resultado del sumatorio de las puntuaciones factoriales estandarizadas (0 a 1), multiplicado por el porcentaje unitario de la varianza de cada factor.

⁷ En la dimensión económica son: rentabilidad, autonomía económica, diversificación y estructura de costes; en la dimensión ambiental son: base territorial y ganado, instalaciones, insumos y gestión global; en la dimensión social son: titularidad, condiciones laborales, territorio y producción de calidad y bienestar animal.

⁸ Se considera indicador el conjunto de variables con temática similar introducidas en el AFCP.

⁹ Previo al análisis deben cumplir que las variables no estén altamente correlacionadas ($R^2 < 0,9$) (Köbrich *et al.*, 2003). Tras el análisis se debe cumplir las 3 siguientes condiciones: 1º que el análisis resulte significativo ($KMO > 0,5$ y significación 0,00); 2º que las variables empleadas tengan una alta comunalidad (extracción $> 0,5$); 3º que todas las variables empleadas se interpreten en la matriz de componentes rotados ($> 0,5$).

¹⁰ No ha sido necesario estandarizar previamente las variables antes de realizar el AFCP, puesto que el programa SPSS empleado (versión 21), da la opción de analizar matriz de correlaciones, lo que tiene en cuenta estas diferentes escalas.

¹¹ El número de factores extraídos serán aquellos cuyos autovalores excedan de 1.

¹² En nuestro caso tienen un rango de variación desde -4 (mínimo) a 9 (máximo).

¹³ $(\text{Valor individual} - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo})$.

5. Estandarización del índice de sostenibilidad (IS) para cada AFCP, en una escala de 0 a 1, y posterior transformación a escala 0-10. Las puntuaciones individuales (a nivel de ganadería) de los índices de sostenibilidad (IS) creados en el punto 4, presentan un rango de variación (entre el valor máximo y mínimo) inferior a la unidad. Lo que se hace es repetir el punto 3 de estandarización escala 0 a 1, para el IS y luego se multiplica por 10 para obtener el IS en una escala de 0 a 10, en la que estamos más familiarizados.

$$IS = \sum_{j=1}^n (w_j * F_{pij}) \quad [3]$$

Donde: IS es el índice de sostenibilidad individual; w_j es la proporción unitaria de la variancia unitaria de cada dimensión (desde $j = 1$ hasta el máximo de dimensiones n); F_{pij} es el valor individual de la puntuación factorial (i) de cada dimensión (desde $j = 1$ hasta el máximo de dimensiones n).

6. Interpretación del indicador de sostenibilidad (IS). Se emplea la matriz de componentes rotados del AFCP, para interpretar el IS calculado en el punto 5, en una escala de 0 a 10 en función de las variables empleadas en el AFCP. Si las variables toman valores positivos, pero son contrarias a la sostenibilidad (por ejemplo, consumo de insumos, o carga ganadera), el índice sintético debe ser transformado ($10 - IS$) e interpretado al revés. Por ejemplo, en el caso anterior de variables en positivo de consumo de insumos, 10 puntos del IS antes de transformar equivalen a 0 puntos una vez transformados, lo que convierte a esa ganadería en poco sostenible.

2.3. Análisis estadísticos (factorial de componentes principales, descriptivos y ANOVA)

El análisis factorial es un método estadístico multivariante para la reducción de dimensiones, que se utiliza para la representación de una extensa gama de relaciones entre variables aleatorias a través de un subconjunto de dimensiones latentes comunes, denominadas factores (Santos *et al.*, 2017). De esta manera, permite medir el grado de relación entre muchas variables mediante la creación de factores (variables latentes) (Ferreira *et al.*, 2022). Bánkuti *et al.* (2020) que utilizaron el análisis factorial exploratorio para determinar indicadores de sostenibilidad en una muestra de 75 explotaciones lecheras en Brasil, consideran que esta técnica es ampliamente utilizada para generar indicadores o factores en sistemas agrarios.

El método de extracción utilizado para la obtención de los factores fue el de Componentes Principales (AFCP), mediante proyecciones ortogonales sobre planos. Para facilitar la interpretación de los factores, se llevó a cabo una rotación

mediante el método Varimax, permitiendo que los coeficientes de correlación (cargas factoriales) entre las variables y los factores tiendan a cero o la unidad (Ferreira *et al.*, 2022), lo cual minimiza el número de variables que tienen saturaciones altas en cada factor (SPSS, 2006). La adecuación de la muestra se evaluó mediante las pruebas de esfericidad de Bartlett, que contrasta si la matriz de correlaciones es una matriz identidad, y Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que contrasta si las correlaciones parciales entre las variables son pequeñas (SPSS, 2006; Ferreira *et al.*, 2022).

Una vez determinado el índice de sostenibilidad para cada indicador y dimensión, se llevó a cabo un análisis descriptivo (valores medios y número de casos) y otro de varianza (ANOVA), con las correspondientes pruebas post-hoc¹⁴, en función de la variable de muestreo (estrato de producción de leche).

3. Construyendo los indicadores de sostenibilidad: selección de variables e interpretación

3.1. Sostenibilidad económica

Para construir un índice de sostenibilidad económica, se han seleccionado variables relacionadas con cuatro indicadores: rentabilidad, autonomía económica y financiera, diversificación de actividades e ingresos y estructura de costes (Arandia *et al.*, 2009; Eguinoa *et al.*, 2017).

Para la construcción del indicador relativo a la rentabilidad económica se han seleccionado cinco variables: el margen neto¹⁵ total (MN total), el margen neto por unidad de trabajo agrario (MN/UTA), el margen neto por cada 1.000 litros de leche (MN/1.000 l), los ingresos sobre los costes totales (IT/CT) y el beneficio¹⁶ sobre los ingresos totales (B/IT)¹⁷ (Cuadro 2). Son variables que han sido utilizadas en otros trabajos similares (Arandia *et al.*, 2009; Sánchez, 2009; Eguinoa, 2019), cuyo incremento significa una mejora en la situación económica, lo que se interpreta como una mayor sostenibilidad económica.

¹⁴ Indican subconjuntos homogéneos de medias que no se diferencian entre sí. Tukey en caso de asumir varianzas iguales o Games-Howell en caso contrario. El test de Levene sirve para ver la igualdad de varianzas.

¹⁵ El margen neto es la diferencia de los ingresos totales (venta leche, subvenciones, ganado, autoconsumo leche, y otros ingresos agrarios) menos los costes totales (específicos del ganado, generales, arrendamientos, salarios e intereses y amortizaciones técnicas).

¹⁶ El beneficio es igual al MN menos los costes de oportunidad (mano de obra familiar + SAU propiedad + intereses del capital medio invertido).

¹⁷ También ha sido incluida en el análisis la variable MN/IT, pero finalmente fue descartada por estar altamente correlacionada ($R^2 >= 0,9$) con la variable MN/1.000 l.

CUADRO 2

Variables seleccionadas para el cálculo del índice de la sostenibilidad económica en vacuno de leche y resultados del AFCP

INDICADOR ⁽¹⁾ (KMO)→Sig P. Esfericidad →Chi-cuadrado P. Esfericidad →Varianza Factores	VARIABLES ⁽²⁾ (unidades)→comunalidades	Matriz componentes rotados ⁽³⁾		
		F1	F2	F3
RENTABILIDAD (0,772)→0,000→371,34 →Var. F1 (76 %)	MN total (€)→0,648	,805	-	-
	MN/UTA (€)→0,807	,898	-	-
	MN/1.000 l (€)→0,800	,895	-	-
	IT/CT (ratio)→0,738	,859	-	-
	B/IT (ratio)→0,807	,898	-	-
AUTONOMÍA ECONÓMICA (0,574)→0,000→55,22 →Var. F1 (28,3 %), F2 (20,5 %), F3 (19,8 %)	Subvenciones/IT (%)→0,872	-	-	,931
	Préstamos pendientes de devolución (€)→0,541	,603	-	-
	Coste arrendamiento (€/año)→0,740	,736	-	-
	Incremento contratación servicios externos (SÍ/NO) →0,717	-	,830	-
	Factores Externos/CT (%)→0,741	,829	-	-
	Externalización actividades (SÍ/NO)→0,508	-	,617	-
DIVERSIFICACIÓN (0,550)→0,000→99,19 →Var. F1 (30,9 %), F2 (27,5 %), F3 (18,6 %)	Otros ingresos agrarios/IT (%)→0,820	-	,897	-
	OAL (€)→0,882	-	-	,936
	Cebo de vacas de desvieje (SÍ/NO)→0,717	,793	-	-
	Cebo de terneros (SÍ/NO)→0,641	,707	-	-
	Transformación productos explotación (SÍ/NO)→0,824	-	,907	-
	Diversificación reciente (Nº actividades)→0,743	,853	-	-
ESTRUCTURA DE COSTES (0,552)→0,000→168,642 →Var. F1 (36,3 %), F2 (23,1 %), F3 (19,2 %)	Coste alimentación comprada/CT (%)→0,878	,927	-	-
	Costes específicos/CT (%)→0,905	,944	-	-
	Coste de oportunidad/IT (%)→0,881	-	-	,746
	Factores externos/CT (%)→0,858	-	-	,745
	CT/IT (ratio) →0,630	-	,775	-
	Reducción costes producción (SÍ/NO)→0,568	-	,746	-

(1) Información resumen del AFCP para los 4 indicadores. En mayúscula y negrita el nombre del indicador, la primera cifra entre paréntesis es el valor del KMO, la siguiente la significación estadística de la Prueba de esfericidad de Bartlett, la siguiente el valor de Chi-cuadrado de dicha prueba y luego aparece el número de factores y la varianza explicada por cada uno. (2) Información relativa a las variables incluidas en el AFCP, el nombre de la variable, las unidades de medida y la comunalidad o proporción de la varianza de cada variable que puede ser explicada por el modelo factorial. (3) Saturaciones de las variables en cada factor, varían entre -1 y 1.

Fuente: Elaboración propia.

