Agronomía Mesoamericana

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Artículo científico
Volumen 36: Artículo 58866, 2025
e-ISSN 2215-3608, https://doi.org/10.15517/am.2025.58866
https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/index

Caracterización y capacidad de adaptación climática de ganaderos en dos regiones de Costa Rica*

Characterization and climate adaptation capacity of livestock farmers in two regions of Costa Rica

Gerardo Cortés-Muñoz[1], Eduardo Fuentes-Navarro[2], Waldemar Mercado Curi[3]

* Recepción: 20 de marzo, 2024. Aceptación: 30 de septiembre, 2024. Este trabajo formó parte del proyecto de tesis de doctorado del primer autor, denominado "Evaluación de estrategias de adaptación al cambio climático implementadas por productores de leche de dos regiones de Costa Rica" del Programa de Doctorado en Economía con especialidad en Recursos Naturales y el Desarrollo Sustentable de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

[1] Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 11501-2060. gerardo.cortes@ucr.ac.cr (autor para correspondencia, https://orcid.org/0000-0003-4404-8199).
[2] Universidad Nacional Agraria la Molina. La Molina 15024, Lima, Perú. efuentes@lamolina.edu.pe (https://orcid.org/0000-0001-9351-9853).
[3] Universidad Nacional Agraria la Molina. La Molina 15024, Lima, Perú. wmercado@lamolina.edu.pe (https://orcid.org/0000-0001-7167-9581).

Resumen

Introducción. Las lecherías en Costa Rica han sido clasificadas en tres sistemas de producción: los sistemas especializados de altura, los especializados de bajura y los de doble propósito. No obstante, esta tipificación no muestra su nivel de complejidad actual, ya que existe una amplia variedad de sistemas productivos con base en el manejo de prácticas sanitarias, reproductivas y de alimentación. **Objetivo.** Caracterizar los sistemas de producción de leche en dos regiones ganaderas representativas de Costa Rica y sus capacidades de adaptación tecnológica al cambio climático. **Materiales y métodos.** Para determinar las características técnico-productivas, sociales y económicas de las fincas ubicadas en las regiones Chorotega y Huetar Norte, se llevó a cabo la aplicación de una encuesta diseñada y validada. La información fue recolectada entre abril y mayo del 2021. Se entrevistaron 143 finqueros, lo que permitió evaluar un total de 193 variables. Seguidamente, se realizó un análisis de conglomerados, y se ejecutó el análisis de conglomerados jerárquicos mediante el método de Ward. **Resultados.** Se obtuvieron tres conglomerados con capacidades de gestión de finca: alta, media y baja, relacionadas con sus capacidades de adaptación al cambio climático. El primer grupo se conformó por productores con un nivel superior de educación y de gestión del predio (alta capacidad), reflejado así en la adopción de más estrategias de adaptación. Las fincas del segundo grupo (mediana capacidad), con un manejo tecnificado inferior al primer grupo, y el tercer grupo de fincas (baja capacidad), compuesto por productores con el nivel educativo más bajo, demostraron una capacidad de gestión tecnológica más limitada. **Conclusiones.** La actividad ganadera se caracterizó por tener tres grupos de productores con diferentes capacidades de adaptación al cambio climático.

Palabras clave: granjas lecheras, calentamiento global, tipologías, ganaderos.

© 2025 Agronomía Mesoamericana es desarrollada en la Universidad de Costa Rica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escriba a pccmca@ucr.ac.cr o pccmca@gmail.com

Abstract

Introduction. Dairy farms in Costa Rica have been classified into three production systems: specialized high-altitude, specialized lowland, and dual-purpose systems. However, this typification does not reflect their current complexity level, as there exists a wide variety of production systems based on sanitary, reproductive and feeding management practices. **Objective.** To characterize the dairy production systems in two representative livestock regions of Costa Rica and their technological adaptation capacities to climate change. **Materials and methods.** To determine the technical-productive, social, and economic characteristics of Costa Rican dairy farms located in the Chorotega and Huetar Norte regions, a designed and validated survey was applied. Data were collected between April and May 2021. A total of 143 farmers were interviewed, allowing for the evaluation of 193 variables. Subsequently, cluster analysis was performed, executing hierarchical cluster analysis, using Ward's method. **Results.** Three clusters were obtained with farm management capacities: high, medium, and low, related to their climate change adaptation capacities. The first group comprised producers with higher education and farm management levels (high capacity), reflected in the adoption of more adaptation strategies. The farms of the second group (medium capacity), with lower technical management than the first group, and the third group of farms (low capacity), composed of producers with the lowest educational level, demonstrated a more limited technological management capacity. **Conclusions.** The livestock activity was characterized by three groups of producers with different climate change adaptation capacities.

Keywords: dairy farms, global warming, typologies, cattle ranchers.

Introducción

El cambio climático ha generado un impacto progresivo en los procesos de planificación y desarrollo de los países. En este contexto, América Central es una de las regiones con mayor vulnerabilidad al cambio climático, con efectos negativos proyectados para afectar su economía y su seguridad alimentaria (De Sousa et al., 2018). La percepción por parte de estos ganaderos de los riesgos debidos a este cambio en el clima y las medidas que toman para abordar esos riesgos son de suma importancia en la formulación de políticas, para que la implementación de las estrategias sea sostenible tanto económica como ambientalmente (Amamou et al., 2018).

Alrededor del mundo, los sistemas de producción ganadera varían significativamente, lo que convierte la implementación de políticas sectoriales en un desafío complejo (Havlik et al., 2014). Esta situación resulta relevante, ya que el sector ganadero es un actor clave en la adaptación y mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y en la mejora de la seguridad alimentaria mundial (Rojas-Downing et al., 2017).

La ganadería bovina costarricense es una actividad relevante, representa un 79,49 % del PIB de la producción pecuaria nacional (Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria, 2018) e impacta todo el territorio nacional. Para este trabajo, se seleccionaron dos regiones que representan el 56,2 % de las fincas del país: la región Chorotega, con el 22,7 % de las fincas y el casi 22 % del hato nacional, y la región Huetar Norte, con el 33,5 % de las fincas y el 34 % de la población bovina costarricense (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2015).

En Costa Rica, los sistemas de producción de leche se han clasificado en tres grupos: lecherías especializadas de altura, lecherías especializadas de bajura y hatos de doble propósito (Rodríguez Lizano & Montero Vega, 2016). Estos presentan una amplia variabilidad en aspectos tales como los sistemas de confinamiento, los tipos de razas, el uso de tecnologías y la mano de obra (Luik-Lindsaar et al., 2019). Por estas razones, se destaca la necesidad de caracterizar de forma precisa los diferentes sistemas de producción (Lalani et al., 2021; Mugambi et al., 2017). En

este contexto, el análisis de conglomerados planteado en este estudio busca mejorar la comprensión de la diversidad de las fincas y los factores asociados a la adopción de tecnologías, con el fin de generar estrategias de extensión adaptables a dicha diversidad (Danso-Abbeam, 2022; Girma & Kuma, 2022).

En el territorio costarricense, dos estudios han reportado el uso de análisis multivariado. El primero se relacionó con el proceso de toma de decisiones en un grupo de productores de leche (Solano et al., 2003), mientras que el segundo caracterizó y clasificó de manera general los hatos lecheros costarricenses (Vargas-Leitón et al., 2013). Esta caracterización resulta relevante, ya que en Costa Rica existe una marcada estacionalidad por los períodos de lluvias y la ausencia de ellas (Ministerio de Agricultura y Ganadería & Ministerio de Ambiente y Energía, 2015).

