



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

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

Gerardo Cortés-Muñoz¹, Eduardo Fuentes-Navarro², Waldemar Mercado Curi³

* 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 (<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, en donde se encuentra una amplia variedad de sistemas productivos con base en el manejo de prácticas sanitarias, reproductivas y de alimentación. **Objetivo.** Realizar una caracterización de los sistemas de producción de leche en dos regiones ganaderas representativas y sus capacidades en la adaptación tecnológica al cambio climático. **Materiales y métodos.** Para la determinación de las características técnico-productiva, social y económica 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 y se entrevistaron 143 finqueros, lo que permitió evaluar un total de 193 variables. Seguidamente, se realizó un Análisis de Conglomerados (AC), 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), que son productores con el nivel educativo más bajo, demostraron una capacidad de gestión tecnológica más limitada. **Conclusión.** 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.



Abstract

Introduction. Dairy farms in Costa Rica have been classified into three different groups: specialized high-altitude dairies, specialized lowland dairies, and dual-purpose herds. However, this classification, does not consider the current production system diversity, where there is an important diversification in aspects such as sanitary, reproductive and feeding practices management. **Objective.** A dairy farms characterization in two representative livestock regions and their technology adoption capabilities to climate change was carried out. **Materials and methods.** To determine the technical-productive, social and economic characteristics of the Costarican dairy farms located in Chorotega and Huetar Norte Regions, a designed and validated survey was elaborated. The information was collected between April and May 2021, where 143 farmers were interviewed, allowing a total of 193 variables to be evaluated. Subsequently, the Cluster Analysis (CA) was performed by executing the hierarchical cluster analysis, using Ward's method. **Results.** Three clusters were integrated, thus determining high, medium and low farm management handling; and its relationship with ability to adapt to climate change. The first group was made up of farmers with superior education level and farm management (high capacity), thus reflected in more adaptation strategies implemented. The farms of the second group (medium capacity), with less technical management, and the third farm group (low capacity), in which there were farmers with the lowest educational level, demonstrating a more limited technological management capacity. **Conclusion.** The livestock activity was characterized by three groups of producers with different capacities to adapt to climate change.

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

Introducción

El cambio climático es una realidad evidente que 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 hace que la implementación de políticas sectoriales sea un desafío complejo (Havlik et al., 2014). Esto es muy importante 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**) y tiene impacto en todo el territorio nacional. Para el presente 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 33,5 % de las fincas y el 34 % de la población bovina costarricense (Instituto de Estadística y Censos de Costa Rica, 2015).

En Costa Rica los sistemas de producción de leche se han clasificado en tres grupos: las lecherías especializadas de altura, las lecherías especializadas de bajura y los hatos de doble propósito (Rodríguez & Montero, 2016). En estos se encuentra una gran variación en aspectos tales como sistemas de confinamiento, tipos de razas, uso de tecnologías, la mano de obra, entre otros (Luik-Lindsaar et al., 2019). Por estas razones se destaca la necesidad de

caracterizar de una forma puntual y precisa los diferentes sistemas de producción (Lalani et al., 2021; Mugambi et al., 2017). De esta forma, el AC se plantea en este trabajo con el fin de comprender mejor la diversidad de las fincas y los factores asociados con la adopción de tecnologías y poder generar así estrategias de extensión adaptables a la gran variedad de fincas (Danso-Abbeam, 2022; Girmaa & Kumab, 2022).

En el territorio costarricense, dos estudios reportaron el uso de análisis multivariado, el primero, relacionado 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 realizada es importante, 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).