En términos generales el análisis factorial para la construcción del primer indicador económico (rentabilidad) puede considerarse satisfactorio, pues la medida de adecuación (KMO) es elevada (0,772). La prueba de esfericidad de Barlett es significativa (0,000), con un valor de Chi-cuadrado igual a 371,34. Se crea un único factor que sintetiza el 76 % de la varianza original de las cinco variables y todas ellas tienen una destacada relevancia en el análisis (comunalidades elevadas). El índice sintético creado en función de las puntuaciones factoriales estandarizadas de la dimensión factorial 1 se correlaciona positivamente con todas las variables empleadas (matriz componentes rotados). Así, ganaderías que presenten valores altos de este índice tendrían una mayor rentabilidad y sostenibilidad económica.

Un segundo indicador construido es la autonomía económica y financiera. La interpretación de este indicador tiene que ver con la capacidad de la explotación para ser autónoma financieramente produciendo únicamente leche y sin depender de otras actividades, tanto en la generación de ingresos como en los costes. En este sentido, a esta autonomía contribuiría la especialización económica de la actividad (Sineiro-García *et al.*, 2010; García-Suárez *et al.*, 2019). En el AFCP se han utilizado las siguientes seis variables: porcentaje de ingresos de subvenciones sobre el total de ingresos, cantidad de préstamos pendientes de devolución, coste anual arrendamiento, incremento de contratación de servicios externos en los últimos cinco años (consumo de concentrado y/o servicios agrarios), porcentaje de costes de factores externos (arrendamiento, salarios, intereses) sobre el coste total y externalización de actividades en los últimos cinco años (recria, petición de subvenciones o contratación de otros servicios agrarios).

Así, un mayor peso porcentual de las subvenciones sobre el total de ingresos indicaría una menor autonomía económica. Gómez-Limón & Sánchez, (2009) a pesar de considerar que todas las subvenciones agrarias tienden a mejorar la situación económica, consideran como criterio de sostenibilidad económica el de minimizar la dependencia de subsidios. En relación con los préstamos pendientes de devolución, una mayor cuantía es considerada como una falta de autonomía financiera. Wanglin *et al.* (2020) encuentran que la deuda de las explotaciones agrarias está negativamente asociada a la productividad y la rentabilidad. Otros factores como el mayor coste anual del arrendamiento, el peso de los factores externos sobre el coste total, el aumento de la contratación de servicios externos y la externalización de actividades, también estarían indicando una menor autonomía de la ganadería desde un punto de vista económico¹⁸.

El análisis factorial puede considerarse válido, pues la medida de adecuación (KMO) es de 0,574. La prueba de esfericidad de Barlett es significativa (0,000), con un valor

¹⁸ En esta dimensión se analizaron otras variables que finalmente no fueron consideradas por baja comunalidad o porque el análisis no resultaba significativo (% coste alimentos comprados s. total, trabajo temporal, inversión en equipos, instalaciones y maquinaria en pasado reciente o porcentaje de la SAU en propiedad).

de Chi-cuadrado igual a 55,22. El número de factores creados es de tres, que sintetizan un 68,7 % de la varianza original de las seis variables empleadas. Algunas de ellas, como los préstamos pendientes de devolución y la externalización de actividades, tienen una menor relevancia (comunalidades bajas). El índice sintético creado se correlaciona positivamente con las variables utilizadas (matriz de componentes rotados), indicando valores altos de este índice una menor sostenibilidad económica de las ganaderías. Por lo tanto, para su interpretación en una escala de 0 a 10 (donde 0 es la más baja sostenibilidad y 10 es la más elevada) es necesario su conversión (10-indicador sintético).

En la confección del tercer indicador, relativo a la diversificación de actividades e ingresos, se han utilizado las variables: el peso de otros ingresos agrarios distintos de la actividad lechera sobre total ingresos¹⁹, los ingresos procedentes de otras actividades lucrativas (OAL), si realizan o no cebo de vacas de desvieje, o cebo de terneros, o la transformación de productos de la explotación y, finalmente, se han tenido en cuenta el número de actividades de diversificación económica realizadas en los últimos cinco años (diversificación de cultivos, adopción de certificación de calidad, cebo de vacas de desvieje, cebo de terneros en el pasado o recría de novillas para venta)²⁰. La diversificación económica de actividades es vista como un complemento económico a la renta de las unidades familiares, que permite una mayor supervivencia en tiempos de crisis económica (Kinsella, *et al.*, 2000; Smithers *et al.*, 2004). Desde la década de los ochenta de siglo pasado se ha promovido mediante políticas la diversificación, desarrollando fuentes alternativas de ingresos para ajustarse a una situación caracterizada por el descenso en la demanda del trabajo agrario y la marginalización de la renta en las pequeñas explotaciones (Reed & Turner, 2003).

El análisis factorial puede considerarse válido, pues la medida de adecuación (KMO) es de 0,550. La prueba de esfericidad de Barlett es significativa (0,000), con un valor de Chi-cuadrado igual a 99,19. Se crean tres factores que sintetizan un 77,1 % de la varianza original de las 6 variables analizadas, todas ellas relevantes (comunalidades altas). El índice creado se correlaciona positivamente con las variables empleadas, lo que indica que valores altos representan una sostenibilidad mayor.

Para la construcción del indicador relativo a la estructura de costes, se han tenido en cuenta las variables empleadas por Arandia *et al.* (2009), de las cuales seleccionamos las seis siguientes: el porcentaje del coste de la alimentación comprada sobre el

¹⁹ Ingresos del ganado no bovino y otras actividades agrarias (transformación productos, cultivos, abonos, seguros, servicios...).

²⁰ También se tuvieron en cuenta las siguientes variables en el análisis inicial, pero fueron descartadas por contar con una baja communalidad o porque el análisis no resulta significativo: porcentaje de ingresos diferentes a la leche sobre el total de ingresos, otras fuentes de ingresos (transferencias, pensiones, prestaciones), recría de novillas para venta y diversificación económica de las actividades del ganado (cebo o vacas de desvieje o venta de novillas).

total, el porcentaje de los costes específicos, el porcentaje del coste de oportunidad²¹ sobre el total de ingresos, el porcentaje de los factores externos²² sobre el coste total, el ratio costes-ingresos y si se produjo una reducción de costes de producción en los últimos cinco años²³. Los costes de alimentación, que son específicos, son los principales costes de una explotación de vacuno lechero (MacDonald *et al.*, 2007), con un porcentaje que oscila entre 50-60 % del total de costes (Vázquez-González *et al.*, 2021a). Las explotaciones con costes de alimentación más elevados, generalmente asociados a sistemas intensivos, se encuentran en una situación económica más vulnerable debido a la elevada volatilidad de mercado de los insumos para la alimentación animal (Fernández *et al.*, 2009; López-Iglesias *et al.*, 2013). Esto es interpretado como una menor sostenibilidad económica.

El análisis resultante puede considerarse válido, pues la medida de adecuación (KMO) es de 0,552. La prueba de esfericidad de Barlett es significativa (0,000), con un valor de Chi-cuadrado igual a 168,642. Se crean tres factores que sintetizan un 78,7 % de la varianza original de las seis variables analizadas, todas ellas relevantes, excepto la reducción de costes de producción (comunalidades bajas). El índice creado se correlaciona negativamente con las variables reducción de costes de producción y factores externos. Esto indica que valores altos del indicador sintético implicarían no haber hecho reducción significativa de costes, lo cual es contrario a la sostenibilidad. Además, este indicador se correlaciona de manera positiva con el resto de las variables, lo que es indicativo también de una menor sostenibilidad económica. Por lo tanto, para una correcta interpretación del índice es necesario su conversión mediante la fórmula (10-indicador sintético).

3.2. Sostenibilidad ambiental

En la determinación de la sostenibilidad ambiental, se han tenido en cuenta los siguientes cuatro indicadores: base territorial y ganado, instalaciones, insumos y gestión global (Cuadro 3).

En la construcción del primero de los indicadores, relativo a la base territorial y el ganado, se han utilizado las variables: carga ganadera, porcentaje de SAU dedicada a pastos, consumo de concentrado de las vacas en lactación, longevidad media de las

²¹ Mano de obra familiar + SAU propiedad + intereses del capital medio invertido.

²² Arrendamientos, salarios e intereses de préstamos.

²³ Además, se tuvieron en cuenta estas cinco variables que fueron descartadas por contar con una baja comunalidad o porque el análisis no resulta significativo: el porcentaje de amortizaciones técnicas en maquinaria e instalaciones sobre el total de ingresos, la misma variable sobre el coste total, el porcentaje de costes generales sobre el coste total, el coste de los intereses de préstamos y si la explotación participa o no en un programa de gestión técnico-económica.

vacas de desvieje y si la mayoría de las fincas se encuentra a menos de 3 km de la explotación²⁴.