El impacto de las condiciones climáticas cambiantes en las respectivas regiones requiere de una comprensión por parte de los productores, de la comunidad científica y del público, con el propósito de mejorar la capacidad de respuesta ante el cambio climático (Guo et al., 2022; Verburg et al., 2022). La metodología empleada ilustra que, a medida que los países ejecutan programas de adaptación (Mullan et al., 2015), también se deben realizar caracterizaciones y evaluaciones de los productores. Esta información proporciona a los formuladores de políticas ganaderas y a otras partes interesadas los insumos mejorados para trabajar en una evaluación de políticas confiables y eficientes a nivel económico (Ghahramani et al., 2020). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue caracterizar los sistemas de producción de leche en dos regiones ganaderas representativas de Costa Rica y sus capacidades de adaptación tecnológica al cambio climático.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en dos regiones de Costa Rica: la región Huetar Norte y la región Chorotega, seleccionadas por ser zonas ganaderas representativas del país (Figura 1). Estas regiones producen 1,61 millones de litros de leche al año, lo que equivale a un 55 % de la producción nacional (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2015). A nivel nacional, el 46 % de las fincas lecheras se encuentran en estas zonas, donde se cría alrededor del 65 % del total nacional de cabezas de ganado lechero (INEC, 2015).

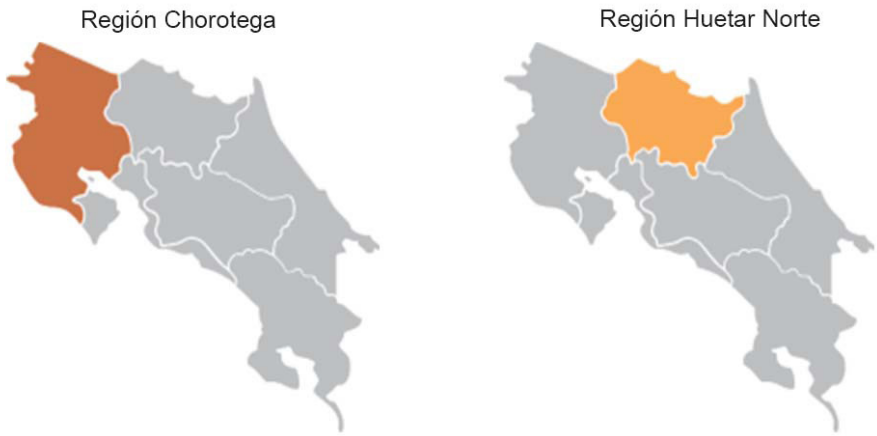

Figura 1. Ubicación de las regiones Chorotega y Huetar Norte de Costa Rica. 2021.

Figure 1. Location of Chorotega and Huetar Norte Regions of Costa Rica. 2021.

ISSN 2215-3608 https://doi.org/10.15517/am.2025.58866

La región Huetar Norte cuenta con un clima tropical lluvioso, mientras que la región Chorotega presenta un clima tropical seco con dos estaciones bien definidas, la seca (de diciembre a abril) y la estación lluviosa (de mayo a noviembre) (Zevallos, 2013). La temperatura promedio de estas regiones es de 27 °C, con cifras máximas de 36 °C en los meses de época seca y una temperatura mínima de 16 °C (Federación de Cámaras de Ganaderos de Guanacaste & Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2007). La producción promedio de leche por vaca varía de 12 a 20 kg al día en las partes más altas (500 a 1000 m s. n. m.) y entre 6 a 8 kg en las zonas bajas (100 a 250 m s. n. m.) (Barrientos & Villegas, 2010; Instituto Meteorológico Nacional, s. f.).

Selección de fincas y obtención de información

Para el desarrollo de este estudio, se aplicó la metodología de caracterización y tipificación de sistemas ganaderos pecuarios propuesta por Valerio Cabrera et al. (2004), replicada por De León-García et al. (2018) y Temoche Socola (2019), y se utilizó la herramienta de estadística multivariada de análisis de conglomerados (Tangorra et al., 2022; Toro-Mujica et al., 2020). Para determinar el tamaño de la muestra y debido a la falta de evidencia preliminar, se tomó la variable de la proporción de fincas que adoptarían una estrategia de adaptación con la probabilidad de 0,5 en la respectiva fórmula de cálculo muestral. El análisis estadístico se efectuó con el programa IBM SPSS Statistics (Versión 27).

En la investigación se utilizó un nivel de confianza del 90 %, similar a estudios previos (Valerio Cabrera et al., 2004; Vargas-Leitón et al., 2013), y un error del 7 %. Este error se incrementó debido a las grandes limitaciones de acceso a los ganaderos por las restricciones impuestas a causa de la pandemia de COVID-19. Esto se agravó por la poca disposición de los ganaderos a participar en las entrevistas como consecuencia de la situación sanitaria y los altos costos asociados.

La recolección de los datos se llevó a cabo entre abril y mayo de 2021, por medio de un instrumento de trabajo de campo que permitió obtener la información socioeconómica y productiva de los ganaderos, así como sus percepciones sobre el cambio climático y los procesos de adaptación implementados en sus fincas. Respecto al tamaño muestral, de un total de 14 909 fincas en las dos regiones, se seleccionaron 136 fincas para muestrear: 81 en la región Huetar Norte y 55 en la región Chorotega.

Las variables se organizaron en apartados generales y socioculturales, económicos, productivos, legales y ambientales. Este último apartado se dividió en tres subapartados: percepción del cambio climático, impacto del cambio climático en el sistema de producción, y disposición para implementar estrategias de adaptación.

Análisis estadístico

Se seleccionaron 42 variables de manera preliminar (Cuadro 1), con base en criterios de representatividad y contribución a la caracterización de los sistemas, según los estudios mencionados, los criterios de tres extensionistas ganaderos y la revisión bibliográfica (Tatis Diaz et al., 2022). Posteriormente, según el aporte de estos criterios a la caracterización del productor y a su sistema productivo, se eligieron 27 variables, las cuales fueron estandarizadas. Este proceso incluyó un análisis descriptivo para calcular la media, los valores mínimo y máximo, y el coeficiente de variación de cada una. Se seleccionaron solo aquellas que presentaron mayor variabilidad (coeficiente de variación [CV] ≥ 50 %) y que no estuvieron correlacionadas. En este proceso, se aplicaron varios métodos de extracción de factores y se optó por el método de factores principales (Musafiri et al., 2020).

Una vez realizado este procedimiento, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para medir las correlaciones entre variables identificadas, lo que permitió determinar la magnitud de la asociación lineal entre dos

Cuadro 1. Variables identificadas de manera preliminar y su componente previo asignado en las Regiones Chorotega y Huetar Norte, Costa Rica. 2021.

Table 1. Preliminarily identified variables and their respective previous component assigned in the Chorotega and Huetar Norte Regions, Costa Rica. 2021.

Componentes principales asignados inicialmente						
General	**Económico**	**Productivo**	**Percepción del cambio climático**	**Impacto del cambio climático**	**Disposición a implementar estrategias de adaptación**	**Legal**
Edad (años) (CV=0,27)	Registro de ingresos (CV=0,44)	Programa de mantenimiento (CV=1,31)	Percepción del cambio climático (CV=0,24)	Variación en la producción de leche (CV=0,66)	Elaboración de ensilaje (CV=1,58)	Paga de cargas sociales (CV=0,33)
Escolaridad (CV=0,74)	Sistema de registro de ingresos (CV=0,61)	Carga animal (CV=0,67)	Años de percibir cambios en el clima (CV=0,64)	Variación en ingresos (CV=0,52)	Uso de bancos forrajeros (CV=1,48)	
Región (CV=0,32)	Crédito (CV=0,49)	Registros de pesajes de leche (CV=0,35)	Percepción de temperatura (CV=0,28)	Variación en la incidencia de enfermedades (CV=0,90)	Uso de cercas vivas (CV=0,49)	
Área total (ha) (CV=1,24)		Planeación de producción de leche (CV=1,01)	Frecuencia de las lluvias (CV=0,30)	Variación en la mortalidad (CV=1,73)	Uso de reservorios de agua (CV=0,96)	
Años en la actividad (CV=0,70)		Registros sanitarios de ganado (CV=0,45)	Percepción de sequías (CV=0,77)		Uso de riego tecnificado (CV=1,04)	
Asociatividad (CV=0,58)		Registros de reproducción de hato (CV=0,74)	Ha escuchado sobre cambio climático (CV=0,29)		Uso de fertilización orgánica (CV=0,60)	
		Método de registros de reproducción (CV=0,40)	Conocimiento sobre cambio climático (CV=0,41)		Uso de sistemas silvopastoriles (CV=1,53)	
		Programa de reproducción de hato (CV=0,90)	Causa: ciclos naturales (CV=1,29)		Uso de pasturas mejoradas (CV=0,65)	
		Programa de alimentación para ganado (CV=0,75)	Causa: otras actividades humanas (CV=0,47)		Uso de ganado adaptado (CV=1,11)	
			Causa: actividad agropecuaria (CV=2,49)			

* CV: coeficiente de variación. / * CV: Coefficient of variation.

variables que no dependían de las unidades de medida de las variables originales. Esta metodología ameritó que se detallaran los valores previos de comunalidad para cada variable, los cuales se estimaron a partir del valor máximo de correlación absoluta de cada variable observada con cualquiera de las demás.