Esto es relevante, ya que el impacto de las condiciones climáticas cambiantes en las respectivas regiones requiere de una comprensión por parte de los productores, de la comunidad de científicos y del público, con el fin de abordar de una mejor manera la respuesta a la adaptación al cambio climático en las fincas (Guo et al., 2022; Verburg et al., 2022). Además, 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 tanto de políticas eficientes a nivel económico como confiables (Ghahramani et al., 2020). El objetivo del presente estudio fue realizar una caracterización de los sistemas de producción de leche en dos regiones ganaderas representativas de Costa Rica y sus capacidades en la 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 (RHN) y la Región Chorotega (RCh), por ser zonas ganaderas representativas del país (Figura 1) en donde se producen 1,61 millones de litros de leche al año, lo que representa un 55 % de la producción nacional (Instituto Nacional de Estadística y Censos

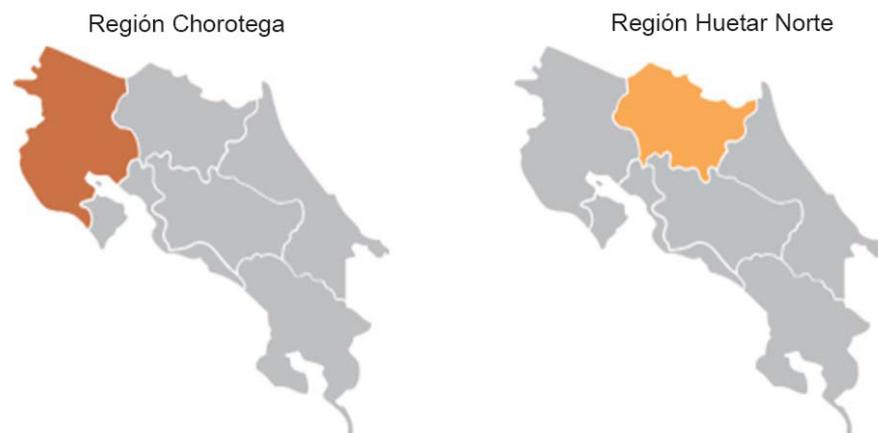


Figura 1. Ubicación de las regiones Chorotega y Huetar Norte de Costa Rica. 2021.

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

[INEC], 2015). A nivel nacional, un 46% de las fincas lecheras se encuentran en estas zonas, espacio donde se cría alrededor del 65% del total nacional de cabezas de ganado lechero (INEC, 2015).

La RHN cuenta con un clima tropical lluvioso, en tanto la RCh presenta un clima tropical seco con dos estaciones bien definidas, la seca (meses de diciembre a abril) y la estación lluviosa (Meses 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 con una temperatura mínima de 16 °C (Federación de Cámaras de Ganaderos de Guanacaste, 2007) y las producciones promedio por vaca por día en las regiones mencionadas varían de 12 a 20 kg de leche, en las partes más altas (de 500 a 1000 m s. n. m.) y entre 6 a 8 kg en las zonas bajas (de 100 a 250 m s. n. m.) (Barrientos & Villegas, 2010; Instituto meteorológico Nacional [IMN], s.f.);

Selección de fincas y obtención de información

Para el desarrollo de este trabajo se aplicó la metodología de la caracterización y tipificación de sistemas ganaderos pecuarios propuesto por Valerio Cabrera et al. (2004) y replicado por De León-García et al. (2018) y Temoche Socola (2019) y, se utilizó la herramienta de estadística multivariada de análisis de conglomerados (AC) (Tangorra et al., 2022; Toro-Mujica et al., 2020). Para determinar el tamaño de muestra y al no contar con evidencia preliminar se tomó para su cálculo, 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. Para el análisis estadístico correspondiente, se utilizó el programa estadístico IBM SPSS Statistics (Versión 27).

En la investigación se utilizó un nivel de confianza del 90 % similar a estudios realizados (Valerio Cabrera et al., 2004; Vargas-Leitón et al., 2013) y un error del 7 %. En este caso, el error debió ser incrementado por existir en ese momento grandes limitaciones de acceso a los ganaderos debido a las restricciones impuestas por la emergencia sanitaria provocada por la COVID-19. Esto se agravó por la poca disposición de los ganaderos a atender las entrevistas por la situación sanitaria y a los altos costos respectivos. En lo que respecta a la recolección de los datos, se utilizó un instrumento de trabajo de campo que permitió recabar la información de tipo socio económica y productiva de los ganaderos, así como sus diferentes percepciones sobre el cambio climático y los procesos de adaptación realizados en sus fincas.