CUADRO 3

Variables seleccionadas para el cálculo del índice de la sostenibilidad ambiental en vacuno de leche y resultados del AFCP

INDICADOR ⁽¹⁾ (KMO)→Sig P. Esfericidad →Chi-cuadrado P. Esfericidad →Varianza Factores	VARIABLES ⁽²⁾ (unidades)→comunalidades	Matriz componentes rotados ⁽³⁾		
		F1	F2	F3
BASE TERRITORIAL Y GANADO (0,704)→0,000→44,82 →Var. F1 (36,8 %), F2 (23,9 %)	Carga ganadera (Vacas/ha SAU)→0,519 SAU pastos s. SAU total (%)→0,573 Consumo concentrado (kg/vaca/día)→0,546 Longevidad (Nº Lactaciones)→0,581 Mayoria fincas -3km (SÍ/NO)→0,817	- ,756 ,723 ,761 -	-,600 - - - ,900	- - - - -
INSTALACIONES (0,648)→0,000→91,725 →Var. F1 (30,1 %), F2 (25,4 %), F3 (19,3 %)	Tiempo máximo almacenaje fosa purín (Meses)→0,722 Construcción establo más reciente (Año)→0,610 Potencia tractor más potente (cv)→0,774 Medidas de eficiencia energética (Nº)→0,803 Fosa purín cubierta (SÍ/NO)→0,882 Superficie establo por vaca (m ²)→0,701	,544 - ,830 ,887 - -	- ,813 - - -,937 ,803	- - - - - -
INSUMOS (0,524)→0,000→45,035 →Var. F1 (37,4 %), F2 (36,3 %)	Abono químico (kg/ha SAU)→0,737 Coste fitosanitarios (€/ha SAU)→0,722 Coste carburantes y lubricantes (€/ha SAU)→0,727 Coste agua, luz, teléfono (€/ha SAU)→0,763	,853 ,849 - -	- - ,826 ,871	- - - -
GESTIÓN GLOBAL (0,568)→0,000→76,516 →Var. F1 (49,3 %), F2 (25,9 %)	Superficie interés ecológico (SÍ/NO)→0,768 Trabajos mantenimiento pastos (SÍ/NO)→0,824 Estrategia extensificación (SÍ/NO)→0,936 Introducción nuevos cultivos (SÍ/NO)→0,482	,862 ,907 - ,639	- - ,967 -	- - - -

(1) Información resumen del AFCP para los 4 indicadores. En mayúscula y negrita el nombre del indicador, la primera cifra entre paréntesis es el valor del KMO, la siguiente la significación estadística de la Prueba de esfericidad de Bartlett, la siguiente el valor de Chi-cuadrado de dicha prueba y luego aparece el número de factores y la varianza explicada por cada uno. (2) Información relativa a las variables incluidas en el AFCP, el nombre de la variable, las unidades de medida y la comunalidad o proporción de la varianza de cada variable que puede ser explicada por el modelo factorial. (3) Saturaciones de las variables en cada factor, varían entre -1 y 1.

Fuente: Elaboración propia.

²⁴ En el cálculo de este indicador se tuvieron en cuenta otras variables que no fueron incluidas en el análisis final por poseer una baja comunalidad o porque no resultan estadísticamente significativas: tamaño medio de las parcelas, porcentaje de SAU en propiedad sobre SAU total, SAU por vaca, incremento de superficie en los últimos 10 años y porcentaje de UG vacas de leche sobre UG totales.

La carga ganadera mide el grado de intensificación de las ganaderías, y se relaciona con otros indicadores ambientales como la gestión de purines, la contaminación de aguas subterráneas o las emisiones de gases de efecto invernadero (TEEB, 2011; Godfray, 2015). La superficie dedicada al pastoreo tiene diversos efectos positivos para el medioambiente, pues favorece la biodiversidad, el bienestar animal, la calidad de la leche, además de prevenir los incendios forestales (García-Martínez *et al.*, 2008; Beaufoy & Ruiz-Mirazo, 2013). El consumo de concentrado también es una variable importante, ya que un menor consumo indica una mayor autonomía forrajera (Bernués *et al.*, 2011; Fariña & Chilibroste, 2019). La longevidad media de las vacas (en lactaciones), guarda relación con las anteriores variables, caracterizándose los sistemas lecheros extensivos, con menor carga ganadera, por una mayor longevidad del ganado (Rodríguez-Bermúdez *et al.*, 2018). Por último, la localización próxima de las fincas a la explotación, favorece la acción del pastoreo, lo cual implica un menor consumo de insumos como los concentrados, los fertilizantes, carburantes y lubricantes. Distancias superiores a 3 kilómetros, se consideran poco adecuadas para ejercer la acción del pastoreo (Rojo *et al.*, 2019).

El análisis es satisfactorio, pues la medida de adecuación (KMO) es de 0,704. La prueba de esfericidad de Barlett es significativa (0,000), con un valor de Chi-cuadrado igual a 44,82. El número de factores creados es de dos, que sintetizan el 60,7 % de la varianza original de las 5 variables analizadas. La localización de la mayoría de las fincas es la variable más relevante en el análisis mientras que el resto presenta comunidades moderadas. El índice creado se correlaciona positivamente con las variables porcentaje de SAU dedicada a pastos sobre el total de SAU, longevidad media de las vacas y con la localización de las fincas a menos de 3 km. En cambio, este índice se correlaciona negativamente con la carga ganadera y con el consumo de concentrado. Por lo tanto, valores altos del indicador de sostenibilidad creado estaría indicando una mayor acción del pastoreo y longevidad de las vacas, además de una menor carga ganadera y consumo de concentrado, de manera que se asocia a una mayor sostenibilidad ambiental.

En la construcción del indicador de instalaciones se han tenido en cuenta seis variables: el tiempo máximo de almacenaje de la fosa de purín, el año de construcción del establo más reciente, la potencia del tractor con más caballos, el número de medidas de eficiencia energética aplicadas²⁵, el disponer de una fosa de purín cubierta y la superficie del establo disponible por vaca²⁶. Nuestra hipótesis es que la modernización de las explotaciones lleva asociado una mejora de procesos productivos y tecnológicos que redundan en una mejora de la eficiencia productiva y la sostenibilidad ambiental. Dos Santos *et al.* (2021) encuentran efectos positivos

²⁵ Número sobre seis posibilidades: iluminarias de bajo consumo, intercambiador de placas, recuperador de calor, variador de frecuencias, realización de una auditoría energética y otras.

²⁶ El número de camas por vaca de leche y la posibilidad de ampliar el establo, a pesar de considerarse relevante no han sido incluidas en el AFCP por contar con una baja communalidad o porque el análisis no era significativo.

de la tecnificación en el medioambiente, concretamente en la conservación de la vegetación natural en ganaderías lecheras de Brasil. Bartkowiak & Bartkowiak (2017) muestran cómo el proceso de modernización de muchas explotaciones polacas está siendo acompañada por la introducción de tecnología de ahorro energético y el uso de fuentes de energía renovable.

El análisis resultante puede considerarse válido, pues la medida de adecuación (KMO) es de 0,648. La prueba de esfericidad de Barlett es significativa (0,000), con un valor de Chi-cuadrado igual a 91,725. Se crean tres factores que sintetizan un 75 % de la varianza original. Todas las variables, excepto el año de construcción del establo más reciente, son relevantes (comunalidades altas). En la matriz de componentes rotados de los tres factores interpretamos que valores elevados de las variables se asocian con valores elevados del índice y por lo tanto este último se asocia con una mayor sostenibilidad ambiental.

El indicador de insumos se ha construido con cuatro variables: cantidad de abono químico utilizado, coste de los fitosanitarios empleados, coste de los carburantes y lubricantes y coste de agua, luz y teléfono en que incurre la explotación, todos ellos por unidad superficie²⁷. Los sistemas productivos que dependen de un mayor gasto de insumos externos, como fertilizantes, pesticidas, y energías no renovables, generan un mayor impacto medioambiental (Tabacco *et al.*, 2018). En este sentido, para contribuir a una mejora de la sostenibilidad ambiental, es deseable que tengan un valor bajo.

El análisis realizado puede considerarse válido, pues la medida de adecuación (KMO) es de 0,524. La prueba de esfericidad de Barlett es significativa (0,000), con un valor de Chi-cuadrado de 45,035. Se obtienen dos factores que sintetizan un 73,7 % de la varianza original de las cuatro variables, todas ellas significativas. El índice sintético creado se correlaciona positivamente con las variables empleadas, por lo tanto, para interpretarse en términos de sostenibilidad es necesario su conversión tal y como indicamos antes.

El último indicador de sostenibilidad ambiental calculado es el de la gestión global. Para ello se han utilizado las siguientes cuatro variables, todas ellas relacionadas con el pasado reciente: la reserva de superficie de interés ecológico, los trabajos de mantenimiento de pastos permanentes, la estrategia de extensificación (aumentar superficie manteniendo o reduciendo el número de vacas o no reducir superficie y reducir el número de vacas) y la introducción de nuevos cultivos²⁸. Con este indicador se trata de identificar las actuaciones de manejo y gestión, que impliquen un interés

²⁷ La variable coste de los plásticos por hectárea de SAU fue excluida del análisis por contar con una baja comunalidad. Tampoco se consideró el coste de abono químico en el modelo, por no resultar significativa.

²⁸ Se ha tenido en cuenta también la variable de adopción de certificación de calidad (leche ecológica) en los últimos tres años, pero finalmente fue descartada por baja comunalidad o porque el análisis no era significativo.

por mejorar la sostenibilidad ambiental por parte de las ganaderías (Bernués *et al.*, 2011; Van Oudenhoven *et al.*, 2012). El análisis resultante es válido, pues la medida de adecuación (KMO) es de 0,568. La prueba de esfericidad de Barlett es significativa (0,000), con un valor de Chi-cuadrado igual a 76,51. Se obtienen dos factores que sintetizan un 75,2 % de la varianza original de las 4 variables, todas ellas con communalidades elevadas a excepción de la introducción de nuevos cultivos. Todas las variables se correlacionan positivamente con el índice creado, por lo que valores altos se asocian con una mayor sostenibilidad ambiental.

3.3. Sostenibilidad social

Siguiendo a Arandia *et al.* (2009) y a Van Calker *et al.* (2005), para la determinación de la sostenibilidad social se han elaborado cuatro indicadores. Dos para la sostenibilidad social interna: titularidad y condiciones laborales, y otros dos para la sostenibilidad social externa: relaciones territoriales junto a una producción de calidad, y bienestar animal (Cuadro 4). La sostenibilidad social interna hace referencia a cuestiones relacionadas con el trabajo en la explotación y con el mantenimiento de la agricultura familiar (Arandia *et al.*, 2009; Moreno-Pérez *et al.*, 2011). La sostenibilidad social externa tiene en cuenta las relaciones de la explotación con el territorio, así como si está en línea con aquello que la sociedad valora, como productos de calidad y el bienestar animal.