Tras examinar varios métodos de rotación, se seleccionó el método ortogonal Varimax (Visinescu & Evangelopoulos, 2014) para obtener los factores del análisis. En este proceso, se evaluó que el modelo factorial en su conjunto resultara ser significativo por medio de la prueba de esfericidad de Bartlett y la KMO (Kaiser-Meyer-Olkin). Este método permite mantener la autonomía entre los factores, lo que constituye una propiedad importante para el análisis de conglomerados. Para establecer el número mínimo de factores necesarios, se seleccionaron aquellos con raíces latentes (autovalores) mayores que uno y se procuró que la proporción acumulada de varianza explicada por los factores extraídos fuera cercana a 70 % (Benítez Jiménez et., 2016; Torres et al., 2013).

Para obtener los conglomerados, se inició con los factores encontrados y se realizó un análisis jerárquico de conglomerados con base en el método de Ward (Ogasawara & Kon, 2021), como medida de distancia de la métrica euclidiana cuadrática. El análisis de conglomerados agrupó los individuos con respecto a su similitud en los valores de las distintas variables consideradas. Esto permitió realizar la clasificación de datos para establecer grupos homogéneos de explotaciones, tal como reportaron Ahikiriza et al. (2021) y Bâtie et al. (2022). Al finalizar este proceso, se procedió a efectuar una descripción y análisis, tanto general como individual, de los conglomerados mediante cálculo de medidas de estadística descriptiva (media y desviación estándar).

Resultados

Características generales de los productores

Con respecto a los productores estudiados, se encontró que la mayoría estaba en un rango de edad superior a los cincuenta años (55 % de la muestra) con un nivel de escolaridad entre la primaria y secundaria completa (50 %) (CV 74 %). La moda de los años dedicados a la actividad ganadera fue de 40 años (CV 70 %).

Más del 80 % de la muestra correspondió a fincas dedicadas a la lechería especializada que entregan su producción a diferentes industrias de las regiones, sean estas de tipo cooperativo o privado. Del total de fincas, casi el 75 % fueron catalogadas como pequeñas y solo el 7 % como grandes, de acuerdo con la clasificación generada por el Decreto n.° 37911 del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Las razas Jersey y Holstein predominan en los predios ganaderos entrevistados, con presencia en más del 50 % de las fincas. También, se encuentran animales cruzados o “chumecas” en el 40 % de las fincas. En promedio, las hectáreas dedicadas al pastoreo son 42, con una carga animal promedio por finca de alrededor de 3,5 UA/ha y una moda de aproximadamente 2 UA/ha.

El 95 % de los productores afirmaron estar de acuerdo con que el clima ha variado en los últimos años. El 86 % de los productores opinaron que los cambios climáticos han sido más notorios en los últimos 5 a 10 años (CV 30 %). Entre las razones por las cuales los ganaderos creen que el clima ha cambiado se encuentran los ciclos naturales y la actividad agropecuaria.

Respecto a los impactos que ha tenido el cambio climático en sus sistemas productivos en los últimos cinco años, el 71 % de los productores afirman que se han registrado variaciones en la producción de leche. Cuando se les consultó acerca de cómo ha sido esa variación, el 85 % de los ganaderos indicaron que había disminuido (CV 52 %). Además, señalaron un incremento en la incidencia de enfermedades y, en menor medida, un aumento en la mortalidad de los animales.

En cuanto al conocimiento de medidas de adaptación para afrontar el cambio climático, casi la totalidad de los productores (97 %) manifestó conocer estas medidas. Entre las prácticas mencionadas se incluyen el uso de bancos forrajeros, la elaboración de ensilaje, las cercas vivas, el ganado adaptado, los reservorios de agua, el riego tecnificado, la fertilización orgánica, el uso de pasturas mejoradas y los sistemas silvopastoriles.

Clasificación del productor según el análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados reveló la existencia de variables que influyen en mayor magnitud que otras durante el proceso de tipificación de productores. Las variables seleccionadas fueron la escolaridad, el área total de las fincas, los años totales en la actividad, el grado de asociación de los productores y la utilización de sistemas de registros, que incluyeron registros de reproducción, alimentación y sanitarios, y la existencia de un programa de mantenimiento. Además, se identificaron otras variables como la carga animal, los años de percibir cambios en el clima, la presencia de sequías, la variación en la producción de leche, la incidencia de enfermedades y la mortalidad.

Los productores reiteraron como posibles causas del cambio climático la actividad agropecuaria y los ciclos naturales. También se mencionaron prácticas realizadas en las fincas, tales como la elaboración de ensilaje y el uso de bancos forrajeros, reservorios de agua, sistemas silvopastoriles, pasturas mejoradas y razas de ganado adaptado. Por último, se destacaron las técnicas de riego implementadas y la fertilización orgánica. Una vez completado el análisis, se seleccionaron solo las variables con mayor variabilidad (CV ≥ 50 %) (Cuadro 2) y sin correlación entre sí.

Cuadro 2. Variables seleccionadas con mayor variabilidad (coeficiente de variación ≥ 50 %) y sin correlación entre sí, obtenidas mediante el proceso de análisis descriptivo en las regiones Chorotega y Huetar Norte, Costa Rica. 2021.

Table 2. Selected variables with greater variability (coefficient of variation ≥ 50 %) and no correlation between them, obtained through the descriptive analysis process in the Chorotega and Huetar Norte regions, Costa Rica. 2021.

Variables	Media	Mínimo	Máximo	CV	Variables	Media	Mínimo	Máximo	CV
Causa: actividad agropecuaria	0,14	0,00	1,00	2,49	Percepción de sequías	0,63	0,00	1,00	0,77
Variación en la mortalidad	0,25	0,00	1,00	1,73	Programa de alimentación para ganado	0,64	0,00	1,00	0,75
Elaboración de ensilaje	0,29	0,00	1,00	1,58	Escolaridad	2,84	0,00	7,00	0,74
Uso de sistemas silvopastoriles	0,30	0,00	1,00	1,53	Registros sanitarios de ganado	0,83	0,00	1,00	0,74
Uso de bancos forrajeros	0,31	0,00	1,00	1,48	Años en la actividad	27,23	1,00	80,00	0,70
Programa de mantenimiento	0,37	0,00	1,00	1,31	Carga animal	3,69	0,62	12,96	0,67
Causa: ciclos naturales	0,38	0,00	1,00	1,29	Variación en la producción de leche	0,70	0,00	1,00	0,66
Área total (ha)	36,24	1,80	300,00	1,24	Uso de pasturas mejoradas	0,71	0,00	1,00	0,65
Ganado adaptado	0,45	0,00	1,00	1,11	Años de percibir cambios en el clima	8,43	0,00	30,00	0,64
Uso de riego tecnificado	0,48	0,00	1,00	1,04	Sistema de registro de ingresos	2,97	0,00	5,00	0,61
Planeación de producción de leche	0,50	0,00	1,00	1,01	Uso de fertilización orgánica	0,73	0,00	1,00	0,60
Uso de reservorios de agua	0,52	0,00	1,00	0,96	Asociatividad	0,75	0,00	1,00	0,58
Programa de reproducción de hato	0,55	0,00	1,00	0,90	Variación en los ingresos	0,79	0,00	1,00	0,52
Variación en la incidencia de enfermedades	0,55	0,00	1,00	0,90					

* CV: coeficiente de variación. / * CV: Coefficient of variation.