Las variables se organizaron en apartados generales y socioculturales, económicos, productivos legales y ambientales; este último dividido en tres subapartados: Percepción del cambio climático, impacto del cambio climático en el sistema de producción y la disposición a implementar estrategias de adaptación. La información fue recolectada entre los meses de abril y mayo del 2021. En lo referente al tamaño muestral del presente estudio, del total de 14909 fincas en las dos regiones, se determinó muestrear 136 fincas repartidas: 81 en la RHN y 55 en la RCh.

Análisis estadístico

Se seleccionaron 42 variables de manera preliminar (Cuadro 1), con base en criterios de representatividad y contribución en la caracterización de los sistemas según los estudios mencionados, criterios de tres extensionistas ganaderos y revisión bibliográfica (Tatis Díaz et al., 2021). A continuación, según el aporte de estos criterios a la caracterización del productor y a su sistema productivo, se eligieron 27, las cuales fueron estandarizadas. Este proceso incluyó un análisis descriptivo para calcular la media, el valor mínimo, máximo y el coeficiente de variación de cada una de ellas; se seleccionaron solo las que presentaban mayor variabilidad ($CV \geq 50\%$) y que no estuvieran correlacionadas. En este proceso se aplicaron varios métodos de extracción de factores, se eligió el método de Factores Principales (Musafiri et al., 2020).

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 iniciales						
General	Económico	Productivo	Percepción cambio climático	Impacto 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 al cambio climático (CV=0,24)	Variación en la producción de leche (CV=0,66)	Elaboración de ensilaje (CV=1,58)	Paga 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 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 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)	
		Registros de reproducción de hato (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: variation coefficient.

Una vez realizado este procedimiento y para medir las correlaciones entre variables identificadas se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, que permitió determinar la magnitud de la asociación lineal entre dos 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. Estos se estimaron a partir del valor máximo de correlación absoluta de cada variable observada con cualquiera de las demás.

Después de examinados varios métodos de rotación, se seleccionó el método de rotación 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). Es importante mencionar que este método permite mantener la autonomía entre los factores, lo que constituye una propiedad importante para el AC. Para el establecimiento del número mínimo de factores necesarios, se obtuvieron aquellos con raíces latentes (autovalores) mayores que uno y se procuró que la proporción acumulada de varianza explicada por los factores extraídos fuera cercano a 70 % (Benites et., 2016; Torres et al., 2013).

Para la obtención de los conglomerados, se procedió de manera inicial 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 AC agrupó los individuos con respecto a su similitud en los valores de las distintas variables consideradas para el análisis. Esto permitió proceder con la clasificación de datos para establecer grupos homogéneos de explotaciones a la vez que heterogéneos entre los mismos, tal como reportaron Ahikiriza et al. (2021) y Batie et al. (2022). Una vez terminado este proceso, por medio del cálculo de medidas de estadística descriptiva (media y desviación estándar) se procedió a realizar una descripción y análisis general de los conglomerados, así como de manera individual cada uno de ellos.

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 éstas de tipo cooperativo o privado. Del total de fincas, casi el 75 % de ellas fueron catalogadas como pequeñas y solo el 7 % son grandes, de acuerdo con la clasificación generada por el decreto N° 37911 del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

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

El 95 % de los productores sí mencionaron estar de acuerdo con que el clima ha variado en los últimos años. Esta percepción se manifestó en el 86 % de los productores, que opinaron que los cambios en el clima son más notorios entre los últimos 5 a 10 años (CV 30 %). Entre las razones por las cuales los ganaderos creen que el clima ha cambiado, comentaron que esto sucede por ciclos naturales o por la actividad agropecuaria.

Sobre los impactos que ha tenido el cambio climático en sus sistemas productivos en los últimos cinco años, los productores afirman en un 71 %, que se han registrado variaciones en la producción de leche y cuando se les consultó sobre cómo ha sido esa variación, los ganaderos (85 %) mencionaron que ha disminuido (CV 52 %).