El indicador de titularidad se ha llevado a cabo a partir de cuatro variables: edad de la persona titular, nivel de formación²⁹, continuidad futura de la explotación en los próximos diez años³⁰ y si se trata de sociedades familiares o no (titular persona física o sociedades no familiares)³¹. Las sociedades familiares favorecen la continuidad de la explotación, en la medida que permiten la incorporación de varios miembros de la familia a la titularidad compartida, y otorgan una serie de ventajas tales como el limitar el riesgo empresarial (García-Suárez *et al.*, 2019). La situación de la persona titular y la familia, la edad o la formación también condicionan su capacidad de adaptación (Bryden, 1994; Breustedt & Glauben, 2007), además determinan la posibilidad de sucesión o continuidad con la actividad una vez jubilada la persona titular principal. La edad tiene un impacto importante sobre los objetivos y motivaciones de las personas agricultoras, así como en el rendimiento y eficiencia (Ondersteijn *et al.*, 2003). Las ganaderías de titulares de edad avanzada tienden a disminuir el tamaño de la explotación y son menos proclives al riesgo empresarial (Gale, 1994). Sischo *et al.* (2019), encontraron una relación directa entre la mayor

²⁹ Sin estudios, primarios, secundarios o universitarios.

³⁰ Se incluyen aquí las explotaciones con titular menor de 55 años y las que tienen mayor edad, pero aseguran tener sucesión.

³¹ Se tuvieron en cuenta, además, la titularidad de la mujer y la ocupación a tiempo completo del titular o socio, pero fueron descartadas por su baja communalidad.

dimensión productiva de las ganaderías de vacuno lechero y la formación reglada de las personas titulares. Finalmente, Pérez *et al.* (2016) llegan a la conclusión de que las personas titulares de ganaderías lecheras más jóvenes, que participan en programas de formación, son más ecoeficientes.

CUADRO 4

Variables seleccionadas para el cálculo del índice de la sostenibilidad social en vacuno de leche y resultados del AFCP

INDICADOR ⁽¹⁾ (KMO)→Sig P. Esfericidad →Chi-cuadrado P. Esfericidad →Varianza Factores	VARIABLES ⁽²⁾ (unidades)→comunalidades	Matriz componentes rotados ⁽³⁾		
		F1	F2	F3
TITULARIDAD (0,549)→0,000→40,00 →Var. F1 (42,8 %), F2 (26,3 %)	Edad (Años)→0,588 Nivel de estudios (4 niveles)→0,934 Continuidad futura (SÍ/NO)→0,748 Sociedades familiares (SÍ/NO)→0,493	-,763 - ,821 ,672	- ,966 - 	- - -
CONDICIONES LABORALES (0,608)→0,000→37,55 →Var. F1 (41,1 %), F2 (29,1 %)	Días libres al año (Nº)→0,550 Contrato de servicios agrarios (SÍ/NO)→0,850 Limpieza automática (SÍ/NO)→0,709 Sistema de ordeño (5 tipos)→0,698	- - ,841 ,834	,560 ,919 - 	- - -
TERRITORIO Y PRODUCCIÓN DE CALIDAD (0,569)→0,015→29,295 →Var. F1 (25,2 %), F2 (21,8 %), F3 (17,6 %)	Integración cooperativa (SÍ/NO)→0,577 Aumento servicios agrarios (SÍ/NO)→0,568 Aumento mano de obra (SÍ/NO)→0,916 Leche más calidad (SÍ/NO)→0,548 Certificación de calidad (SÍ/NO)→0,662 Control lechero (SÍ/NO)→0,610	,719 ,726 - ,605 	- - - 	- - ,957
Bienestar animal (0,743)→0,000→253,8 →Var. F1 (29,05 %), F2 (22,7 %), F3 (20,1 %)	Ventilación (Nº sistemas)→0,612 Cepillos (SÍ/NO)→0,623 Arrobaderas (SÍ/NO)→0,666 Cornadizas/cama (Nº)→0,691 Superficie/vaca (m ²)→0,757 Tipo cama estable (3 niveles)→0,602 Duración pastoreo (Meses)→0,904 Duración pastoreo diario (Horas)→0,891	- - - - 	,500 ,715 ,543 	,555 - -

(1) Información resumen del AFCP para los 4 indicadores. En mayúscula y negrita el nombre del indicador, la primera cifra entre paréntesis es el valor del KMO, la siguiente la significación estadística de la Prueba de esfericidad de Bartlett, la siguiente el valor de Chi-cuadrado de dicha prueba y luego aparece el número de factores y la varianza explicada por cada uno. (2) Información relativa a las variables incluidas en el AFCP, el nombre de la variable, las unidades de medida y la comunalidad o proporción de la varianza de cada variable que puede ser explicada por el modelo factorial. (3) Saturaciones de las variables en cada factor, varían entre -1 y 1.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis factorial puede considerarse válido, pues la medida de adecuación (KMO) es de 0,549; la prueba de esfericidad de Barlett es significativa (0,000), con un valor de Chi-cuadrado igual a 40,00. Obtenemos dos factores que sintetizan un 69,1 % de la varianza original de las cuatro variables analizadas. Dos de ellas, la formación y la sucesión, se consideran más relevantes (comunalidades altas). En la matriz de componentes rotados se puede ver como el índice se correlaciona positivamente con todas las variables incluidas, a excepción de la edad del titular. Por lo tanto, valores altos de este índice se asocian con una mayor sostenibilidad social interna.

El indicador de las condiciones laborales ha incorporado las siguientes cuatro variables³²: días libres al año, contratación reciente de servicios agrarios, limpieza automática de las instalaciones y tipo de sistema de ordeño³³. Todos los aspectos relacionados con las condiciones de trabajo son considerados hoy en día una de las principales debilidades de las explotaciones lecheras (Vázquez-González *et al.*, 2021b). Entre las debilidades más notorias, destaca la falta de mano de obra asalariada, el elevado número de jornadas trabajadas a lo largo del año, o la baja tasa de sucesión. Estas debilidades tienen como factores determinantes las pobres condiciones de trabajo, problemas de gestión laboral, ausencia de progresión profesional, el trabajo repetitivo, las largas jornadas laborales y las horas de trabajo inusuales (Porter, 1993). Deming *et al.* (2018) mencionan la lucha histórica de los agricultores por la escasez de mano de obra y la dificultad de encontrar personal cualificado.

Las innovaciones tecnológicas han hecho posible una mejora de las condiciones laborales de las personas operarias de la explotación y la calidad de vida de las personas propietarias, permitiendo liberar trabajo como en el caso del robot de ordeño (Tse *et al.*, 2018) y afrontar el proceso de individualización de la mano de obra familiar por parte de la persona titular (Moreno-Pérez *et al.*, 2011; Boogaard *et al.*, 2011). Otras cuestiones analizadas, como la limpieza automática o la externalización de las labores contratadas, suponen también una mejora de las condiciones laborales.

El análisis factorial puede considerarse válido, pues la medida de adecuación (KMO) es de 0,608. La prueba de esfericidad de Barlett es significativa (0,000), con un valor de Chi-cuadrado igual a 37,55. Obtuvimos dos factores que sintetizan un 70,2 % de la varianza original de las cuatro variables, todas ellas significativas a excepción de los días libres al año (inferior comunalidad). El índice creado se correlaciona positivamente con las variables empleadas por lo que valores altos de este indicador se asocian con una mayor sostenibilidad social interna.

³² También se tuvieron en cuenta las variables distancia del establo a la vivienda, horas dedicadas a tareas administrativas y presencia de carro mezclador, pero fueron descartadas finalmente por su baja comunalidad.

³³ Nivel 1-ordeñadora, 2-circuito, 3-sala de ordeño, 4-sala rotativa o robot de ordeño.

El indicador de las relaciones con el territorio y la producción de calidad ha sido elaborado con seis variables, todas ellas dicotómicas³⁴, relativas al pasado reciente: integración de la explotación en cooperativa, aumento de contratación de servicios agrarios, aumento de la mano de obra, producción de leche con más calidad, adopción de certificación de calidad y si se realiza control lechero en la producción³⁵. Todas estas actuaciones son indicativas de una mayor integración de la explotación con su entorno social, lo cual favorece la dinamización socio-económica de las comarcas en donde se asientan las ganaderías (Sineiro-García *et al.*, 2009) y es interpretado como una mayor sostenibilidad social externa.

El análisis factorial puede considerarse válido, pues la medida de adecuación (KMO) es de 0,569. La prueba de esfericidad de Barlett es significativa (0,000), con un valor de Chi-cuadrado igual a 29,295. Obtenemos tres factores que sintetizan un 64,6 % de la varianza original de las seis variables. El índice creado se correlaciona positivamente con las variables empleadas, por lo que altos valores se asocian a alta sostenibilidad social externa.

Por último, para la construcción del indicador de bienestar animal se utilizaron ocho variables: número de sistemas de ventilación en la estabulación³⁶, presencia de cepillos para las vacas, presencia de arrobaderas automáticas, número de cornadizas por cama, superficie del establo por vaca, tipo de cama en el establo³⁷, la duración del pastoreo a lo largo del año y la duración del pastoreo diario³⁸.

Lobeck *et al.* (2011) asocian a los sistemas de ventilación de los establos un mayor confort animal. Forkman & Keeling (2009), quienes elaboran el código de bienestar animal (Welfare Quality) en vacuno lechero, consideran que la instalación de cepillos va vinculada con el confort animal. García-Pérez *et al.* (2022) analizan el número de cornadizas, camas, la superficie del establo, el tipo de cama, o la práctica del pastoreo entre otros para caracterizar el bienestar animal en rebaños lecheros.

El análisis factorial puede considerarse satisfactorio, pues la medida de adecuación (KMO) es de 0,743; la prueba de esfericidad de Barlett es significativa (0,000), con un valor de Chi-cuadrado igual a 253,8. Obtenemos tres factores que sintetizan un 71,8 % de la varianza original de las ocho variables analizadas, dos de ellas, como la duración del pastoreo en meses y horas se consideran más relevantes (comunalidades

³⁴ Si valor 1 y No valor 0.

³⁵ Además, se tuvo en cuenta la variable realización de pastoreo de las vacas de lactación, pero fue descartada por contar con una baja comunalidad.

³⁶ Orientación este-oeste, apertura lateral, cumbreña, ventiladores, riego cubierta, cortina lateral u otro sistema.

³⁷ Nivel de protección 2: arena, serrín, colchoneta; nivel de protección 1: arena, serrín, colchoneta, cama húmeda; nivel de protección 0: trabada o libre hormigón.