ISSN 2215-3608 https://doi.org/10.15517/am.2025.58866

El índice KMO resultó ser aceptable, con un valor de 0,701. La prueba de esfericidad de Bartlett fue menor a 0,001, lo que permitió comparar las magnitudes de los coeficientes de correlación parcial. Además, se obtuvieron valores previos de comunalidad para cada variable, estimados a partir del valor máximo de correlación absoluta de cada variable observada con respecto a las demás (Cuadro 3). De esta forma, se alcanzaron los nuevos factores que representaron a las variables originales.

Cuadro 3. Resultados de los valores previos de comunalidad de los nuevos factores obtenidos para cada variable en las Regiones Chorotega y Huetar Norte, Costa Rica. 2021.

Table 3. Results of the initial communality values of the new factors obtained for each variable in the Chorotega and Huetar Norte regions, Costa Rica. 2021.

Comunalidades					
Variables	**Inicial**	**Extracción**	**Variables**	**Inicial**	**Extracción**
Escolaridad	1	0,59	Variación en la incidencia de enfermedades	1	0,58
Área total (ha)	1	0,75	Variación en la mortalidad	1	0,62
Años en la actividad	1	0,64	Causa: ciclos naturales	1	0,66
Asociatividad	1	0,63	Causa: actividad agropecuaria	1	0,62
Sistema de registros de ingresos	1	0,49	Elaboración de ensilaje	1	0,48
Programa de mantenimiento	1	0,52	Uso de bancos forrajeros	1	0,57
Carga animal	1	0,68	Uso de reservorios de agua	1	0,48
Registros sanitarios de ganado	1	0,55	Uso de riego tecnificado	1	0,46
Programa de reproducción de hato	1	0,72	Uso de fertilización orgánica	1	0,60
Programa de alimentación para ganado	1	0,64	Uso de sistemas silvopastoriles	1	0,53
Años de percibir cambios en el clima	1	0,74	Uso de pasturas mejoradas	1	0,70
Percepción de sequías	1	0,47	Uso de ganado adaptado	1	0,51
Variación en la producción de leche	1	0,50			

Se identificaron ocho nuevos factores, los cuales explicaron cerca del 60 % acumulado de la variación del total de la muestra (método de rotación ortogonal Varimax). En este análisis, se observó un decrecimiento a partir del noveno valor (Cuadro 4 y Figura 2); es decir, estos ocho factores explicaron la mayoría de las variables iniciales y cómo se agruparon las variables en los factores retenidos (Cuadro 5).

Cuadro 4. Resultados de la varianza de los ocho nuevos factores obtenidos mediante el método de rotación ortogonal Varimax en las Regiones Chorotega y Huetar Norte, Costa Rica. 2021.

Table 4. Variance results of the eight new factors obtained using the Varimax Orthogonal Rotation Method in the Chorotega and Huetar Norte Regions, Costa Rica. 2021.

	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción		
Factor	**Total**	**% varianza**	**% acumulado**	**Total**	**% varianza**	**% acumulado**
1	3,93	15,70	15,70	3,93	15,70	15,70
2	2,49	9,96	25,66	2,49	9,96	25,66
3	1,81	7,23	32,90	1,81	7,23	32,90
4	1,48	5,93	38,82	1,48	5,93	38,82
5	1,46	5,82	44,65	1,46	5,82	44,65
6	1,30	5,18	49,83	1,30	5,18	49,83
7	1,22	4,87	54,70	1,22	4,87	54,70
8	1,06	4,23	58,93	1,06	4,23	58,93
9	0,99	3,95	62,88			

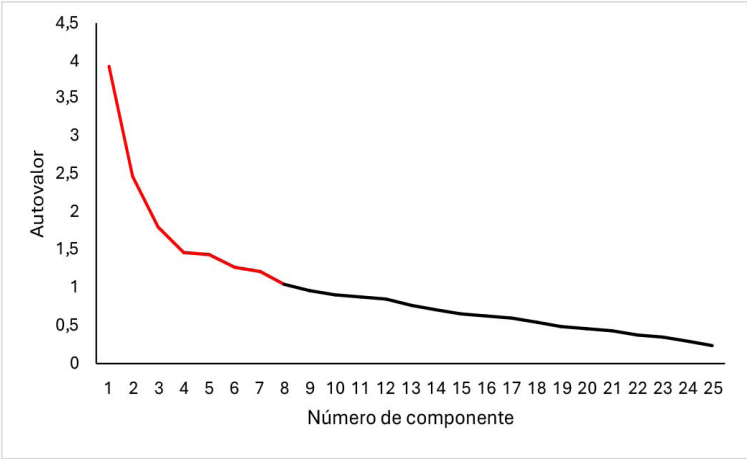

Figura 2. Sedimentación de los componentes asociados a los factores obtenidos mediante el método de rotación Varimax en las Regiones Chorotega y Huetar Norte, Costa Rica. 2021.

Figure 2. Eigenvalues obtained using the Varimax rotation method in the Chorotega and Huetar Norte regions, Costa Rica. 2021.

Tipificación de los grupos de ganaderos

Por criterio de experto y utilizando la distancia euclidiana de ocho, se obtuvieron los tres conglomerados resultantes. Estas distancias fueron evaluadas mediante un tipo de coordenadas que asignan a cada individuo una ubicación en un espacio matemático. A partir de los hallazgos de este análisis, se identificaron tres grupos de

Cuadro 5. Resumen de las variables asociadas a los factores obtenidos mediante el método de rotación Varimax en las Regiones Chorotega y Huetar Norte, Costa Rica. 2021.

Table 5. Summary of the variables associated with the factors obtained using the Varimax rotation method in the Chorotega and Huetar Norte regions, Costa Rica. 2021.

Factor	Variables	Factor	Variables
Administrativo	Programa de reproducción de hato	Adaptación 1	Uso de pasturas mejoradas
	Programa de alimentación para ganado		Uso de ganado adaptado
	Registros sanitarios de ganado	Adaptación 2	Elaboración de ensilaje
	Uso de riego tecnificado		Uso de bancos forrajeros
	Programa de mantenimiento		Uso de reservorios de agua
	Sistema de registros de ingresos	Experiencia	Años en la actividad
	Asociatividad		Percepción de sequías
			Uso de sistemas silvopastoriles
Productivo	Variación en la incidencia de enfermedades	Educación	Escolaridad
	Variación en la mortalidad		Causa: actividad agropecuaria
	Causa: ciclos naturales		
	Variación en la producción de leche		Uso de fertilización orgánica
Productividad	Carga animal Área total (ha)	Percepción del cambio climático	Años de percibir cambios en el clima

ganaderos con características particulares: un grupo de alta capacidad de gestión con 50 productores (ACG, 34,96 %), un grupo de mediana capacidad de gestión con 66 productores (MCG, 46,15 %) y un grupo de baja capacidad de gestión con 27 productores (BCG, 18,88 %) (Cuadro 6).

Conglomerado 1. Alta capacidad de gestión

El conglomerado 1 estuvo conformado por 50 fincas que representaron el 35 % de la muestra. En este grupo se incluyeron fincas cuyos administradores o dueños contaban con la secundaria completa, con un promedio de 23 años en la actividad ganadera. El tamaño promedio de las fincas fue de 58 ha, con una carga animal de 3,42 UA/ha. Los registros se realizan en pizarras de anotación y en programas informáticos especializados. Los productores llevan registros sanitarios, un programa de reproducción y un programa de alimentación.