Además, también señalaron el incremento en la incidencia de enfermedades y de menor forma un aumento en la mortalidad de los animales.

En cuanto al conocimiento de medidas de adaptación para afrontar el cambio climático, casi en su totalidad (97 %) mencionaron conocer estas medidas. Entre las prácticas indicadas se pueden señalar: uso de bancos forrajeros, elaboración de ensilaje, cercas vivas, ganado adaptado, reservorios de agua, riego tecnificado, fertilización orgánica, uso de pasturas mejoradas y sistemas silvopastoriles.

Clasificación del productor según el análisis de conglomerados

El análisis de conglomerados arrojó la presencia de variables que influyen en mayor magnitud que otras durante el proceso de tipificación de productores. Estas 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 los registros de reproducción, alimentación, los sanitarios y la existencia de un programa de mantenimiento. Además, se señalan, otras variables como la carga animal, los años de percibir el cambio en el clima, la presencia de sequías, la variación en la producción de leche, la incidencia de enfermedades y la mortalidad.

Los productores reiteran como las posibles causas del cambio climático la actividad agropecuaria o los ciclos naturales. También, fueron citadas las prácticas realizadas en las fincas tales como elaboración de ensilaje, uso de bancos forrajeros, reservorios de agua, los sistemas silvopastoriles, el uso de pasturas mejoradas y el uso de razas de ganado adaptado. Por último, las técnicas de riego implementadas y la realización de fertilización orgánica. Una vez realizado esto, se seleccionaron solo aquellas variables que presentaban mayor variabilidad ($CV \geq 50\%$) (Cuadro 2) y que además no estuvieran correlacionadas.

El índice KMO resultó ser aceptable con un valor de 0,701 así como la prueba de esfericidad de Bartlett 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 pudieron representar a las variables originales.

Así, se hallaron ocho nuevos factores, los cuales explicaron cerca de 60 % acumulado de la variación del total de la muestra (Método de rotación ortogonal Varimax). En este análisis, fue notorio un decrecimiento a partir del noveno valor (Cuadro 4 y Figura 3); es decir, estos ocho factores explicaron la mayoría de las variables iniciales y como se agruparon las variables en los factores retenidos (Cuadro 5).

Tipificación de los grupos de ganaderos

Por criterio de experto y de la distancia euclidiana de ocho, se obtuvieron los tres conglomerados resultantes. Estas distancias fueron evaluadas con un tipo de coordenadas que proporcionan a cada individuo una ubicación en un espacio matemático. De los resultados de este análisis se identificaron tres grupos de ganaderos con características particulares y se denominaron grupo de alta capacidad de gestión con 50 productores (ACG, 34,96 %), grupo de mediana capacidad de gestión con 66 productores (MCG, 46,15 %) y el grupo de baja capacidad de gestión con 27 productores (BCG, 18,88 %) (Cuadro 6).

Cuadro 2. Variables seleccionadas que presentaban mayor variabilidad que presentaban mayor variabilidad (coeficiente de variación $\geq 50\%$) que no estuvieran correlacionadas obtenidas mediante el proceso del análisis descriptivo en las Regiones Chorotega y Huetar Norte, Costa Rica. 2021.

Table 2. Selected variables that presented greater variability (coefficient of variation $\geq 50\%$) that had not correlated each other, 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 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 ensilajes	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: variation coefficient.

Conglomerado 1. Alta capacidad de gestión

El conglomerado uno fue conformado por 50 fincas que representó el 35 % de la muestra y en este grupo se encontraron fincas cuyos administradores o dueños poseen secundaria completa y en los que el promedio de años en la actividad ganadera es de 23 años. El tamaño promedio de finca fue de 58 ha, con una carga animal de 3,42 UA/ha. Con respecto al manejo de sus registros, estos son llevados en pizarras de anotación y en software especializados. En ellos, estos productores llevan los registros sanitarios, su programa de reproducción y también implementan un programa de alimentación.