³⁸ Además, se incluyeron en el análisis inicial las variables cama por vaca, el número de cornadizas por vaca, la longevidad y el tipo de sala de ordeño, pero fueron eliminadas del análisis por estar altamente correlacionada la primera y por baja comunalidad el resto.

altas). El índice creado se correlaciona positivamente con todas las variables empleadas, con excepción de la ratio cornadizas/camas, por lo que valores altos del indicador se asocian con altos niveles de sostenibilidad social.

3.4. Aplicación y resultados

En este apartado se muestran los resultados de los índices obtenidos del AFCP, en una escala de 0 a 10, donde la puntuación mínima significa una menor sostenibilidad (Cuadro 5) y se relacionan con la escala productiva de las explotaciones (estrato anual de producción de leche). El valor medio del índice de sostenibilidad global, media de las tres dimensiones, de las ganaderías de leche encuestadas en Cantabria es de 4,7 puntos. Observamos un incremento de la sostenibilidad global en aquellas explotaciones de mayor dimensión, estando próximas al cinco en las que producen al menos 500 toneladas anuales de leche.

Al analizar la sostenibilidad en sus diferentes dimensiones, la económica es la que peor puntuación alcanza (4,1 puntos) y la que menor significación estadística tiene. Las dimensiones ambiental y social alcanzan mejores puntuaciones con valores similares, 4,9 y 5 puntos de media respectivamente.

CUADRO 5

Valor del índice de sostenibilidad para los diferentes indicadores y dimensiones, según estrato de producción (valor medio ANOVA y pruebas post-hoc⁽²⁾)

Estrato prod. leche 2015/2016 (t)							
Dimensión sostenibilidad	Indicador	<100	100<250	250<500	500<1.000	≥1.000	Total ⁽¹⁾⁽³⁾
SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA	Rentabilidad	3,9ab	3,5b	4,6ab	4,6ab	5,5a	4,6**T
	Autonomía	5,6	6,8	7,6	6,8	7,4	7,1ns
	Diversificación	0,9	0,7	0,8	1,8	1,4	1,2ns
	Estructura de costes	4,0	3,5	4,3	4,3	3,7	3,6ns
SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL	Base territorial y ganado	8,4a	7,5ab	6,7cb	6,1c	3,6d	6,0***T
	Instalaciones	3,6c	5,6b	5,9b	6,8bc	7,3a	6,2***T
	Insumos	8,5a	8,3a	7,7a	6,1ab	4,4b	6,6***GH
	Gestión global	1,2	0,6	1,4	1,8	1,0	1,2ns
SOSTENIBILIDAD SOCIAL	Titularidad	3,2c	5,2abc	5,2bc	7,1ab	7,3a	6,0***GH
	Condiciones laborales	2,4b	2,3b	3,1b	4,8a	6,1a	4,1***T
	Relaciones territoriales	1,2d	2,6cd	3,8bc	5,0ab	5,6a	4,1***GH
	Bienestar animal	6,6	4,7	5,3	4,5	5,4	5,2ns
Sostenibilidad económica		3,6ab	3,6b	4,0ab	4,3ab	4,5a	4,1*T
Sostenibilidad ambiental		5,4a	5,5a	5,4a	5,2ab	4,1b	5,0***GH
Sostenibilidad social		3,4c	3,7c	4,4bc	5,3ab	6,1a	4,9***T
SOSTENIBILIDAD MEDIA		4,1c	4,3bc	4,6abc	5,0a	4,9ab	4,7**T

⁽¹⁾ Significación estadística ANOVA (p-valor): ns ($p \geq 0,05$); * ($p < 0,05$); **($p < 0,01$); *** ($p < 0,001$).

⁽²⁾ Subíndices con distinta letra (a,b,c...) indican subconjuntos homogéneos de medias estadísticamente diferentes al nivel del 5 %.

⁽³⁾ Método empleado en pruebas Post-Hoc: T (Tukey), GH (Games-Howell).

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en la sostenibilidad global, en la dimensión económica y social, se observa cómo la sostenibilidad se incrementa con el volumen de producción, en cambio en la dimensión ambiental son las explotaciones que tienen menor dimensión productiva las que se presentan como más sostenibles.

De los 12 indicadores calculados para medir la sostenibilidad, la mitad de ellos tienen un índice superior al cinco. Tan solo uno pertenece a la dimensión económica: la autonomía económica (7,1); tres a la dimensión ambiental: base territorial y ganado (6), instalaciones (6,2), insumos (6,6); y otros dos a la dimensión social: titularidad (6,0) y bienestar animal (5,2). Por el contrario, se alcanza una menor puntuación (1,2 puntos) en el indicador de diversificación económica de actividades o en la gestión ambiental. Esto es debido a la alta especialización productiva actual del bovino lechero y la baja presencia de actividades de diversificación (García-Arias *et al.*, 2015).

En cuanto al análisis por estrato productivo 7 de los 12 indicadores calculados presentan diferencias significativas. Tan sólo uno, la rentabilidad, en el caso de la dimensión económica, siendo las explotaciones con mayor dimensión productiva las que tienen una mejor rentabilidad.

En la dimensión ambiental, son tres los indicadores que presentan diferencias significativas. En dos de ellos, la base territorial-ganado y los insumos, las explotaciones con menor dimensión productiva son las que mayor puntuación alcanzan.

En relación con la sostenibilidad social los indicadores de titularidad, condiciones laborales y relaciones con el territorio presentan diferencias significativas en función del tamaño productivo. Son las explotaciones de mayor dimensión las que tienen un comportamiento más sostenible porque tienen titulares más jóvenes, con mayor formación, una mayor tasa de sucesión, y una mayor implantación tecnológica en la explotación además de una gestión más profesionalizada.

4. Discusión

En los últimos años, han surgido diferentes metodologías y sistemas de indicadores que pretenden evaluar la sostenibilidad tanto a nivel de explotación como a un nivel superior agregado (Van Passel *et al.*, 2007). No obstante, Chand *et al.* (2015) constatan que los estudios sobre los aspectos metodológicos de la sostenibilidad agrícola a nivel micro son limitados. Bélanger *et al.* (2012) consideran que hay consenso a la hora de cómo valorar la sostenibilidad de la agricultura. Sin embargo, la valoración de la sostenibilidad a nivel de explotación no está bien establecida. Las herramientas basadas en indicadores de sostenibilidad varían ampliamente en su alcance (geográfico y sector), objetivo (agricultores o políticos), selección de indicadores, agregación y métodos de ponderación y tiempo requerido para su ejecución (Elsaesser *et al.*, 2015; De Olde *et al.*, 2016).

Chand *et al.* (2015), consideran que, a pesar de que en la literatura existen muchas definiciones para el término agricultura sostenible, existe un amplio consenso de que una visión holística de la sostenibilidad debe integrar la triple dimensión económica, social y ambiental. Algunos autores consideran 4 dimensiones al subdividir la dimensión social en dos componentes: sostenibilidad social interna y sostenibilidad social externa (Van Calker *et al.*, 2006, 2008; Lebacq *et al.*, 2013; Latruffe *et al.*, 2016). La sostenibilidad social interna se refiere a las condiciones de trabajo cuantitativo y cualitativo del titular de la explotación y sus empleados, mientras que la sostenibilidad social externa trata con las preocupaciones sociales sobre el impacto de la agricultura en el bienestar de la sociedad y los animales (Van Calker *et al.*, 2008). El presente estudio ha tenido en cuenta esta división de la dimensión social de la sostenibilidad.

Chand *et al.* (2015) sostienen que la mayoría de los trabajos en el sector lácteo cubren solo la dimensión económica y ambiental, siendo pocos los que han desarrollado modelos para evaluar la sostenibilidad a escala de explotación en la triple dimensión. Boogaard *et al.* (2011), De Olde *et al.* (2016) y Van der Linden *et al.* (2020), coinciden en afirmar que la dimensión ambiental es la más investigada, mientras que la social es la que menos atención ha recibido en relación los estudios sobre agricultura sostenible.

Por lo general las herramientas de evaluación de indicadores de sostenibilidad, como la que hemos propuesto en este artículo, se estructuran en tres niveles de información: dimensión, tema e indicador. La dimensión se corresponde con el nivel de información más general. En nuestra propuesta metodológica hemos considerado tres dimensiones (económica, ambiental y social).

En un nivel intermedio de información se organizan los objetivos (Lebacq *et al.*, 2013; Latruffe *et al.*, 2016), temas o atributos (Sydorovych & Wossink, 2007; De Olde *et al.*, 2016). En nuestro caso diferenciamos un total de 12 temas, 4 por cada dimensión, que denominamos indicadores.

Al último nivel de información se le denomina indicador, variables o índices, que en nuestro caso se corresponde con las variables analizadas. Estas variables son una herramienta pragmática empleada para simplificar la descripción de sistemas complejos. Se pueden emplear de manera individual, como parte de un conjunto o agregadas en índices (Ness *et al.*, 2007; Van Passel *et al.*, 2007; Bélanger *et al.*, 2012).

En cuanto al número de temas (objetivos, atributos, o indicadores en nuestro caso) considerados en las distintas dimensiones y utilizados para evaluar la sostenibilidad de las ganaderías, existen diferencias. Van der Linden *et al.* (2020) en una revisión metodológica de 215 trabajos que analizan la sostenibilidad de explotaciones agrarias en Europa contemplando las tres dimensiones, encuentran que el número medio de temas tratados ha sido de 7. Otros trabajos consideran 12 (Van Calker *et al.*, 2006), 35 como es el caso de la herramienta FarmSmart en el Reino Unido o 41 de la herramienta Idea empleada en Europa (Bélanger *et al.*, 2012). En nuestro caso empleamos 12 temas/indicadores, 4 por cada dimensión. En general se considera que una evaluación de la sostenibilidad necesita cubrir un amplio rango de temas/indicadores en todas las dimensiones, siendo preferibles modelos integrales que empleen un gran número de variables por indicador (Van der Linden *et al.*, 2020), lo cual incrementa la complejidad del análisis (De Olde *et al.*, 2018).