De todos los conglomerados, este grupo estuvo conformado por finqueros que tenían una percepción de que el clima ha cambiado en tiempos más recientes (ocho años). Además, manifestaron una percepción alta de que la cantidad de leche producida y la incidencia de enfermedades en sus animales han variado. Con respecto a las prácticas de adaptación implementadas, se identificaron reservorios de agua, riego tecnificado, fertilización orgánica y elaboración de ensilaje, todas ellas estrechamente relacionados con el nivel educativo de los productores de este conglomerado (secundaria completa). Al igual que en los demás conglomerados, estos finqueros utilizaban pasturas mejoradas.

Conglomerado 2. Mediana capacidad de gestión

El conglomerado 2 estuvo conformado por 66 fincas que representaron el 46,2 % de la muestra. En este grupo se incluyeron fincas cuyos dueños o administradores tenían un nivel educativo de primaria completa, pero no concluyeron la secundaria. El promedio de años en la actividad ganadera fue de 29 años. El tamaño promedio de

Cuadro 6. Medias y error estándar de las variables evaluadas. Comparación de los tres grupos de ganaderos mediante la distribución de cada conglomerado por medio del método de Ward en las Regiones Chorotega y Huetar Norte, Costa Rica. 2021.

Table 6. Means and standard error of the evaluated variables. Comparison of the three rancher groups through the distribution of each cluster using the Ward method in the Chorotega and Huetar Norte Regions, Costa Rica. 2021.

Variables	ACG N = 50		MCG N = 66		BCG N = 27	
	Media	Desv.	Media	Desv.	Media	Desv.
Escolaridad	3,9	2,28	2,5	1,92	1,7	1,27
Área total (ha)	0,49	1,43	–0,32	0,43	–0,11	0,63
Años totales en la actividad	–0,19	0,95	0,1	1,06	0,11	0,91
Asociatividad	0,86	0,35	0,8	0,4	0,41	0,5
Sistema de registros de ingresos	3,46	1,3	3,44	1,7	0,93	1,52
Programa de mantenimiento	0,7	0,46	0,24	0,43	0,07	0,27
Carga animal	–0,11	1,01	0,18	1	–0,24	0,92
Registros sanitarios de ganado	1	0	0,86	0,35	0,44	0,51
Programa de reproducción de hato	1	0	0,41	0,5	0,07	0,27
Programa de alimentación para ganado	0,98	0,14	0,62	0,49	0,07	0,27
Años de percibir cambios en el clima	0,03	0,89	-0,09	1,06	0,15	1,05
Sequías	0,74	0,44	0,58	0,5	0,56	0,51
Variación en la producción de leche	0,82	0,39	0,58	0,5	0,78	0,42
Variación en la incidencia de enfermedades	0,86	0,35	0,26	0,44	0,7	0,47
Variación en la mortalidad	0,46	0,5	0,09	0,29	0,26	0,45
Causa: ciclos naturales	0,42	0,5	0,29	0,46	0,52	0,51
Causa: actividad agropecuaria	0,28	0,45	0,08	0,27	0,04	0,19
Elaboración de ensilaje	0,42	0,5	0,24	0,43	0,15	0,36
Uso de bancos forrajeros	0,28	0,45	0,36	0,48	0,26	0,45
Uso de reservorios de agua	0,66	0,48	0,53	0,5	0,26	0,45
Uso de riego tecnificado	0,82	0,39	0,38	0,49	0,11	0,32
Uso de fertilización orgánica	0,98	0,14	0,65	0,48	0,48	0,51
Uso de sistemas silvopastoriles	0,42	0,5	0,26	0,44	0,19	0,4
Uso de pasturas mejoradas	0,6	0,49	0,7	0,46	0,93	0,27
Uso de ganado adaptado	0,42	0,5	0,36	0,48	0,7	0,47

ACG: Alta capacidad de gestión. **MCG:** Mediana capacidad de gestión. **BCG:** Baja capacidad de gestión. **Desv.:** Desviación. / **ACG:** High management capacity. **MCG:** Medium management capability. **BCG:** Low management capacity. **Desv.:** Deviation.

las fincas fue mucho más pequeño que el del conglomerado 1, con 21 ha, aunque mostraron la mayor carga animal entre todos los grupos, con un valor de 4,14 UA/ha.

Al igual que en el conglomerado 1, el manejo de los registros se lleva a cabo en pizarras de anotación y/o en programas informáticos especializados. En estos registros, a diferencia del conglomerado anterior, solo se documentan los sanitarios y el programa de alimentación. Esto permite denotar una capacidad de adopción tecnológica menor que el conglomerado anterior, muy relacionada con un nivel de escolaridad menor.

De los tres conglomerados, este grupo presentó una percepción media de que ha cambiado el clima (cerca de nueve años). Además, los productores mostraron una percepción baja sobre las implicaciones de las variaciones

climáticas, particularmente en cuanto a la producción de leche, la incidencia de enfermedades y la mortalidad animal. Como en los otros conglomerados, en este también se utilizaban pasturas mejoradas.

Conglomerado 3. Baja capacidad de gestión

El conglomerado 3 fue el más pequeño de todos, conformado por 27 fincas que representaron el 18,9 % de la muestra. En este grupo se encontraron los finqueros con los niveles de educación más bajos, ya que poseían primaria completa o incompleta, y un promedio de 29 años en la actividad ganadera, similar al del clúster dos. El tamaño promedio de las fincas fue de 31 h, es decir, 10 ha más que en el promedio del conglomerado 2, aunque con la carga animal más baja de todos: 3,1 UA/ha.

Los apuntes se anotan en cuadernos o libros de registro. Este grupo de productores no lleva registros adicionales, como los sanitarios, del programa de reproducción ni del programa de alimentación. Se muestra que el bajo nivel de escolaridad incide en la baja capacidad de adopción de tecnologías de adaptación, y provoca que la productividad de la finca reflejada en la carga animal sea inferior y la más baja de todos los conglomerados. Estos productores fueron los que percibieron los efectos del cambio climático desde hace más tiempo, con un promedio de 9,2 años. También tenían una percepción alta sobre la variación en la cantidad de leche producida y en la incidencia de enfermedades en sus animales, aunque no así en cuanto a la mortalidad y la presencia de sequías.

Respecto a las prácticas de adaptación implementadas, solo practicaban la fertilización orgánica. Como en los demás conglomerados, utilizaban pasturas mejoradas, pero no la práctica de elaboración de ensilaje, que ha sido poco implementada como estrategia de adaptación.

Discusión

En las regiones Chorotega y Huetar Norte, se identificaron ocho nuevos factores que explicaron el 60 % acumulado de la variación del total de la muestra. En investigaciones similares se ha requerido de cuatro o más factores para lograr un acumulado de varianza mayor al 70 % (Freitas Silveira et al., 2022; Montcho et al., 2021). Este hallazgo facilitó la compresión de los grupos en cuanto a sus limitaciones funcionales (Arrieta-González et al., 2022), su potencial y las oportunidades de desarrollo. Además, permitió potenciar la toma de decisiones informada (Rust, 2019).

En zonas con características agroecológicas similares a las de Costa Rica, como en la región sur de Brasil y el trópico húmedo colombiano, se han determinado las necesidades tecnológicas que requieren mayor atención por parte de los ganaderos, así como una adecuada delimitación de estrategias de desarrollo agropecuario (Andrighetto Canozzi et al., 2019). En Colombia, por medio del análisis de componentes principales, se encontraron cinco componentes que representan el 50,86 % de la variabilidad total; dicho análisis agrupó a los productores en cuatro tipos de conglomerados (Ballesteros Possú et al., 2021). En Costa Rica, se comprobó que los productores se agrupan en tres conglomerados en función a la capacidad de gestión de su sistema productivo, y en Perú también se reportó la conformación de tres grupos (Mejía-Valvas et al., 2021).