De todos los conglomerados, fueron los finqueros que tenían una percepción de que ha cambiado el clima en tiempos más recientes (ocho años); además tenían una percepción alta de que han variado la cantidad de leche producida y la incidencia de enfermedades en sus animales. Con respecto a las prácticas de adaptación implementadas por estos productores, están los reservorios de agua, el riego tecnificado y la fertilización orgánica,

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. Previous communalities values result of the new factors obtained for each variable in the Chorotega and Huetar Norte Regions, Costa Rica. 2021.

Variables	Comunalidades				
	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 sequías	1	0,47	Uso de ganado adaptado	1	0,51
Variación en la producción de leche	1	0,50			

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.

Factor	Autovalores iniciales			Sumas de cargas al cuadrado de la extracción		
	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			

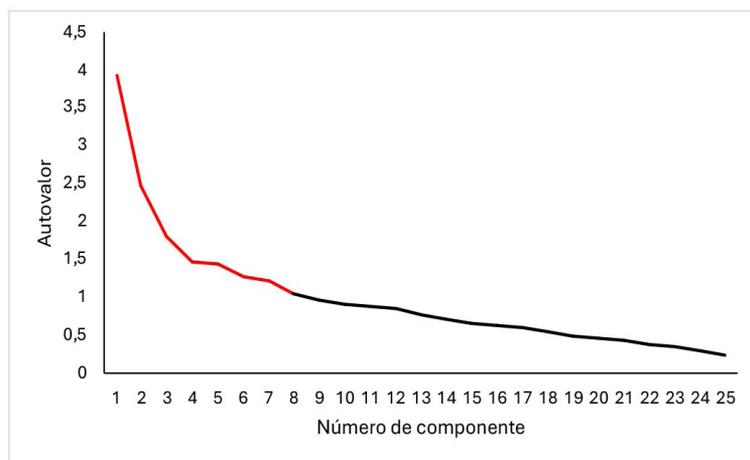


Figura 2. Sedimentación de los componentes asociados a los factores obtenidos mediante el método de rotación Varimax en las Regiones Chorotega y Huetar Norte, Costa Rica. 2021.

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

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

Factor	Variabes	Factor	Variabes
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		Años en la actividad
Asociatividad	Experiencia	Percepción 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	Percepción al cambio del clima	Años percibir cambios en el clima
	Área total (ha)		

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 total 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 cambio 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 / * HMC: High management capacity; MMC: Medium management capability, LMC: Low management capacity

así como la elaboración de ensilajes; todos muy relacionados con el nivel de educación de los productores de este conglomerado (secundaria completa). Como en todos los demás conglomerados, en este, los finqueros utilizaban pasturas mejoradas en sus fincas.

Conglomerado 2. Mediana capacidad de gestión

El conglomerado dos, fue conformado por 66 fincas, que representó el 46,2 % de la muestra y en este grupo se encontraron fincas que sus dueños o administradores tenían un nivel de educación de primaria completa, pero la

secundaria incompleta. El promedio de años en la actividad ganadera fue de 29 años. El tamaño promedio de finca fue mucho más pequeño que el del conglomerado uno, con 21 ha, pero con una carga animal superior y la más alta de todos los conglomerados con 4,14 UA/ha.

En el manejo de sus registros, estos al igual que en el conglomerado uno, son llevados en pizarras de anotación y/o en software especializados. En estos registros, estos finqueros a diferencia del conglomerado anterior solo llevan los registros sanitarios y su 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 todos los conglomerados, son los finqueros que tenían una percepción media (de entre los tres conglomerados), de que ha cambiado el clima (cerca de nueve años); además, poseían una percepción baja hacia las implicaciones de las variaciones climáticas. Esto en aspectos tales como variación de la cantidad de leche producida, la incidencia de enfermedades y la mortalidad. Como en todos los demás conglomerados en este también se utilizaban pasturas mejoradas.