Con respecto a las variables, como hemos dicho estas pueden ser utilizadas de manera agregada, a través de un índice sintético que combina puntuaciones de variables individuales (Van Passel *et al.*, 2007 y Ness *et al.*, 2007). Sus valores pueden obtenerse por diferentes vías, a través de medidas, opinión de expertos o modelos de estimación (De Olde *et al.*, 2016). En el presente trabajo, los índices utilizados

son de tipo agregado, de manera que emplean variables cuantitativas (la mayoría) pero también de tipo cualitativo (sobre todo en la dimensión social). El resultado son unos índices sintéticos de sostenibilidad, en una escala de 0 a 10 puntos. Mann & Gazzarin (2004), Van Calker *et al.* (2006), y Sydorovych & Wossink (2007), al igual que en este trabajo, emplean unidades de medida de los indicadores para poder evaluar la sostenibilidad, en una escala de 0 a 1 los dos primeros trabajos y de 0 a 100 el último. A diferencia de lo que sucede en nuestro trabajo en donde las puntuaciones de los indicadores de sostenibilidad han sido estandarizadas en función de los valores máximos y mínimos (también Van Calker *et al.*, 2008; Chand *et al.*, 2015), algunos trabajos como el de Mann & Gazzarin (2004) asigna con la ayuda de expertos valores máximos y mínimos en base a criterios individuales por variables.

Existe una gran diversidad en las variables utilizadas para la confección de los índices de sostenibilidad. En general, las variables que hemos escogido para este trabajo se corresponden con lo recogido en la literatura, aunque con algunas diferencias en función de la disponibilidad de los datos. Así, Bánkuti *et al.* (2020) evalúan la sostenibilidad económica de manera indirecta, por falta de información de gestión, a través del diferencial de ingresos. Chand *et al.* (2015) quienes, en la determinación del indicador global de sostenibilidad, al igual que nosotros, otorgan el mismo peso a cada una de las dimensiones, también utilizan variables muy similares; no obstante, en la dimensión social, incluyen la cuestión de género que nosotros hemos tenido que excluir por falta de significación del modelo. Dolman *et al.* (2014) emplean la misma variable de tipo económico, la ratio coste ingreso. La herramienta Dairyman de creación de índices de sostenibilidad, que reporta Elsaesser *et al.* (2015) utiliza similares variables económicas como MN, MN por producción de leche o por UTA; en la dimensión ambiental kg de fertilizantes por ha de SAU; en la dimensión social la educación, condiciones de trabajo, días libres y continuidad futura. Bélanger *et al.* (2012) coinciden con las variables MN por litro de leche producido o en la dimensión social en el sistema de ordeño, y calidad de la leche. Van der Linden *et al.* (2020) en la dimensión ambiental coinciden las variables de uso de la tierra; en la dimensión económica los costes, ingresos y rentabilidad; en la dimensión social son los requisitos de mano de obra y bienestar animal. Numerosos autores, al igual que nosotros, consideran el bienestar animal como una variable incluida en la dimensión social, pues da respuesta a la preocupación de la sociedad (Mann & Gazzarin, 2004; Van Calker *et al.*, 2008; Arandia *et al.*, 2009; Boogaard *et al.*, 2011; Van der Linden *et al.*, 2020).

En cuanto a los resultados obtenidos, estos son consistentes con la literatura analizada. Arandia *et al.* (2009) obtienen un valor de un indicador global de sostenibilidad similar de 4,72 puntos, a través de la herramienta NAIA para el diagnóstico de la sostenibilidad económica, ambiental y social en ganaderías lecheras navarras. Eguinoa (2019) en el posterior desarrollo de esta herramienta (v3.0), observa también una menor valoración de la dimensión económica (5,13 puntos), frente a la ambiental (5,35 puntos) y la social (5,34 puntos) para las explotaciones

navarras. Chand *et al.*, (2015) al analizar la sostenibilidad, en una escala de 0 a 100, para las diferentes dimensiones y tamaños también observa una mayor puntuación en la dimensión ambiental (49,7 puntos) y menor en la dimensión económica (27,1 puntos). Para nuestro caso, el menor puntaje en la dimensión económica es coherente con la estructura del sector en Cantabria donde predominan las pequeñas y medianas explotaciones, eso sí, muy especializadas como indica el bajo índice de diversificación. Eguinoa *et al.* (2017), también asocian al indicador de diversificación la puntuación más baja en la dimensión económica.

Diversos trabajos encuentran, al igual que nosotros, que la sostenibilidad está directamente relacionada con la escala de producción, de tal manera que las explotaciones de mayor dimensión productiva alcanzan puntuaciones más altas en los índices de sostenibilidad (Chand *et al.*, 2015; Latruffe *et al.*, 2016; Bánkuti *et al.*, 2020). Encontramos esta relación directa entre capacidad productiva y sostenibilidad que solo se revela en las dimensiones social y económica, pero no en la ambiental. Ripoll-Bosh *et al.* (2012) para ganaderías de bovino en España, encuentran que un mejor desempeño en la dimensión económica, que en nuestro caso se corresponde con mayores tamaños productivos, parece conllevar un peor desempeño ambiental. En esta línea, Van Calker *et al.* (2008) sostienen que los puntajes de la dimensión económica y social se pueden incrementar con un aumento del tamaño productivo, incrementando la superficie y reduciendo el grado de intensificación productiva. Fernández de la Cal *et al.* (2021), encuentran un efecto positivo entre la tecnificación y tamaño de las ganaderías lecheras de Castilla y León, con la rentabilidad económica.

La utilidad de este tipo de herramientas para la determinación de la sostenibilidad de las explotaciones agrarias es múltiple, con dos principales destinatarios: los agricultores y los formuladores de políticas. El análisis de la sostenibilidad proporciona importante información que puede ser utilizada por aquellos que diseñan políticas privadas y públicas para facilitar la supervivencia a medio y largo plazo de las ganaderías (Bánkuti *et al.*, 2020). Los indicadores ayudan a la monitorización y la planificación de estas políticas (Van Passel *et al.*, 2007). Los agricultores y otras partes interesadas pueden utilizar los resultados de las evaluaciones para identificar los cambios necesarios para mejorar el desempeño de la sostenibilidad de la explotación, ayudando en la toma de decisiones (Bélanger *et al.*, 2012; Elsaesser *et al.*, 2015; De Olde *et al.*, 2018).

Finalmente, las principales limitaciones que han sido señaladas en el desarrollo de este tipo de herramientas tienen que ver con: la necesidad de hacer juicios de valor y asunciones en la elección de las variables, en los procesos de agregación de las mismas, en el peso de los indicadores (Van Calker *et al.*, 2008; De Olde *et al.*, 2016), o con la imposibilidad de que se apliquen fuera del ámbito espacial o sectorial donde han sido creadas (Van Passel *et al.*, 2007; Van Calker *et al.*, 2008; Elseasser *et al.*, 2015; Van der Linden *et al.*, 2020). Además, su complejidad limita una aplicación práctica por parte de los agricultores (Bélanger *et al.*, 2012).

5. Conclusiones

Este trabajo es una propuesta metodológica para la evaluación de la sostenibilidad económica, ambiental y social, en ganaderías lecheras de Cantabria, que puede ser aplicada a otras producciones y territorios.

Las técnicas de análisis factorial de componentes principales (AFCP), se muestran válidas y eficaces para la construcción de los índices sintéticos de sostenibilidad. Sin embargo, tienen la contrapartida de ser análisis dirigidos, que deben de satisfacer unos requisitos de calidad para ser validados, y por ello pueden no considerar ciertas variables que a priori se consideran interesantes para determinar la sostenibilidad. Esta limitación hace que en la práctica sea difícil emplear las mismas variables para analizar la sostenibilidad en diferentes sistemas productivos o territorios, por lo que los índices de sostenibilidad no son directamente comparables.

Nuestra herramienta, si bien permite evaluar la sostenibilidad a nivel de explotación, está concebida más para el diseño de políticas pues permite evaluar la sostenibilidad en conjunto y estudiar qué factores tienen una mayor capacidad de influencia.

Este trabajo se considera de interés en el apartado metodológico para que investigadores, asesores o técnicos sean capaces de construir una herramienta con la que evaluar la sostenibilidad de las ganaderías y que ello permita tomar decisiones para monitorear e incrementar la sostenibilidad.

Los resultados aquí presentados, en una fase preliminar de investigación, confirman la utilidad de la metodología adoptada para la determinación de indicadores de sostenibilidad y demuestran su eficacia para comprender mejor la multidimensionalidad de la misma frente a otros índices que no distinguen las tres dimensiones. Además, pueden servir a los organismos públicos para orientar políticas más eficaces que promuevan la sostenibilidad.

La sostenibilidad global de las ganaderías lecheras analizadas en Cantabria se sitúa en niveles medios, y coincide con otros trabajos que han empleado una metodología similar. Obtienen un mejor puntaje las dimensiones ambiental y social, que la económica. Además, existe un gradiente que sugiere una relación entre mayor dimensión productiva y mayor sostenibilidad, tanto global como económica y social. Por el contrario, en la dimensión ambiental la mayor sostenibilidad se alcanza en las explotaciones de menor dimensión productiva.

La mitad de los indicadores calculados superan el aprobado en sostenibilidad, siendo menos numerosos los de la dimensión económica y más los de la ambiental. La diversificación económica de actividades es el indicador con una puntuación más baja, lo que pone de manifiesto la elevada especialización productiva del sector.

Algo más de la mitad de los indicadores muestran diferencias significativas en el grado de sostenibilidad en función de la dimensión productiva. Así, en indicadores como la rentabilidad, las instalaciones, la titularidad, las condiciones de trabajo o las relaciones territoriales, tienen un mayor comportamiento sostenible las explotaciones de mayor dimensión productiva. Por el contrario, en la base territorial-ganado e insumos, sucede lo contrario.