En Chile, se obtuvieron tres componentes principales que explicaban el 72,1 % de la varianza. Mediante el análisis de conglomerados, se alcanzaron cuatro grupos con características que variaron según el tamaño de la finca, la edad, la gestión de la finca y su rentabilidad (Avilez et al., 2018). En este estudio, se ocuparon ocho componentes para explicar un 60 % de la varianza acumulada, mientras que en estudios similares para lograr una varianza total acumulada mayor a 70 % se utilizaron cuatro o más componentes. Por ejemplo, Serrano Martínez et al. (2004) utilizaron siete componentes principales para explicar el 67,1 % de la varianza total, y Martínez García et al. (2012) identificaron cinco componentes que explicaron el 70,4 % de la varianza acumulada.

La relación entre el nivel educativo y la capacidad de gestión de predio incide de manera positiva en los procesos de adopción de tecnologías de adaptación al cambio climático. Este hallazgo también fue reportado por Mulwa et al. (2017) e implicó que cuanto más alfabetizado sea un productor, más capaz será de buscar y procesar información, tales como el manejo de registros y estrategias para afrontar los riesgos asociados al cambio climático. Se resaltó, además, que un aumento en los años de educación formal de los agricultores incrementa su adopción de prácticas agrícolas sostenibles.

En las regiones estudiadas, algunos ganaderos gestionan sus registros mediante programas informáticos o pizarras, mientras que otros usan cuadernos o libros de anotaciones. Algunos productores expresaron desconocimiento sobre la utilidad de mantener registros sanitarios de los animales, como lo reportaron Mwanga et al. (2019), lo cual podría explicar por qué ciertos productores de leche llevan pocos registros.

En el caso de los dos primeros conglomerados (quienes más registros llevan), se evidenció un importante avance tecnológico en la gestión y el manejo de los aspectos técnicos y económicos de sus fincas, con las cargas animales por hectárea más altas (3,42 y 4,14, respectivamente). La carga ganadera de la finca representa un indicador clave, en un nivel que intenta igualar el potencial de producción de forraje de la finca (Roche et al., 2017). En ese sentido, es conocido que las tasas de carga ganadera son relevantes para la evaluación de la productividad y la rentabilidad de los sistemas basados en pastos.

Tasas de carga ganadera más altas pueden aumentar la utilización del forraje y la producción de leche por hectárea (McCarthy et al., 2014). En esta investigación, los resultados de las cargas encontradas por conglomerado presentaron rangos similares a otros estudios, tales como 2,5 UA/ha (Fenger et al., 2023). Otras investigaciones han llevado a cabo evaluaciones de pastoreo con tasas de baja carga animal de 2,51 UA/ha, media carga de 2,92 UA/ha, y alta carga de 3,28 UA/ha (McCarthy et al., 2016). Esto también fue evaluado por Cahill et al. (2023), quienes reportaron dos cargas ganaderas: media (2,5 UA/ha) y alta (2,9 UA/ha).

En cuanto a la asociación entre el nivel educacional de los productores y la cantidad de leche producida, Avilez et al. (2010) han reportado que los productores grandes poseían un título profesional de nivel superior técnico o de ingeniero. La educación fue un factor influyente en la adopción de tecnologías (Ayora Garagate, 2015; Pinedo Taco et al., 2017). Este punto tiene una estrecha relación en cada conglomerado identificado, ya sea nivel de secundaria, primaria completa o incompleta.

Estos resultados reafirmaron que adoptar prácticas de adaptación debido al aumento de los niveles formativos (Erekalo & Yadda, 2023) incrementa el nivel de comprensión y la capacidad para buscar información sobre tecnologías mejoradas. En Tanzania también se ha reportado un efecto positivo del nivel educativo en la decisión de adoptar prácticas (Ogada et al., 2021; Kassa y Abdi, 2022). Se evidencia así, que, en la estrategia para mejorar la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la agricultura, la innovación tecnológica debe ir de la mano con la educación (Bragaglio et al., 2023), lo cual también es clave para el éxito empresarial (Galina et al., 2016; Rangel et al., 2020).

Se necesitan nuevas formas de abordaje para población con menor escolaridad (Paul et al., 2020) y se manifiesta la importancia de mejorar la comprensión de los marcos de manejo empresariales e institucionales, los incentivos y la coordinación entre las partes interesadas. La difusión de la tecnología debe medirse con precisión para comprender sus implicaciones y potencialidades, ya que se evidencia que los productores de leche costarricenses se han caracterizado por una combinación de objetivos, que van desde la maximización económica empresarial hasta orientaciones más propias de la economía familiar.

Conclusiones

Se identificaron tres conglomerados que permitieron caracterizar a los ganaderos de las regiones en estudio. La educación resultó ser un factor determinante en la adopción de técnicas de adaptación, lo cual se evidenció en el conglomerado 1, conformado por finqueros con mayor nivel educativo. El conglomerado 2 destacó por presentar la carga animal más alta con 4,14 UA/ha y un nivel medio de educación. En el conglomerado 3 el menor nivel de escolaridad incidió en una baja capacidad de adopción de tecnologías de adaptación, con una productividad inferior reflejada en la menor carga animal entre todos los conglomerados.

Referencias

Ahikiriza, E., Wesana, J., Gellynck, X., Van Huylenbroeck, G., & Lauwers, L. (2021). Context specificity and time dependency in classifying sub-saharan africa dairy cattle farmers for targeted extension farm advice: the case of Uganda. *Agriculture, 11*(9), Article 836. https://doi.org/10.3390/agriculture11090836

Amamou, H., Sassi, M. B., Aouadi, H., Khemiri, H., Mahouachi, M., Beckers, Y., & Hammami, H. (2018). Climate change-related risks and adaptation strategies as perceived in dairy cattle farming systems in Tunisia. *Climate Risk Management, 20*, 38–49. https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.03.004

Andrighetto Canozzi, M. E., Rocha Marques, P., De Souza Teixeira, O., McManus Pimentel, C. M., Dhein Dill, M., & Jardim Barcellos, J. O. (2019). Typology of beef production systems according to bioeconomic efficiency in the south of Brazil. *Ciência Rural, 49*(10), Article e20190030. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190030

Arrieta-González, A., Hernández-Beltrán, A., Barrientos-Morales, M., Martínez-Herrera, D. I., Cervantes-Acosta, P., Rodríguez-Andrade, A., & Dominguez-Mancera, B. (2022). Caracterización y tipificación tecnológica del sistema de bovinos doble propósito de la Huasteca Veracruzana México. *Revista MVZ Córdoba, 27*(2), Articulo e2444. https://doi.org/10.21897/rmvz.2444

Avilez, J. P., Escobar, P., Von Fabeck, G., Villagran, K., García, F., Matamoros, R., & García Martínez, A. (2010). Caracterización productiva de explotaciones lecheras empleando metodología de análisis multivariado. *Revista Científica, 20*(1), 74–80.