Conglomerado 3. Baja capacidad de gestión

El conglomerado tres fue el más pequeño de todos y está conformado por veintisiete fincas que representan el 18,9 % de la muestra. En este grupo se encontraron finqueros con los niveles de educación más bajos ya que estos poseían primaria completa o incompleta y con un promedio de años en la actividad ganadera de 29 años, similar al del clúster dos. El tamaño promedio de finca fue superior en 10 ha al promedio del conglomerado dos con 31 ha, y con la carga animal más baja de todos los conglomerados de 3,1 UA/ha.

Sus apuntes son llevados en cuadernos o libros de registro pero este grupo de productores no realizó registros adicionales. Por ejemplo, de registros sanitarios, de programa de reproducción, ni tampoco de 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. De todos los conglomerados, son los finqueros que tenían una percepción de que ha cambiado el clima desde hace más tiempo, con un promedio de 9,2 años.

Poseían, además, una percepción alta de que ha variado la cantidad de leche producida y que también ha variado la incidencia de enfermedades en sus animales, no así la mortalidad y la presencia de sequías. De las prácticas de adaptación implementadas, solo practicaban la fertilización orgánica. Como en todos los demás conglomerados, en este también se utilizaban pasturas mejoradas, pero no así la práctica de elaboración de ensilajes, que ha sido poco practicada como estrategia de adaptación.

Discusión

En las regiones Chorotega y Huetar Norte, se logró determinar ocho nuevos factores que permitieron explicar el 60 % acumulado de la variación del total de la muestra. En investigaciones similares SUBJETIVO 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). Esto es importante pues ha facilitado entender y comprender de mejor forma a estos grupos en cuanto a sus limitaciones funcionales (Arrieta-González et al., 2022), su potencial y las áreas de oportunidad de desarrollo. Además, permitió potenciar la toma de decisiones informadas (Rust, 2019).

Estudios realizados en zonas con características agroecológicas similares a Costa Rica, como en la región sur de Brasil y el trópico húmedo colombiano; se determinó las necesidades tecnológicas que requieren mayor atención por parte de los ganaderos, así como realizar una adecuada delimitación de estrategias de desarrollo agropecuario (Andrighetto Canozzi et al., 2019). En Colombia, por medio del análisis de componentes principales, se encontró

cinco componentes que representan el 50,86 % de la variabilidad total y este análisis agrupó a los productores en cuatro tipos de conglomerados (Ballesteros-Possú, et al., 2021).

Acá en Costa Rica, se comprobó que cada uno de los productores pertenece a uno de los tres conglomerados en función a la capacidad de gestión de su sistema productivo, mientras que, en Perú, Mejía-Valvas et al. (2021) reportó la conformación de tres grupos. En Chile, se obtuvieron tres componentes principales que explicaban el 72,1 % de la varianza. Mediante el AC, 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.

Se pudo señalar, además, que 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 fue reportado también por Mulwa et al. (2017) e implicó que cuanto más alfabetizado sea un productor, más capaz será de buscar y procesar información, tales como llevar registros y sobre las mejores formas de afrontar los riesgos asociados al cambio climático. Se resaltó, además, que un aumento en los años de educación formal de los agricultores aumenta su adopción de prácticas agrícolas sostenibles.

En las regiones estudiadas y con respecto al manejo administrativo de los ganaderos, se observaron algunos que utilizan un software o pizarra para realizar las anotaciones de sus registros mientras que otros lo realizan en cuaderno o libro de anotaciones. Algunos prejuicios de los productores hacia el mantenimiento de registros, por ejemplo, que desconocían el valor de mantener todos los registros sanitarios de los animales, fueron mencionados por Mwanga et al. (2019). Esta actitud podría explicar el por qué ciertos productores de leche llevan pocos registros.

Esto evidenció, para los dos primeros conglomerados (los que más registros llevan), un importante avance tecnológico en la gestión y 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 se establece como algo muy importante y en un nivel que intenta igualar el potencial de producción de forraje de la finca (Roche et al., 2017). Varios estudios previos han destacado la importancia de las tasas de carga ganadera para la evaluación de la productividad y la rentabilidad de los sistemas basados en pastos.