Referencias

- Andrade, D., Pasini, F. & Scarano, F.R. (2020). "Syntropy and innovation in agricultura". *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 45, 20-24. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.08.003>
- Arnalte-Alegre, E. (2007). "Economía política del proceso de ajuste estructural en la agricultura de los países desarrollados". En Arnalte-Alegre, E. (Ed.): *Políticas agrarias y ajuste estructural en la agricultura española* (pp. 17-54). Madrid, España: MAPA.
- Arandia, A., Intxaurrandieta, J.M., Santamaría, P., Del Hierro, O., Nafarrate, L., Icaran, C., Lopez, E., Pinto, M. & Mangado, J.M. (2009). "Development of a tool to diagnose economic, environmental and social sustainability of animal husbandry systems. Application to dairy farming". Comunicación presentada al XLVIII Reunión científica para el Estudio de los Pastos (SEEP), Huesca.
- Bánkuti, F.I., Prizon, R.C., Damasceno, J.C., De Brito, M.M., Pozza, M.S.S. & Lima, P.G.L. (2020). "Farmers' actions toward sustainability: A typology of dairy farms according to sustainability indicators". *Animal*, 14(S2), 417-423. <https://doi.org/10.1017/S1751731120000750>
- Bartkowiak, A. & Bartkowiak, P. (2017). "Technical and technological progress in the context of sustainable development of agriculture in Poland". *Procedia Engineering*, 18, 66-75. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.118>
- Beaufoy, G. & Ruiz-Mirazo, J. (2013). "Ingredients for a new common agricultural policy in support of sustainable livestock systems linked to the territory". *Pastos*, 43(2), 25-34.
- Bélanger, V., Vanasse, A., Parent, D., Allard, G., & Pellerin, D. (2012). "Development of agri-environmental indicators to assess dairy farm sustainability in Quebec, Eastern Canada". *Ecological indicators*, 23, 421-430. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.04.027>

- Bernués, A., Ruiz, R., Olaizola, A., Villalba, D. & Casasús, I. (2011). "Sustainability of pasture-based livestock farming systems in the European Mediterranean context: Synergies and trade-offs". *Livestock Science*, 139(1-2), 44-57. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.03.018>
- Boogaard, B. K., Oosting, S. J., Bock, B. B. & Wiskerke, J. S. C. (2011). "The sociocultural sustainability of livestock farming: an inquiry into social perceptions of dairy farming". *Animal*, 5(9), 1458-1466. <https://doi.org/10.1017/S1751731111000371>
- Breustedt, G. & Glauben, T. (2007). "Driving Forces behind Exiting from Farming in Western Europe". *Journal of Agricultural Economics*, 58(1), 115-127. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2007.00082.x>
- Bryden, J. (1994). "Interactions between farm household and the rural community: Effects of non agricultural elements in farm household decision making on farming systems". In Dent, J.B. & Mac Gregor, M.J. (Eds.): *Rural and farming system analysis: European perspectives* (pp. 243-254). Wallingford, Uninet Kingdom: CABI Publishing.
- Calcedo, V. (2013). "Cantabria en el sector lácteo español: un radical cambio estructural". *Revista de Estudios Agro-Sociales y pesqueros*, 234, 13-48. <http://hdl.handle.net/10902/5895>
- Chand, P., Sirohi, S. & Sirohi, S. K. (2015). "Development and application of an integrated sustainability index for small-holder dairy farms in Rajasthan, India". *Ecological Indicators*, 56, 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.03.020>
- Comisión Europea (2020). *Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones. El Pacto Verde Europeo*. Bruselas, 11.12.2019 COM(2019) 640. Obtenido de: Comisión Europea: <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1>
- De Olde, E.M., Oudshoorn, F.W., Sørensen, C.A., Bokkers, E.A. & De Boer, IJ. (2016). "Assessing sustainability at farm-level: Lessons learned from a comparison of tools in practice". *Ecological Indicators*, 66, 391-404. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.01.047>
- De Olde, E.M., Sautier, M. & Whitehead, J. (2018). "Comprehensiveness or implementation: Challenges in translating farm-level sustainability assessments into action for sustainable development". *Ecological Indicators*, 85, 1107-1112. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.058>
- Deming, J., Gleeson, D., O'Dwyer, T., Kinsella, J. & O'Brien, B. (2018). "Measuring labor input on pasture-based dairy farms using a smartphone". *Journal of Dairy Science*, 101(10), 9527-9543. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14288>

- Dolman, M.A., Sonneveld, M.P.W., Mollenhorst, H. & De Boer, I.J.M. (2014). “Benchmarking the economic, environmental and societal performance of Dutch dairy farms aiming at internal recycling of nutrients”. *Journal of Cleaner Production*, 73, 245-252. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.043>
- Eguino, P., Elizainzin, G., Iriarte, J.C., Arraiago, I.M. & Martínez, C.M. (2017). “Desarrollo de una herramienta para el análisis de la sostenibilidad en explotaciones de vacuno de leche: estudio realizado en Navarra”. *Navarra agraria*, 222, 18-25.
- Eguino, P. (2019). “Ganadería e Indicadores de Sostenibilidad”. *Navarra agraria*, 237, 25-30.
- Elsaesser, M., Jilg, T., Herrmann, K., Boonen, J., Debruyne, L., Laidlaw, A.S. & Aarts, F. (2015). “Quantifying sustainability of dairy farms with the DAIRYMAN-sustainability-index”. *Grassland Science Europe*, 20, 367-376.
- Fariña, S.R. & Chilibroste, P. (2019). “Opportunities and challenges for the growth of milk production from pasture: The case of farm systems in Uruguay”. *Agricultural Systems*, 176, 102631. <https://doi.org/10.1016/j.aghsy.2019.05.001>
- FEGA. (2016). Fondo Español de Garantía Agraria. Declaraciones obligatorias del sector lácteo (marzo 2016). Obtenido de: Fondo Español de Garantía Agraria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Obtenido de: <https://www.fega.gob.es/es/regulacion-mercados/sectorlacteo>
- Fernández, B., Dagnac, T., González, A., Valladares, J., Pereira, S. & Flores, G. (2009). “Sistema de producción de leche en Galicia, evolución y estado actual”. *Pastos*, 39(2), 251-294.
- Fernández de la Cal, M.J., Mantecón, Á.R. & Moral, A. (2021). “Factores determinantes de la rentabilidad de las granjas de vacuno de leche en Castilla y León”. *ITEA, información técnica económica agraria: revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA)*, 117(4), 360-374. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.040>
- Ferreira, G.C.V., Miziara, F. & Vazquéz-González, I. (2022). “Livestock intensification in Goiás”. *Revista de Economia e Sociología Rural*, 60. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.242960>
- Forkman, B. & Keeling, L. (2009). *Assessment of Animal Welfare Measures for Dairy Cattle. Beef Bulls and Veal Calves (Welfare Quality Reports 11)*. Uppsala, Sweden: SLU Service/Reproenheden.
- Gale, H.F. (1994). “Longitudinal Analysis of Farm Size over the Farmer’s Life Cycle”. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 16(1), 113-123. <https://doi.org/10.2307/1349526>

- García-Arias, A.I., Vázquez-González, I., Sineiro-García, F. & Pérez-Fra, M. (2015). "Farm diversification strategies in northwestern Spain: Factors affecting transitional pathways". *Land Use Policy*, 49, 413-425. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.08.011>
- García-Martínez, A., Bernués, A., Riedel, J.L. & Olaizola, A. (2008). "Recent evolution of suckler cow farming systems in the Spanish Central Pyrenees". En Olaizola, A., Boutonnet, J.P. & Bernués, A (Eds.): *Mediterranean livestock production: uncertainties and opportunities* (pp.97-102). Zaragoza: CIHEAM.
- García-Pérez, C., Villalba-Mata, D., Casals-Maestre, R. & Blanco-Penedo, I. (2022). "Caracterización del bienestar animal en explotaciones de vacuno lechero de la raza Holstein del noreste de España". *ITEA*, 118(2), 239-261. <https://doi.org/10.12706/itea.2021.023>
- García-Suárez, E., García-Arias, A.I. & Vázquez-González, I. (2019). "Situación productiva reciente de las explotaciones con bovino en España: el caso de la Cornisa Cantábrica". *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 19(2), 93-111. <https://doi.org/10.7201/earn.2019.02.05>
- García-Suárez, E. (2021). *El sector bovino en Cantabria. Dinámica, caracterización y análisis de su sostenibilidad*. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela, España. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/10347/26973>
- Godfray, H.C.J. (2015). "The debate over sustainable intensification". *Food Security*, 7(2), 199-208. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0424-2>
- Gómez-Limón, J. & Sánchez, G. (2009). "Evaluación empírica de la sostenibilidad agraria a través de indicadores sintéticos". *Cuaderno Interdisciplinar de Desarrollo Sostenible*, 9(3), 135-172.
- INE (2022). *Censo agrario 2020*. Obtenido de: Instituto Nacional de Estadística. Obtenido de: <https://ine.es/censoagrario2020/presentacion/index.htm>
- Kinsella, J., Wilson, S., Jong, F. & Renting, H. (2000). "Pluriactivity as a livelihood strategy in Irish Farm households and its role in rural development". *Sociología Ruralis*, 40, 481-496. <https://doi.org/10.1111/1467-9523.00162>
- Köbrich, C., Rehman, T., & Khan, M. (2003). "Typification of farming systems for constructing representative farm models: two illustrations of the application of multi-variate analyses in Chile and Pakistan". *Agricultural systems*, 76(1), 141-157. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00013-6](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00013-6)
- Latruffe, L., Diazabakana, A., Bockstaller, C., Desjeux, Y., Finn, J., Kelly, E., Ryan, M. & Uthes, S. (2016). "Measurement of sustainability in agriculture: A review of indicators". *Studies in Agricultural Economics*, 118(3), 123-130. <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.252980>