Avilez, J. P., Meyer, J., Nahed, J., Ruiz, F. A., Mena Guerrero, Y., & Castel Genis, J. M. (2018). Classification, characterisation and strategies for improvement of cattle and sheep pasture systems in marginal areas of Southern Chile. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 9*(2), 240–262. https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i2.4491

Ayora Garagate, L. (2015). Determinación de atributos y evaluación de la sustentabilidad de parcelas agrícolas (fincas) en la cuenca media y baja del río Supe, Barranca. *Aporte Santiaguino, 8*(2), 229–240. https://doi.org/10.32911/as.2015.v8.n2.228

Ballesteros Possú, W., Navia, J. F., & Solarte, J. G. (2021). Socio-economic characterization of the traditional cacao agroforestry system (*Theobroma cacao* L.). *Revista de Ciencias Agrícolas, 38*(2), 17–35. https://doi.org/10.22267/rcia.213802.156

Barrientos, O., & Villegas, L. (2010). *Sector agropecuario cadena productiva de leche políticas y acciones*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. http://sepsa.go.cr/docs/2010_Politica_SectorAgro_Leche.pdf

Bâtie, C., Ha, L. T. T., Loire, E., Truong, D. B., Tuan, H. M., Cuc, N. T. K., Paul, M., & Goutard, F. (2022). Characterisation of chicken farms in Vietnam: a typology of antimicrobial use among different production systems. *Preventive Veterinary Medicine, 208*, Article 105731. https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2022.105731

Benítez Jiménez, D. G., Vargas Burgos, J. C., Torres Cárdenas, V., & Soria Re, S. (2016). La incidencia de las prácticas ganaderas en la productividad de los rebaños de cría en la provincia de Pastaza de la Amazonía ecuatoriana. *Avances en Investigación Agropecuaria, 20*(3), 43–61. http://ww.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2016/sept/4.pdf

Bragaglio, A., Romano, E., Brambilla, M., Bisaglia, C., Lazzari, A., Giovinazzo, S., & Cutini, M. (2023). A comparison between two specialized dairy cattle farms in the upper Po Valley. Precision agriculture as a strategy to improve sustainability. *Cleaner Environmental Systems, 11*, Article 100146. https://doi.org/10.1016/j.cesys.2023.100146

Cahill, L., Patton, D., Reilly, B., Pierce, K. M., & Horan, B. (2023). Grazing season length and stocking rate affect milk production and supplementary feed requirements of spring-calving dairy cows on marginal soils. *Journal of Dairy Science, 106*(2), 1051–1064. https://doi.org/10.3168/jds.2021-21244

Danso-Abbeam, G. (2022). Do agricultural extension services promote adoption of soil and water conservation practices? Evidence from Northern Ghana. *Journal of Agriculture and Food Research, 10*, Article 100381. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100381

De León-García, R., Thomas, G., & Castillo, O. (2018). Caracterización y tipificación de pequeñas fincas doble propósito de la provincia de Bocas del Toro-Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (29), 13–40. http://200.46.165.126/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/51

De Sousa, K., Casanoves, F., Sellare, J., Ospina, A., Suchini, J. G., Aguilar, A., & Mercado, L. (2018). How climate awareness influences farmers' adaptation decisions in Central America? *Journal of Rural Studies, 64*, 11–19. https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.09.018

Erekalo, K. T., & Yadda, T. A. (2023). Climate-smart agriculture in Ethiopia: adoption of multiple crop production practices as a sustainable adaptation and mitigation strategies. *World Development Sustainability, 3*, Article 100099. https://doi.org/10.1016/j.wds.2023.100099

Federación de Cámaras de Ganaderos de Guanacaste, & Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2007). *Plan estratégico para el desarrollo de la agrocadena de la ganadería bovina de carne en la región Chorotega*. Federación de Cámaras de Ganaderos de Guanacaste, & Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Fenger, F., Casey, I. A., Buckley, C., & Humphreys, J. (2023). Effects of grazing platform stocking rate on productivity and profitability of pasture-based dairying in a fragmented farm scenario. *Journal of Dairy Science, 106*(11), 7750–7768. https://doi.org/10.3168/jds.2023-23362

Freitas Silveira, R. M., Da Silva, V. J., Ferreira, J., Dos Santos Fontenelle, R. O., Ortiz Vega, W. H., Cavalcanti Sales, D., Pereira Sales, A., Martins Castro, M. S., Toro-Mujica, P., & De Vasconcelos, A. M. (2022). Diversity in smallholder dairy production systems in the Brazilian semiarid region: farm typologies and characteristics of raw milk and water used in milking. *Journal of Arid Environments, 203*. Article 104774. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104774

Galina, C. S., Turnbull, F., & Noguez-Ortiz, A. (2016). Factors affecting technology adoption in small community farmers in relation to reproductive events in tropical cattle raised under dual purpose systems. *Open Journal of Veterinary Medicine, 6*(1), 15–21. https://doi.org/10.4236/ojvm.2016.61003

Ghahramani, A., Kingwell, R. S., & Maraseni, T. N. (2020). Land use change in Australian mixed crop-livestock systems as a transformative climate change adaptation. *Agricultural Systems, 180*, Article 102791. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102791

Girma, Y., & Kuma, B. (2022). A meta analysis on the effect of agricultural extension on farmers' market participation in Ethiopia. *Journal of Agriculture and Food Research, 7*, Article 100253. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100253

Guo, H., Xia, Y., Jin, J., & Pan, C. (2022). The impact of climate change on the efficiency of agricultural production in the world's main agricultural regions. *Environmental Impact Assessment Review, 97*, Article 106891. https://doi.org/10.1016/J.EIAR.2022.106891

Havlik, P., Valin, H., Herrero, M., Obersteiner, M., Schmid, E., Rufino, M. C., Mosnier, A., Thornton, P. K., Böttcher, H., Conant, R. T., Frank, S., Fritz, S., Fuss, S., Kraxner, F., & Notenbaert, A. (2014). Climate change mitigation through livestock system transitions. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 111*(10), 3709–3714. https://doi.org/10.1073/pnas.1308044111

Instituto Meteorológico Nacional. (s. f.). *Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica*. https://www.imn.ac.cr/documents/10179/20909/Regionalizaci%C3%B3n+clim%C3%A1tica+de+Costa+Rica

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario. Actividades pecuarias, prácticas y servicios agropecuarios*. https://admin.inec.cr/sites/default/files/media/reagropeccenagro2014-tiii-008_6.pdf

Kassa, B. A., & Abdi, A. T. (2022). Factors influencing the adoption of climate-smart agricultural practice by small-scale farming households in Wondo Genet, Southern Ethiopia. *SAGE Open, 12*(3), 1–13. https://doi.org/10.1177/21582440221121604

Lalani, B., Aminpour, P., Gray, S., Williams, M., Büchi, L., Haggar, J., Grabowski, P., & Dambiro, J. (2021). Mapping farmer perceptions, conservation agriculture practices and on-farm measurements: the role of systems thinking in the process of adoption. *Agricultural Systems, 191*, Article 103171. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103171

Luik-Lindsaar, H., Põldaru, R., & Roots, J. (2019). Estonian dairy farms' technical efficiency and factors predicting it. Agronomy Research, 17(2), 593–607. https://doi.org/10.15159/AR.19.067

Martínez García, C. G., Dorward, P., & Rehman, T. (2012). Farm and socio-economic characteristics of smallholder milk producers and their influence on technology adoption in Central Mexico. *Tropical Animal Health and Production, 44*(6), 1199–1211. https://doi.org/10.1007/s11250-011-0058-0

McCarthy, B., Delaby, L., Pierce, K. M., McCarthy, J., Fleming, C., Brennan, A., & Horan, B. (2016). The multi-year cumulative effects of alternative stocking rate and grazing management practices on pasture productivity and utilization efficiency. *Journal of Dairy Science, 99*(5), 3784–3797. https://doi.org/10.3168/jds.2015-9763

McCarthy, J., McCarthy, B., Horan, B., Pierce, K. M., Galvin, N., Brennan, A., & Delaby, L. (2014). Effect of stocking rate and calving date on dry matter intake, milk production, body weight, and body condition score in spring-calving, grass-fed dairy cows. *Journal of Dairy Science, 97*(3), 1693–1706. https://doi.org/10.3168/jds.2013-7458

Mejía-Valvas, R. L., Gómez-Pando, L., & Pinedo-Taco, R. (2021). Caracterización de las unidades productivas del cultivo de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) en las provincias de Yungay, Huaylas y Carhuaz, en el departamento de Áncash, Perú. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 22*(1), Articulo e1440. https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL22_NUM1_ART:1440

Ministerio de Agricultura y Ganadería, & Ministerio de Ambiente y Energía. (2015). *Estrategia para la ganadería baja en carbono en Costa Rica*. http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/L01-11006.pdf

Montcho, M., Padonou, E. A., Houngbédji, M., Montcho, M., Mutua, M. N., & Sinsin, B. (2021). Variation of nutritional and microbiological properties of milk in relation to climate adaptation strategies across dairy production systems in West Africa. *International Dairy Journal, 122*, Article 105144. https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105144