Los estudios mencionan que unas tasas de carga ganadera más altas pueden aumentar la utilización del forraje y la producción de leche por hectárea (McCarthy et al., 2014). En la presente investigación, para los resultados de las cargas encontradas por conglomerado, los mismos reportan rangos similares a otros estudios, tales como 2,5 UA/ha (Fenger et al., 2023). Otras investigaciones realizaron evaluaciones de pastoreo con tasas de carga animal que fueron de baja carga con 2,51 UA/ha; media carga con 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) en donde las dos cargas ganaderas fueron 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) manifestaron 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 este nivel de secundaria y/o primaria completa o incompleta.

Estos resultados reafirmaron que adoptar prácticas de adaptación debido al aumento de los niveles formativos (Erekalo & Yadda, 2023), verá incrementado el nivel de comprensión y su capacidad para buscar información sobre tecnologías mejoradas. En Tanzania también se han informado de hallazgos similares (Ogada et al., 2020) y Kassa & Abdi (2022) encontraron un efecto positivo del nivel educativo en la decisión de adopción de prácticas. Se

2021 en
referencias

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). Esto a su vez, es reconocido como algo muy importante para el éxito empresarial (Galina et al., 2016; Rangel et al., 2020). Por esta razón, es que se necesitan nuevas formas de abordaje a esta población (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 siempre han tenido una mezcla de orientaciones en sus objetivos, desde la misma maximización económica empresarial a las orientaciones más de economía familiar.

Conclusiones

Se identificaron tres conglomerados que permitieron caracterizar los ganaderos de las regiones en estudio. La educación resultó ser un factor imprescindible para acoger técnicas de adaptación. Esto queda demostrado en los conglomerados de finqueros con educación más alta como el número uno. El conglomerado dos se destacó por poseer la carga animal más alta de todos los conglomerados con 4,14 UA/ha y con nivel medio de educación. El conglomerado tres se mostró con un menor nivel de escolaridad que incidió en la baja capacidad de adopción de tecnologías de adaptación, con una productividad más baja reflejada en su menor carga animal, y la más baja de todos los conglomerados.

Referencias

- Ahikiriza, E., Wesana, J., Gellynck, X., Van Huylbroeck, 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., 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. *Ciencia 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), Artículo 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, Y., & Castel, 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 Garagete, 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., Loira, E., Truong, D.B., Tuan, H.M., Cuc, N.T.K., Pablo, 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., Casanovés, 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*. http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionChorotega/Documents/Plan_Estrategico_ganaderia_Chorotega_2007.pdf
- Fenger, F., Casey, I. A., Buckley, C., & Humphreys. (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 Santo 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., & Kumab, 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. *Proceeding of the National Academy of Sciences*, 111(10), 3709–3714. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308044111>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario*. https://admin.inec.cr/sites/default/files/media/reagropeccenagro2014-tiii-008_6.pdf
- 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>
- 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., Grayc, S., Williams, M., Büchia, L., Hagggar, 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., Poldaru, 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., 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), Artículo 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>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio de Ambiente y Energía, & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2013). *Conceptos NAMA Fincas Ganaderas. Costa Rica Noviembre 2013*. <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/01/Concepto-NAMA-Fincas-Ganaderas.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2015) & Agencia Española de Cooperación para el Desarrollo. *Plan de Acción de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC)*. https://www.cac.int/sites/default/files/Plan_de_Acci%C3%B3n_ENCC.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 Maru 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, Berlin. 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. nJ., Radeny, M., & Dawit, S. (2021). Adoption of climate-smart agricultural technologies in Lushoto Climate-Smart Villages in north-eastern 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., & Tiftonell, 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 Willd*) 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., Feijóo, 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, V., & Montero, M. (2016). Facing a free trade agreement: Monte Carlo analysis of small dairy 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>
- Serrano Martínez, E., Lavín González, P., Giráldez García, F., 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](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00074-4)
- Tatis Díaz, R., Pinto Osorio, D., Medina Hernández, E., Moreno Pallares, M., Canales, F. A., Corrales Paternina, A., & Echeverría-González, A. (2021). 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.agry.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>