- Lebacq, T., Baret, P. V. & Stilmant, D. (2013). "Sustainability indicators for livestock farming. A review". *Agronomy for sustainable development*, 33(2), 311-327. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0121-x>
- Lobeck, K.M., Endres, M.I., Shane, E.M., Godden, S.M. & Fetrow, J. (2011). "Animal welfare in cross-ventilated, compost-bedded pack, and naturally ventilated dairy barns in the upper Midwest". *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5469-5479. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4363>
- López-Iglesias, E., Sineiro-García, F. & Lorenzana-Fernández, R. (2013). "Processes of farmland abandonment: Land use change and structural adjustment in Galicia (Spain)". In Ortiz-Miranda, D., Moragues-Faus, A. & Arnalte-Alegre, E. (Eds.): *Agriculture in Mediterranean Europe: between old and new paradigms* (pp. 91-120). Bingley, United Kingdom: Emerald Group Publishing Limited.
- MacDonald, J.M., McBride, W D., O'Donoghue, E., Nehring, R.F., Sandretto, C. & Mosheim, R. (2007). *Profits, costs, and the changing structure of dairy farming. USDA-ERS, Economic Research Report*, (47). Obtenido de: USDA Economic Research Service: <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=45870>
- Mann, S. & Gazzarin, C. (2004). "Sustainability indicators for Swiss dairy farms and the general implications for business/government interdependencies". *International Review of Administrative Sciences*, 70(1), 111-121. <https://doi.org/10.1177/0020852304041234>
- MAPA (2021). *Estructura del sector vacuno lechero en España 2016-2020*. Obtenido de: Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios, Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación: https://www.mapa.gob.es/en/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/estructurasectorvacunolechero2016-2020def_conue_tcm38-540399.pdf
- Moreno-Pérez, O., Arnalte-Alegre, E. & Ortiz-Miranda, D. (2011). "Breaking down the growth of family farms: A case study of an intensive Mediterranean agriculture". *Agricultural Systems*, 104(6), 500-511. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.03.007>
- Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderberg, S. & Olsson, L. (2007). "Categorising tools for sustainability assessment". *Ecological economics*, 60(3), 498-508. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.07.023>
- Olesen, I., Groen, A.F. & Gjerde, B. (2000). "Definition of animal breeding goals for sustainable production systems". *American Society of Animal Science*, 78(3), 570-582. <https://doi.org/10.2527/2000.783570x>

- Ondersteijn, C.J.M., Giesen, G.W.J. & Huirne, R.B.M. (2003). "Identification of farmers characteristics and farm strategies explaining changes in environmental management and environmental and economic performance of dairy farms". *Agricultural Systems*, 78(1), 31-55. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(03\)00031-3](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(03)00031-3)
- Pérez, C. & Santin, D. (2007). *Minería de datos. Técnicas y herramientas*. Madrid, España: Paraninfo Cengage Learning.
- Pérez, M., Lansink, A.O. & Wall, A. (2016). "Eco-efficiency among dairy farmers: the importance of socio-economic characteristics and farmer attitudes". *Environmental and Resource Economics*, 64(4), 559-574. <https://doi.org/10.1007/s10640-015-9885-1>
- Porter, J.C. (1993). "What dairy employees think about their Jobs". *Journal of Dairy Science*, 76(7), 2065-2068. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77541-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77541-4)
- Rojo, C., Pouliquen, Y., González, I.V., Fra, M. P. & Sánchez, K. (2019). Análisis del grado de satisfacción de las ganaderías ecológicas de vacuno lechero en Galicia. En Asociación Española de Economía Agraria (Eds.). *XII Congreso de Economía Agraria: La sostenibilidad agro-territorial desde la Europa atlántica* (pp. 281-284). Madrid, España: Asociación Española de Economía Agraria
- Reed, M. & Turner, M. (2003). "Trends in farm diversification". *CRR Annual Review*, 2003, 29-34. <http://hdl.handle.net/10036/47494>
- Ripoll-Bosh, R., Díez-Unquera, B., Ruiz, R., Villalba, D., Molina, E., Joy, M., Olaizola, A. & Bernués, A. (2012). "An integrated sustainability assessment of mediterranean sheep farms with different degrees of intensification". *Agricultural systems*, 105(1), 46-56. <https://doi.org/10.1016/j.aggsy.2011.10.003>
- Rodríguez-Bermúdez, R., Miranda, M., López-Alonso, M., & García-Vaquero, M. (2018). New breeding strategies in organic dairy farming. In Jenkins, O.(Ed.). *Advances in Animal Science and Zoology. Volume II* (pp. 43-72). New York, USA: Nova Science Publishers.
- TEEB (2011). *The economics of ecosystems and biodiversity for national and international policy makers*. Geneva, Switzerland: The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB).
- Santos, M.A.S. dos, Lourenco Jr, J. de B., Santana, A.C., Homma, A.K.O., Andrade, S.J.T. de & Silva, A.G.M. (2017). "Caracterizacao do nível tecnológico da pecuária bovina na Amazônia Brasileira Cattle technological level characterization in Brazilian Amazon". *Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 60(1), 103-111. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.60103>

- Sánchez, G.F. (2009). *Análisis de la sostenibilidad agraria mediante indicadores sintéticos: aplicación empírica para sistemas agrarios de Castilla y León*. Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Obtenido de: <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.5018>
- Dos Santos, J.S., Miziara, F., Fernandes, H.D.S., Miranda, R.C. & Collevatti, R.G. (2021). “Technification in Dairy Farms May Reconcile Habitat Conservation in a Brazilian Savanna Region”. *Sustainability*, 13(10), 5606. <https://doi.org/10.3390/su13105606>
- Sineiro-García, F., Vázquez-González, I. & Lorenzana-Fernández, R. (2009). “Enlaces territoriales y diversificación en explotaciones ganaderas gallegas”. En Moreno, L. Sánchez, M.M. & Simões, O. (Coords.): *Cultura, inovação e territorio. O agroalimentar eo rural* (pp. 263-274). Lisboa, Portugal: Sociedade Portuguesa de Estudos Rurais (SPER).
- Sineiro-García, F., Santiso, J., Calcedo, V. & Lorenzana-Fernández, R. (2010). *El sector lácteo: escenarios de evolución*. COVAP. Obtenido de: Universidad Santiago de Compostela, Compostela, España. Obtenido de: <https://www.usc.es/ecoagra/arquivos/2009-informe.-Sineiro-et-al.-El-sector-l%C3%A1cteo.-Escenarios-de-evoluci%C3%B3n.-I-Premio-Internacional-COVAP.pdf>
- SPSS, Inc. (2006). *Manual del usuario de SPSS Base 15.0*. Chicago, USA: SPSS Inc.
- Smithers, J., Johnson, P. & Joseph, A. (2004). “The dynamics of family farming in North Huron County, Ontario. Part II. Farm–community interactions”. *The Canadian Geographer*, 48(2), 209-224. <https://doi.org/10.1111/j.0008-3658.2004.00056.x>
- Sischo, W.M., Moore, D.A., Pereira, R., Warnick, L., Moore, D.L., Vanegas, J., Kurtz, S., Heaton, K., Kinder, D., Siler, J. & Davis, M.A. (2019). “Calf care personnel on dairy farms and their educational opportunities”. *Journal of dairy science*, 102(4), 3501-3511. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15401>
- Sydorovych, O. & Wossink, A. (2007). “Assessing sustainability of agricultural systems: evidence from a conjoint choice survey”. Comunicación presentada al 2007 Annual Meeting of the Southern Agricultural Economics Association (SAEA). Alabama, USA: Mobile.
- Tabacco, E., Comino, L. & Borreani, G. (2018). “Production efficiency, costs and environmental impacts of conventional and dynamic forage systems for dairy farms in Italy”. *European Journal of Agronomy*, 99, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.06.004>
- Tse, C., Barkema, H.W., DeVries, T.J., Rushen, J., Vasseur, E. & Pajor, E.A. (2018). “Producer experience with transitioning to automatic milking: Cow training, challenges, and effect on quality of life”. *Journal of dairy science*, 101(10), 9599-9607. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14662>

- Van Calker, K.J., Berentsen, P.B.M., Giesen, G.W.J. & Huirne, R.B.M. (2005). “Identifying and ranking attributes that determine sustainability in Dutch dairy farming”. *Agriculture and Human Values*, 22, 53-63. <https://doi.org/10.1007/s10460-004-7230-3>
- Van Calker, K.J., Berentsen, P.B.M., Romero, C., Giesen, G.W.J. & Huirne, R.B.M. (2006). “Development and application of a multi-attribute sustainability function for Dutch dairy farming systems”. *Ecological Economics*, 57(4), 640-658. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.05.016>
- Van Calker, K.J., Berentsen, P.B.M., Giesen, G.W.J., & Huirne, R.B.M. (2008). “Maximising sustainability of Dutch dairy farming systems for different stakeholders: A modelling approach”. *Ecological Economics*, 65(2), 407-419. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.07.010>
- Van der Linden, A., de Olde, E.M., Mostert, P.R. & de Boer, I.J.M. (2020). “A review of European models to assess the sustainability performance of livestock production systems”. *Agricultural Systems*, 182, 1028-1042. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102842>
- Van Oudenhoven, A.P., Petz, K., Alkemade, R., Hein, L. & de Groot, R.S. (2012). “Framework for systematic indicator selection to assess effects of land management on ecosystem services”. *Ecological Indicators*, 21, 110-122. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.01.012>
- Van Passel, S., Nevens, F., Mathijs, E. & Van Huylenbroeck, G. (2007). “Measuring farm sustainability and explaining differences in sustainable efficiency”. *Ecological economics*, 62(1), 149-161. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.06.008>
- Vázquez-González, I., Sineiro, F. & García-Arias, A.I. (2014). “Trayectorias de crecimiento de las explotaciones agrarias en la Cornisa Cantábrica”. *Economía agraria y recursos naturales*, 14(2), 49-80. <https://doi.org/10.7201/earn.2014.02.03>
- Vázquez-González, I., García-Suárez, E., Villar-Bonet, A., Ruiz-Escudero, F. & García-Arias A.I (2021a). “Análisis de la viabilidad económica del vacuno lechero en Cantabria según el sistema de alimentación”. *Vaca Pinta*, 27, 144-152.
- Vázquez-González, I., García-Arias, A., Pérez-Fra, M., Valdés-Paços, B. & López-Iglesias, E. (2021b). “A shared diagnosis of the current situation of Galician dairy farming: A bottom-up approach”. Comunicación presentada en *Proceedings of the XVI EAAE Virtual Congress*, Prague, Czech Republic.
- Wanglin, M., Renwick, A. & Zhou, X. (2020). “The relationship between farm debt and dairy productivity and profitability in New Zealand”. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 8251-8256. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17506>