Mugambi, D. K., Wambugu, S. K., Gitunu, A. M. M., & Mwangi, M. (2017, April 26). *Estimation of milk production efficiency of dairy cow farms in Embu and Meru counties of Kenya* [Conference presentation abstract]. JKUAT Annual Scientific Conference, Kenya. http://ir.jkuat.ac.ke/handle/123456789/2997

Mullan, M., Kingsmill, N., Agrawala, S., & Matus Kramer, A. (2015). National adaptation planning: lessons from OECD countries. In W. Leal Filho (Ed.), *Handbook of climate change adaptation* (pp. 1165–1182). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-38670-1_38

Mulwa, C., Marenya, P., Rahut, D. B., & Kassie, M. (2017). Response to climate risks among smallholder farmers in Malawi: a multivariate probit assessment of the role of information, household demographics, and farm characteristics. *Climate Risk Management, 16*, 208–221. https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.01.002

Musafiri, C. M., Macharia, J. M., Ng'etich, O. K., Kiboi, M. N., Okeyo, J., Shisanya, C. A., Okwuosa, E. A., Mugendi, D. N., & Ngetich, F. K. (2020). Farming systems' typologies analysis to inform agricultural greenhouse gas emissions potential from smallholder rain-fed farms in Kenya. *Scientific African, 8*, Article e00458. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00458

Mwanga, G., Mujibi, F. D. N., Yonah, Z. O., & Chagunda, M. G. G. (2019). Multi-country investigation of factors influencing breeding decisions by smallholder dairy farmers in sub-Saharan Africa. *Tropical Animal Health and Production, 51*(2), 395–409. https://doi.org/10.1007/s11250-018-1703-7

Ogada, M. J., Radeny, M., Recha, J., & Dawit, S. (2021). Adoption of complementary climate-smart agricultural technologies: lessons from Lushoto in Tanzania. *Agriculture & Food Security, 10*, Article 55. https://doi.org/10.1186/s40066-021-00321-w

Ogasawara, Y., & Kon, M. (2021). Two clustering methods based on the Ward's method and dendrograms with interval-valued dissimilarities for interval-valued data. *International Journal of Approximate Reasoning, 129*, 103–121. https://doi.org/10.1016/j.ijar.2020.11.001

Paul, B. K., Groot, J. C. J., Birnholz, C. A., Nzogela, B., Notenbaert, A., Woyessa, K., Sommer, R., Nijbroek, R., & Tittonell, P. (2020). Reducing agro-environmental trade-offs through sustainable livestock intensification across smallholder systems in Northern Tanzania. *International Journal of Agricultural Sustainability, 18*(1), 35–54. https://doi.org/10.1080/14735903.2019.1695348

Pinedo Taco, R., Gómez Pando, L., & Julca Otiniano, A. (2017). Caracterización de los sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Wiilld) en el distrito de Chiara, Ayacucho. *Aporte Santiaguino, 10*(2), 351–364. https://doi.org/10.32911/as.2017.v10.n2.176

Rangel, J., Perea, J., De-Pablos-Heredero, C., Espinosa-García, J. A., Toro Mujica, P., Feijoo, M., Barba, C., & García, A. (2020). Structural and technological characterization of tropical smallholder farms of dual-purpose cattle in Mexico. *Animals, 10*(1), Article 86. https://doi.org/10.3390/ani10010086

Roche, J. R., Berry, D. P., Bryant, A. M., Burke, C. R., Butler, S. T., Dillon, P. G., Donaghy, D. J., Horan, B., Macdonald, K. A., & Macmillan, K. L. (2017). A 100-Year Review: A century of change in temperate grazing dairy systems. *Journal of Dairy Science, 100*(12), 10189–10233. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13182

Rodríguez Lizano, V., & Montero Vega, M. (2016). Facing a free trade agreement: Monte Carlo analysis of small dairy farms in Costa Rica. *International Journal of Development Research, 6*(10), 9644–9648. https://www.journalijdr.com/sites/default/files/issue-pdf/6572.pdf

Rojas-Downing, M. M., Nejadhashemi, A. P., Harrigan, T., & Woznicki, S. A. (2017). Climate change and livestock: impacts, adaptation, and mitigation. *Climate Risk Management, 16*, 145–163. https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.001

Rust, J. M. (2019). The impact of climate change on extensive and intensive livestock production systems. *Animal Frontiers, 9*(1), 20–25. https://doi.org/10.1093/af/vfy028

Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. (2018). *Boletín estadístico agropecuario No 28*. INFOAGRO.

Serrano Martínez, E., Lavín González, P., Giráldez García, F. J., Bernués Jal, A., & Ruiz Mantecón, A. (2004). Classification variables of cattle farms in the mountains of León, Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research, 2*(4), 504–511. https://doi.org/10.5424/sjar/2004024-106

Solano, C., León, H., Pérez, E., & Herrero, M. (2003). The role of personal information sources on the decision-making process of Costa Rican dairy farmers. *Agricultural Systems, 76*(1), 3–18. https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00074-4

Tangorra, F. M., Calcante, A., Vigone, G., Assirelli, A., & Bisaglia, C. (2022). Assessment of technical-productive aspects in Italian dairy farms equipped with automatic milking systems: A multivariate statistical analysis approach. *Journal of Dairy Science, 105*(9), 7539–7549. https://doi.org/10.3168/jds.2021-20859

Tatis Diaz, R., Pinto Osorio, D., Medina Hernández, E., Moreno Pallares, M., Canales, F. A., Corrales Paternina, A., & Echeverría-González, A. (2022). Socioeconomic determinants that influence the agricultural practices of small farm families in northern Colombia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 21*(7), 440–451. https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.12.001

Temoche Socola, V. A. (2019). *Sistema de producción de caprinos en tres zonas vulnerables al cambio climático de la Región Piura* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina. https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3985

Toro-Mujica, P., Vera, R., Pinedo, P., Bas, F., Enríquez-Hidalgo, D., & Vargas-Bello-Pérez, E. (2020). Adaptation strategies based on the historical evolution for dairy production systems in temperate areas: A case study approach. *Agricultural Systems, 182*, Article 102841. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102841

Torres, V., Cobo, R., Sanchez, L., & Raez, N. (2013). Statistical tool for measuring the impact of milk production on the local development of a province in Cuba. *Livestock Research for Rural Development, 25*(9), Article 159. http://www.lrrd.org/lrrd25/9/torr25159.htm

Valerio Cabrera, D., García Martínez, A., Acero de la Cruz, R., Castaldo, A., Perea, J. M., & Martos Peinado, J. (2004). Metodologías para la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos. *Documentos de Trabajo Producción Animal y Gestión*, (1), 1–9.

Vargas-Leitón, B., Solís-Guzmán, O., Sáenz-Segura, F., & León-Hidalgo, H. (2013). Caracterización y clasificación de hatos lecheros en Costa Rica mediante análisis multivariado. *Agronomía Mesoamericana, 24*(2), 257–275. https://doi.org/10.15517/am.v24i2.12525

Verburg, R. W., Verberne, E., & Negro, S. O. (2022). Accelerating the transition towards sustainable agriculture: the case of organic dairy farming in the Netherlands. *Agricultural Systems, 198*, Article 103368. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103368

Visinescu, L. L., & Evangelopoulos, N. (2014). Orthogonal rotations in latent semantic analysis: an empirical study. *Decision Support Systems, 62*, 131–143. https://doi.org/10.1016/j.dss.2014.03.010

Zevallos, E. (2013). *Agenda de competitividad para la región Huetar Norte: caracterización socioeconómica de la región Huetar Norte*. Ministerio de Economía, Industria y Comercio, Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, & Fundación de la Universidad de Costa Rica. https://www.munisc.go.cr/documentos/NuestraMunicipalidad/Caracterizaci%C3%B3n%20Socioecon%C3%B3mica%20de%20la%20Regi%C3%B3n%20Huetar%20Norte.pdf